

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA



CUANTIFICACION ECONOMICA DE LOS NIVELES  
DE VULNERABILIDAD SISMICA ENCONTRADA EN  
LAS INSTITUCIONES DE SALUD



TESINA PARA OBTENER EL DIPLOMA  
DE ESPECIALIZACION EN VALUACION  
INMOBILIARIA

QUE PRESENTA: ARQ. GUADALUPE MORAN RODRIGUEZ

2007





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado  
facultad de Arquitectura



---

CUANTIFICACION ECONOMICA DE LOS NIVELES  
DE VULNERABILIDAD SISMICA ENCONTRADA EN  
LAS INSTITUCIONES DE SALUD

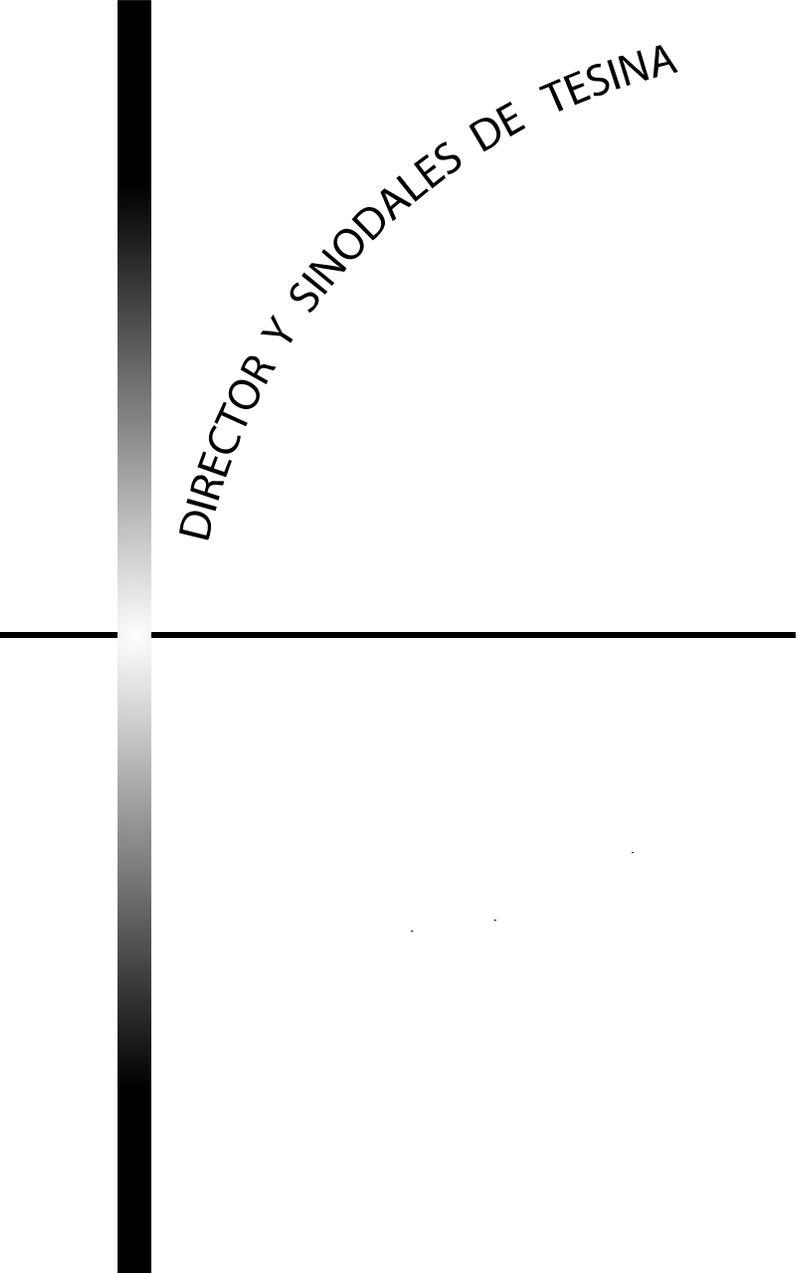


TESINA PARA OBTENER EL DIPLOMA  
DE ESPECIALIZACION EN VALUACION  
INMOBILIARIA  
QUE PRESENTA: ARQ. GUADALUPE MORÁN RODRÍGUEZ



2007<sub>2</sub>

---



DIRECTOR Y SINODALES DE TESINA



## PROFESORES

Director de Tesina:  
Ing. Juan Antonio Gómez Velazquez

SINODALES PROPIETARIOS  
Dra. Esther Maya Pérez  
Arq. Mauricio Gutirrés Armenta

SINODALES SUPLENTE  
Ing. Luis Fermin Cuellar Ulloa  
Lic. Evaristo Romero Salgado

## AGRADECIMIENTOS

*A todos aquellos que con su apoyo, enseñanza y tiempo hicieron posible el desarrollo de esta investigación*

A dios por la oportunidad de cada logro y la enseñanza de mis tropiezos, al ser la inspiración y guía en mi camino

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INGENIERO JUAN ANTONIO GOMEZ VELAZQUEZ , Por su gran apoyo, disposición y tiempo dedicado a este trabajo muchas gracias

A mis sinodales por su apoyo y tiempo brindado.

Y muy especialmente para mi gran amiga y hermana ARQUITECTA SONIA MORAN RODRIGUEZ por continuar este proyecto que empezo como un sueño y ahora su desarrollo esta principalmente en tus manos

## DEDICATORIAS

*A quienes a lo largo de mi vida me han brindado su amor, amistad y enseñanza*

Mi familia

Amigos

A mi compañero y gran amor J. Carlos por que sin tu apoyo no podria haber llegado a este momento, en el que sin ti no me podria imaginar, por tu alegria, amor y dicha que proporcionas a cada dia de mi vida.

A todas aquellas personas victimas de un desastre, intentando aportar elementos, que ayuden a prevenir y mitigar el sufrimiento humano

## INDICE

	Pagina.
• Prologo.....	8
• Introducción.....	9
• Origen y fundamentacion de la Investigaci3n.....	11
• Justificaci3n.....	12
• Objetivo general y objetivos particulares.....	15
• Hip3tesis.....	15
• Metodolog3a.....	16
• Alcances y limitaciones del tema.....	16
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEORICO CONCEPTUAL</b>	
1.1 Definici3n y tipos de Desastres.....	18
1.2 Principales conceptos manejados en la mitigacion de Riesgos.....	20
1.3 Estudio de da1os s3smicos sobre las construcciones.....	22
1.4 Repercusiones sociales.....	24
1.5 Antecedentes s3smicos.....	25
<b>CAPITULO II</b>	
<b>EFECTOS ECONOMICOS DE LOS DESASTRES</b>	
2.1 Estimaci3n de da1os posteriores al desastre.....	29
2.2 Repercusiones econ3micas de los desastres.....	30
2.3 Razones econ3micas para la aplicaci3n de proyectos de Mitigacion.....	33

	Pagina.
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ANALISIS DE LA INVERSION REQUERIDA PARA LA APLICACION DE UN PROYECTO DE MITIGACION A NIVEL HOSPITALARIO</b>	
3.1 Evaluaci3n y Reducci3n de la Vulnerabilidad.....	37
3.2 El modelo Costo – Efectividad y diferencia con el de Costo – Beneficio.....	37
3.3 Etapas del modelo Costo – Efectividad.....	39
3.4 Medici3n de los costos y la efectividad de los proyectos de mitigacion.....	40
3.5 An3lisis de costos de los proyectos de mitigacion aplicados en otros pa3ses.....	43
3.5.1 El estudio de caso en Chile.....	43
3.5.2 El An3lisis de Ecuador.....	45
3.5.3 El caso Costa Rica.....	46
3.6 Medidas de mitigacion en M3xico a ra3z del sismo del 85.....	49
3.7 Tecnolog3as aplicadas en la rehabilitaci3n de hospitales con lineamientos de mitigacion de riesgos.....	50
3.8 Impacto econ3mico del reforzamiento de los hospitales en M3xico.....	52
3.9 Conclusiones que resumen la importancia del modelo Costo-Efectividad.....	54

**CAPITULO IV  
PARTICIPACIÓN ECONOMICA DE LA VULNERABILIDAD  
SISMICA ENCONTRADA; EN EL VALOR DEL INMUEBLE  
HOSPITALARIO**

	Pagina
4.1 Metodología de análisis del modelo.....	56
4.1.1 Principales conceptos manejados en las variables del Modelo.....	56
4.2 Utilización de los formatos ó cédulas de recolección de datos en Campo y de diagnostico.....	57
4.2.1 Formato de clasificación de áreas .....	58
4.2.2 Clasificación del riesgo representado por los problemas evaluados.....	59
4.2.3 Formato de Evaluación Estructural.....	60
4.2.4 Formato de Interiores (carta descriptiva).....	63
4.2.5 Formato de Evaluación de Exteriores.....	66
4.2.6 Tabla de Indicadores.....	69
4.2.7 Tabla de Vulnerabilidad.....	71
4.2.8 Planos de Vulnerabilidad.....	73
4.3 Incorporación de las reestructuraciones al modelo de evaluación De vulnerabilidad sísmica.....	75
4.4 Cédula para la cuantificación económica de la vulnerabilidad sísmica encontrada.....	84
4.5 Costo estimado para la aplicación de este modelo en su parte Evaluatoria.....	89
4.6 Tecnología sugerida para la rehabilitación o construcción del hospital con medidas antisísmicas.....	91

**CAPITULO V  
CONCLUSIONES, REFERENCIAS,**

	Pagina
5.1 Conclusiones de la Investigación .....	99
5.2 Conclusiones metodológicas.....	102
5.3 Conclusiones de los resultados obtenidos en la aplicación de la Cedula al hospital gral. Virgen de las Nieves.....	104
5.4 Líneas de investigación futuras.....	106
5.5 Bibliografía citada.....	107
5.6 Bibliografía referida.....	108
5.7 Glosario.....	110
5.8 Abreviaturas.....	118

## PROLOGO

La presente investigación esta dirigida para todas las personas que intervienen en el proceso de la *mitigación*<sup>1</sup> de riesgos a nivel nacional y como un ejemplo y base de posibles alternativas de estudios en la reducción de riesgos sísmicos en instituciones hospitalarias, para médicos, profesionales de la salud, arquitectos e ingenieros diseñadores y constructores, personal técnico encargado de la operación, el mantenimiento, tanto en la inspección de las instalaciones existentes como en la planificación, el diseño y la construcción de nuevas edificaciones y para docentes.

Su propósito es incorporar un análisis económico y evaluatorio que permita mostrar la importancia de la aplicación de medidas en mitigación sísmica en los establecimientos de salud mostrando las ventajas y posibles costos de inversión en la construcción y rehabilitación de dichas edificaciones dejando en evidencia las pérdidas económicas que resultarían de no aplicar estos proyectos en los hospitales; comparando así, no solo las desventajas económicas sino también los beneficios de su aplicación, dentro del proyecto propuesto al que se esta incorporando la presente investigación, el cual esta siendo trabajado por la Arquitecta Sonia Moran Rodríguez dentro de la maestría de tecnología en el progrado de arquitectura de la UNAM con la colaboración del Doctor: Felipe Cruz Vega el cual es miembro de la “Asociación Panamericana de Medicina de Emergencias y Desastres”, también director de proyectos especiales a nivel nacional del IMSS, el proyecto lleva el nombre de “**Mitigación de desastres sísmicos en edificios hospitalarios**” con el objetivo de promover mayores programas presupuestarios para su aplicación, así como su realización en instituciones hospitalarias a nivel nacional dentro del sector publico y privado

Esta incorporación del análisis económico del inmueble hospitalario, evaluando sus medidas antisísmicas nos muestra lo que representa económicamente los niveles de vulnerabilidad encontrados en el inmueble y su participación en el valor del establecimiento de salud al contribuir con un demérito en el caso de no contar con cada uno de los puntos analizados en el modelo propuesto de mitigación de riesgos permitiendo así informar a las personas involucradas en el planeamiento, la operación y el manejo de los servicios acerca del modo en que los establecimientos pueden resultar afectados económicamente por la ocurrencia de sismos, y suministrar una herramienta útil que les permita justificar y promover la incorporación de los procedimientos de mitigación del riesgo sísmico.

---

<sup>1</sup> *Mitigación*: Son todas aquellas acciones que se adoptan previamente a la ocurrencia de un evento para lograr la protección contra las amenazas de un fenómeno, modificando o eliminando las causas de los peligros asociados con ellas (reduciendo la peligrosidad), o aminorando sus efectos si esta ocurre, reduciendo la vulnerabilidad de los elementos afectados y, por tanto, reduciendo el riesgo

## INTRODUCCION

Los centros hospitalarios presentan características especiales de ocupación, complejidad, suministros críticos, sustancias peligrosas, dependencia de servicios públicos y una continúa interacción con el medio ambiente externo. Muy a menudo, debido a que los desastres son poco frecuentes, estos son ignorados (o considerados insuficiente o equívocamente) en el diseño de hospitales e instalaciones relacionadas, inclusive en regiones donde los riesgos son bien conocidos. En la actualidad se realizan estudios con los que se puede estimar la vulnerabilidad probable de una edificación; los países cuya incursión en el tema es más amplia son aquellos que tienen experiencia en sufrir situaciones de emergencia a causa de un desastre.

Los años noventa fueron declarados el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN)<sup>2</sup>. Al llegar a la mitad de este Decenio Internacional, con la celebración de la Conferencia Mundial para la Reducción de los Desastres Naturales, se presentó una oportunidad única para demostrar el progreso de América Latina y el Caribe en la reducción del impacto a los desastres naturales en la vida y la propiedad, y a la vez el momento más adecuado para sugerir áreas que requieren atención particular en el ámbito nacional, durante la segunda mitad de la década y más allá. Algunos países ya contaban con significativos avances en materia de mitigación de desastres de la infraestructura hospitalaria al inicio del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales a finales de 1986 como fue el caso de Costa Rica.

Durante la primera mitad del DIRDN, cada país en América Latina y el Caribe mostró progresos significativos en el campo de la gestión de los desastres, o como es llamado hoy, *“la reducción de desastres”*. Sin embargo, este recorrido en pos de una región más segura empezó mucho antes de la proclamación del DIRDN. En países de América Latina, de México hasta Chile existen estudios de este tipo. México, al igual que Colombia, estableció instituciones civiles altamente profesionales, entre los que encontramos al Centro Nacional de Prevención contra Desastres (CENAPRED) responsables de la prevención de desastres, la mitigación, la preparación y la respuesta\*. Otros países tomaron medidas similares. Costa Rica, una nación pequeña cuya Constitución prohíbe la existencia de fuerzas armadas, fortaleció su comisión de emergencias, agregando a su plantilla, profesionales expertos en planificación urbana, sociología, ingeniería y arquitectura.

En la esfera regional, la OPS/OMS amplió los alcances de su programa para desastres, con el fin de promover la seguridad de las instalaciones de salud y la adopción de políticas integrales de mitigación, para evitar la repetición de pérdidas como las sufridas en el Hospital Juárez en la ciudad de México. En forma similar, el Departamento Regional de Desarrollo y Medio Ambiente de la Organización de los Estados Americanos (OEA), incluyó un componente dinámico de incorporación de los factores de riesgo en el desarrollo socioeconómico de sus países miembros. La era de prevención y mitigación de desastres había empezado en América Latina.

En México, a raíz del sismo de 1985, se introdujeron cambios significativos en los reglamentos de construcción, elevándose considerablemente los requisitos de sismo-resistencia. Los hospitales afectados por el sismo fueron reconstruidos y han sido reforzados mediante diferentes opciones en materia constructiva.

---

<sup>2</sup> O.P.S Y O.M.S (Organización Panamericana De la Salud y Organización Mundial de la Salud) «Hacia un mundo más seguro frente a los desastres Naturales », trayectoria América Latina y el Caribe O.P.S. 1994

\* Los países de América Latina Central organizaron un centro similar el CEPREDENAC (Centro de Prevención de Desastres Naturales en América Central)

El presente estudio se circunscribe exclusivamente al análisis de los riesgos y medidas de mitigación relacionadas con desastres de tipo geológico.

El documento inicia con un capítulo de tipo conceptual en el que se introduce a los principales conceptos teóricos que deben conocerse para comprender el proceso y objetivo de un proyecto de mitigación. Así mismo se presenta un pequeño resumen de los antecedentes, daños y repercusiones que se presentan después de un sismo, con la finalidad de tener un marco de referencia de la importancia y efecto de los desastres en una institución hospitalaria; mostrándonos la importancia de la aplicación de este tipo de proyectos, los errores y pérdidas que puede representar la exclusión de ellos en la planificación y rehabilitación de dichos inmuebles.

En el capítulo siguiente se desglosa de manera separada los daños y repercusiones económicas que trae consigo la ocurrencia de este tipo de desastres tanto en la infraestructura hospitalaria como en la economía del país, demostrándonos las ventajas económicas que se pueden lograr al realizarse programas que mitiguen los efectos posteriores al sismo. Se ha separado esta información del capítulo anterior ya que aunque contribuye también como referencia al estudio, el análisis que se presenta esta fundamentado en la estimación monetaria tanto del edificio hospitalario como de las ventajas económicas de su aplicación.

Dentro del tercer capítulo se presenta ya una parte de la aportación de este análisis, en el que se ejemplifica la inversión requerida para la aplicación de un proyecto de mitigación a nivel hospitalario, mostrándonos el camino para efectuarlo, así como el estudio del modelo costo efectividad que se ha efectuado en otros países; el cual nos permite demostrar que la inversión requerida casi nunca puede superar a la pérdida económica que representaría la ausencia del inmueble hospitalario en el caso de presentarse un sismo y resultar seriamente dañado o comprometido en sus funciones vitales para la atención de la población después de haber ocurrido el desastre. Como ejemplo se incluyen los estudios de rehabilitación en materia económica de los países de Chile, Ecuador y Costa Rica, presentando un informe un poco más detallado del caso de México con respecto a su experiencia en este rubro a raíz del sismo de 1985, así como las repercusiones de éste en los sistemas normativos de construcción para las nuevas edificaciones, considerando un mayor índice de seguridad sismorresistente principalmente a lo que a la estructura se refiere.

Como principal aportación en el capítulo cuarto se presentan las modificaciones al proyecto original, logrando una reestructuración de los problemas valuados por dicho modelo, desglosándolos y obteniendo una cuantificación objetiva de cada uno; permitiendo darles una ponderación no solo por la importancia del riesgo que representan, sino también por su localización dentro de las áreas del hospital, por tanto, de forma resumida se explican los principales conceptos que dicho modelo aplica, así como su metodología de análisis ya que de los resultados que nos provee, podemos definir la cuantificación de los problemas y su participación económica dentro del valor del hospital. Su objetivo es dar a conocer otra faceta de la valuación de este tipo de inmuebles incorporando al sistema comúnmente usado, la aplicación de un modelo con fines de Mitigación a través de una cedula que nos permita calificar el riesgo, para poder observar como esto podría contribuir a un demérito en el valor del inmueble, así como la participación económica de cada una de las partidas que conforman la construcción del hospital con la finalidad de darnos cuenta en cual de ellas el riesgo esta afectando más y podría significar mayor costo de rehabilitación de igual manera nos permitiría priorizar las acciones de rehabilitación, contribuyendo a fomentar y justificar la planeación de estos estudios a nivel institucional para ser considerados dentro de un análisis presupuestal que incremente las medidas que actualmente son utilizadas. Al final de este capítulo se presenta un estudio preeliminar del posible costo de la aplicación de este proyecto en su parte evacuatoria, es decir sin considerar ninguna rehabilitación, sino solamente el costo que representaría el presentar este estudio en su parte de análisis de vulnerabilidad de la institución al que se le aplique, así mismo se incluyen algunas sugerencias de la tecnología que puede utilizarse en la rehabilitación o construcción de un hospital con medidas antisísmicas, las cuales conllevarían a la reducción de su vulnerabilidad.

Finalmente se incluyen las conclusiones de la investigación, asimismo la bibliografía consultada y un glosario de términos y abreviaturas incluidas en este documento para facilitar su comprensión, y la consulta de los documentos utilizados para mayor profundización del tema.

## **ORIGEN Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA**

Un hospital es una edificación compleja en la que converge una alta tecnología, cuyo planteamiento y diseño encierra soluciones de diversa índole, tales como las de un edificio para oficinas, alojamiento, industria, religión, bodegaje, etc., además de los servicios puramente de salud que comprenden áreas especializadas, que deben diseñarse de una manera sincronizada, ya que de su funcionamiento depende la vida de los pacientes y usuarios del edificio. Por las razones antes expuestas, actualmente es ineludible incluir dentro de los determinantes de diseño arquitectónico aspectos que mitiguen los efectos ante un desastre, y sobre todo el sísmico que es el que mas consecuencias negativas puede tener sobre el conjunto de elementos hospitalarios y sus ocupantes.

En nuestro continente ya existe alguna conciencia acerca de la importancia que tienen este tipo de construcciones y de los requerimientos a cumplir para satisfacer necesidades del futuro probablemente muchas de estas instalaciones sean vulnerables en grados variables, sin embargo existe la posibilidad de que puedan mejorarse. La experiencia indica que existen casos en que la aplicación de medidas relativamente poco costosas han permitido el mejorar y aumentar la seguridad de estructuras existentes.

La adecuación o intervención de estas, para que sea realmente beneficiosa, debe realizarse de una manera sistemática y consistente. Muchas edificaciones existentes actualmente no cumplen con los requisitos técnicos ahora exigidos. Esto significa que su vulnerabilidad a ciertos fenómenos puede ser tan alta que su riesgo asociado puede exceder ampliamente los niveles aceptados en los reglamentos de construcción vigentes. Acciones de refuerzo basadas en conocimientos científicos deben, por lo tanto, llevarse a cabo para reducir el riesgo y garantizar un funcionamiento adecuado, por ello, esta adecuación o refuerzo debe ser consistente con los requisitos ingenieriles actuales y acorde con los parámetros establecidos por los códigos de diseño de cada país. En América Latina y el Caribe, entre 1981 y 1996, un total de 93 hospitales y 538 unidades de salud fueron dañadas sensiblemente a consecuencia de desastres naturales, ya sea por haber colapsado o haber quedado en condiciones vulnerables que exigieron su desalojo. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las pérdidas directas acumuladas por este concepto en la Región ascendieron a 3.120 millones de dólares, lo que podría compararse a una situación extrema en la que 20 países de la región hubiesen sufrido (cada uno) la demolición de 6 hospitales de primer nivel y 25 unidades de salud. Lo anterior revela la necesidad de revisar la estrategia de diseño y los criterios para la construcción de instalaciones hospitalarias en zonas propensas a desastres. En otras palabras, la vulnerabilidad en general de los hospitales es alta, situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar pérdidas económicas, sociales y de vidas, en particular en los países en desarrollo.

Así podemos concluir que los estudios de mitigación de riesgos tienen su principal origen en la experiencia de diversos países debido a las pérdidas que han sufrido después de la ocurrencia de un sismo los cuales han servido como base para formular propuestas que permitan reducir el riesgo de la pérdida o inhabilitación de un hospital, evitando la suspensión de la ayuda que dichos inmuebles prestan debido a su importante papel ante el desastre. De esta forma podemos plantear la necesidad de profundizar en estos estudios que nos permitan tener un mejor diagnóstico de la vulnerabilidad del edificio, así como una conciencia de las ventajas y pérdidas económicas que trae consigo.

Los planteamientos en este trabajo indican que el riesgo mismo es el problema fundamental y que el desastre es un problema derivado, por tanto la gestión del riesgo es elemental, y para ello es necesario gestionarlo desde un punto multidisciplinario, no solamente el daño físico esperado, las víctimas, o pérdidas económicas, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales, por tanto el riesgo no solo se relaciona con el impacto del suceso sino también con la capacidad de soportar el impacto

## JUSTIFICACIÓN

Los hospitales y los establecimientos de la salud en general son sistemas expuestos que pueden sufrir graves daños como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos naturales intensos. En otras palabras, el riesgo de los establecimientos de la salud puede llegar a ser muy alto, razón por la cual es necesario construir las nuevas edificaciones con requisitos adecuados de acuerdo con las amenazas naturales de cada zona. También es necesario evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones existentes, con el fin de identificar sus debilidades y así planificar, diseñar y ejecutar las intervenciones físicas o las reestructuraciones que sean necesarias. La mitigación de riesgos acentúa la necesidad de garantizar la seguridad del inmueble y de la comunidad usuaria de la misma, así como la funcionalidad de instalaciones y servicios.

Los numerosos ejemplos de aplicación de actividades de reducción de vulnerabilidad han permitido que las autoridades sectoriales dispongan de resultados positivos, desde punto de vista de la relación costo/eficiencia, de la incorporación de este tipo de proyectos a todo proceso de mejoramiento de las instalaciones y de la atención de la salud.

Los hospitales requieren consideraciones especiales en relación con la mitigación de riesgos debido a la función que desempeñan en el medio en donde se encuentran, a sus características de ocupación y a su papel durante situaciones de desastre.

Los hospitales pueden tener en cualquier momento una alta población de pacientes residentes, pacientes ambulatorios, funcionarios, empleados y visitantes. En caso de desastre, un hospital debe continuar con el tratamiento de los pacientes alojados en sus instalaciones y debe atender a las personas lesionadas por el evento. Por otra parte, debido a la importancia y alto costo de los establecimientos hospitalarios, un daño severo a los mismos no sólo afectaría la capacidad productiva del país sino también a las finanzas públicas debido al costo de la rehabilitación y reconstrucción.

Un edificio puede quedar en pie luego de un desastre, pero quedar inhabilitado para prestar atención médica debido a daños no estructurales<sup>3</sup>. El costo de los componentes no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de los estructurales, especialmente en hospitales donde entre el 85 y 90% del valor de la instalación está en los acabados arquitectónicos, sistemas mecánicos y eléctricos y en el equipo médico allí contenido. Un movimiento sísmico de menor intensidad, que ocurre con mayor frecuencia que los grandes terremotos, puede causar daños no estructurales. Por lo tanto, los aspectos vitales de un hospital, aquellos que

---

<sup>3</sup> El término **elementos no estructurales** se refiere a aquellos componentes de un edificio (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), que están unidos a las partes estructurales y que sirven para cumplir funciones esenciales de distribución protección de espacio, que albergan estas instalaciones en el edificio (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o simplemente equipos que están dentro de las edificaciones (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.), pudiendo, por lo tanto, ser agrupados en tres categorías: componentes arquitectónicos, instalaciones y equipos. En el caso de los centros asistenciales, los componentes no estructurales representan un valor económico muy superior al costo de la estructura. (Según análisis efectuados, el valor de los componentes no estructurales constituye en promedio más del 80% del costo total del hospital)\* FEMA, Typical Costs for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, Volume I Summary 156), Volume II Supporting Documentation (FEMA 157), Washington, D.C., 1988.

se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los sismos. Pero también es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o daño.

**Cuadro 1.1 - Efectos de los terremotos en los sistemas de salud**

Identificación evento	Fecha	Magnitud	Efectos generales
San Fernando, California	1971	6.4	Tres hospitales sufrieron daños severos y no pudieron operar normalmente cuando más se les necesitaba. Aún más, la mayoría de las víctimas se presentaron en dos de los hospitales que se derrumbaron. El hospital Olive View tuvo que ser demolido. Se reconstruyó en forma tradicional, por lo que nuevamente sufrió daños graves no estructurales en el terremoto de 1994, impidiendo su funcionamiento.
Managua, Nicaragua	1972	7.2	El Hospital General resultó severamente dañado. Fue evacuado y posteriormente demolido.
Guatemala, Guatemala	1976	7.5	Varios hospitales fueron evacuados.
Popayán, Colombia	1983	5.5	Daños e interrupción de servicios en el hospital Universitario San José.
Chile	1985	7.8	79 hospitales y centros de salud resultaron dañados o destruidos. 3.271 camas quedaron fuera de servicio.
Mendoza, Argentina	1985	6.2	Se perdió algo más del 10% del total de camas de la ciudad. De 10 instalaciones afectadas, una tuvo que ser evacuada y dos fueron posteriormente demolidas.
México, D.F., México	1985	8.1	Colapso estructural de cinco hospitales y daños mayores en otros 22. Al menos 11 instalaciones evacuadas. Pérdidas directas estimadas en US\$ 640 millones. Los hospitales más seriamente dañados fueron el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el hospital General y el hospital Benito Juárez. Los sismos produjeron un déficit súbito de 5.829 camas; en el hospital General murieron 295 personas y en el Juárez 561, entre las que se encontraban pacientes, médicos, enfermeras, personal administrativo, visitantes y recién nacidos.



**Cuadro 1.1 - Efectos de los terremotos en los sistemas de salud (continuación)**

Identificación evento	Fecha	Magnitud	Efectos generales
San Salvador, El Salvador	1986	5.4	2.000 camas perdidas, más de 11 instalaciones hospitalarias afectadas: 10 desalojadas y una evacuada permanentemente. Se estimaron daños por US\$ 97 millones.
Tena, Ecuador	1995	6.2	Daños no estructurales moderados en el hospital Velasco Ibarra (120 camas): agrietamiento de varias paredes, ruptura de vidrios, caída de techos, desperfecto en el sistema de ascensores y daños en algunas tuberías para conducción de oxígeno y de agua, obligando a la suspensión de sus servicios y la evacuación de las instalaciones.
Aiquile, Bolivia	1998	6.8	El hospital Carmen López resultó gravemente dañado.
Armenia, Colombia	1999	5.8	El terremoto causó daños en 61 instalaciones de salud.
El Salvador	2001	7.6	1.917 camas hospitalarias (39.1% de la capacidad del país) fuera de operación. El hospital San Rafael, severamente dañado, continuó parcialmente su función en el exterior del edificio. El hospital Rosales perdió su capacidad de atención quirúrgica. Los hospitales San Juan de Dios de San Miguel, Santa Teresa de Zacatecoluca y San Pedro de Usulután, severamente dañados, continuaron su operación solo parcialmente en los exteriores. El hospital de Oncología tuvo que ser evacuado completamente.
Perú	2001	6.9	7 hospitales, 80 centros de salud y 150 puestos de salud resultaron afectados en los departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho

Fuente: Elaboración propia a partir de Fundamentos para la Mitigación de Desastres Naturales en Establecimientos de Salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000. Los Desastres Naturales y la Protección de la Salud, Publicación Científica N°575, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

La Salud en Las Américas, Edición 2002, Volumen I, Organización Panamericana de la Salud, 2002.

Daños observados en los hospitales de la Red Asistencial de Salud de El Salvador, en el Terremoto del 13 de enero de 2001, Informe Preliminar, Boroschek, R. Retamales, R., 2001.

Direcciones Regionales de Salud de Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho. (17 de julio del 2001)

A pesar de los ejemplos anteriores, no se ha desarrollado un esfuerzo generalizado para impulsar la educación formal en esta materia. Mucho menos podría decirse, entonces, en relación con la debida consideración de la *mitigación de riesgos* y la *prevención de desastres* en los cursos de diseño hospitalario de las facultades de arquitectura, pues el tema es nuevo y en general no ha sido considerado en este tipo de cursos. De aquí nace el interés en realizar una investigación acerca de proyectos que ayuden a *mitigar* los daños en hospitales causados por un fenómeno natural, en este caso un sismo. Existen estudios <sup>4</sup> que insisten en recalcar la necesidad de aplicar una evaluación del inmueble, previa a este suceso. Ocasionalmente el inmueble se ve gravemente afectado poniendo en riesgo la seguridad de sus ocupantes y en la mayoría de los casos se encuentra imposibilitado para brindar continuidad del servicio hospitalario a la población afectada. (Cardona, 1992)

### **OBJETIVO PARTICULAR DE LA INVESTIGACIÓN**

- Brindar al modelo propuesto de mitigación una herramienta útil (cedula valuatoria que considere la afectación del riesgo en el valor del hospital) para el análisis de las ventajas económicas de este tipo de proyectos mostrando cuantitativamente la variación del valor del inmueble hospitalario al ser evaluado con sus parámetros.

### **OBJETIVOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Mostrar las cualidades y aportaciones de otros países en la mitigación de riesgos sísmicos en la infraestructura hospitalaria.
- Demostrar las ventajas económicas que conlleva un mejor gestionamiento del riesgo sísmico.
- Incorporar al modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica la representación monetaria del resultado obtenido dentro del valor del hospital.
- Proporcionar una investigación que ayude a promover y gestionar el apoyo presupuestal para este tipo de proyectos.

### **HIPOTESIS DEL TRABAJO**

De acuerdo a los planteamientos anteriormente referidos se expone la siguiente hipótesis para el trabajo de investigación:

*“ A mayor vulnerabilidad sísmica presentada en la infraestructura hospitalaria, mayores costos de rehabilitación, así como el riesgo de sufrir mayores pérdidas económicas por la pérdida parcial o total del inmueble hospitalario ; ocasionando menor respuesta y seguridad brindada en la atención a víctimas posteriormente a la ocurrencia del sismo. “*

---

<sup>4</sup> *Vide.* Estudios presentados en: Cardona O.D., «Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo», Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres, ONAD/PNUD/OPS/OEA, Bogotá, Mayo 1991; *II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano*, Vol.1, EAFIT, Pereira, Julio 1992. *La disminución o mitigación de riesgos por desastres naturales o antropogénicos*

## **METODOLOGIA PROPUESTA EN EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo del tema de estudio propuesto se ha empezado por la recopilación de material bibliográfico impreso, así como documentos autorizados y difundidos por organismos como la OPS, OMS, CENAPRED, entre otros, que nos permitirán darle un soporte teórico acerca de los estudios y experiencia en otros países en materia de la mitigación de riesgos en hospitales.

Dicha investigación nos permite mostrar la importancia de este tipo de proyectos dejándonos ver los efectos de no reducir la vulnerabilidad sísmica en la infraestructura hospitalaria, así como sus consecuencias, sociales y económicas. Con esta sustentación teórica se pretende demostrar las variantes que se pueden obtener en la aplicación de este tipo de proyectos conforme al modelo Costo – eficiencia demostrando el impacto económico que puede resultar del reforzamiento de hospitales de forma favorable , o desfavorable según se haya manejado la gestión para la reducción del riesgo.

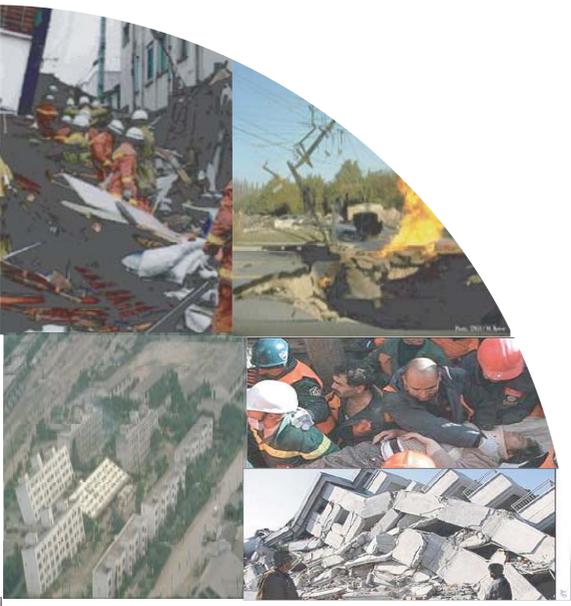
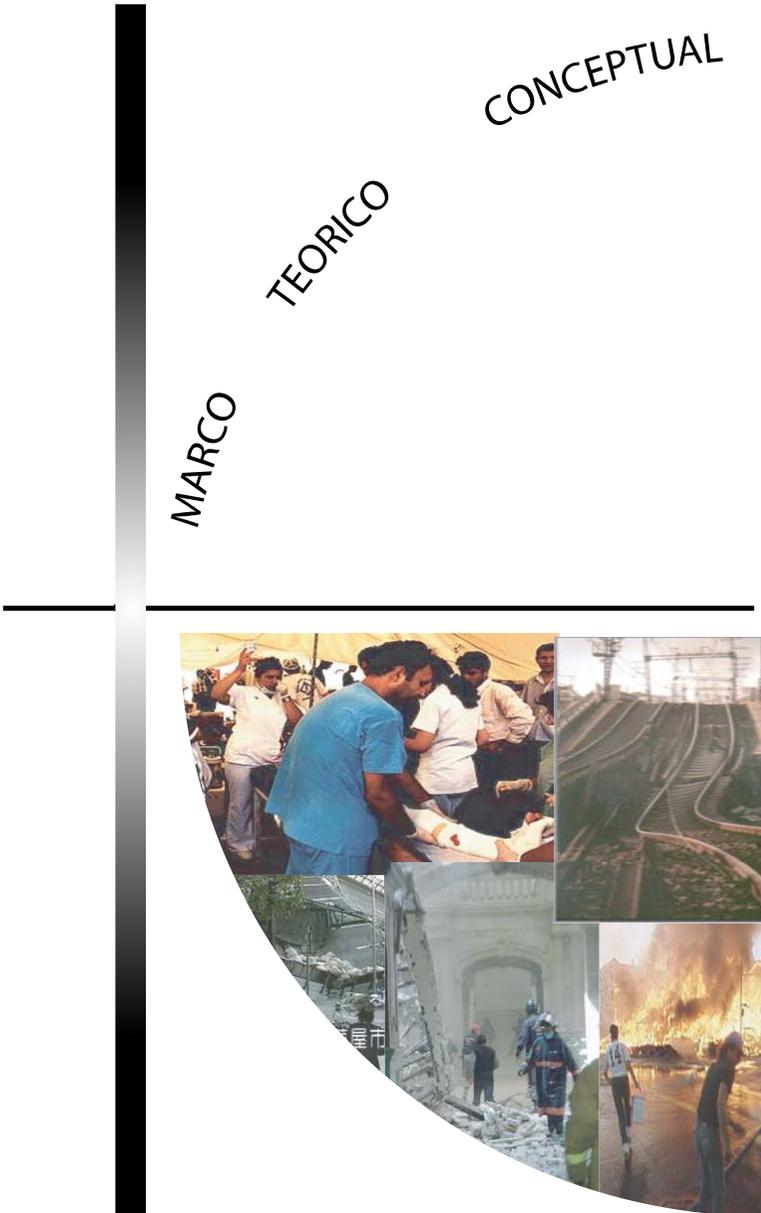
Posteriormente se presenta un desglose y reestructuración de los problemas citados por el modelo de evaluación de vulnerabilidad, los cuales son recopilados o analizados a través de formatos que permiten recopilar la vulnerabilidad sísmica del inmueble valuado. Se presentan dichos formatos como complemento, pero se resumen todos los parámetros evaluados para que a través de ellos se pueda obtener los factores que se incluirán al valorar el inmueble, de modo que cada problema tenga un peso dado por su importancia del riesgo que representa según al área en que se localiza y poder de esta forma representar este peso de forma monetaria de acuerdo a su participación en el valor del inmueble hospitalario.

Finalmente se presenta a manera de conclusión los puntos de análisis que se incorporaran a la evaluación del inmueble, dentro del proyecto de mitigación al que se incorpora el estudio, con la final de proporcionar una herramienta útil para demostrar la repercusión o ventajas económicas de la promoción y aplicación de este tipo de proyectos que contribuyan a la reducción de la vulnerabilidad sísmica hospitalaria.

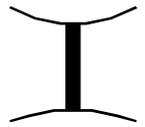
## **ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION**

El presente estudio pretende incorporar al proceso de evaluación de la vulnerabilidad sísmica del proyecto al que se incorpora, una visión más amplia de las ventajas y repercusiones que desde un punto de vista económico se obtienen al aplicar o no este tipo de proyectos , Así como demostrar a las instituciones el decremento del valor que puede sufrir el inmueble en el caso de no contar con las medidas preventivas , por tener un índice mayor de riesgo con la finalidad que se le de mayor importancia y difusión en los presupuestos asignados a este rubro, pues de nada nos serviría invertir en un hospital si al presentarse un sismo se puede perder toda la infraestructura o quedar inhabilitado su uso, representando esto, mayores costos de inversión en su rehabilitación o reconstrucción total o parcial .

Como ya se menciona esta investigación esta sirviendo de complemento a un proyecto manejado a nivel de maestría por la arquitecta Sonia Moran Rodríguez el cual es muy extenso, así que se sugiere consultar esta tesis para mayor comprensión del modelo utilizado para la evaluación de la vulnerabilidad hospitalaria en el que se incluyen la evaluación que se le realizo al Hospital Universitario de la ciudad de Puebla después del sismo en Septiembre de 1999 y al Hospital Universitario Virgen de las Nieves en Granada, España . Como a este proyecto le interesa la incorporación del análisis valuatorio del inmueble hospitalario de acuerdo a sus parámetros no se realiza la evaluación de un hospital como ejemplo de aplicación en este rubro ya que esto retrasaría mucho mas la investigación, por lo extenso del tema y lo que se busca es la incorporación de la metodología de análisis valuatoria a través de una cedula que permita de forma practica incorporar los parámetros analizados por el modelo.



# CAPITULO



## MARCO TERORICO CONCEPTUAL

## 1.1 Definición y tipos de desastre

*Un desastre* puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, de forma repentina e inesperada causando sobre los elementos sometidos alteraciones muy intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente, provocando un desajuste grave del sistema que afecta incluso a la capacidad de respuesta del mismo. Esta situación significa la desorganización extrema de los patrones normales de vida generando adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país y/o la modificación del medio ambiente, lo cual determina la necesidad de asistencia y de intervención inmediata.

Los desastres pueden ser originados por la manifestación de un fenómeno natural, provocados por el hombre o como consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales o bélicos. Los desastres sísmicos tienen la connotación de daños graves a construcciones, instalaciones y sistemas construidos por el hombre, y cuyas consecuencias son amplificadas por la inadecuación de las mismas a la amenaza real del sismo, lo que provoca una devastación extrema y, en casos, mal gestionable.

*Tipos de desastres*

Clasificación de los desastres por su etiología.

1. NATURALES

a) Geológicos: {  
Sismos y terremotos  
Volcanes  
Deslizamientos y colapsos de suelos

b) Hidrometeorológicos:

{  
Ciclones y huracanes  
Inundaciones  
Nevadas  
Granizadas  
Sequías  
Rayos y tormentas eléctricas

## 2. SANITARIOS

c) *Contaminación ambiental:*

Agua  
Suelo  
Aire

d) *Enfermedades epidemiológicas*

## 3. SOCIO-ORGANIZATIVAS

- e) Accidentes aéreos
- f) Accidentes terrestres
- g) Accidentes marítimos y fluviales
- h) Concentraciones masivas de población

## 4. QUÍMICOS

- i) Incendios
- j) Explosiones
- k) Radioactividad
- l) Incidentes de sustancias peligrosas.

Una lista amplia de **los fenómenos naturales** que pueden originar desastres o calamidades, es la siguiente:

Terremotos  
Maremotos (Tsunamis)  
Erupciones volcánicas  
Huracanes (tormentas, vendavales)  
Inundaciones (lentas, rápidas)  
Movimientos de masas de tierra (deslizamientos, derrumbes, flujos)  
Sequías (desertificación)  
Epidemias (biológicos)  
Plagas

Los desastres de **origen antrópico** pueden ser originados intencionalmente por el hombre o por una falla de carácter técnico, la cual puede desencadenar una serie de fallas en serie causando un desastre de gran magnitud.

Entre otros desastres de **origen antrópico** pueden mencionarse los siguientes:

Guerras (factor humano)  
Explosiones  
Incendios  
Accidentes  
Deforestación  
Contaminación  
Colapsos (impactos)

**BENEFICIOS:** Un beneficio es un factor o circunstancia favorable. Entonces, los beneficios asociados a una intervención específica, en el contexto actual es el valor dado a un resultado producido por la intervención (es la ganancia o pérdida).

**DAÑO:** Se define como la afectación o herida que perjudica el valor o la utilidad de algo, o la salud o funcionamiento normal de las personas.

**EFFECTIVIDAD:** En el contexto de esta discusión, efectividad es la habilidad de la intervención evaluada, de haber alcanzado los objetivos y metas para lo que fue implementada.

**EFFECTO:** Son el resultado de las intervenciones (resultados de un proceso de transformación).

**EFICACIA:** Es la habilidad de una intervención de producir el efecto deseado.

**EFICIENCIA:** Es definido como la producción del mínimo de desperdicio o esfuerzo. Entonces, eficiencia es el estado de ser eficiente.

**IMPACTO:** Es definido como el proceso actual de contacto entre un acontecimiento y una sociedad o el perímetro inmediato de una sociedad.

**LA AMENAZA O PELIGRO :** es el factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente, expresado matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo.

**MITIGACION:** son todas aquellas acciones que se adoptan previamente a la ocurrencia de un evento para lograr la protección contra las amenazas de un fenómeno, modificando o eliminando las causas de la amenaza (Reduciendo los peligros), o aminorar sus efectos si esta ocurre, (reduciendo la vulnerabilidad de los elementos afectados) (Reduciendo el riesgo)

**MODIFICACION:** Modificar es cambiar el carácter externo de, o variar o alterar en algún aspecto. La modificación del acontecimiento no quiere decir que el Acontecimiento No sucederá. La modificación puede cambiar, ya sea la naturaleza del peligro, o el riesgo que involucrara el peligro dentro de un acontecimiento. En términos de peligro es el agregado de todos los planteamientos y medidas tomadas para modificar la amplitud, intensidad, magnitud, escala y/ o la probabilidad de la actuación del evento que abra ocurrido sin la intervención humana. Así, a través de actividades humanas el acontecimiento resultante puede ser aumentado o atenuado tanto en magnitud como en frecuencia.

**PELIGRO (H):** Es cualquier cosa que suponga un daño.

**PELIGROSIDAD:** la real academia española define como “calidad de peligro” mientras que en términos técnicos se expresa como amenaza impuesta por ciertos fenómenos naturales, como son huracanes, erupciones riadas, terremotos, etc., que pueden causar consecuencias adversas a la actividad humana, impacto social negativo, pérdidas humanas y económicas severas

**PELIGROSIDAD SISMICA:** es la probabilidad de que ocurra nivel de movimiento del terreno como consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana; estos efectos pueden venir representados mediante la aceleración, velocidad, desplazamiento o por la intensidad sentida en el lugar. Los peligros sísmicos además del movimiento del terreno existen una serie de fenómenos que modifican las características de la sacudida sísmica como son: La falla del terreno, la deformación tectónica, la licuefacción, inundaciones, tsunamis, etc.

**PREVENCION:** Prevenir quiere decir no permitir que suceda el acontecimiento, y por consiguiente, la prevención es el agregado de acercamientos y medidas tomadas, para asegurar que las acciones humanas o los fenómenos naturales No causen o resulten en la incidencia de un acontecimiento relacionado con el peligro identificado o no identificado. No significa disminuir la amplitud, intensidad, escala y / o magnitud del acontecimiento. La prevención puede ocurrir, en principio, solamente mediante la eliminación del peligro.

**RIESGO:** es el nivel de destrucción o pérdida esperada obtenida de la combinación de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo. RIESGO (R): Es la probabilidad objetiva (matemática) o subjetiva (inductiva) de que algo negativo va a pasar. Así el riesgo de que ocurra un acontecimiento determina grandemente el camino de la preparación para enfrentar tales acontecimientos o para eliminar el peligro. El riesgo aplica solamente a un peligro específico. De este modo, los factores (factores de riesgo) pueden identificarse para proveer los medios para modificar esta probabilidad. Tales factores de riesgo son denotados como señales (señales de riesgo) . Una señal de riesgo es un atributo del peligro que esta asociado con una elevada probabilidad de que un acontecimiento pueda ocurrir.

**RIESGO SISMICO** son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de la estructura, cuya capacidad resistente fue excedida por la de un terremoto

La diferencia fundamental entre la amenaza y el riesgo está en que la amenaza se relaciona con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no sólo con el grado de exposición de los elementos sometidos, sino con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a los efectos del evento.

**VULNERABILIDAD:** en términos generales, la *vulnerabilidad* puede entenderse (Cardona, 1986), entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.<sup>5</sup>

### **VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA**

Para esta discusión, la vulnerabilidad significa la susceptibilidad de la población y el medio ambiente al tipo naturaleza del acontecimiento

$$\text{Vulnerabilidad} = 1 - \text{Resiliencia}$$

La resiliencia de la población / medio ambiente al acontecimiento es su flexibilidad o elasticidad para asimilar el acontecimiento. La resiliencia es un componente contrarrestado de vulnerabilidad. La resiliencia tiene dos componentes:

Los provistos por la naturaleza; y 2) los provistos a través de acciones humanas. Esto abarca: 1) la capacidad de asimilación, 2) la capacidad de amortiguación; y 3) la respuesta al evento y la recuperación del daño recibido. La ecuación es una expresión matemática debido a que la relación exacta no es conocida, la ecuación no pretende ser cuantitativa y es provista para propósitos conceptuales (de lo contrario la ecuación producirá una línea recta). La vulnerabilidad es una variable dependiente de resiliencia.

El aspecto importante de esta relación es de que entre mas grande sea la resiliencia menor será la vulnerabilidad de la sociedad, sus funciones básicas o sus subfunciones para ese acontecimiento específico. Si la resiliencia es suficientemente alta (completa) para el acontecimiento específico, entonces la sociedad no es vulnerable al acontecimiento: Ningún desastre puede ocurrir cuando no hay vulnerabilidad del acontecimiento.

### **1.3**

### ***Estudio de daños sísmicos sobre las construcciones***

---

Después de la sacudida de un sismo, llega un ambiente total de destrucción material, pero sobre todo de personas damnificadas y pérdidas humanas. Los daños a personas íntimamente relacionados con los producidos a construcciones e instalaciones.

El termino **daño** es ampliamente utilizado, sin embargo en su concepción mas empleada, pretende presentar el deterioro físico de los diferentes elementos de un edificio o el impacto económico asociado. En este sentido, es común referirse a daño físico y daño económico (Yépes, 1996). El daño físico que puede sufrir una edificación generalmente se clasifica como:

---

<sup>5</sup> Cardona O.D Estudio de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas. Boletín técnico No. 33, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogota, Diciembre 1986

**Daño estructural**, depende del comportamiento de los elementos que forman parte del sistema resistente tales como vigas, pilares, muros, forjados, etc. Se relaciona con las características de los materiales que lo componen, su configuración y ensamblaje, el tipo de sistema resistente y las características de las cargas actuantes sobre la estructura. Se cuantifica mediante el índice de daño correspondiente a cada uno de los elementos estructurales, cuya ponderación o parte de la totalidad de la estructura, permite la definición de los llamados índices de daño globales. Este tipo de daño es de primordial importancia desde el punto de vista de prevención del colapso de la estructura.

**Daño no estructural**, Se consideran elementos no estructurales a aquellos elementos que no forman parte del esquema resistente de la estructura, como son muros divisorios, ventanas, revestimientos, etc., asociados a los elementos arquitectónicos y los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios, así como del contenido de la edificación. Se relaciona con los niveles de deformación y distorsión que sufre la estructura y en ocasiones, con las aceleraciones a las que esta sometida durante el proceso. Los reportes de la evaluación de los terremotos de Loma prieta (1989) y Northridge (1994) reconocen que uno de los factores que incrementan enormemente las pérdidas económicas fue el daño en elementos no estructurales. Este aspecto ha demostrado, que los códigos vigentes son capaces de asegurar un buen comportamiento estructural, con la consiguiente seguridad de las vidas humanas, pero incapaces de limitar las pérdidas de tipo económico. (En parte también porque se sigue con menos escrupulosidad de las normas sismo resistentes).

**El daño económico** se define como la relación entre los costos de reparación y los costos de reposición, e incluyen tanto los costos de daño físico directo como los costos de daño indirectos. Intenta representar el daño en términos de pérdidas económicas o costes financieros tomando en cuenta la afectación de los diferentes componentes estructurales y no estructurales y generalmente se hace a través de métodos empíricos, teóricos y subjetivos. Usualmente se correlaciona con el daño estructural, sin embargo su evaluación es realmente dificultosa y su utilización interesa fundamentalmente a las agencias gubernamentales y compañías de seguros, entre otras.

*El índice de daño económico global y el índice de daño estructural global*, son conceptos diferentes (Powell y R. Allahabadi, 1988); sin embargo usualmente no se hace distinción entre ellos.<sup>1</sup> Para edificios de mampostería no reforzada, parece razonable suponer que el indicador de daño estructural se asemeje (en términos económicos) al índice de daño económico, no obstante, para edificaciones de hormigón armado el problema es muy complicado. Dicho problema no tiene fácil solución, ya que dependerá de factores propios de cada país y de cada región. En la situación mas desfavorable cuando no existan datos específicos, puede suponerse que son iguales ( A. Noroña, 1993) <sup>2</sup>.

Esta suposición tiende a sobreestimar las pérdidas económicas para valores bajos del índice de daño y a subestimarlas para valores altos, debido a que para la mayoría de tipologías estructurales, el costo de reparación alcanza al de reposición antes del colapso de la estructura. Se han propuesto, sin embargo, algunas relaciones entre índices de daño estructural e índices de daño económico, las cuales están basadas en la experiencia de los expertos, pruebas de laboratorio etc.

La mayoría de estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico centran su atención en la descripción de los *daños físicos* que pueden sufrir las edificaciones como resultado de la acción de un sismo con determinadas características. Su cuantificación depende de la manera concreta como se describan los daños y dan origen a diferentes escalas de medición. Existen diversas escalas de medidas cuantitativas y cualitativas del daño que intentan describir el daño global de la estructura después de la ocurrencia de un terremoto.

---

<sup>1</sup> G.H. Powell y R. Allahabadi, "Seismic damage prediction by deterministic methods: concepts and procedures", Earthquake engineering and structural Dynamics, 16, 719-734, 1988

<sup>2</sup> A. Noroña, "A Accao dos sismos e o Comportamento das Estruturas", tesis Doctoral, Facultad de Engenharia do Universidade do porto, Lisboa, 1993

**Índices de vulnerabilidad** Los índices de vulnerabilidad constituyen parámetros relativos que permiten cuantificar la susceptibilidad de una edificación de sufrir daños. Su empleo de manera directa permite comparar diferentes edificaciones de una misma tipología, donde se consideren los mismos factores en la evaluación. A través de las funciones de vulnerabilidad pueden ser correlacionados con los niveles de daño obtenidos o esperados para un sismo dado y empleado directamente para descubrir el daño. Estos índices proporcionan una medida relativa de la vulnerabilidad sísmica de una tipología de edificaciones de una región y son muy limitados para comparar diferentes tipos de edificaciones (p.e. mampostería vs. hormigón armado) debido a los diferentes factores considerados en la evaluación.

Basados en la inspección de los principales componentes de una edificación, tanto estructurales, como no estructurales y basados en la identificación y caracterización de deficiencias sísmicas potenciales, estas metodologías pretenden calificar las características de diseño sísmo-resistente y la calidad de la construcción, mediante un coeficiente llamado índice de vulnerabilidad, obtenido a través de la valoración de parámetros estructurales preestablecidos por expertos. Puede ser aplicado tanto a edificaciones individuales como a conjuntos de construcciones a escala urbana: ha sido desarrollado tanto para el estudio de edificaciones de mampostería no reforzada como de hormigón armado, sin embargo, los mayores esfuerzos han sido dedicados al estudio de los primeros, pues sus principales aportes provienen de Europa donde predomina este tipo de edificaciones. Por sus características, los métodos que conducen a un índice de vulnerabilidad pueden calificarse como subjetivos o cualitativos, ya que la calificación de las edificaciones se hace mediante la observación de sus características físicas y en algunos casos, apoyándose en cálculos estructurales simplificados.

#### 1.4

### ***Repercusiones sociales después de un sismo***

---

Algunos de los efectos sociales significativos que resulta difícil medir en términos monetarios -y que de hecho ninguna metodología de medición de impacto de los desastres ha logrado hacer hasta ahora (de forma precisa), son la pérdida temporal o permanente del empleo, el ausentismo escolar forzado, los problemas de salud y costo de atención médica, la disminución en la productividad del trabajo y de la tierra, la migración, las alteraciones en el mercado inmobiliario, el impacto en las actividades productivas y comerciales informales, así como los efectos sobre el ambiente y en las economías o formas de vida locales, sumado a los efectos económicos que significan los conflictos políticos y la desarticulación de la base social local, entre otros problemas que fueron claramente tangibles luego del Huracán Mitch por Centroamérica y recientemente con los terremotos de 2001.

Claramente ningún país puede soportar ese continuo proceso de erosión de capitales y recursos para el desarrollo, y por tanto, tampoco se deberá tratar con indiferencia el contexto y los factores de riesgo que causan pérdidas y daños. Frente a la globalización y en el marco de las apuestas económicas, los contextos y factores de riesgo y los desastres no manejados alcanzan un decisivo impacto sobre los grados de convivencia social y ponen a prueba la eficacia de los mecanismos democráticos de funcionamiento institucional y gobernabilidad, afectando a su vez las decisiones sobre la ubicación geográfica de la inversión de capital y la competitividad de los territorios y sus economías, decidiendo con ello las fortunas que los países y regiones obtienen en el marco de la economía social de mercado. Miles de millones de personas en más de 100 países están periódicamente expuestas, por lo menos, a un fenómeno natural, ya sea terremoto, ciclón tropical, inundación o sequía. Esos desastres ocasionan, como promedio, 184 muertes al día. Durante los dos decenios estudiados, de 1980 al 2000, Armenia, la República Popular Democrática de Corea, Etiopía, Honduras y el Sudán fueron los cinco países con mayor número de muertes ocasionadas por desastres naturales en relación con su población total. La República Popular Democrática de Corea

tuvo la mayor proporción anual de muertes ocasionadas por desastres naturales por millón de habitantes (606), seguida de Mozambique (328), Armenia (324), Etiopía (324) y el Sudán (275).

### **1.5 Antecedentes Sísmicos**

---

Con la finalidad de tener conciencia de la importancia y magnitud de un desastre sísmico a continuación se presenta el parámetro más común de medición sísmica, nos referimos a la escala de Richter para medir terremotos. El término logarítmico significa que cada paso de número completo representa un incremento de 10 veces la amplitud medida. Por lo tanto un terremoto de magnitud 8 es 10 veces más fuerte que uno de 7, 100 veces más fuerte que uno de magnitud 6 y 1.000 veces más fuerte que uno de magnitud 5.

La necesidad de que los establecimientos de la salud estén preparados y capacitados para actuar en caso de situaciones de emergencia sísmica es un aspecto de especial importancia en América Latina. Un amplio número de hospitales han sufrido daños graves o han perdido su operatividad al llegar al colapso estructural como consecuencia de eventos naturales intensos, y han privado a las comunidades respectivas de una adecuada atención a las víctimas. Es de notar que muchos de los hospitales afectados habían sido diseñados de acuerdo a normas de construcción sismorresistente. Esto lleva a pensar que el diseño estructural de hospitales debe realizarse con un cuidado mucho mayor del empleado para diseños más convencionales, ya que la filosofía de la mayoría de las normas sísmicas buscan proteger la vida de los ocupantes de las edificaciones y no asegura la continuidad de su funcionamiento, tal y como se detalla a continuación:

***Filosofía de normativas sísmicas existentes***

- Resistir sin daños a eventos de intensidad moderada
- Limitar los daños en elementos no estructurales durante eventos de mediana intensidad
- Aunque presenten daños, evitar el colapso durante eventos de intensidad excepcionalmente severa.

En el cuadro siguiente se reúnen los efectos destructores en hospitales a causa de algunos terremotos.

***Tabla 1.11 De daños sufridos en hospitales por desastres sísmicos<sup>3</sup>***

---

<sup>3</sup> **O.P.S.Y.O.M.S** (Organización Panamericana De la Salud y Organización Mundial de la Salud) «Hacia un mundo más seguro frente a los desastres Naturales », trayectoria América Latina y el Caribe O.P.S. 1994

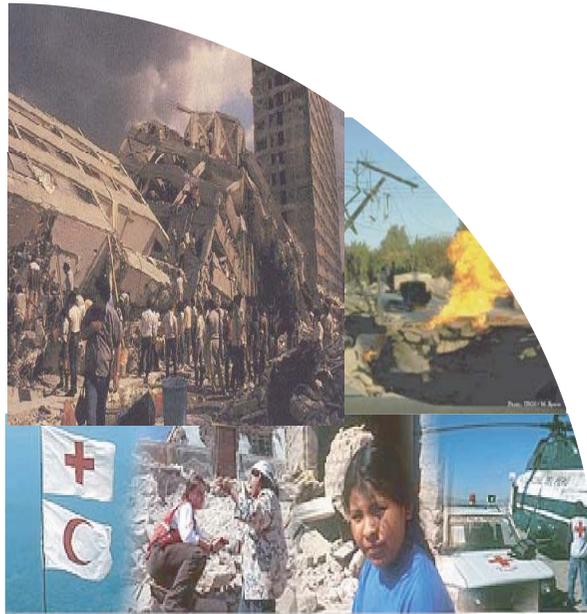
<b>IDENTIFICACION Y AÑO</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>EFFECTOS GENERALES</b>
Popayán, Colombia, 1983	5,5	Daños e interrupción de servicios en el Hospital Universitario San José
Mendoza, Argentina, 1985	6,2	Se perdieron algo más del 10% del total de camas (estatales + privadas = 3350). De 10 instalaciones afectadas, 2 fueron demolidas y una desalojada
México, D.F. México, 1985	8,1	Se derrumbaron 5 establecimientos hospitalarios y otros 22 sufrieron daños mayores; por lo menos 11 instalaciones fueron evacuadas. Se estimaron pérdidas directas por US\$ 640 millones.  Los hospitales más seriamente dañados fueron el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS), el Hospital General y el Hospital Benito Juárez. Entre camas destruidas y las que fue necesario evacuar, los sismos produjeron un déficit súbito de 5829 camas; en el Hospital General murieron 295 personas y en el Juárez 561, entre las cuales se encontraban pacientes, médicos, enfermeras, personal administrativo, visitantes y recién nacidos.
San Salvador, El Salvador, 1986	5,4	Algo más de 2000 camas perdidas, más de 11 instalaciones hospitalarias afectadas: 10 fueron desalojadas y 1 se perdió totalmente. Se estimaron daños por US \$ 97 millones
Tena, Ecuador, 1995	6,2	El hospital Velasco Ibarra (120 camas) sufrió Ecuador, 1995 daños no estructurales moderados: el agrietamiento de varias paredes, la ruptura de vidrios, caída de tumbados (cielo falso, cielo raso), desperfecto en el sistema de ascensores y daños en algunas tuberías para conducción de oxígeno y de agua, lo que obligó a la suspensión de sus servicios y a la evacuación de las instalaciones.

*Fotografía 1.1. Colapso total del Hospital Benito Juárez, México, EQ 1985*

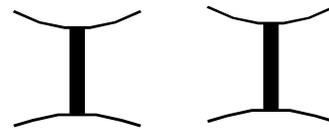
*Fotografía 1.2. Colapso parcial del Hospital Benjamín Bloom, San Salvador, EQ 1987*



EFFECTOS ECONOMICOS DE LOS DESASTRES



# CAPITULO



## EFECTOS ECONOMICOS DE LOS DESASTRES

## 2.1

*Estimación de daños posteriores al desastre*

La identificación de las repercusiones económicas resultantes de un desastre es difícil de determinar, los análisis utilizados hasta el momento han sido incompletos, ya que, si realizan un balance de daños causados y su impacto inmediato, este padece generalmente de lagunas en lo referente a los efectos indirectos e inducidos. Se distinguen 3 tipos de efectos económicos relacionados con los desastres: ( A. Noroña, 1993) <sup>1</sup>.

- 1.- **Los efectos directos:** Afectan al patrimonio; propiedad e ingresos de las víctimas.
- 2.- **Los efectos indirectos:** Consecuencia de los primeros, reducción del ingreso, reducción de la producción, etc.
- 3.- **Los efectos inducidos:** Aparecen posteriormente; epidemias, inflación, desempleo, aislamiento regional, etc.
  - Las pérdidas de capital.
  - Las pérdidas de reservas destinadas al consumo final.
  - Pérdidas de reserva destinadas al consumo de unidades.
  - Pérdidas de producción.
  - El cierre de unidades productivas, el incremento de desempleo., etc.



Fotografía 2.1 Northridge, California - USA Enero 17 de 1994 4:31 am  
Magnitud : 6.7 M57 muertos, 1500 heridos graves US \$15.000 millones en pérdidas . Uno de los desastres naturales más costosos en USA

El balance o evaluación de daños resulta complicado, ya que, por una parte no hay uniformidad de parámetros, por otra, no se consideran las pérdidas indirectas como en ocasiones resultan aún mayores que las directas. Así mismo hay perjuicios a los que no se les puede asignar un precio, como la pérdida de vidas humanas.

<sup>1</sup> J. Pallas Caceres, E. Romero Salgado "Proyecto de creación de un organismo civil, que apoye la seguridad urbana en la prevención de fenómenos destructivos", tesis de maestría, Instituto de Estudios Superiores en Administración Pública

Los expertos en mitigación de desastres señalan que las víctimas mortales de los desastres naturales son sólo la punta del iceberg. Los efectos económicos, combinados con la cifra de víctimas humanas, pueden ser devastadores para las poblaciones que ya de por sí viven marginadas de la sociedad. Este efecto a largo plazo no es tomado en cuenta significativamente en los países en desarrollo.

A nivel mundial, los desastres ocasionaron pérdidas por valor de más de 660.000 millones de dólares de los EE.UU. durante el decenio de 1990. Empero, la mayor parte de esas pérdidas se concentraron en los países más ricos y esa cifra indudablemente no refleja los efectos de los desastres sobre los países pobres. Entre países con niveles similares de exposición a los desastres hay diferencias en cuanto a la pérdida de vidas humanas, aspecto que queda ilustrado en el nuevo “*Índice de riesgos de desastres*”. “En cierto sentido, en este informe se sostiene que no hay nada de ‘natural’ en esos desastres”, dice Andrew Maskrey, coautor del informe y Jefe de la Dependencia de reducción de desastres, del PNUD, radicada en Ginebra. “Los efectos de los desastres se pueden reducir extraordinariamente con un enfoque acertado del desarrollo, y hay una gran correlación entre la vulnerabilidad elevada y los bajos niveles de desarrollo humano”.

Si bien la destrucción de la infraestructura y el empeoramiento de los medios de vida son resultados directos de los desastres, en el nuevo informe Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development (La reducción de los riesgos de desastre: un desafío para el desarrollo), se aduce que esas pérdidas también pueden interactuar con otros problemas financieros, políticos, sanitarios y ambientales, y exacerbarlos. Por consiguiente, se recomienda que en los planes políticos destinados a alcanzar cada uno de los objetivos aprobados por los dirigentes del mundo en la Cumbre del Milenio, se tomen en cuenta los riesgos de desastres. Son varios los informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) que afirman categóricamente que los desastres naturales constituyen una barrera para el desarrollo económico y social de la región.

Si bien los fenómenos naturales afectan indistintamente a los países desarrollados y en vías de desarrollo, sus consecuencias son muy diferentes. Como muestra de ello, se puede señalar que el 95 % de las muertes asociadas a los fenómenos naturales ocurridos en 1998, ocurrieron en países en vías de desarrollo. En estos países, los fenómenos naturales presentan generalmente efectos devastadores sobre el nivel de vida de la población y sus posibilidades de desarrollo. En cambio, en los países desarrollados, los fenómenos naturales tienen generalmente efectos marginales sobre la actividad económica y la población, (ver tabla 1.10). En el sector salud, el efecto de un fenómeno natural se ve amplificado por varias razones: primero, es uno de los segmentos con pérdidas importantes; segundo, su recuperación implica grandes desembolsos económicos, difíciles de afrontar en momentos en que el resto del país también trata de recuperarse; y tercero, por la necesidad de recuperar en forma rápida la capacidad de atención, no solo de la población directamente afectada, sino para continuar satisfaciendo la demanda normal de salud del sistema.

Aunque las pérdidas económicas directas suelen ser mayores en países desarrollados el porcentaje que representan es muy pequeño, sin embargo los países en desarrollo este porcentaje es muy alto y supone, por tanto, una desestabilización grande de su economía; en los países en desarrollo. Se estima que las pérdidas en el producto interno bruto debidas a desastres superan en 20 veces al que experimentan los países industrializados.

**Tabla 1.10 Efecto de los fenómenos naturales en la economía de los países<sup>2</sup>**

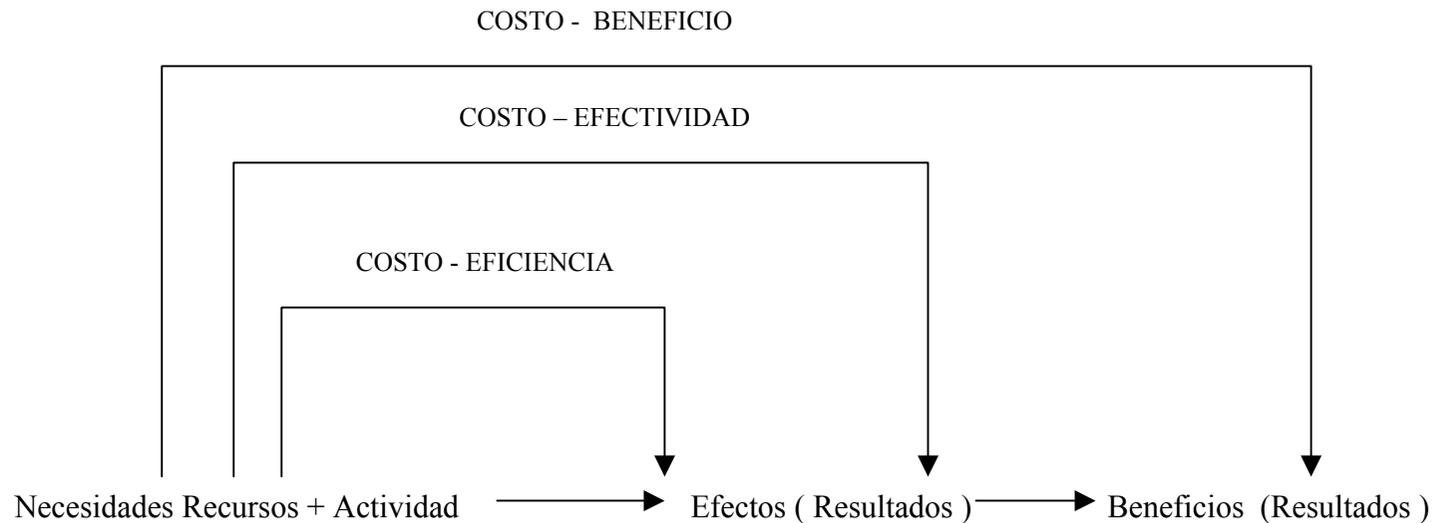
<b>LOCALIDAD</b>	<b>EVENTO</b>	<b>FECHA</b>	<b>AFECTACION EN LA ECONOMIA</b>
Managua	Terremoto	1972	Caída del 15% en el PIB y reducción del 46% en la actividad industrial y productiva de Managua.
México	Terremoto	1985	El PIB se redujo en 2.7%
Nicaragua	Huracán Joan	1988	El PIB se redujo un 2%, 17% del total en el sector agrícola.
Ecuador	Inundaciones producidas por el Fenómeno de El Niño	1997-1998	Reducción del PIB del 1.2% respecto al esperado el año 1998.
República Dominicana	Huracán Georges	1998	Reducción del PIB en 1% respecto al proyectado para ese año.
Nicaragua	Huracán Mitch	1998	1.1 puntos porcentuales menos en el crecimiento del PIB proyectado para ese año (el 4 %)
Honduras	Huracán Mitch	1998	Disminución del PIB en 7.5%.
El Salvador	Terremotos	2001	Los daños ocasionados representan el 12% del PIB del país en el año precedente

Los costos de una intervención son los recursos consumidos por el proceso de transformación. Comúnmente, los costos son dados en valor monetario o económico. El costo económico es la combinación de los costos materiales y la cantidad de tiempo donada por individuos, la pérdida de ingresos en la incurrieron en el periodo de ausencia de sus trabajos, el costo del cuidado medico resultado de su respuesta, etc. Sin embargo los costos también pueden ser evaluados en términos de costos humanos, materiales, intangibles y otros recursos consumidos.

- Los costos humanos incluyen la pérdida de vidas y la morbilidad (física y psicología).
- Los costos materiales incluyen los costos materiales directos de materiales y también se deben incluir los costos de oportunidad asociados con el uso de recursos para las respuestas ante desastres.
- Costos Intangibles en el que su valor no se puede estimar en términos cuantitativos. Incluyen la pérdida de confianza en gobiernos, miedo por la seguridad, y la pérdida de confianza entre seres humanos. Al día de hoy no existe una metodología organizada universalmente aceptada, para realizar y divulgar evaluaciones de la eficacia, eficiencia, y efectividad de la relación costo – beneficio.
- Los costos de oportunidad son otros factores sacrificados al usar un recurso de otra forma en particular. Todas las acciones tienen un costo de oportunidad. A menudo el valor de una aplicación de recursos es evaluada en base a la manera en que fueron utilizados los recursos, comparándolos con otros usos potenciales. Sin embargo no todos los costos pueden ser cuantificados en términos económicos.

El costo – efectividad es el costo en términos de los recursos consumidos por una medida dada de las metas alcanzadas (efectos). Costo beneficio es el valor relativo obtenido por una cantidad dada de recursos consumidos por un proceso de intervención.

<sup>2</sup> Fuente: Un Tema del Desarrollo: La Reducción de la Vulnerabilidad Frente a los Desastres, documento del Seminario Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo, CEPAL/BID El Salvador: Evaluación del terremoto del martes 13 de febrero del 2001, addendum al documento de evaluación del terremoto del 13 de enero, CEPAL.



Representación esquemática de costo – eficiencia, costo – efectividad, costo – beneficio. Cada intervención deberá llevarse a cabo tan eficientemente como sea posible. Entonces se escoge la intervención que provee mayor efectividad para proporcionar el resultado requerido. Todavía esto requerirá ser evaluado hasta que punto la intervención beneficia a la población (producir un resultado positivo).

Sin embargo, las intervenciones también deben ser evaluadas con base en la prevención o mitigación del efecto de un acontecimiento. Dichas evaluaciones a menudo son difíciles debido a que su éxito se mide por el hecho de que nada pasó de lo que pudo haber pasado. Pueden ser evaluadas por el hecho de que producen valores intangibles (ej. confianza básica, seguridad, etc.). Las intervenciones pueden ser evaluadas en términos de los efectos resultantes de su implementación, los resultados relativos a metas preestablecidas, los beneficios generales alcanzados por la implementación de la intervención, y los costos alcanzados por su plantación e implementación<sup>3</sup> La investigación es usada para definir una relación causa : efecto entre las variables independientes y dependientes. La investigación es para cambiar leyes o teorías; la evaluación es asignar valores al proceso o resultado final. La evaluación de la investigación debe facilitar la identificación de las intervenciones que proveen el nivel más alto de eficiencia al menor costo, y optimización eficaz, y benéfica para la población afectada.

Los estudios de antes y después pueden formar las bases para la evaluación del daño causado por un evento.

<sup>3</sup> Fuente: Knute Ole Sundnes, MD; Marvin L Birnbaum, Md, PHD (Medicina Prehospitalaria y de Desastre Volumen 17/ suplemento 3) “Manejo de la Salud en Desastres Guías para la evaluación e investigación al estilo Utstein.

La salud es generalmente entendida como un derecho individual y de toda la comunidad. Por esta razón, en muchos países las instalaciones de salud son de propiedad del estado y la operación la lleva a cabo el gobierno. En la mayoría de los casos la salud es financiada por rentas generadas principalmente de impuestos, razón por la cual los servicios de salud pública se suministran a bajo costo o sin costo y dependen de la capacidad económica de los gobiernos. En otras palabras, debido a que las instituciones de salud son creadas con inversión gubernamental, su supervivencia depende del estado de la economía y desarrollo de los gobiernos. Cualquier impacto adverso a la economía del país afectará su capacidad para ofrecer servicios de salud. De otra parte, debido a la importancia y alto costo de las instalaciones hospitalarias, un daño severo a las mismas no sólo afectará la capacidad productiva del país sino también a las finanzas públicas debido al costo de la rehabilitación y reconstrucción. En los últimos años, muchos recursos de capital han sido invertidos en expansión de hospitales y en intervención de reducción de la vulnerabilidad; no obstante que este capital no es generador de renta y puede crear una carga adicional al gobierno al tener que encontrar recurrentemente los recursos que le permitan el manejo de las instalaciones en forma adecuada. Esto hace que sea muy importante asegurar que todas las inversiones en programas sociales, particularmente en tiempos de dificultad económica, estén aseguradas y no sujetas al azar de las amenazas naturales.

En los últimos 15 años un total de 93 hospitales y 538 centros de salud han sido dañados sensiblemente a consecuencia de desastres naturales, ya sea por haber colapsado o quedado en condiciones vulnerables que exigieron su desalojo. Si se considera una media de 200 camas de capacidad instalada por hospital y 10 camas por centro de salud, resulta que 24.000 camas han quedado inhabilitadas durante dicho lapso. De considerarse un costo promedio de 130.000 dólares por cama de hospital, las pérdidas acumuladas por este concepto en la región habrían ascendido a 3.120 millones de dólares.<sup>4</sup>

**Planificación y financiación** El administrador de salud debe identificar oportunidades para incorporar conceptos de prevención y mitigación de desastres, como las que se presentan en casos de mantenimiento hospitalario, proyectos de ampliación, adecuación de equipos procesos de acreditación hospitalaria, entre otras posibles. La coordinación con los entes gubernamentales y privados que tienen a su cargo el estudio de condiciones geológicas, sismológicas e hidrometeorológicas, le permitirá conocer las diferentes amenazas a las cuales estarán sometidos los establecimientos de salud existentes o que estén en fase de proyecto, de forma que permitan tomar las medidas de prevención y mitigación pertinentes para disminuir la vulnerabilidad general de la infraestructura hospitalaria.

Para esto es necesario que los encargados de la administración hospitalaria, en base al análisis descrito, establezcan un balance entre el costo de la inversión y el beneficio esperado en términos de pérdidas económicas y sociales dentro de un marco de factibilidad, que les permita por último definir un nivel admisible de riesgo, al cual se llegará una vez se hayan aplicado las medidas correspondientes.

Los contratos de seguros contra riesgos de desastres naturales, si bien son beneficiosos en la medida en que permiten resarcir una proporción sustantiva de la inversión en infraestructura hospitalaria, no se contraponen con la posibilidad de incorporar medidas de mitigación; por el contrario, al disminuir la vulnerabilidad del bien, pueden significar abatimiento del costo de la prima anual de aseguramiento y por lo tanto de los costos financieros de la unidad hospitalaria. Esta debería ser la política de las compañías de seguros, aunque en la realidad no siempre se ha reflejado en una efectiva reducción de las primas.

---

<sup>4</sup> Véase Bitrán Bitrán, Daniel, Impacto Económico de los Desastres Naturales en la Infraestructura de Salud, LC- /MEX/L.291.2. Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, Recomendaciones, México D.F. 26-28 de febrero de 1996

**Estrategias de promoción y financiación.** Una de las dificultades para implementar medidas de prevención y mitigación consiste en demostrar la necesidad de la inversión y sus bondades en términos de costo-eficiencia. Como factores negativos que pueden pesar en contra se pueden citar las limitaciones para predecir cierto tipo de eventos naturales y las crisis o deficiencias económicas casi permanentes de muchos centros asistenciales y del sector salud en la mayoría de los países en desarrollo. No obstante, se puede argumentar en forma contundente que la decisión de intervenir en reducir la vulnerabilidad de los servicios de salud, a fin de garantizar la seguridad de las personas, los equipos y el servicio en los momentos en que más se requieren, es una decisión con una alta rentabilidad económica y social. Se pueden citar varias formas de promoción y financiamiento; sin embargo, las que se citan a continuación pueden ser ejecutadas con facilidad, exigiendo obviamente el desarrollo previo o simultáneo de un programa articulado de mitigación de desastres en establecimientos de la salud, que incluya formación de recursos humanos, desarrollo tecnológico, normatización y asesoría.

- **Aprobación de licencias de funcionamiento.** La aprobación o renovación de la licencia de funcionamiento de un centro asistencial constituye un excelente medio para exigir que todo centro asistencial contemple técnicas de construcción sismorresistente y medidas de mitigación y preparativos ante desastres.

- **Aprobación de presupuestos de inversión.** Es de común conocimiento que los aportes presupuestarios representan uno de los principales instrumentos para impulsar procesos de inversión y desarrollo con enfoques específicos y, por lo tanto, para incluir acciones de mitigación y preparación en los planes de desarrollo institucional. Así, para el financiamiento del mantenimiento o de obras de construcción (remodelaciones, ampliaciones, etc.), se puede exigir como requisito para su estudio el incluir los criterios de mitigación antes mencionados en el diseño. Es considerablemente más económico construir un centro asistencial con técnicas sismorresistentes o efectuar un refuerzo de un edificio construido sin estas técnicas, que la pérdida económica resultante del colapso del edificio hospitalario como consecuencia pérdida de equipos y la interrupción de la prestación de servicios de salud.

- **Procesos de acreditación hospitalaria.** Este concepto, en boga hace algunos años, se refiere al control, por parte de un ente centralizador, de las condiciones de la prestación de servicios de salud. Este ente solicita a las instituciones individuales la presentación de formularios estandarizados para la evaluación de varios parámetros, que incluyen desde condiciones de la planta física hasta equipamiento y calidad del recurso humano. El ente procede a una revisión de los formularios y otorga una calificación a la institución, la cual debe ser renovada periódicamente. Estos formularios de acreditación podrían incluir aspectos específicos de mitigación y de preparativos para desastres que deberían ser parte de la evaluación.

- **Aprobación de partidas de apoyo.** Dentro de las acciones de estímulo y promoción de la adopción de medidas de mitigación y preparación a nivel hospitalario podría citarse también el apoyo económico con partidas que incentiven y faciliten su adopción, por ejemplo mediante la cofinanciación de los estudios, consultorías y diseños respectivos, o mediante la ejecución de algunas de las obras.

**Cuadro 1.1 Evaluación de la seguridad de hospitales Mexicanos**

Hospital preparado para enfrentar situaciones de desastre: "HOSPITAL SEGURO"

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ha planteado una iniciativa orientada a contar con hospitales seguros y preparados para enfrentar desastres, en la cual se identifican cuatro etapas para su desarrollo:

- **Un diagnóstico de vulnerabilidad** en cada hospital de niveles II y III de atención (que corresponden a los de mayor complejidad), de acuerdo con las amenazas presentes en su entorno, ejecutado por el mismo personal del hospital, tendiente a la elaboración o actualización de los Planes de Atención a la Salud en Desastres (PAISD) ajustados a las condiciones vulnerables del establecimiento, y a la implementación de medidas correctivas, de fácil ejecución y bajo costo, de los problemas detectados.

- **Una evaluación exhaustiva de la vulnerabilidad**, a cargo de profesionales especializados que conforman un Comité Institucional de Certificación, que permita una valoración concluyente de la vulnerabilidad de cada una de las instalaciones de II y III nivel donde lo amerite, y la ejecución de las acciones de mitigación pertinentes, junto con la revisión del PAISD de acuerdo con los lineamientos normativos vigentes.

- **Una validación de los resultados** obtenidos en las etapas anteriores por parte de un ente competente a nivel nacional.

- **Un reconocimiento con carácter internacional** para aquellos establecimientos que cumplan con los parámetros establecidos por el cuerpo colegiado nacional en la etapa anterior, que les permita ser considerados como "Hospitales Seguros".

**NOTA:** Véase el texto completo del proyecto en el informe Hospital preparado para enfrentar situaciones de desastre:

**Cuadro 1.2 Costos de reforzamiento de Hospitales Dañados**

Hospital	Camas	Duración de las obras (Meses)	Valor del reforzamiento (US \$)	% del valor total del hospital
Hospital México	600	31	2.350.000	7,8
Hospital Nacional de Niños	375	25	1.100.000	4,2
Hospital Monseñor Sanabria	289	34	1.270.000	7,5

Este cuadro nos muestra las ventajas económicas de realizar el reforzamiento de hospitales en relación a lo que se perdería en caso de sismo si no se hicieran las obras.

(Valor de reforzamiento/ valor del hospital)

\* : "Hospital Seguro", preparado por el Instituto Mexicano del Seguro Social en septiembre de 1998.

ANALISIS DE LA INVERSION REQUERIDA PARA LA  
APLICACION DE UN PROYECTO DE MITIGACION  
A NIVEL HOSPITALARIO



# CAPITULO



## ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN REQUERIDA PARA LA APLICACIÓN DE UN PROYECTO DE MITIGACIÓN A NIVEL HOSPITALARIO

### 3.1

#### *Evaluación y reducción de la vulnerabilidad*

---

Teniendo en cuenta la importancia de contar con la infraestructura hospitalaria después de un desastre y con el fin de que el sector de la salud pueda dar una eficiente respuesta para atender la emergencia, es necesario que la administración del hospital realice los respectivos estudios de la vulnerabilidad estructural, no estructural y administrativo-organizativa de los servicios. En todo caso, sólo se podrá determinar la vulnerabilidad hospitalaria cuando se haga un estudio de vulnerabilidad integral que incorpore todos los tres aspectos a ser evaluados: estructural, no estructural y administrativo-organizativo.

Un análisis de vulnerabilidad debe comenzar con una inspección visual de las instalaciones y con la preparación de un reporte preliminar de evaluación realizada por un grupo de profesionales expertos en el tema. Esta inspección permite identificar áreas que requieran atención. El informe puede ser discutido con otros consultores y las autoridades del establecimiento con miras a definir las prioridades y los cronogramas para llevar a cabo el trabajo.

Un estudio de vulnerabilidad busca, entre otras cosas, determinar la susceptibilidad o el nivel de daño esperado en la infraestructura, equipamiento y funcionalidad de un establecimiento hospitalario frente a un desastre determinado; por lo tanto, para iniciar un estudio de vulnerabilidad deben caracterizarse el o los fenómenos a ser considerados. En el caso de la vulnerabilidad sísmica debe determinarse el grado de daño de los terremotos que pueden afectar al hospital y sus instalaciones. Recordando que es la intensidad del terremoto en ese lugar la que puede afectar más al hospital, ósea aquel movimiento de suelo que sea más intenso en la ubicación del mismo, o que sea capaz de desencadenar peligros asociados que afecten a su cimentación (licuefacción, deslizamientos y otros movimientos en el terreno)

### 3.2

#### *El modelo Costo – Efectividad y diferencia con el de Costo – Beneficio*

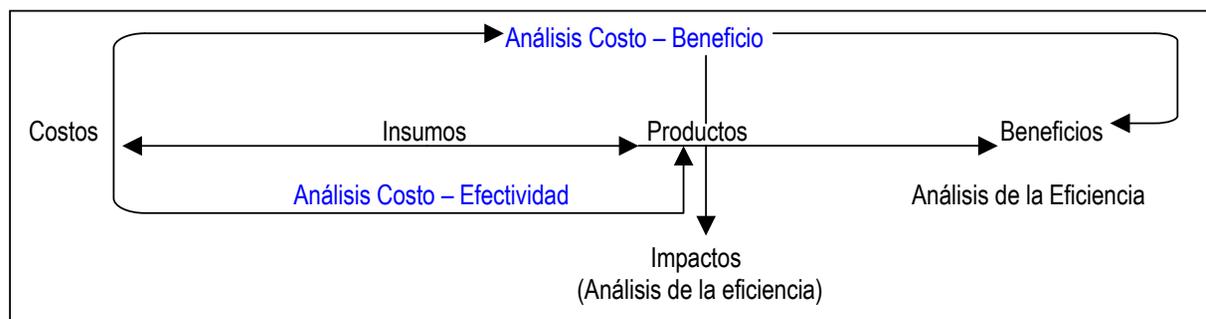
---

La literatura tradicional de evaluación de proyectos de inversión recomienda la aplicación del análisis costo-beneficio no sólo a los proyectos privados sino también a los de infraestructura social. De esta manera se estaría contrastando el conjunto de beneficios o rendimientos que harían elegible a una inversión frente a los costos en que se incurre para realizarla. Sin embargo, en la práctica la aplicación del análisis costo-beneficio presenta limitaciones cuando se aplica a proyectos en los que está involucrado un servicio humano complejo, como es el de la salud.

Existen también problemas metodológicos para su aplicación. Por una parte, no todos los beneficios o costos relacionados con preparativos y respuesta ante desastres son cuantificables. Esta dificultad se enfrenta particularmente cuando se trata de expresar en términos monetarios los beneficios sociales, políticos e incluso psicológicos que las obras de mitigación hospitalaria podrían aportar. De una parte, se trata de obras tendientes a preservar vidas humanas, lo que introduce una dimensión cualitativa que se contrapone a un intento de medición (son proyectos cuyos productos no son susceptibles de traducir en beneficios expresados en unidades monetarias).

El análisis de costo-beneficio se basa en un principio muy simple: compara los beneficios y los costos de un proyecto particular y, si los primeros exceden a los segundos entrega un elemento de juicio inicial que indica su aceptabilidad, mientras que el análisis costo-efectividad aunque sigue la misma lógica, compara los costos con la potencialidad de alcanzar más eficientemente los objetivos no expresables en moneda, sino en productos.

Como es bien sabido, la evaluación es una actividad que tiene por objeto maximizar la eficiencia de los programas (minimización de los costos de los insumos o maximización de los productos del proyecto) o su eficacia (grado en que se alcanzan los objetivos del proyecto). En el siguiente cuadro se ejemplifica los alcances de cada uno de los modelos y su eficiencia de acuerdo a los resultados obtenidos.<sup>1</sup>



Por ejemplo la efectividad de las inversiones de un proyecto hospitalario (o del reforzamiento de uno existente) podría medirse en función de la ampliación de los servicios (producción) que traerá aparejada la obra, como serían:

- a. Número de consultas médicas de urgencia o de medicina general.
- b. Número de egresos de medicina interna (también los ingresos o admisiones).
- c. Número de camas habilitadas.
- d. Número de usuarios (derechohabientes) de los servicios de salud respecto del total de población demandante.

<sup>12</sup> Rosales Ardòn Vanesa, Bitrán, Bitrán Daniel, "Lecciones Aprendidas En América Latina de Mitigación de Desastres en Instituciones de la Salud" (Aspectos de Costo – Efectividad) OPS / OMS / UN-DHA 1997

Como se sabe, el proceso de elaboración y puesta en marcha de un proyecto constituye un ciclo de aproximaciones sucesivas en el que, habitualmente, se diferencia tres “estados” básicos: preinversión (idea del proyecto, estudio del perfil, análisis de prefactibilidad y factibilidad), inversión (diseño y ejecución) y evaluación. Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación es necesario, por otra parte, definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto definirá los costos y beneficios del mismo. Un primer paso de la evaluación es, pues, la prueba “con” y “sin” el proyecto, que consiste en comparar la proyección de las tendencias presentes (pronosis sin intervención) con las modificaciones que ellas sufrirían como resultado del mismo. Es posible que los resultados de la evaluación de un mismo proyecto sean negativos en la evaluación costo-beneficio (el proyecto da pérdidas) y positivos en la evaluación social (el proyecto incrementa el bienestar de la comunidad)<sup>2</sup>

Como se verá más adelante, los costos de las reestructuraciones son relativamente bajos en comparación con la inversión de un hospital, y la medida de la rentabilidad de esta inversión radica en la comparación de este costo con el monto de las pérdidas tanto económicas como humanas que ocasionaría un desastre.

### 3.3 *Etapas del Modelo Costo – Efectividad*

---

Con base en una readaptación de la metodología tradicional para la formulación de proyectos de inversión, es posible identificar las diferentes etapas que habrá de cumplir un proyecto de mitigación. A continuación se describe con mayor detalle la información requerida en cada una de estas fases:

**Estudio Preliminar:** En esta fase se definirá la información que será empleada para el estudio del área de riesgo, los objetivos y las características del estudio y se preparará el programa de trabajo.

**Diagnóstico:** La información sobre desastres naturales, y mapas de riesgo será utilizada en el diagnóstico para la identificación de áreas propensas al riesgo; zonificación de uso de suelo; e identificación preliminar de medidas de mitigación.

**Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad:** La información sobre vulnerabilidad será utilizada para afinar los costos y beneficios del proyecto al nivel de prefactibilidad. Las consideraciones de riesgo serán incorporadas en las diferentes etapas de formulación del proyecto (el estudio de mercado, la localización, aspectos de ingeniería, etc.); además deberán seleccionarse las medidas estructurales y no estructurales de mitigación. En el nivel de factibilidad, la información disponible puede ser complementada por valuaciones de desastres específicos, lo que permitirá afinar cálculos de costo y beneficio. Pueden ser empleados métodos de evaluación probabilística para la generación de indicadores de distribución de riesgo.

**Instrumentación:** La instrumentación de una estrategia integral y de proyectos particulares de mitigación deberá incluir el monitoreo de los procedimientos de construcción para asegurar su adecuación a los estándares de ingeniería recomendables en la parte estructural. Se programará, asimismo, el monitoreo de largo plazo para asegurar la adecuación de las medidas de mitigación de diseño no estructural.

Un proyecto de mitigación comprende, como se ha visto, varias fases que podrían resumirse en:

- 1) Análisis de vulnerabilidad,
- 2) proyecto de obra,
- 3) ejecución de la obra, y
- 4) pruebas de resistencia.

---

<sup>2</sup> Cohen Ernesto, Franco Rolando, “Evaluación de proyectos sociales” Siglo XXI editores, 1992

Ya nos hemos referido a la primera etapa, consistente en la apreciación de la vulnerabilidad del área donde está emplazada o será emplazada la obra, mediante diversos estudios de riesgo, según las distintas regiones del país.

En cuanto al proyecto de obra, este debe contemplar, además del terreno, las inversiones en infraestructura básica (construcción, cancelería, instalaciones para suministros básicos, acabados), equipamiento (equipo médico, administrativo, comunicaciones y transporte), obra exterior (pavimentación, alumbrado, jardinería). Debe contemplar también los costos indirectos accesorios al proyecto, como son remoción de escombros, demoliciones, instalaciones temporales para suplir la suspensión de servicios mientras dura la obra, y otros gastos corrientes.

La determinación de los costos de mitigación para hospitales existentes requiere la aplicación de una metodología que reúna al menos cuatro condiciones:<sup>3</sup>

**1. Criterios para la valorización:** Es necesario valorar por separado los aspectos estructurales de los no estructurales. Entre los estructurales están la planta y las instalaciones comprendidas en la edificación. Entre los no estructurales se cuentan los equipos fijos, médicos y complementarios.

**2. Valorización del deterioro y la obsolescencia de instalaciones y equipos:** Requiere ser aplicada a cada uno de los componentes y partes por motivo de su heterogeneidad. Para ello es conveniente la observación de los índices de rehabilitación reparación, eliminación, modificación respecto a un equipo nuevo.

**3. Indicadores y proporciones actualizadas:** Los costos se estimarán en relación a la inversión inicial de construcción y equipamiento de un hospital moderno equivalente al que se proyecta construir. La participación porcentual permitirá conocer la magnitud de inversión en cada sector hospitalario, de manera individual.

**4. Flexibilidad:** La metodología de valuación no puede ser aplicada de manera rígida a cualquier tipo de hospital. Es necesario considerar las variables condicionantes de cada caso particular, como son la actualización tecnológica, el nivel de financiamiento disponible, los estándares de seguridad locales, la capacidad de operación, entre otros.

### 3.4

#### ***Medición de los Costos y la Efectividad de los proyectos de Mitigación***

---

En la formulación de proyectos de mitigación es conveniente una unidad de criterios para definir los costos y los efectos esperados. La evaluación de la rentabilidad o más bien la efectividad de los proyectos de inversión en hospitales, sobre todo cuando pertenecen al conjunto de servicios gubernamentales de atención a la salud, es compatible con otros proyectos de orden social, como las escuelas, y los servicios de alumbrado eléctrico, entre otros. Se considerarán, por tanto, los indicadores de orden social que revelen los servicios otorgados a un núcleo de población claramente determinada, según su ubicación geográfica, posición económica, sexo, o edad.

---

<sup>3</sup> Véase Céspedes Mogollón, Julio Evaluación preliminar del costo de rehabilitación hospitalaria, Universidad Nacional de Ingeniería, Seminario Internacional de Planeamiento, Diseño, Reparación y Administración de Hospitales en Zonas Sísmicas, Lima, Perú, sep. 1989.

Así, en el caso de un proyecto de mitigación, los beneficios esperados tienen que ver con los servicios adicionales que el proyecto permite asegurar al disminuir las consecuencias de un desastre natural (por ejemplo: número de consultas médicas de urgencia o de medicina general, número de ingresos y egresos de medicina interna, número de camas habilitadas y, en general, número de usuarios de los servicios de salud respecto del total de población demandante).

El grado de vulnerabilidad o factor de riesgo de las instalaciones hospitalarias está asociado al tipo de instalación que se trate, a sus condiciones físicas, su ubicación geográfica, su localización urbana, grado de deterioro, obsolescencia, e intensidad de uso. Más sin embargo el monto de inversión puede considerarse relativamente modesto en relación a la construcción de un hospital nuevo.

Son contados los estudios que permiten cuantificar el costo de las inversiones necesarias para llevar a cabo proyectos de mitigación en hospitales existentes. Tampoco se dispone de cifras para un número suficiente de casos que permita establecer con precisión parámetros que relacionen los costos adicionales de aplicar a un hospital nuevo medidas que eleven su resistencia frente a desastres naturales, con los beneficios que aportaría a la población estos mayores desembolsos.

Se estima, por otra parte, que el costo de los elementos no estructurales como son instalaciones eléctricas, guarniciones, o materiales de laboratorio, puede llegar a representar entre el 75% y el 85% de los costos de edificación. Su desprendimiento o colisión ante eventos naturales puede significar una gran pérdida para todo hospital, por lo que la instrumentación de medidas de diseño preventivo y de seguridad pueden ahorrar gastos significativos de rehabilitación. El rubro de equipamiento es sumamente diverso.

Como equipamiento médico pueden considerarse el equipo de laboratorio, los quirófanos, además de equipos más o menos sofisticados de análisis clínicos, motivo por el cual su valoración estará sujeta a las condiciones particulares del hospital de que se trate y de su disponibilidad presupuestal.

Se estima a grosso modo que una inversión en mitigación con la que se aumente la resistencia estructural de un hospital cuya construcción se proyecta realizar, puede elevar los costos totales de la obra totalmente equipada entre 1 y 2 por ciento. Este monto no sólo resulta claramente compatible con el beneficio de prevenir la pérdida de vidas humanas, sino que seguramente redituaría en economías de mayor magnitud durante los daños que se sucederían a la ocurrencia de un eventual desastre.



Fotografía 3.1 Sala de expulsión del Hospital Universitario de Puebla

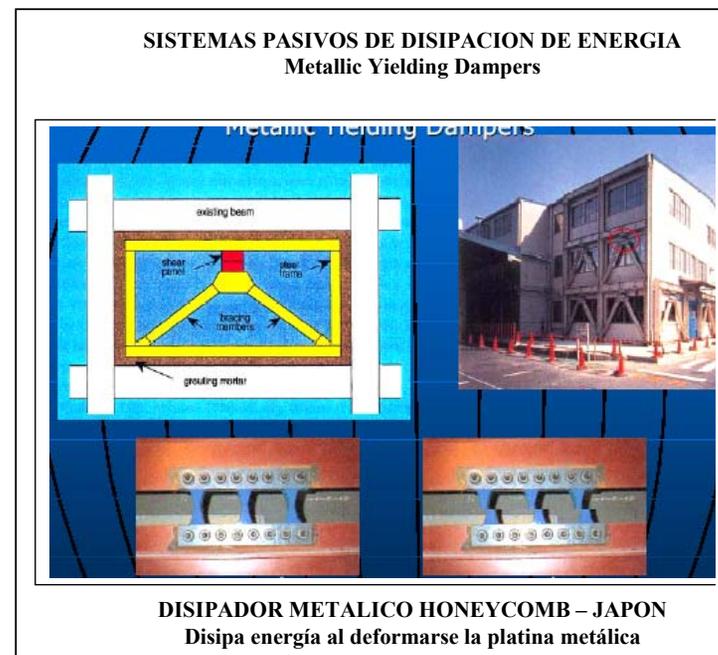
El equipamiento hospitalario y los elementos no estructurales pueden llegar a representar de 75% a 85% de los costos de edificación.

El análisis de los casos estudiados para el período 1979-1993 en la región de América Latina y el Caribe, revela que el costo de las reestructuraciones llevadas a cabo, teniendo en cuenta la necesidad de reducir los efectos de posibles fenómenos naturales futuros, oscilan entre 4 y 8 por ciento del valor de un hospital ya construido. (Obviamente que esta proporción se elevaría a casi el doble si dicha inversión se relacionara sólo con la parte estructural de un hospital.)

Los trabajos de reforzamiento de estructuras, según las experiencias referidas, han llegado a representar un costo total que oscila entre el 8 y el 15% del costo de la parte estructural de una obra ya construida. En la literatura sobre mitigación, se tiene referencia de que la diferencia en los costos entre una edificación construida con elevadas especificaciones contra amenazas naturales como la sísmica, en comparación con una similar que no considere estos estándares de resistencia frente a dichos riesgos, puede oscilar entre 1% y 4% del costo total de la edificación.

En otros estudios sobre el particular estos costos se sitúan entre el 1 y el 2% del costo de edificación. El costo de reforzamiento traducido a camas hospital oscila entre los 2.000 y los 5.000 dólares. Si se considera que el costo de cama hospital oscila entre 55.000 y 110.000 dólares, puede señalarse que una reestructuración con fines de reforzamiento contra riesgos por sismo, oscila entre el 2% y el 5% del costo por cama. Este costo, sin dejar de ser importante, es redituable si se considera que la eventualidad de un desastre natural puede colocar a las autoridades de salud en condiciones de pérdida total de las instalaciones vulnerables. Todas éstas son estimaciones que deben ser verificadas mediante análisis más detenidos.

Considerando el grado de vulnerabilidad de un hospital podría concluirse que es más conveniente realizar esta erogación que contratar un seguro contra riesgo, o asumir los costos de reposición; lo anterior sin considerar las pérdidas humanas y sociales.



Fotografía 3.2 Algunos sistemas de reforzamiento estructural antisísmico

Los trabajos de reforzamiento estructural pueden representar entre un 8 y 15 % del costo de la parte estructural del edificio \* Según experiencias en México del Hospital Juárez y en Costa Rica del Hospital Nacional de Niños y Hospital Monseñor Sanabria (las dos últimas reportadas por Miguel F. Cruz a la OPS).

### 3.5

## Análisis de costos de los proyectos de mitigación aplicados en otros países

Las características de cada caso detallado a continuación, con sus antecedentes, resultados y proyecciones futuras, se presentan mediante un análisis general, para demostrar que los objetivos iniciales se cumplieron a cabalidad y que incluso se lograron resultados no previstos. De esta forma, se comprueba que la inversión inicial fue altamente productiva, y que otros países con inquietudes y condiciones similares pueden apegarse a alguno de los modelos y obtener un alto índice cualitativo de rendimiento de la inversión.

### 3.5.1

## El estudio de caso en Chile

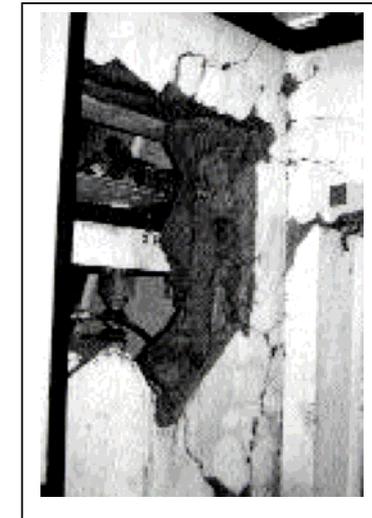
A raíz del sismo de 1985 en Chile el Departamento de Asuntos de Emergencias y Catástrofes del Ministerio de Salud aprovechó la realización del Seminario Internacional de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria en Quillota, en julio de 1993, para introducir en la agenda del evento un espacio para presentar el tema de los desastres naturales, desde una perspectiva de planificación, para el caso específico de los hospitales. Fomentando de esta forma un análisis de Vulnerabilidad en el hospital de Quillota el cual terminó con resultados muy satisfactorios e impulso al gobierno a formar un equipo multidisciplinario especialista en la evaluación de la vulnerabilidad y se formuló entonces un proyecto con el objetivo de identificar acciones de reducción de vulnerabilidad para los hospitales más importantes de cada uno de los 26 servicios de salud.

En el siguiente cuadro se resumieron los daños causados por el sismo del 85 en Chile <sup>4</sup>

Regiones afectadas	Establecimientos de salud		Número de camas	
	Total	Dañados	Total	Fuera de func.
Quinta Región	111	30 (27,0%)	4.531	608 (13,4%)
Región Metropolitana	169	100 (59,2%)	11.499	1.439 (12,5%)
Sexta Region	98	35 (35,7%)	1.421	352 (24,8%)
Séptima Región	158	15 (9,5%)	2.130	397 (18,6%)
Total Zona Afectada	536	180 (33,6%)	19.581	2.796 (14,3%)

Fotografía 3.3 Daño no estructural en el hospital de Antofagasta, por el sismo del 31 de julio de 1995. Chile

Este tipo de daño puede interferir con la prestación del servicio y provocar alarma.



<sup>4</sup> República de Chile, Ministerio de Salud. Informe del Ministerio de Salud de Chile a la I Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud. México, febrero de 1996.

El alcance se amplió mediante la capacitación a representantes de más de 40 hospitales sobre el uso de una metodología original para la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad estructural. El desarrollo de esta metodología fue útil en dos sentidos: por una parte, para proporcionar una herramienta que no existía al momento en el ámbito latinoamericano y, paralelamente, para identificar los problemas individuales y sus soluciones para cada hospital estudiado.

## ANÁLISIS DE COSTOS

El diagnóstico global de la vulnerabilidad de los hospitales estudiados permite contar con un perfil objetivo y científico de la situación real de los hospitales del país. Con ello se facilita la formulación de un plan de mitigación, en el que se consideren medidas de gestión y administrativas de fácil desarrollo, formulación de normas, programas de capacitación, actualización de cuerpos legislativos, y formulación de proyectos de inversión específicos, tendientes a mitigar las vulnerabilidades más relevantes. Hasta finales de 1996 se han aplicado medidas concretas de mitigación en los hospitales de Quillota y Antofagasta.

En el caso del Hospital San José del Carmen de Copiapó, se cuenta con un estudio exhaustivo de los edificios de administración y del Consultorio Adosado de Especialidades, que reveló que por antecedentes de daños y por el estado de los edificios, se puede esperar que severos daños no-estructurales comprometan el funcionamiento después de un sismo importante (intensidad Mercalli IX, como ocurrió en el sismo de 1922). Se han identificado las causas de posibles daños estructurales, las medidas correctivas, y una estimación del costo del reforzamiento, que fluctúa entre un **15** y un **20%** del valor original de la obra.

Efectuando un cálculo con el valor de cada cama hospitalaria (**entre US\$ 55.000 y 110.000**), y considerando que el proyecto determinó la vulnerabilidad sísmica de hospitales con un total de 7.716 camas, se podría hablar que existe una inversión en esas instalaciones de la salud que al momento equivale a 800 millones de dólares. El costo total del proyecto, incluyendo financiamiento externo y la contrapartida nacional, alcanza los US\$ 200.000, que representa menos de un **0.3%** del valor de la infraestructura.

Si se considera que el costo de los reforzamientos, a nivel general, podría ser del orden del **15%** (basándose en casos críticos, como el Hospital de Copiapó), los fondos necesarios para el reforzamiento de los hospitales estudiados podrían alcanzar la suma de ciento veinte millones de dólares. Estas cifras son considerables, pero por una parte reflejan que el costo real de los estudios de evaluación de vulnerabilidad de hospitales es ínfimo respecto al valor de la infraestructura, y no como se creía. Por otra parte, en la mayoría de los casos el valor de las obras de reforzamiento no llegará a ser de un 15% del costo de la edificación, en especial si se tiene en cuenta que la mayoría de las causas de vulnerabilidad radica en aspectos no-estructurales y funcionales y en deficiencias de mantenimiento, como lo ha demostrado la experiencia.

Además, existen aspectos no cuantificables en términos monetarios, como podrían ser la pérdida de vidas humanas, la interrupción de la prestación de los servicios en el momento de la emergencia, y los impactos sociales y políticos del daño irreparable o colapso de un hospital.

Este ejemplo nos muestra los porcentajes que puede representar la inversión de un proyecto de mitigación en relación al costo total del hospital así como las pérdidas que representaría el no aplicarlo.

En el caso de Ecuador algunos seminarios sobre el tema del efecto de los desastres en la infraestructura de la salud, durante 1993 y 1994, habían sensibilizado a las autoridades locales, de modo que la posibilidad de desarrollar un proyecto de estudio y reducción de la vulnerabilidad de los hospitales de la ciudad encontró terreno fértil.

El proyecto fue formulado por profesionales del IIFI-UC, con la coordinación general de la Dirección Nacional de Defensa Civil y el apoyo técnico de la OPS. El objetivo inicial fue la ejecución de diagnósticos preliminares de vulnerabilidad de los 16 hospitales más importantes de la ciudad, que fue ampliado para cubrir 20 hospitales, 12 de los cuales fueron evaluados cuantitativamente y los 8 restantes en forma cualitativa.<sup>5</sup>



*Fotografía 3.4* Hospital de Guayaquil, abril 1995. Ecuador

Un detalle arquitectónico, en este caso una marquesina, podría eventualmente bloquear el acceso de las ambulancias o dañar alguna de ellas,

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

Un total de 4.734 camas hospitalarias fueron cubiertas por el estudio, cuyo costo final fue de US\$160.000 (incluyendo aportes locales y los costos del estudio previo de microzonificación). Esto indica que el estudio tuvo un valor de un **0.3%** del costo total de las edificaciones. Considerando un valor de **10%** de este costo total para los reforzamientos (que podría ser inferior, ya que un 60% de los hospitales requieren solamente pequeños reforzamientos), se podría hablar de un valor de cinco millones de dólares para reforzar todos los hospitales estudiados. Como estos pertenecen a diversas entidades (Junta de Beneficencia, Seguro Social, Ministerio de Salud, Fuerzas Armadas, Policía, instituciones privadas) . La Dirección Nacional de Defensa Civil había propuesto la celebración de convenios con las entidades privadas, para entregarles los estudios a cambio de la integración de estas instituciones al Plan de Manejo de Emergencias de la ciudad, con el fin de que se pudiera contar con sus servicios en caso de ocurrir una emergencia masiva por terremoto.

Como aplicación de la utilización de los diagnósticos de vulnerabilidad estructural y no-estructural y como elemento que podría usarse como herramienta para un sistema de acreditación hospitalaria, se propuso una clasificación de los hospitales según su seguridad sismorresistente y su nivel de operatividad después de un determinado desastre.

<sup>5</sup> Argudo, Jaime y Yela, Rommel. Vulnerabilidad estructural de hospitales de Guayaquil - Ecuador. Informe final para el Proyecto ECHO presentado a la OPS. Enero de 1996.

En los estudios se estableció que el costo de los reforzamientos no debería superar el 15% del costo de reposición de las instalaciones.

### 3.5.3 *El caso Costa Rica*

El caso de Costa Rica ilustra una experiencia singular en el sentido de que la institución rectora de la infraestructura de la salud, la Caja Costarricense del Seguro Social, emprendió con recursos propios la tarea de reducir la vulnerabilidad física de sus hospitales antes de que fueran seriamente afectados por sismos, utilizando sus propios recursos, motivado por acontecimientos en México (terremoto de 1985) y de El Salvador (terremoto de 1986). El reforzamiento de los hospitales incluidos dentro de este programa probó su efectividad cuando ocurrieron sismos importantes en el transcurso de la ejecución de los trabajos, y se pudo comparar el nivel de daño de los edificios reforzados con respecto a los no reforzados.<sup>6</sup>

El terremoto del 3 de julio de 1983, ocurrido en San Isidro de Pérez Zeledón, es uno de los antecedentes costarricenses de sismos que hacen daño a las instalaciones hospitalarias. La instalación pública que más sufrió daños fue precisamente el Hospital Escalante Pradilla, perteneciente a la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS).

El hospital, contaba con 200 camas y atendía una población de 110.000 habitantes. Los daños estructurales que produjo el sismo fueron fallas por el mecanismo conocido como "columna corta", generalizados en toda la estructura. El daño no estructural en cielos y ventanas e instalaciones fue excesivo y contribuyó a crear el pánico entre el personal y los pacientes, que abandonaron las instalaciones en forma precipitada, dejando equipos en funcionamiento y salidas abiertas de los sistemas de gas, vapor y aire comprimido. El hospital salió de operación y los servicios de emergencia se brindaron en un hospital de campaña. El costo total de las reparaciones ascendió a 25 millones de colones (US\$ 500.000 al cambio oficial de esa fecha), de manera que se invirtieron \$ 2.380 por cama en reparaciones, las cuales se concluyeron en julio de 1984. Por lo tanto, se necesitaron 12 meses para dejar el hospital en condiciones normales de operación.

Los estudios de vulnerabilidad de los hospitales del país se iniciaron en 1984, en la Universidad de Costa Rica, como proyectos de investigación y en respuesta a la preocupación creciente en el medio de que se repitiera la experiencia de 1983 en San Isidro de Pérez Zeledón. El estudio de vulnerabilidad del Hospital México fue el primero sobre vulnerabilidad sísmica integral que se ejecutó en el país, ya que en él se tocaron los diferentes niveles de riesgos a que estaba expuesto, los aspectos estructurales, no-estructurales y los de índole operativo que presentaba el hospital.

Simultáneamente, la CCSS por medio de su Departamento de Arquitectura e Ingeniería, contrató a firmas privadas para los estudios de vulnerabilidad de los hospitales Monseñor Sanabria, en la ciudad de Puntarenas, y Nacional de Niños, en San José.

La CCSS contrató las construcciones de estos refuerzos mediante el proceso de licitación pública, limitando el alcance de esos concursos al refuerzo estructural, y dejando los aspectos arquitectónicos y operativos de los hospitales sin el suficiente nivel de detalle, lo que ocasionó trastornos y pérdidas económicas durante el proceso constructivo.

---

<sup>6</sup> . El presente apartado se basa en el documento Comportamiento de Hospitales en Costa Rica durante los sismos de 1990, realizado para la OPS por el Ing. Miguel Cruz, marzo de 1991.

Dos de los hospitales reforzados en la ciudad de San José fueron el Hospital Nacional de Niños y el Hospital México. Un tercero, en la ciudad de Puntarenas, en la costa pacífica, fue el Hospital Monseñor Sanabria. En este apartado se describen estos hospitales, la naturaleza de la reestructuración y el impacto operativo que este reforzamiento tuvo sobre los mismos. Es importante destacar que la cifra indicada como "valor del hospital", se refiere únicamente al valor de la estructura.

**El Hospital Nacional de Niños** tenía una capacidad aproximada de 375 camas, El valor del Hospital se estima en 2.700 millones de colones (23,6 millones de dólares) en valores de 1991. Los trabajos de reforzamiento de los tres edificios más nuevos consistieron en colocar paredes o muros estructurales en las ejes principales de resistencia, ya fueran estos externos o internos. El valor de esta reestructuración fue de 110 millones de colones (un millón cien mil dólares), es decir, se invirtieron 293.000 colones por cama en dotar al hospital de mayor seguridad sísmica. Esta inversión también representa un **4.2%** del valor del hospital.

**Hospital México** Este es un hospital general que cuenta con gran cantidad de especialidades y servicios, y sirve de referencia a todos los hospitales del oeste del país. Tiene una capacidad de 600 camas y lo integran 3 edificios de hospitalización de 10 pisos cada uno tiene un área de construcción de 30.000 m<sup>2</sup> y un costo de tres mil millones de colones (27,3 millones de dólares).



*Fotografía 3.5* En ocasiones es posible llevar a cabo una reestructuración total adosando la antigua estructura a nuevos pórticos perimetrales externos, como los usados en el reforzamiento del Hospital México en San José de Costa Rica Usualmente se combina con la incorporación de muros estructurales internos perpendiculares al sentido longitudinal de los pórticos.

Los edificios reforzados estaban compuestos por marcos (vigas y columnas) de concreto poco dúctiles, con paredes de bloques unidas a los marcos. Esta integración no era uniforme y además las paredes no estaban ligadas a las columnas en toda su altura, lo que comprometía la resistencia y estabilidad de los marcos de concreto. Existen dos escaleras de emergencia ubicadas en los extremos de los edificios de hospitalización, cuya estructura estaba conformada por muros en voladizo apoyados en una sola placa en su base, lo que les daba una gran probabilidad de sufrir volcamiento como un cuerpo rígido a la hora de un sismo.

La reestructuración de los tres edificios que conforman el complejo consistió básicamente en colocar columnas y vigas adicionales a los marcos de concreto por su parte exterior y desligar todas las paredes del sistema estructural. En forma adicional, los muros de las escaleras de emergencia se ligaron a la estructura del edificio, con el objeto de evitar su volcamiento. Con esta alternativa se aumentó la rigidez de los edificios, lo que implica una disminución de los desplazamientos laterales debidos a sismos, lo que a su vez significa reducir el daño no estructural, limitando la probabilidad de daño estructural<sup>18</sup>. Los trabajos de reforzamiento se iniciaron en mayo de 1989 y el proceso requirió 31 meses de trabajo. El costo de las obras fue de US\$ **2.350.000** dólares, que representan el **7.8%** del valor del hospital. Durante todo el proceso el hospital tuvo que reducir su número de camas de 600 a 400, con la consecuente acumulación de pacientes en espera de atención.

**Hospital Monseñor Sanabria** El conjunto está integrado por un edificio principal de 10 pisos, El área de construcción es de 17.000 m<sup>2</sup>, y su valor se puede estimar en 1.700 millones de colones (15,5 millones de dólares). El edificio estaba originalmente construido con base en marcos (vigas y columnas) de concreto reforzado. Las paredes

interiores son de bloques huecos de arcilla, apoyados en vigas y columnas de manera que interactúan con la estructura. Las paredes exteriores son de bloque ornamental o bloque macizo de arcilla. El edificio está cimentado con pilotes enclavados en un depósito de arena marina saturada, de muy poca capacidad de soporte, susceptible a licuefacción. La planta arquitectónica del edificio principal tiene forma de T, y la reestructuración consistió en introducir muros de corte en los tres extremos de la T. Según los planos del reforzamiento y lo observado en el sitio, se conservaron las paredes de mampostería según el diseño original. Es indudable que la introducción de los muros de corte mejoró el comportamiento de la estructura, reduciendo los desplazamientos laterales, aumentando la resistencia, mejorando la respuesta no-estructural en caso de sismo y disminuyendo la probabilidad de daño estructural.

Los trabajos de reforzamiento se iniciaron en junio de 1988 y tomaron 34 meses para su conclusión. Originalmente el hospital contaba con 289 camas, que se redujeron a 200 durante la ejecución de las obras. El valor de la reestructuración fue de 127 millones de colones, que representa un 7.5% del valor del hospital y una inversión de 439 mil colones por cama.

Los datos disponibles indican que el costo de reestructuración por cama puede estimarse entre 300 y 450 mil colones, con un promedio de 374 mil colones (3.740 dólares/cama). Si este costo se obtiene en relación al valor del hospital, los reforzamientos oscilan entre el 4 y el 7.5% de ese valor, el cual incluye la obra arquitectónica y el resto del equipo. Este índice de costo es relativamente bajo e indica la rentabilidad de la inversión si se compara con las pérdidas sufridas durante los sismos. Los datos correspondientes al Hospital de Niños son comparativamente menores, ya que la reestructuración se limitó al 61% del área útil. Un último dato comparativo muestra que la disponibilidad de camas durante la remodelación se redujo entre el 30 y el 35%.

Posteriormente en Costa Rica tuvo la oportunidad de ver las ventajas de las reestructuraciones ya que en 1990 se presentaron varios sismos en el país y se pudo observar la respuesta de los edificios reforzados en comparación al comportamiento que tuvieron los que aún no habían sido reforzados. El Hospital de Niños, cuyo reforzamiento estaba totalmente concluido al momento del sismo, no sufrió ningún tipo de daño, salvo la caída de algunos objetos y agrietamientos menores en varias paredes. Aunque no ha sido una prueba concluyente, ya que el sismo fue menor que el de diseño, el comportamiento del hospital permitió apreciar las ventajas del reforzamiento y esperar que, ante sismos mayores, el comportamiento de la estructura será satisfactorio.

De los cinco hospitales estudiados, sólo dos de ellos fueron sometidos a movimientos fuertes del terreno: el Monseñor Sanabria, reforzado parcialmente cuando ocurrió el sismo del 25 de marzo de 1990, y el Hospital San Rafael, sin reforzar. Se estima que la reestructuración del Hospital Monseñor Sanabria salvó al edificio, aunque en ambos casos se evidenció un desperdicio de recursos debido a problemas operativos, que pudieron haberse evitado con un mínimo de prevención. Los otros tres hospitales ubicados en San José se vieron sometidos a intensidades de VI MM durante el sismo de 1990. Comparando las respuestas que presentaron los edificios o sus partes reforzadas con las partes no reforzadas, se puede observar que el daño no estructural se concentró en estas últimas (Hospital San Juan de Dios y algunos edificios del Hospital México). Desde el punto de vista estructural, las partes reforzadas tuvieron un comportamiento excelente, no así las partes no reforzadas donde, a pesar de haber experimentado un sismo menor al de diseño, se empezaron a evidenciar fallas que pondrían en peligro a las edificaciones durante sismos mayores. Por lo tanto, se puede concluir que los refuerzos estructurales ejecutados en los hospitales tuvieron un efecto beneficioso durante los sismos de 1990.

Considerando sólo la parte financiera, se puede concluir, según lo presentado, que la inversión es rentable para evitar el desperdicio de recursos. Las pérdidas totales que se tuvieron en el Hospital Monseñor Sanabria se estiman en 255 millones de colones, lo que representa una pérdida total de 882.000 colones por cama. En el Hospital San Rafael se tuvo una pérdida global de 265 millones, lo que representa un millón 260.000 colones por cama. Estas cifras dan un promedio de pérdidas causadas por sismos de más de un millón de colones por cama.

Si se utiliza este promedio para estimar las pérdidas que se hubieran tenido en los hospitales México y de Niños, si no hubieran estado reforzados y fueran sometidos a un sismo fuerte, entonces las pérdidas habrían sido de 642 millones de colones en el Hospital México y de 401 millones en el de Niños, valores que superan con creces lo invertido en reestructuración.

### 3.6

#### Medidas de mitigación en México a raíz del sismo del 85

Dos sismos se produjeron en el mes de septiembre de 1985 en México, El primero se registró a las 7 horas 18 minutos del día 19, con una intensidad de 8,1 grados en la escala de Richter, y el segundo se produjo a las 19 horas 18 minutos del día siguiente, con una magnitud de 7,5 en la misma escala. La estimación de los daños materiales directos del sector de salud como resultado del sismo varía según la fuente consultada, desde más de 300 millones a los 550 millones de dólares.



Fotografía 3.6 Hospital Juárez de México, destruido en el terremoto de 1985.

En tan solo tres de las instituciones de salud más grandes (de nivel II y III): El Centro Médico Nacional (del IMSS), el Hospital General y el Hospital Juárez (estos dos pertenecientes a la Secretaría de Salud), que resultaron seriamente afectadas, dejaron de funcionar un total de **5.829** camas, entre las destruidas por el sismo y las que fue necesario evacuar. El Centro Médico perdió el 40% de sus instalaciones asistenciales; el Hospital General sufrió el colapso total de dos de sus edificios, uno de 6 y otro de 8 pisos (ginecoobstetricia y residencias médicas); y el Hospital Juárez, sufrió el derrumbe de su torre central de 12 pisos. Las pérdidas de vidas en tan sólo estas tres instituciones fueron de **866** personas, de los cuales 100 eran médicos. En otras instituciones de salud se registraron 241 fallecimientos. De acuerdo con cifras oficiales, el número de camas censables perdidas sumó 4.387, lo que significó una de cada cuatro disponibles en el área metropolitana.



Fotografía 3.7 Hospital Juárez de México, destruido en el terremoto de 1985.

Una estimación aproximativa realizada a partir de la norma más estricta de sismo- resistencia  $c=0,40$  para un hospital de construcción antigua; es decir, en la que no se contemplaron las normas constructivas del nuevo reglamento, requeriría inversiones de reforzamiento de aproximadamente el 25% del valor de su estructura (expresada a precios actuales). Esta proporción se reduciría a 12,5% si en el cálculo se tomara el valor total de un hospital, es decir incluyendo los elementos no estructurales, que para los efectos de este ejemplo se han estimado en un monto equivalente al valor de la construcción.

### 3.7

#### **Tecnologías aplicadas en la rehabilitación de hospitales con lineamientos de mitigación de riesgos**

*Hospital Juárez de México.* Tenía 12 pisos, divididos en dos alas, con una zona central de acceso en la que se encontraban 6 elevadores. Contaba con 11 quirófanos, área de hospitalización con 536 camas, prestaba atención médica de segundo y tercer nivel, en áreas de medicina interna, cirugía, pediatría, ginecoobstetricia, enseñanza de postgrado, investigación, y servicios auxiliares de diagnóstico. Durante el sismo se perdieron 561 vidas. Para las necesidades de recuperación de camas de hospital frente a la emergencia, se ocuparon temporalmente (de 1986 a 1988) 4 clínicas localizadas en distintos puntos del área metropolitana de la ciudad de México, en las cuales se habilitaron las diferentes secciones originales del hospital, contando con un total de 250 camas.

El costo de la habilitación de esta infraestructura fue de 2,2 millones de dólares, de los cuales el 75% fue aplicado a la sede original (Hospital Central). Se estima que este conjunto de labores llegó a significar un 80% del costo de una nueva edificación de su tipo. Se calcula que la rehabilitación de este espacio tuvo un costo de 570 dólares por  $m^2$ , lo que significa que teniendo 3 niveles y aproximadamente 1.500  $m^2$ , el costo total se levó a 855.000 dólares.

Luego de superar la emergencia, la Secretaría de Salud elaboró en 1986 el proyecto arquitectónico para la construcción de una nueva unidad del Hospital Juárez, en una zona de mayor seguridad del subsuelo, al norte del área metropolitana. Esta nueva unidad contaría con 400 camas y sus costos se resumen en el cuadro 3.1

Los costos están estimados a precios de 1989 y corresponden sólo a valores aproximados. **El costo por cama en este hospital se ubicó en los 115.000 dólares.**

Los costos al primer trimestre de 1996, determinados para el Hospital Juárez de México se incluyen en el cuadro 3.2.

Expresan los costos en dólares por metro cuadrado y constituyen una aproximación a la magnitud que representa el reforzamiento en este tipo de hospitales.

Cuadro 3.2	Concepto	Costo Dólares	Concepto	Costo (miles de dólares)
	<b>Costo de construcción por <math>m^2</math></b>	<b>733,33</b>		
	Costo considerando el reforzamiento:		construcción (48.000 $m^2$ )	24.940
	- Cimentación (10%)	73,33	obra exterior (30.000 $m^2$ )	5.060
	- Estructura (20%)	146,67	equipamiento	16.000
	<b>TOTAL</b>	<b>220,00</b>	<b>total</b>	<b>46.000</b>
	Costos sin reforzamiento:			
	- Cimentación (8%)	58,67		
	- Estructura (15%)	110,11		
	<b>TOTAL</b>	<b>168,67</b>		
	Costo reforzamiento estructuras existentes (8%)	60,00		

Cuadro 3.1 Costo de la construcción del nuevo Hospital Juárez

El Centro Médico Nacional Siglo XXI, se reconstruyó en un 90% la nueva tecnología que se utilizó estructural tiende a incorporar los disipadores de energía en edificios vulnerables, que consiste en la aplicación de elementos metálicos que convierten en calor los ciclos histeréticos de los elementos estructurales. Esto significa que contrarrestando los ciclos de carga y descarga se amortigua la transmisión de fuerzas cortantes de las mismas, la mayor de las cuales se queda en las placas colocadas en el exterior del edificio. Así, la tendencia actual no es que los edificios resistan sino que disipen la fuerza o energía sísmica.

Otra tecnología que se ha aplicado son los aisladores de base, formados por placas de caucho o hule que se colocan en la cimentación del terreno, los cuales soportan la edificación, recibiendo la fuerza del terremoto pero sin transmitirla hacia arriba.

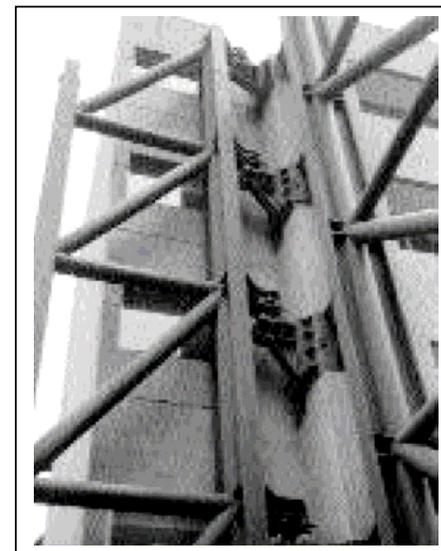
Así, el costo del reforzamiento fue de 640 mil dólares, en tanto que el costo estructural del edificio (sin equipamiento) fue estimado en 3 millones 220 mil dólares, por lo que se concluye que el reforzamiento vino a representar un 20% del valor de la estructura total. Para estos propósitos, se tomó como referencia un costo de construcción para este tipo de edificaciones, equivalente a 610 dólares por m<sup>2</sup>, a precios de mayo de 1995. Para cumplir con la nueva reglamentación antisísmica, los costos se incrementaron en un 20% sobre el valor de la obra estructural. Cabe señalar que la evolución del coeficiente sísmico que era de 1.3 antes de 1985, pasó a 1.5 en 1993, y se elevó a 1.6 con posterioridad, siendo el más alto que se haya tenido en la capital mexicana.

Hospital de Cardiología. Este hospital comprende cinco cuerpos arquitectónicos independientes. Después del sismo de 1985, solamente se mantuvieron en pie el Edificio de Quirófanos, los Laboratorios y el Bioterio; todas las demás instalaciones fueron construidas posteriormente.

La opción elegida fue el reforzamiento con la tecnología denominada "disipadores de energía", que consiste en la aplicación de estructuras metálicas sujetas a la estructura del edificio, en las que se colocan los disipadores encargados de transformar la energía dinámica excedente producida por un sismo en energía calorífica.

Para el inicio de las obras fueron necesarias diversas labores preparatorias, en primer término la contratación de servicios de extracción de agua, para poder instalar los componentes de reforzamiento, ya que el suelo en que se encuentra el edificio tiene un alto nivel freático. A continuación se efectuaron los trabajos de cimentación previos a la colocación de las estructuras, mismos que consistieron en la excavación del contorno del edificio para instalar un cajón perimetral de concreto y placas base de desplante de cimbra con acero reforzado.

Sobre esta base, se colocaron 18 torres metálicas en el contorno del edificio. Cada una de estas torres soporta 5 disipadores de energía anclados con cinturones de acero a los nodos de la estructura, uno por cada nivel del edificio. El edificio tiene una superficie de 9.720 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie de contacto es de 27 metros de ancho por 72 de largo.



*Fotografía 3.8* Reforzamiento por disipadores de energía  
En el Hospital Centro Médico Nacional Siglo XXI)

El costo de instalación de los disipadores de energía ascendió a 8,9 millones de pesos o a 2,85 millones de dólares, a precios de 1992. Se estimó un costo construcción del edificio equivalente a \$2.500,00 o de 930 dólares por m<sup>2</sup>, también a precios de 1992, por lo que el total de la estructura del edificio de quirófanos (sin equipamiento) ascendió a 24,3 millones de pesos o a 9,04 millones de dólares. De esta forma, la aplicación de los disipadores de energía representó el 31.5% del costo estructural del edificio. Cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Principales rubros considerados en el reforzamiento del Hospital Centro Medico Nacional Siglo XXI

Concepto	Costo (miles de pesos)	Costo (miles de dólares)
Preliminares	536	170
Cimentación	1.433	460
Estructura met.	5.993	1.920
Albañilería y acabados	937	300
<b>TOTAL</b>	<b>8.899</b>	<b>2.850</b>

### 3.8

### Impacto Económico del reforzamiento de hospitales en México

Se ha señalado antes que el costo por cama de hospital en instalaciones de segundo y tercer nivel oscila entre los 70 mil y los 115 mil dólares Tomando en cuenta este elemento se intenta a continuación estimar el impacto económico de un proyecto de reforzamiento hospitalario, según las dos alternativas antes mencionadas.

Concepto	Costo (Dólares)	Proporción %
Costo por cama	115.000	100,0
Reforzamiento tradicional	1.600	1,4
Reforzamiento disipadores energía	7.125	6,2

Cuadro 3.4 Porcentajes del reforzamiento de los hospitales con relación al costo por cama

Al respecto se consideró como base la cifra más alta, referida a hospitales de tercer nivel, relacionándola con los costos de reforzamiento incurridos en los dos casos que se analizaron al hacerse alusión a la experiencia del Instituto Mexicano del Seguro Social. Como se mencionó antes, los costos del reforzamiento llegaron a representar 1,6 mil dólares por cama en el hospital de Oncología —que se obtuvo de dividir 680 mil dólares que fue el costo total de las inversiones de reforzamiento empleando técnicas constructivas tradicionales entre un total estimado de 400 camas; y un valor de 7,1 mil dólares por cama en el hospital de Cardiología (una inversión total de 2,8 millones de dólares, empleando la tecnología de disipadores de energía entre 400 camas estimadas). Como puede observarse, en este modelo de análisis para hospitales de tercer nivel, el costo de reforzamiento oscila entre el 1.4% y el 6.2% del costo total por cama.

Sin embargo, parece ser que difícilmente el costo del reforzamiento excedería al 10% del costo por cama.

Recursos	Totales %		IMSS %		ISSSTE %		Otros %	
<b>Camas Censables</b>								
Antes del Sismo	19.540	100,0	8.197	100,0	2.427	100,0	8.975	100,0
Después del Sismo	15.162		5.422		1.560		8.180	
Pérdidas Totales	4.387	22,4	2.775	33,9	867	35,7	745	8,3

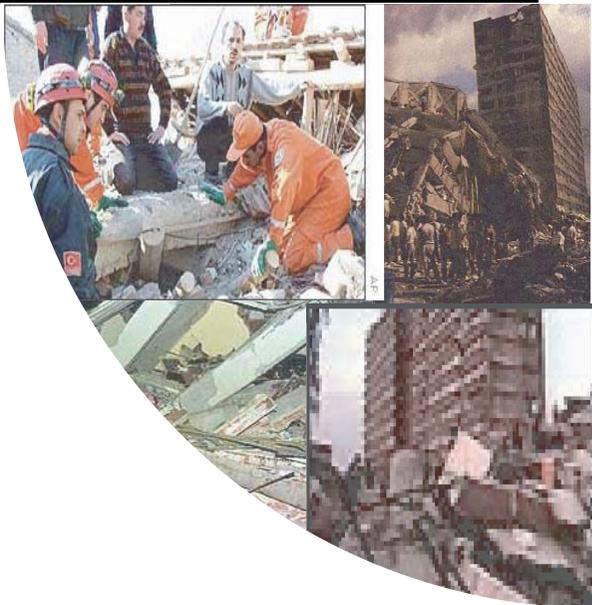
Cuadro 3.5 totales de camas perdidas a raíz del sismo del 85 en el Distrito Federal

Finalmente en el cuadro 3.6 se consignan indicadores del costo de construcción de diversas unidades médicas del IMSS. Se corrobora en este cuadro que el costo integrado de cama-hospital en instalaciones de segundo nivel o de más de 25 camas oscila entre 60 mil y 110 mil dólares. Esto nos ayuda a tener una mejor perspectiva de lo que implica el costo de cada unidad hospitalaria y lo que significaría su pérdida por falta de medidas preventivas.

Cuadro 3.6										
Parámetros de costo de construcción de diversas Unidades Médicas del Instituto Mexicano de Seguridad Social (en pesos, al mes de abril de 1996)										
Unidades Médicas	Capac. Derecho Hab.	Superficie en M <sup>2</sup>		Costo por M <sup>2</sup>				Costo por cama o Consultorio (en miles de pesos)		
		Const.	Obra Exterior	Const.	Obra Exterior	Equipo propio del inmueble	Mobiliario y equipo medico	Const.	Mobiliario y equipo medico	Integrado
Unidad Med. Rural	-	110	165	3.231	152	646	688	426,5	75,0	581,3
Unid. Medic. Familiar 5 CAMAS	24.000	3.000	1.200	3.663	152	735	762	2,638,8	457,2	3,696,0
Hosp. Reg. Solidaridad 25 CAMAS	-	3.700	3.100	3.467	152	1.044	724	668,2	107,2	775,4
Hosp. Reg. Solidaridad 40 CAMAS	-	3.905	3.250	3.467	152	1.044	724	440,4	70,7	511,1
Hosp. General Zona 72 CAMAS	72.000	8.530	7.714	3.876	152	1.168	1.549	597,6	183,5	781,0
Hosp. Gral. de Zona 144 CAMAS	144.000	10.025	14.069	3.076	152	1.168	1.549	631,4	193,9	825,3
H.G.Z. 216 CAMAS	216.000	26.457	10.000	3.876	152	1.168	1.549	617,8	18,7	807,6

- En el caso de proyectos de tipo social, como serían los relativos al reforzamiento de infraestructura hospitalaria, es indudable que la vida tiene un valor intrínseco que difícilmente puede expresarse en tales unidades. De aquí que se haya optado más bien por el concepto de costo-efectividad, según el cual se comparan los costos con el logro de ciertos objetivos cuantitativos representados por la amplia gama de servicios que prestan los hospitales. Lo que se persigue, en síntesis, es ilustrar la forma en que se logran los objetivos más eficientemente con respecto al costo.
- Se ha utilizado el concepto de cama hospitalaria como un parámetro representativo de los servicios de salud, y las inversiones en mitigación se han relacionado con el número de camas que mediante esta intervención no se perderán en caso de una eventualidad. Cabe destacar que el valor promedio por cama hospitalaria, para los efectos de este documento varía con el grado de complejidad del hospital y se sitúa en un rango que fluctúa entre 55 y 115 mil dólares por cama.
- El valor de un estudio de evaluación de la vulnerabilidad sísmica no sobrepasa un 0,3% del valor total del hospital, como se comprobó en los casos en que estos análisis finalizaron antes de la etapa de diseño de reforzamientos.
- La experiencia con los hospitales evaluados al momento de este estudio demuestra que un porcentaje importante de las causas de vulnerabilidad radica en aspectos no estructurales, muchos de los cuales pueden prevenirse mediante la sistematización de programas de mantenimiento preventivo, o corregirse con acciones ejecutables a corto plazo y con una inversión relativamente baja.
- Grosso modo, se estima que la inversión en mitigación que aumente la resistencia estructural de un hospital que está por construirse puede elevar su costo total en alrededor de 2% (referido al conjunto de elementos estructurales y no estructurales de un hospital).
- Cuando el reforzamiento se realiza sobre un hospital ya construido, esta proporción aumenta para situarse entre 4 y 8%, y se duplica al referirla al costo estructural del edificio, es decir, de acuerdo con las experiencias recogidas en este documento, se ubica entre 8 y 15% del costo total del hospital.
- Se concluye que el costo de reforzamiento fluctuó, según el caso entre 1.4% y 6.2% del costo total de una cama hospitalaria (para el que se asignó un valor de 115 mil dólares). Se confirma también con los tres hospitales reforzados de Costa Rica que el valor de la reestructuración fluctúa entre el 4 y el 8% del valor del hospital.
- Podría concluirse finalmente, que con una inversión en reforzamiento que significa una cifra inferior al 10% del costo por cama, ante un sismo de intensidad superior a VIII MM podría evitarse la pérdida de alrededor de un 20% de las camas existentes. Ello estaría demostrando una favorable relación costo-efectividad de la inversión en mitigación de desastres en la infraestructura hospitalaria.

PARTICIPACION ECONOMICA DE LA VULNERABILIDAD  
SISMICA ENCONTRADA , EN EL VALOR DEL  
INMUEBLE HOSPITALARIO



# CAPITULO

## I V

## PARTICIPACION ECONOMICA DE LA VULNERABILIDAD SISMICA ENCONTRADA; EN EL VALOR DEL INMUEBLE HOSPITALARIO

### 4.1 Metodología de análisis del modelo

---

Teniendo en cuenta que la propuesta de esta tesis esta basada en los parámetros manejados por el modelo de evaluación de vulnerabilidad al que se incorpora a continuación se describe la metodología que sigue dicho proyecto para la obtención de los parámetros que esta tesis retoma.

La forma en que se aborda este proyecto de mitigación consiste en un análisis de las condiciones de vulnerabilidad, habitabilidad y normatividad, así como de los factores económicos, políticos y sociales que rodean a las instituciones de Salud a nivel Nacional y Local. Con todo esto, y basándose en experiencias y casos aportados por diversas instituciones nacionales y extranjeras, analizaremos puntos y factores que intervienen en un proyecto de este tipo.

Antes debemos mencionar, que este proyecto toma como base para el análisis los factores y variables en donde se encuentran cada uno de los parámetros a observar, de una manera clasificada de acuerdo a la variable a la que pertenecen. En general la evaluación de la vulnerabilidad, se hará de acuerdo a las variables que se manejan. Las cuales son:

- \_ Variable Estructural
- \_ Variable No Estructural
- \_ Variable Funcional
- \_ Variable Organizativa
- \_ Variable Expresiva-ambiental

#### 4.1.1 Principales conceptos manejados en las variables del modelo

---

Dentro de estas variables se manejan conceptos básicos que nos marcan los objetivos de cada una de ellas los cuales son:

En la **variable Estructural**, se maneja el concepto de **estabilidad**, ya que se trata de buscar que todos los elementos que forman parte del soporte del edificio contengan una seguridad al mantenerse estables.

En la **variable No Estructural** intervienen conceptos como **Vulnerabilidad** y **riesgo** anteriormente mencionados.

Dentro de la **variable Funcional** entran los conceptos de **Relación** y **ubicación**, ya que en esta se analizan la relación entre los espacios y su ubicación dentro del conjunto hospitalario

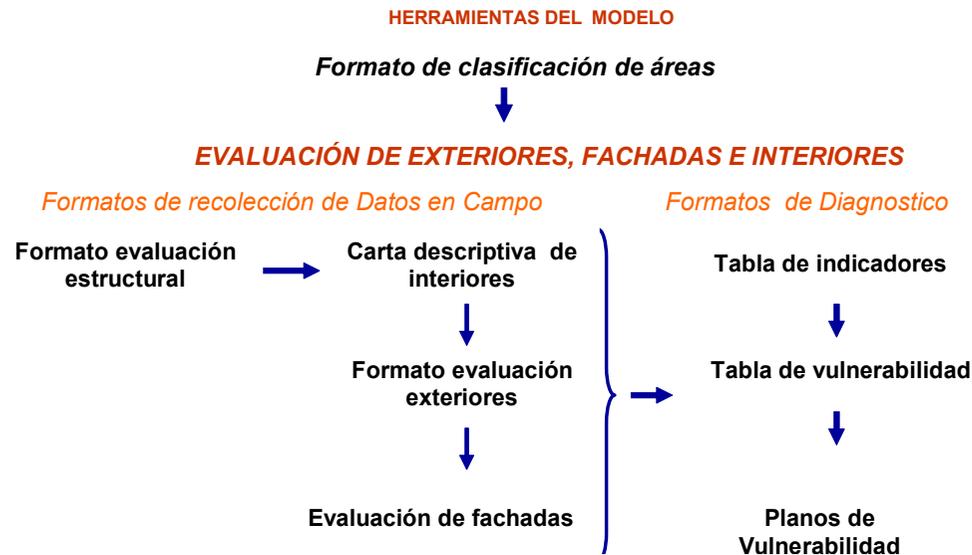
En la **variable organizativa** entra el concepto de **Planificación**, ya que en este punto se ve la organización interna del personal que labora en el hospital; así como el suministro de Instalaciones básicas y recursos médicos, y el mantenimiento de las instalaciones básicas.

En cuanto a la **variable Expresiva** se manejan los conceptos de **Carácter arquitectónico e Identidad**; así como la expresividad, los cuales se refieren a todo aquello que el edificio puede expresar por su forma, colores, texturas y todos los elementos que lo conforman.

La información obtenida del grado de vulnerabilidad de las Instituciones de Salud comprendiendo: Hospital, Clínica y Centro de Salud, ante una situación de siniestro y ante una situación normal, se realiza mediante un proceso de Investigación de campo, apoyados en cuatro Herramientas de recopilación y procesamiento de la información de la Institución a la cual se aplique el proyecto. Una vez que se tiene clara la forma de evaluar los aspectos en cada una de las variables, se procederá a la recolección de datos en el lugar que se va evaluar, por medio de los formatos de recolección de datos, para después proceder al vaciado e interpretación de datos recopilados en las cartas en los formatos de interpretación y diagnóstico que a continuación se explica este procedimiento:

#### 4.2 Utilización de los formatos o cédulas de recolección de datos en campo y de diagnóstico

El siguiente cuadro nos muestra la secuencia en la que se aplican cada uno de los formatos que son los que están en letras negras.



## 4.2.1 Formato de clasificación de áreas

---

A continuación se explican brevemente como funciona cada uno de los formatos:

**FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE AREAS.** Es una Cedula en la que se clasifican las áreas del hospital de acuerdo a su importancia en A, B y C

### Clasificación de áreas

- A Mayor importancia, indispensables en la preservación de la vida
- B Áreas con menos importancia, pero indispensables a la función
- C Áreas, con menor prioridad en caso de emergencia, son apoyo al buen funcionamiento de la institución.

En cada caso hospitalario se debe clasificar las áreas por su orden de importancia, a continuación se brinda un listado de las áreas consideradas en cada nivel, pero de no encontrarse las áreas que el centro hospitalario posea debe hacerse la clasificación, siendo esto anotado en las hojas de registro de clasificación.

#### Áreas contenidas en la clasificación A:

- \_ Urgencias
- \_ Centro de esterilización ( CEYE )
- \_ Quirófanos
- \_ Traumatología y Ortopedia
- \_ Unidad de quemados
- \_ Banco de Sangre
- \_ Laboratorio de Hematología
- \_ Farmacia
- \_ Imágenes diagnósticas ( Rayos X )
- \_ Cuidados Intensivos
- \_ Laboratorio de Análisis Clínicos

- \_ Servicios generales {
  - Cocina
  - Mantenimiento
  - Lavandería

- Áreas contenidas en la clasificación B:**
- \_ Hospitalización
    - Ginecología
    - Pediatría
    - Infectología
    - Medicina General
  - \_ Laboratorio de Microbiología
  - \_ Laboratorio de Patología
  - \_ Patología
  - \_ Hemodiálisis
  - \_ Consulta Externa (Medicina general)
  - \_ Nefrología
  - \_ Consulta externa de Traumatología y Ortopedia

- Áreas contenidas en la clasificación c:**
- \_ Administración
  - \_ Gobierno
  - \_ Archivo
  - \_ Fisioterapia
  - \_ Contabilidad
  - \_ Consulta Externa de Urología
  - Especialidades
    - Oftalmología
    - Dental
    - Ginecología
    - Proctología
    - Dermatología
    - Cardiología
    - Otorrinolaringología
    - Alergología

- Otras**
- \_ Oncología
  - \_ Vestidores y sanitarios
  - \_ Enseñanza
  - \_ Residencia de Médicos
  - \_ Biomedicina
  - \_ Áreas de Investigación

**4.2.2 Clasificación del riesgo representado por los problemas evaluados**

Como ya se menciona la evaluación consiste en analizar que el hospital no tenga los problemas que enlista el modelo ya que, de tenerlos estos le proporcionan una vulnerabilidad sísmica que se incrementa a medida que contenga mayor número de problemas, los cuales están clasificados dentro de las variables, pero cada problema se clasifica de acuerdo al riesgo que representa para el área en que se encuentre de acuerdo a la siguiente clasificación:

**Clasificación de riesgos**

**R.V** = RIESGO PARA LA VIDA

**L.B** = LIMITACIÓN DE LA FUNCIÓN BÁSICA

**F.F** = FALTA DE ELEMENTOS PARA UN OPTIMO FUNCIONAMIENTO (es decir que no permite que llegue a trabajar de manera idónea, pero que no afecta significativamente al área y por tanto, aún con la ausencia de estos elementos puede seguir operando).

Dicha clasificación nos permite darle una ponderación de importancia a los problemas y por ello una calificación del grado de vulnerabilidad que representan en el edificio hospitalario

### FORMATOS PARA RECOLECCION DE LA VULNERABILIDAD EN CAMPO

**FORMATO DE EVALUACIÓN ESCTRUCTURAL:** Es uno de los primeros formatos que se aplican ya que la seguridad del edificio dependerá de la estabilidad de la estructura después del sismo y antes de él al representar la priorización de evaluación para seguir con el interior del mismo.

En este formato se empieza por registrar el tipo de sistema constructivo utilizado en el edificio valuado, detallando el material que fue utilizado.

Posteriormente se describe la forma del edificio en planta para confirmar que no se encuentre una irregularidad que comprometa al sistema estructural y que no se presenten los errores más comunes y dañinos en un sismo en la configuración en planta de los edificios.

En la parte final del anverso de la cedula se analiza el sistema de entresijos utilizado, anotando el material usado, así como si presenta algún problema en su configuración. En el reverso de la cedula se sigue con la evaluación de los entresijos verificando las condiciones en que se encuentra y las situaciones anteriores en caso de haber sufrido un daño o modificación.

En la parte media del reverso se evalúan los daños encontrados en los elementos estructurales del edificio anotando en que elemento se encontró la falla, el número de elementos dañados y motivo de la falla así como su magnitud.

Finalmente se evalúan los elementos arquitectónicos registrando cual ha resultado dañado, el número y gravedad del daño. Se incluye un área en la que se ejemplifica el daño encontrado

A continuación se presenta el formato que se acaba de describir utilizado para la evaluación estructural en campo. Recordando que aquí solo se expresa el contenido principal de los formatos más no la metodología de llenado, que es parte del modelo de evaluación de vulnerabilidad al que se incorpora esta investigación.



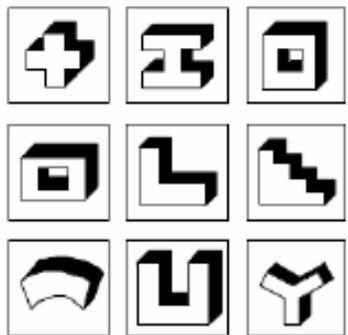
PROYECTO DE MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EDIFICIOS HOSPITALARIOS  
 PARA PREVENIR SITUACIONES DE DESASTRE PROVOCADAS POR SISMO  
**FORMATO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**



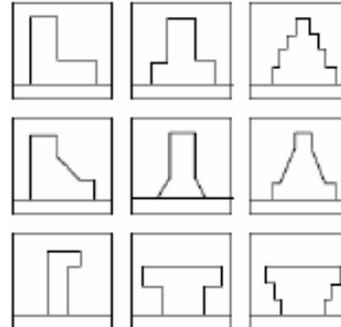
Fotografía

Realizo:			
Fecha:			
Hospital:			
Ubicación:			
Local evaluado:			
Afectaciones observadas en el suelo:			
Año de la construcción:			
Numero de pisos	Niveles sobre el terreno	sótanos	terrazas
<b>Dimensiones de la edificación</b>		Frente (m)	Fondo(m)
<b>Descripción de la estructura</b>			
Marque el en cuadro el tipo de sistema estructural observado			
<b>Tipo de construcción</b>	Concreto reforzado	Concreto precolado	Acero concreto
<b>Sistema estructural</b>	Marcos estructurales	Muros estructurales	otro
<b>Concreto</b>	pórtico	Muros estructurales	Sistemas duales
<b>Mampostería</b>	Mampostería confinada	Mampostería reforzada	Mampostería no reforzada
<b>Acero</b>	Pórticos arriostrados	Pórticos no arriostrados	Pórticos en celosía
<b>Madera</b>	Pórticos y panel en madera		
<b>Bahareque o tapia</b>	Muros en bahareque	Muros en tapia	otros

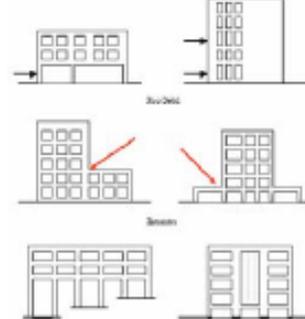
Verificar si el sistema estructural en planta presenta alguna irregularidad, marcarla



*Irregularidad en planta*



*Irregularidad en altura*

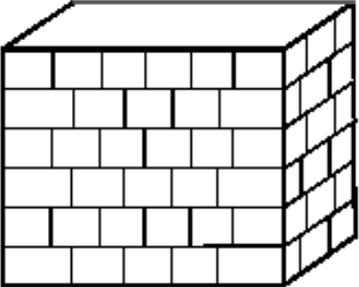
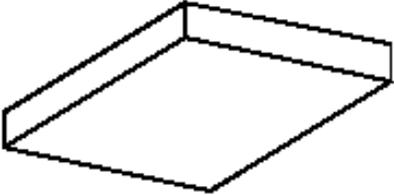


*Empujes en el edificio*

Otra forma irregular dibujar

*Tipos de entepiso*

<b>Concreto</b>	Placa maciza	Placa aligerada	Reticular celularado	Loza de vigueta y bovedilla	Otro
<b>Acero</b>	Viga de alma llena con conectores		Viga alma llena sin conectores		
<b>Madera</b>	vigas	cerchas	Mixto		
<b>Irregularidades en planta</b>	buena	regular	mala	comentarios	
<b>Irregularidades en altura</b>	buena	regular	mala	comentarios	
<b>Calidad de la construcción</b>	buena	regular	mala	comentarios	

<i>Condiciones de amarre y peso de la cubierta</i>	buenas	regulares	malas	comentarios			
<i>Hay indicios de daños de sismos anteriores</i>	si	no	dudoso	comentarios			
<i>Hubo reparación de daños de sismos anteriores</i>	total	parcial	Sin reparo	comentarios			
<i>Tipo de suelo</i>	duro	medio	blando	comentarios			
<i>pendiente</i>	plana	media	inclinada	comentarios			
<i>Inclinación de la edificación</i>	evidente	dudosa	ninguna	comentarios			
<i>Asentamientos en la edificación</i>	evidente	dudosa	ninguna	comentarios			
<i>Inclinación de la edificación</i>	evidente	dudosa	ninguna	comentarios			
<i>Falla en talud o movimiento en masa</i>	evidente	dudosa	ninguna	comentarios			
<b>Daños en elementos estructurales</b>							
<i>columnas</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Tipo de daño en el elemento</i>	Falla por cortante		Falla por flexión		Falla por aplastamiento		
<i>Muros portantes</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Tipo de daño en el elemento</i>	Falla por cortante		Falla por flexión		Falla por aplastamiento		
<i>vigas</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Tipo de daño en el elemento</i>	Falla por cortante		Falla por flexión		Falla por compresión		
<i>entrepisos</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Tipo de daño en el elemento</i>	Falla por cortante		Falla por flexión		Falla por compresión		
<b>Daños en elementos arquitectónicos</b>							
<i>Muros de fachada</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Muros divisorios</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Cielos rasos</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Cubierta</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Escaleras</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Tanques elevados</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Derrame de químicos</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Instalación de gas</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Instalación eléctrica</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<i>Acueducto y alcantarillado</i>	No. De elementos dañados	% de daño en el elemento	<i>severo</i>	<i>fuerte</i>	<i>moderado</i>	<i>leve</i>	<i>ninguno</i>
<b>Recopilación grafica de daños estructurales, dibujar las fallas estructurales en los elementos</b>							
 <p>Todo el edificio</p>	 <p>Muros</p>	 <p>Columna</p>	 <p>Losa techo</p>				
<i>Configuración estructural</i>	buna	regular	mala	comentarios			

La primera parte explica la simbología que se utilizara para su aplicación es decir la respuesta que se le dará a cada cuestionamiento analizado en la cedula, incluyendo una fotografía del área evaluada.

Primeramente se analiza el aislamiento que se tiene en cada área y si es requerido, o no, de acuerdo a la norma, seguimos con el análisis de los accesos en el que se describen sus dimensiones y ubicación analizando si su condición actual en estas características no representa un riesgo en caso de emergencia, de la misma forma se evalúan las circulaciones con que cuenta el área.

En la parte media de la cedula se evalúan las Instalaciones (hidráulica, eléctrica, sanitaria, instalaciones especiales y de emergencia) Se analiza si cuenta o no con la instalación, si esta correctamente, si es necesaria o no, y si representa algún riesgo en las condiciones en que se encuentra, haciendo las observaciones pertinentes.

En el reverso de esta cedula se evalúa el equipo de emergencia, si se cuenta o no con él, en caso de ser necesario, sus condiciones en que opera y su riesgo en caso de emergencia.

Los elementos no estructurales se empiezan analizando por las puertas, cancelaría, muros divisorios y ventanas, detallando si cuenta o no con ellos y si se encuentran en condiciones correctas, analizando si estas no incurrir en algún riesgo.

También se evalúan los cerramientos, antepechos, escaleras; así como los acabados en pisos muros y plafones, anotando su material y si por sus condiciones o material utilizado no representan algún riesgo.

La Variable ambiental y expresiva describe si el edificio cuenta con la iluminación y ventilación correcta para el área, evaluándose también factores expresivos que influyen psicológicamente a una mejor imagen y confort para el usuario.

El equipo y mobiliario especial se evalúa si se cuenta o no con el requerido por el área y si esta en condiciones correctas de operación, así como si por algún motivo representa un riesgo especificándose con cual mobiliario se cuenta.

En la parte final del formato se analizan las cuestiones estructurales observadas desde el interior del edificio específicamente en cada área

A continuación se presenta el formato que se acaba de describir utilizado para la evaluación no estructural en campo.



PROYECTO DE MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EDIFICIOS HOSPITALARIOS  
PARA PREVENIR SITUACIONES DE DESASTRE PROVOCADAS POR SISMO  
CARTA EVALUATIVA DE INTERIORES



Fotografía

EVALUADOR:		SIMBOLOGIA														
FECHA:	No necesario	N	FACTORES DE VULNERABILIDAD			INTERCOMUNICACIONES										
EDIFICIO:	Si	√	Riesgo para la vida			R.V	Botón de energía		⊠							
PISO:	No	X	Limita la función básica del área			L.B	Lámpara de pasillo		□□							
ÁREA:	Correcto	+	Factores que impiden el óptimo funcionamiento del área			Subestación de encendido										
LOCAL:	Incorrecto	-				F.F	Subestación de Médico		⊠							
FUNCIÓN:							Unidad central de enfermeras									
	Locales con los que colinda					Áreas con las que colinda										
AISLAMIENTO	No necesario	Físico		Visual		Acústico		Especial		Tipo de aislamiento especial	Área del local					
	N	√ N X	√ N X	√ N X	√ N X	√ N X	√ N X	√ N X	√ N X							
ACCESOS		Ancho		Altura		Función		Ubicación		Observaciones		Factor de Vulnerabilidad				
1) Principal		√ X N		+ -		+ -		+ -				R.V L.B F.F				
2) Secundario		√ X N		+ -		+ -		+ -				R.V L.B F.F				
3) Salida de emergencia		√ X N		+ -		+ -		+ -				R.V L.B F.F				
CIRCULACIONES		Ancho		Largo		Altura		Observaciones		Pública	Semi-Pub.	Restringida	Emergencia			
1) Primaria		+ -		+ -		+ -				√ X	√ X	√ X	√ X			
2) Secundaria		+ -		+ -		+ -										
Señalización de Espacios	Señalización de Emergencia	Señalización de Materiales y zonas peligrosas		Tel. Directo	Tel. Extensión	Voceo Personal	Voceo Público	TV. Circuito Cerrado	⊠	□□	⊠	⊠	Observaciones			
√ X N	√ X N	√ X N		√ X N	√ X N	√ X N	√ X N	√ X N	√ X N	√ X N	√ X N	√ X N				
+ -	+ -	+ -		+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -				
R.V L.B F.F	R.V L.B F.F	R.V L.B F.F														
INSTALACION HIDRÁULICA Y SANITARIA				Tubería agua fría				Tubería agua caliente				Tubería sanitaria				Observaciones
Y su funcionamiento				√ X N + -				√ X N + -				√ X N + -				
INSTALACION ELECTRICA				110 Volts		220 Volts		Especial		Tablero de control		Interruptor general		Tipo de contacto especial		Observaciones
Y su funcionamiento				√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -				
TIPO DE ILUMINACION		Directa		Tipo de lámpara		Fluorescente		Incandescente		Iluminación especial		Tipo de iluminación Esp.		Observaciones		
Funcionamiento y factor de riesgo		√ X		Empotrada		√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -						
		√ X		√ X		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F						
		Ambiental		Móvil		√ X										
		√ X		√ X												
		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F				
INSTALACION ESPECIAL		Oxígeno		Aire acondicionado		Succión		Sistema de Monitoreo		Otras		Observaciones				
Funcionamiento y factor de riesgo		√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -		√ X N + -								
		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F		R.V L.B F.F								
INSTALACION DE EMERGENCIA		Iluminación de emergencia				de emergencia				Instalación c/ incendios √ X N				Observaciones		
Funcionamiento y factor de riesgo		√ X N + -				√ X N + -				Detectores de humo √ X N + - R.V						
		R.V L.B F.F				R.V L.B F.F				Hidrantes √ X N + - R.V						
										Aspersores de químicos √ X N + - R.V						
										Aspersores de agua √ X N + - R.V						
										Puertas antifuego √ X N + - R.V						
										Fonógrafos de emergencia √ X N + - R.V						

<b>EQUIPO DE EMERGENCIA</b> Funcionamiento y vulnerabilidad	Extintores Tipo de extintor A B C No. De extintores R.V	√ X R.V	Hachas √ X R.V	No necesario N	Ubicación de extintores + - R.V	Sistema de alarma contra sismo √ X + - R.V Sistema de alarma contra incendio √ X + - R.V	Observaciones		
<b>ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES</b> Función y vulnerabilidad	Puertas √ X + - R.V L.B F.F	Cancelería √ X + - R.V L.B F.F	Muros divisorios √ X + - R.V L.B F.F	Ventanas √ X + R.V L.B F.F	Observaciones				
Cerramientos Material R.V L.B F.F		Antepechos Material R.V L.B F.F		Adornos Material R.V L.B F.F		Escaleras Material R.V L.B F.F		Otro	
<b>ACABADOS</b> Su factor de riesgo		Pisos Material R.V L.B F.F		Muros Material R.V L.B F.F		Plafones Material R.V L.B F.F		Observaciones	
<b>VARIABLE AMBIENTAL</b>	Iluminación natural √ X N + -	Ambientación natural √ X N + -	Ventilación natural √ X N + -	<b>VARIABLE EXPRESIVA</b>	Colores A I D	Texturas A I D	Formas A I D	<b>SIMBOLOGIA</b> A ) Agradable I ) Indiferente D ) Desagradable	
<b>EQUIPO Y MOBILIARIO ESPECIAL</b> Funcionamiento y Vulnerabilidad	Equipo Especial √ X N + - <hr/> Equipo Pesado √ X N + -	Mobiliario Especial √ X N + - R.V L.B F.F	Anclaje del equipo y mobiliario √ X N + - R.V L.B F.F	Ubicación del equipo y mobiliario + - R.V L.B F.F	Amortiguamiento del equipo y mobiliario √ X N + - R.V L.B F.F	EQUIPO O MOBILIARIO ESPECIAL REQUERIDO POR EL LOCAL + - + - + - + -			
<b>REGISTRO DE DAÑOS FISICOS EN LA ESTRUCTURA</b>									
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL A EVALUAR</b> (Trabe, Columna, Muro, Etc.)	<b>CLASIFICACION DE LOS DAÑOS</b>						<b>GRIETAS</b>		
	<b>L.D</b> Solo requiere mantenimiento	<b>M.D</b> Daño menor sin Necesidad de refuerzo	<b>F.D</b> Requiere reforzamiento	<b>S.D</b> Requiere reconstrucción del elemento	Materiales	Dimensiones	Vertical Dimensión	Horizontal Dimensión	Diagonal Dimensión
<b>SIMBOLOGIA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>									
<b>L.D</b>	Ligeramente dañado (Fisuras, desprendimiento de acabados, humedades)			<b>F.D</b>	Fuertemente Dañado (tructuras y dislocaciones que disminuyen la resistencia)				
<b>M.D</b>	Moderadamente Dañado (grietas superficiales, no necesita reforzamiento)			<b>S.D</b>	Severamente Dañado (Derrumbes, colapsos)				
<b>R</b>	Reparación, recuperación de las propiedades originales de resistencia y rigidez del elemento			<b>RRR</b>	Reconstrucción, Modificar totalmente las propiedades de resistencia y rigidez de la estructura				
<b>RR</b>	Refuerzo, mejorar las propiedades de sismo resistencia de la estructura								
<b>Notas</b>									

Así como se evaluó cada una de las áreas contenidas en el interior de la edificación también se evalúa el exterior de éste, en cada una de sus fachadas, incluyendo una fotografía de la que se analiza

Empezando con los accesos de cada uno de los edificios, clasificándolos, registrando su dimensión y si es correcta la situación en que operan. De igual forma se analizan los estacionamientos.

En la parte central de la cedula se evalúa las áreas de seguridad en caso de desastre, analizando su ubicación, dimensiones e instalaciones con que debe contar, señalando si son correctas o no de acuerdo a la norma.

Posteriormente se analizan cada una de las instalaciones del edificio que se encuentran en el exterior anotando sus condiciones en que operan y si representan algún riesgo.

Se analizan también los elementos no estructurales como puertas, ventanas, muros, cancelaría y acabados, analizando su ubicación, su correcto funcionamiento, dimensiones y el riesgo que representan de acuerdo a sus condiciones de operación actuales en caso de presentarse una emergencia. Se incluye también el análisis de los elementos ornamentales con que cuentan las fachadas, ya sea natural o de otro tipo corroborando su correcto estado, así como, que no representen algún riesgo para el funcionamiento del hospital en caso de sismo

Finalmente se incluye un análisis estructural de los elementos contenidos en las fachadas de los edificios para poder localizarlos fácilmente y diagnosticar la magnitud del daño.

A continuación se presenta el formato que se acaba de describir utilizado para la evaluación Exterior del edificio.



PROYECTO DE MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EDIFICIOS HOSPITALARIOS  
 PARA PREVENIR SITUACIONES DE DESASTRE PROVOCADAS POR SISMO  
 CARTA EVALUATIVA DE EXTERIORES



Fotografía

EVALUO	EDIFICIOS CON LOS QUE COLINDA																			
FECHA	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">SIMBOLOGIA</th> </tr> <tr> <td>No necesario</td> <td>N</td> <td>Correcto</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>√</td> <td>Incorrecto</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				SIMBOLOGIA				No necesario	N	Correcto	+	Si	√	Incorrecto	-	No	X		
SIMBOLOGIA																				
No necesario	N	Correcto	+																	
Si	√	Incorrecto	-																	
No	X																			
EDIFICIO																				

ACCESOS	ANCHO	UBICACION	f) Discapacitados	√ X N	VIALIDADES	ANCHO	UBICACIÓN	USO
a) Peatonal	√ X N	+ -	barandales	√ X N	a) Primaria	√ X	+ -	+ -
b) de personal	√ X N	+ -	Ancho rampa	+ -	b) Secundaria	√ X	+ -	+ -
c) de emergencia	√ X N	+ -	Pendiente	+ -	c) Terciaria	√ X	+ -	+ -
d) de servicio	√ X N	+ -	Ubicación	+ -				
e) Vehicular	√ X N	+ -	material	+ -	COMENTARIOS			

ESTACIONAMIENTOS	UBICACIÓN	USO
a) De personal	√ X N R.V LB F.F	+ - + -
b) de Servicios	√ X N R.V LB F.F	+ - + -
c) Emergencias	√ X N R.V LB F.F	+ - + -
d) Público	√ X N R.V LB F.F	+ - + -

NOTAS

AREAS DE SEGURIDAD EN CASO DE DESASTRE √ X N R.V LB F.F	DIMENSION	UBICACION	AREA DE TRIAGE √ X N R.V LB F.F	DIMENSIONES	UBICACION	+ -	INSTALACION HIDRAULICA		UBICACION	Edo. De Conservación	Red Hidráulica √ X N	BAP. √ X N	
	Ancho	+ -		√ X N	Ancho			Tanques elevados	√ X N	+ -	+ -	Edo. De Conservación + -	UBICACION + -
	Largo				Largo	HABILITACION	+ -	Cistemas	√ X N	+ -	+ -	Ubicación + -	+ -

COMENTARIOS

INSTALACION SANITARIA	√ X N	UBICACION	Edo. De Conservación	RED SANITARIA	INSTALACION ELECTRICA √ X N	UBICACION	ESTADO DE CONSERVACIÓN	CABLEADO EXTERIOR √ X N	INTERRUPTOR √ X N
				Edo. De conservación + -				Edo. De Conservación + -	Edo. De Conservación + -
REGISTROS	√ X N	+ -	+ -	Ubicación + -	No. De Lámparas + -	+ -	+ -	Ubicación + -	Ubicación + -

COMENTARIOS

INST ESPECIAL √ X N R.V LB FF	TANQUES	Ubicación + -	Edo. conservación + -	Restricción + -	INST. DE EMERGENCIA Toma de hidrantes √ X N R.V LB FF	Ubicación + -	Edo. conservación + -	Equipo de Emergencia √ X N R.V LB FF	Ubicación + -	Edo de Conservación + -	
	Tipo										
COMENTARIOS											
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	PUERTAS		VENTANAS			ABATIMIENTOS	MUROS	CANCELERIA		ACABADOS R.V LB FF	Estado de Conservación + -
	Ubicación + -		Ubicación + -			En puertas + -	Estado de Conservación + -	Estado de Conservación + -			Seguridad + -
	Ancho + -		Material en cristal √ X Peligroso R.V LB FF			En Ventanas + -					
	Alto + -		Conservación + -								
ORNAMENTACIÓN NATURAL			√ X N		VARIABLE EXPRESIVA			SIMBOLOGÍA DE LA VARIABLE EXPRESIVA			
Ubicación + -		Conservación + -	Colores A I D	Texturas A I D	Formas A I D	A= Agradable	I= Indiferente	D= Desagradable			
COMENTARIOS											
REGISTRO DE DAÑOS FÍSICOS EN LA ESTRUCTURA											
ELEMENTO ESTRUCTURAL A EVALUAR (Trabe, Columna, Muro, Etc.)		CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS					GRIETAS				
		L.D Solo requiere mantenimiento	M.D Daño menor sin Necesidad de refuerzo	F.D Requiere reforzamiento	S.D Requiere reconstrucción del elemento	Materiales	Dimensiones	Vertical Dimensión	Horizontal Dimensión	Diagonal Dimensión	
SIMBOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL											
L.D	Ligeramente dañado (Fisuras, desprendimiento de acabados, humedades)				F.D	Fuertemente Dañado (fracturas que disminuyen la rigidez)					
M.D	Moderadamente Dañado (grietas superficiales, no necesita reforzamiento)				S.D	Severamente Dañado (Dislocaciones, derrumbes, colapsos)					
R	Reparación, recuperación de las propiedades originales de resistencia y rigidez del elemento				RRR	Reconstrucción, Modificar totalmente las propiedades de resistencia y rigidez de la estructura					
RR	Refuerzo, mejorar las propiedades de resistencia y rigidez de la estructura										
NOTAS											

### FORMATOS DE DIAGNOSTICO DE LA VULNERABILIDAD ENCONTRADA

**TABLA DE INDICADORES:** En esta tabla se empieza por describir cada uno de los problemas encontrados en el edificio valuado indicándose a que variable pertenece según la clasificación dada dentro de una lista de observaciones que se tienen en cada variable en donde se describe que debe analizarse en cada espacio, esto de acuerdo a los requerimientos de diseño y seguridad que deben cumplir cada uno de los espacios del hospital.

Es decir es una clasificación de los problemas encontrados por las cartas de evaluación en campo en donde se describen los problemas de forma ordenada dentro de cada variable analizada, se especifica bajo que norma o recomendación de seguridad esta siendo evaluado y por tanto se le ha tomado como una deficiencia; así mismo se describe el efecto que el problema analizado podría causar en caso de desastre o como afecta la operatividad del hospital en caso de no repararse, y finalmente se propone la solución a dicho problema.

*El propósito de este formato es describir los problemas encontrados por los formatos de campo de forma ordenada y sistematizada con la finalidad de clasificarlos y encontrar el porque se están presentando de acuerdo a las normas y poder hacer un diagnostico de la situación, así como un pronostico de su efecto al presentarse el desastre y poder observar lo que implica su modificación o reparación.*

La tabla de Indicadores en la parte superior tiene una base de datos en la que se describe qué área se evalúa, ya que los problemas que contiene el formato corresponden a todos los detectados en los locales que conforman el área; indicando también a que edificio pertenece, así como la clasificación que le corresponde al área según la señalada por los gráficos. La Tabla de indicadores se divide en seis aspectos que analizan cada deficiencia identificada, en su respectiva variable, siendo estas las siguientes:

<i>CLAVE</i>	<i>PROBLEMA</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>CAUSA</i>	<i>EFECTO</i>	<i>SOLUCION</i>
En este Apartado se describe la Clave del problema detectado	En este apartado se describe el problema que presenta El área, redactado en forma breve y numerada	Aqui se anota la norma con la que se compara el problema que observamos, indicando la falta de cumplimiento de esta	Aqui se describe en forma breve las posibles causas que dieron origen al problema.	Aqui se hace notar, qué pasa, o qué problemas trae el no modificar el problema. Con una solución	Aqui se describe la solución o recomendaciones necesarias para el problema

El ejemplo de este formato que a continuación se presenta es parte de la evaluación realizada al Hospital Universitario Virgen de las Nieves Granada España.

HOSPITAL: VIRGEN DE LA NIEVES GRANADA ESPAÑA		CLASIFICACIÓN DEL ÁREA A			
AREA: ESTERILIZACIÓN		PISO. SEGUNDO NIVEL	EDIFICIO. HOSPITAL GENERAL		
CLAVE	DIAGNOSTICO NATURAL (Problema)	INDICADORES (Norma)	CAUSAS	PRONOSTICO NATURAL (Efecto)	DIAGNOSTICO MODIFICADO (Solución)
<b>ACCESOS:</b>					
VF/1/1	No cuenta con acceso para discapacitados	los locales deben ser accesibles para personas con discapacidad ya sea usuarios o trabajadores	omisión en el proyecto arquitectónico, de diseño para discapacitados	Que existan barreras arquitectónicas, dentro del centro hospitalario para discapacitados	Adecuación del espacio para hacerlos accesible a las personas con capacidades diferentes
<b>FUNCIONAL:</b>					
VF/2/6	Mala relación del área de esterilización con el área de lavandería	Los espacios deberán estar relacionados de forma adecuada, de acuerdo a su función y servicios.	Mala protección en el diseño arquitectónico de los servicios	Tener que transportar la ropa de un local lejano hasta el área que lo requiere	Reubicación de los espacios, tomando en cuenta su función.
<b>ACABADOS:</b>					
NE/1/4	El material en piso se recomienda sea antiderrapante	Las áreas que lo requieran deberán contar con material antiderrapante en pisos, por la función que en ellas se desempeña	Mala elección en el material de piso	Puede causar que alguna persona resbale, por encontrarse agua en el material	Remodelación del lugar, colocando piso antiderrapante.
NE/1/7	El material en plafón es pesado y su sujeción es insegura	Por diseño sismorresistente, el material en plafones deberá ser ligero y garantizar un anclaje seguro ante el movimiento	Mala elección en el material	Puede llegar a desprenderse causando daños a las personas o inhabilitando las circulaciones en sismo	Cambiar el material de plafones y asegurar su colocación
NE/5/1	el material en ventanas representa un riesgo en sismo ya que puede romperse	Deberá existir un material contra el rompimiento del cristal en caso de sismo	Falta de prevención y mitigación de riesgos	El cristal puede romperse causando daño a las personas o inhabilitando circulaciones	Colocar película antirompimiento en los cristales
<b>COMUNICACIONES:</b>					
NE/12/3	Carece totalmente de señalización de emergencia en cuanto a rutas de evacuación	Deberá existir en todas las áreas señalización de emergencia indicando la ruta de evacuación, Asia las zonas de seguridad del edificio	Falta de prevención y mitigación de riesgos	que el personal de descontrol, y no evacue el edificio en forma rápida y adecuada	colocar las señales de rutas de evacuación
NE/12/6	No cuenta con señalización táctil en muro y piso para invidentes y débiles visuales	Los espacios deben contener señalización para invidentes y débiles visuales	Existe barrera arquitectónica para discapacitados	Que no exista una correcta información y orientación para invidentes y débiles visuales	Colocar las señales requeridas y guías táctiles en piso
NE/15/3	Se recomienda que exista vocero de personal en el área	Debe existir vocero de personal en las áreas que lo requieran	Falta de previsión en el sistema de comunicación	Que el personal se encuentre bien comunicado	Colocar sistema de comunicación requerido
NE/15/13	El local carece de sistema de alarma contra incendios	Deberá existir en todo el centro hospitalario, una señal para hacer notar al personal si es necesario evacuar el edificio en caso de siniestro	Falta de prevención y mitigación de riesgos	Que exista un desconocimiento por parte de las personas que se encuentran en el área, de una situación de emergencia	Colocar las alarmas que requeridas para informar al personal de la situación de emergencia
NE/15/13	El local carece de sistema de alarma contra sismo	Deberá existir en todo el centro hospitalario, una señal para hacer notar al personal si es necesario evacuar el edificio en caso de siniestro	Falta de prevención y mitigación de riesgos	Que exista un desconocimiento por parte de las personas que se encuentran en el área, de una situación de emergencia	Colocar las alarmas que requeridas para informar al personal de la situación de emergencia

## 4.2.7

**Tabla de Vulnerabilidad**

En este formato se analizan los problemas que ya fueron clasificados por la tabla de indicadores pero calificándolos dependiendo del riesgo que representan estos para el área, de acuerdo a las tres clasificaciones de riesgo que se proponen (R.V, L.B, F.F) , los problemas se encuentran clasificados en el mismo orden que en el formato anterior (Tabla de indicadores) y dentro de las variables analizadas, para obtener el total de riesgos por cada variable y poder ser sumados finalmente, obteniendo así, el total de cada uno de los riesgos encontrados en toda el área analizada .

Finalmente se presenta dentro de este formato una grafica que ejemplifica del total de riesgos encontrados el porcentaje de la importancia de cada uno de ellos es decir cuantos de ellos nos comprometen la vida, cuales la función básica de operatividad del hospital y cuantos su optimo funcionamiento. *Su finalidad principal de este formato es, la de mostrar que tan riesgosa es la presencia de cada problema encontrado en el área.*

Los apartados que contiene la tabla de vulnerabilidad son los siguientes:

<b>CLAVE</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>TOTALES VARIABLE</b>	<b>TOTALES POR AREA</b>	<b>GRAFICA</b>
Aquí se describe la clave del problema	Se colocara en este apartado, el problema descrito en forma breve, y con una numeración	Aquí se define, la simbología de los riesgos, detectados en cada problema. Representados por la simbología R.V    L.B    F.F	En este apartado se anota el total de riesgos por variable, lo que nos da un indicio preliminar de la sumatoria de riesgo en el área	Aquí obtendremos los totales por número de riesgo, y también su porcentaje, de cada área analizada.	Aquí se describe de forma grafica, los porcentajes finales de cada riesgo, en el área analizada

El ejemplo de este formato que a continuación se presenta es parte de la evaluación realizada al Hospital Universitario Virgen de las Nieves Granada España.



En este formato se intenta señalar visualmente donde se encuentran los problemas pero con su representación del riesgo, es decir en un plano elaborado en autocad del área evaluada se colocan fotografías de los problemas mas notorios de los espacios que contiene el área, junto con una representación con manchas de colores de donde se localizan los problemas de acuerdo al riesgo que representan. Este formato tiene la finalidad de mostrar donde se encuentra cada problema y sea localizado con facilidad físicamente.

Para comprender los colores y vulnerabilidad de los iconos, se anexa en el rótulo del plano una parte de simbología, conteniendo esta parte también, la gráfica que representa en forma de resumen el grado de vulnerabilidad que el área tiene; esta representación en planos se utilizará, tanto en evaluación de interiores, como en exteriores.

Los planos son un resumen gráfico que permite identificar, en una forma rápida, el grado de vulnerabilidad que cada área tiene, ya que los riesgos se representan en donde se encuentran, aparte de anexarse la grafica de vulnerabilidad que resume el grado en que es vulnerable cada espacio. Nos presenta también una forma rápida de reconocimiento del área, ya que contiene también las fotografías de los espacios, sirviendo en un momento dado, para hacer una inspección rápida.

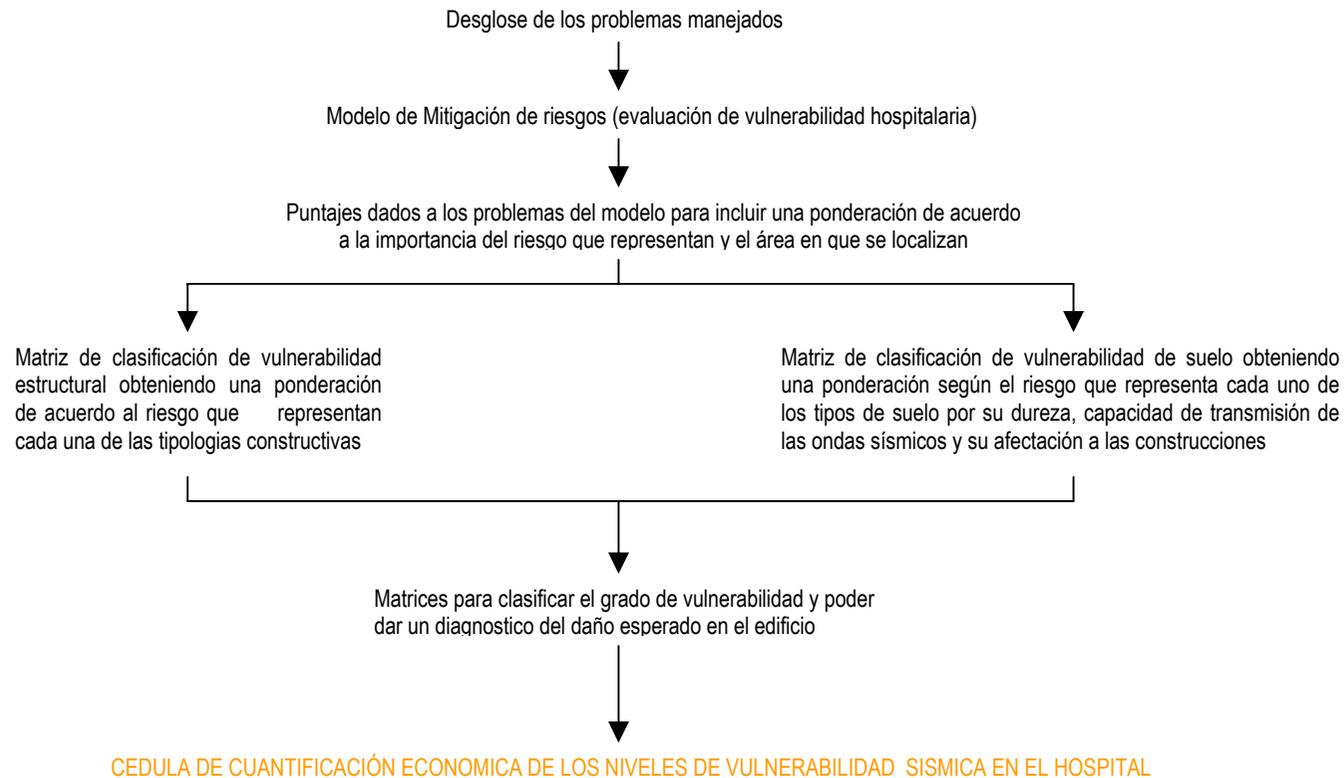
En conclusión los planos son el resumen más preciso que podemos obtener del grado de vulnerabilidad en cada área, para detallar la solución de los problemas, nos tenemos que remitir a las tablas de indicadores.

El formato que a continuación se presenta es parte de la evaluación realizada al Hospital Universitario de Puebla Pue. México



Las principales reestructuraciones que se le realizaron al modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica se resumen en el siguiente cuadro el cual muestra la secuencia en la que se realizaron para comprensión de cómo se llegó a la elaboración de la “Cedula de de cuantificación económica de los niveles de vulnerabilidad sísmica” la cual se detalla en el siguiente punto de la investigación

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA (CEDULA)



En primer lugar se requirió hacer un desglose del listado de problemas que contenía el modelo de evaluación de vulnerabilidad y esto dio como resultado un listado mayor de los problemas a observarse ya que se desglosaron detenidamente para que cada problema pudiera contarse por separado.

Posteriormente a cada problema se le dio un puntaje de acuerdo al área en que se localizaba y al riesgo que representaba para el área, es decir de acuerdo a la importancia del área en que se encontraba (A, B o C) se dieron unos puntajes base para cada uno de los riesgos (R.V, L.B, F.F) y tomando como partida ese puntaje base se les dio un porcentaje de incremento de puntos para tener una ponderación de acuerdo a la importancia del área en que se localizara cada problema. A continuación se muestra un ejemplo de este procedimiento ya que es un listado extenso de problemas se decidió incluir el listado completo de los problemas solo en el material digitalizado.

ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS POR SU RIESGO CON SU PONDERACION DE ACUERDO A SU IMPORTANCIA DADA POR EL AREA EN QUE SE LOCALIZAN									
Áreas A con mayor importancia, indispensables en la preservación de la vida <b>ponderación del 60%</b>	Puntaje base = <b>6</b>			Puntaje base = <b>4</b>			Puntaje base = <b>1</b>		
Áreas B menor importancia que A, pero indispensable a la función del Hospital <b>ponderación del 30%</b>	<b>R. V.</b>			<b>L. B.</b>			<b>F. F.</b>		
Áreas C menor prioridad en emergencia, son de apoyo al buen funcionamiento <b>ponderación del 10%</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>INDICADORES CUALITATIVOS DE VULNERABILIDAD SISMICA</b>	<b>PUNTAJE QUE SE OBTIENE DE ACUERDO A LA PONDERACION</b>								
<b>VARIABLE NO ESTRUCTURAL</b>									
<b>INSTALACION EMERGENCIA (9)</b>	9.6	7.8	6.6	6.4	5.2	4.4	1.6	1.3	1.1
1.- Verificar la existencia de suministro de electricidad de emergencia donde se requiera	9.6	7.8				4.4			
2.- Verificar que la planta de emergencia se encuentre en buen estado y brinde suministro a las áreas en que se requiera	9.6				5.2	4.4			
3.- Verificar que existan lámparas de emergencia fijas	9.6	7.8				4.4			
4.- Verificar que existan escaleras y puertas de emergencia en las área hospitalarias	9.6	7.8	6.6						
<b>PUNTOS TOTALES EN INSTALACIÓN DE EMERGENCIA DE ACUERDO AL RIESGO Y SU PONDERACION POR EL AREA EN QUE SE LOCALIZAN</b>	<b>38.4</b>	<b>23.4</b>	<b>6.6</b>	<b>0</b>	<b>5.2</b>	<b>13.2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>PUNTOS TOTALES ACOMULADOS EN TODOS LOS RIESGOS</b>	<b>86.8</b>								

El total de problemas enumerados por el modelo con los que evalúa la vulnerabilidad sísmica son 330, recordando que durante la evaluación de un hospital se podrán repetir varias veces un mismo problema, pero el puntaje total de la evaluación dada por los 330 problemas dan un total de 5,517 y bajo este se dará un porcentaje de vulnerabilidad para la elaboración del diagnostico final.

Una vez que se tienen enumerados los problemas que se localizan en el hospital y cuantificado su puntaje de acuerdo a la vulnerabilidad que le representan al hospital se realizara por separado la evaluación de la vulnerabilidad estructural, así como la que representa el tipo de suelo en que se localiza. Lo anterior se logra a través de dos matrices, la que describe la vulnerabilidad estructural clasifica el nivel de riesgo de acuerdo a la tipología constructiva utilizada en la construcción del hospital, la cual determina sus características de resistencia y estabilidad estructural en caso de sismo.

La matriz se basa en el mismo método con el que se han clasificado los problemas, dado una puntuación base para poder medir el nivel de riesgo de acuerdo a su incremento de porcentaje de vulnerabilidad. La determinación del porcentaje de vulnerabilidad y la forma de clasificarla para el uso de estas dos matrices esta basada en el principio de la Escala Macrosísmica Europea (EMS) la cual puede consultarse en la tesis de maestría de la Arq. Sonia Morán Rodríguez de la que se ha desglosado esta investigación.

PARAMETROS PARA IDENTIFICAR DE FORMA SEPARADA LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL			
Clasificación de la Vulnerabilidad de forma decreciente de A -a- F			
<b>A</b>	Demasiado Vulnerable	42	%
<b>B</b>	Muy Vulnerable	25	%
<b>C</b>	Medianamente Vulnerable	15	%
<b>D</b>	Vulnerable	10	%
<b>E</b>	Baja Vulnerabilidad	5	%
<b>F</b>	Escasa Vulnerabilidad	3	%

Esta matriz nos permite dar un diagnostico de vulnerabilidad total del inmueble, tanto de forma parcial al evaluar la vulnerabilidad por tipología constructiva, así como por el tipo de suelo, por ejemplo si al final de la evaluación resulto ser mayor del 42% se podrá diagnosticar que el edificio es altamente vulnerable, tomando como referencia del 100% el total de puntos evaluados por este modelo.

Además nos permite en el caso de la evaluación por tipología constructiva utilizada ver en que porcentaje se va a incrementar el puntaje base dado, de acuerdo al riesgo que representa está al presentarse un sismo.

TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA			A
<b>Mampostería</b>  Puntaje 0	Cantos rodados o piedra suelta	A	42%
	Adobe	A	<b>B</b>
	Tapia	A	
	Piedra simple	B	25%
	Sillería	C	<b>C</b>
	Ladrillo de bloques	B	
	Ladrillos con suelos de HA	C	
<b>Hormigón armado HA (concreto)</b>  Puntaje 94.9	Ladrillo reforzado (mampostería atada)	C	<b>D</b>
	HA sin diseño antisísmico (DAS)	C	10%
	HA con DAS mínimo	D	<b>E</b>
	HA con DAS medio	E	
HA con DAS alto	E	5%	
<b>Madera</b>  Puntaje 0	Estructuras de madera	D	<b>F</b> 3%

**CLASIFICACIÓN PARA IDENTIFICAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE ACUERDO A SU TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA**

En esta matriz se describen las principales tipologías constructivas y se les clasifica de acuerdo al riesgo sísmico que por sus características le representan al hospital. Las letras determinan el grado de vulnerabilidad de acuerdo a la matriz anterior en donde la A representa el mayor grado de vulnerabilidad hasta la F en forma decreciente

El siguiente cuadro nos muestra las diferentes tipologías de suelo y el riesgo que representan en cuestión de sus componentes y su capacidad para absorber y transmitir las ondas sísmicas y por ello la forma en la que le pueden proporcionar mayor estabilidad a los edificios que se erigen sobre ellos. Se describen primero los de mayor dureza los que no representan en sí riesgo para las edificaciones.

A continuación se presentan las dos matrices la primera en la que se puede notar la proporción con la que se incrementa el riesgo sísmico por el tipo de suelo la cual fue tomada de un estudio que realizó el Doctor. Francisco Vidal del Intituto Andaluz de Geofísica de la Universidad de Granada, España acerca de las características de los suelos y su capacidad de transmitir y absorber las ondas sísmicas.

TIPOS DE SUELO		Incremento en puntos	Incre- mento en %
I	Cuarcitas, granitos, exquisitos y otros tipos de rocas homogéneas duras suelo duro	0	
II	Areniscas, conglomeradas, gneses basaltos semi duras	1	100%
III	Aluviales Secos suelo semiblando	2	
IV	Aluviales saturados, cenizas volcánicas suelo Blando	3	50%
V	Rellenos Artificiales, tierras pantanosas, zonas lacustres Suelo muy blando	4	33.30%

Tomando la primera matriz como base la segunda matriz califica el riesgo de acuerdo a un puntaje base y su incremento va en relación a dicha matriz que señala la proporción de incremento y poder así unificar el criterio de evaluación bajo el parámetro de puntajes dados de acuerdo al riesgo que representan para la edificación.

Los puntajes que se encuentran en su descripción se refiere a como se incrementa el riesgo a medida de que en esa proporción marcada con porcentajes se transmiten las ondas sísmicas y proporcionan menor estabilidad a las construcciones Esta segunda matriz que se realizo nos muestra la cuantificación de la vulnerabilidad representada por el suelo para el edificio de acuerdo a las características descritas en la matriz antes mencionada.

FACTORES QUE INCREMENTAN LA VULNERABILIDAD POR TIPO DE SUELO		
TIPO DE SUELO	Puntaje base desde el tipo II =	2
I	No representa incremento de vulnerabilidad	0
II	Puntaje base =	2
III	Puntaje base + incremento porcentual	4
IV	Puntaje anterior + incremento porcentual	6
V	Puntaje anterior + incremento porcentual	8

Finalmente como ya se menciono la vulnerabilidad estructural y la dada por el tipo de suelo fueron evaluadas de forma separada con las matrices antes mencionadas y para poder juntar el diagnostico anterior en el que se analizaron los aspectos no estructurales así como estructurales con el listado de problemas que presenta el modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica con sus respectivos puntajes se tiene esta ultima matriz , la cual nos sirve para dar un diagnostico conjunto de la situación de vulnerabilidad total del hospital , analizados ya todos los aspectos que intervienen en su formación.

Se trata de identificar en que porcentaje se encuentra vulnerable de acuerdo a la metodología antes menciona, la cual se ejemplifica mejor en el desarrollo de la cedula que en el siguiente punto de esta investigación trataremos, para poder así comprender mejor la mecánica que se utiliza para dar un diagnostico final de vulnerabilidad.

MATRIZ PARA IDENTIFICAR DE FORMA CONJUNTA LA VULNERABILIDAD TOTAL DEL EDIFICIO (ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL)						
	A	B	C	D	E	F
	50%	41.67%	33.32%	24.99%	16.66%	8.33%
<b>A</b> 50%	↓ 100%	↓	↓	↓	↓	↓
<b>B</b> 41.67%	→	↓ 83.34%	↓	↓	↓	↓
<b>C</b> 33.32%	→	→	↓ 66.64%	↓	↓	↓
<b>D</b> 24.99%	→	→	→	↓ 49.98%	↓	↓
<b>E</b> 16.66%	→	→	→	→	↓ 33.32%	↓
<b>F</b> 8.33%	→	→	→	→	→	↓ 16.66%





El análisis de las matrices antes expuestas son el paso previo para llegar a la utilización de la cedula la cual tiene como propósito el dar a conocer la participación económica de la vulnerabilidad detectada en el inmueble, en el valor total del hospital. A continuación se describen los pasos para el llenado de la cédula.

1.\_ Primeramente se empezó por detectar como es la participación económica de cada una de las partidas que se señalan en la cedula las cuales contienen las variables manejadas en el modelo englobadas principalmente en estructurales y no estructurales.

Cada una de las partidas tiene una participación en un porcentaje del valor total del hospital, el cual fue calculado de acuerdo a la metodología de análisis de los casos expuestos en las publicaciones de las organizaciones citadas, las cuales manejan parámetros de costo cama por tipo o nivel de hospital y bajo esta referencia dependiendo el numero de camas se calculo el valor del inmueble, a lo que podemos deducir que se trata de un VRN ( Valor de Reposición Nuevo), es decir considerando el costo de construir el inmueble valuado nuevo; Esto se realizo así con el propósito de manejar los mismos parámetros que a lo largo de la investigación se han desarrollado y poder establecer un punto de comparación, y por otro lado porque lo que nos interesa es la metodología que nos permite cuantificar económicamente la participación de la vulnerabilidad en el total del edificio. Pero cabe señalar que en el caso de aplicarlo a otro hospital se realizara conforme al VNR ósea el Valor Neto de Reposición, en donde consideramos las condiciones reales del valor del inmueble incluyendo parámetros como la depreciación, para poder tener una visión mas certera y la toma de decisión si convienen o no la inversión en mitigación del riesgo o por su valor real en caso extremo resulte mejor la construcción de un nuevo hospital con parámetros antisísmicos.

Pero como ya hemos señalado la mayoría de los casos la vulnerabilidad recae principalmente en los elementos no estructurales los cuales requieren una menor inversión para la mitigación de riesgos.

2.\_ Una vez analizada la participación económica de cada una de las partidas se procede al llenado de la cedula con la cuantificación de los problemas detectados por el modelo de evaluación. La cedula permite la clasificación de los problemas para poder cuantificarlos de acuerdo a su importancia ya que primeramente se enumeran los problemas que en cada una de las partidas se detectaron, pero señalando en que tipo de área se localizan (A, B, o C) mismas que definen la importancia de la existencia de los problemas por el daño esperado para salvaguardar las vidas humanas, la seguridad y buen funcionamiento del hospital en caso de siniestro.

3.\_ Cabe mencionar que los problemas se denotan solo numéricamente, es decir no se incluye la redacción de cual es el problema detectado ya que esto se realizo previamente con las herramientas del modelo antes expuestas, así que los problemas ya están clasificados en variables, así como por el riesgo que representan y señalando en que tipo de área fueron localizados. Para esto la cedula nos permite acomodarlos señalando a que partida pertenecen y dentro de que área fueron localizados, separados en las tres clasificaciones de riesgo manejadas en este proyecto ( R.V, L.B, F.F) teniendo una visión de cuantos problemas fueron detectados.

4.\_ Junto al número que señala cuantos problemas según su riesgo fueron detectados en cada uno de los tipos de áreas se encuentra la cuantificación de puntajes que depende del número de problemas detectados y de la ponderación que toma en cuenta el incremento de puntos que desde el puntaje base dado para cada riesgo se ha dado por el área en que fue localizado.

El siguiente cuadro resume los puntajes base dados a los riesgos y la ponderación correspondiente a cada una de las áreas, lo cual ya fue explicado explícitamente en el punto anterior de este trabajo.

Clasificación de áreas	<b>A</b>	Como aquellas que son de mayor importancia, son indispensables en la preservación de la vida	% de ponderación	<b>A = 60%</b>	Puntaje	R.V = 6
	<b>B</b>	Son las áreas con menos importancia que las anteriores, pero son indispensables a la función	de acuerdo a la	<b>B= 30%</b>	base	L.B = 4
	<b>C</b>	Áreas que tendrán la menor prioridad en caso de emergencia y que sirven de apoyo al buen funcionamiento	importancia del área	<b>C= 10%</b>	por Riesgo	F.F = 1

5.\_ De acuerdo a este puntaje que define su respectiva importancia o peso a cada problema lo que nos permite medir el nivel de vulnerabilidad según la metodología que se ha manejado, Hasta esta momento estamos en la siguiente parte de la cedula que a continuación se ilustra:

(PARTIDAS)	TIPO DE	TOTAL	PONDERACION
CONTENIDAS	AREA EN		POR
DENTRO DE LAS	DONDE ESTA	<b>R.V</b>	IMPORTANCIA
VARIABLES	EL PROBLEMA		DE AREA
Cimentación	A	2	19.2
	B		0
	C		0
	<b>TOTALES</b>	<b>2</b>	<b>19.2</b>

6.\_ El siguiente apartado de la cedula nos permite conocer primeramente la participación total del puntaje de los problemas de determinado riesgo (por ejemplo R.V), en la partida, dentro del total de puntos de los problemas señalados por el modelo para dicha partida, es decir nos muestra de acuerdo al total de puntos que harían 100% vulnerable en la partida específica (por ejemplo cimentación) numéricamente con cuantos puntos de ese total participa la vulnerabilidad detectada. Este dato está inmerso en el resultado que da la celda que estamos describiendo ya que teniendo el dato mencionado inmerso en la fórmula se multiplica por el valor económico de la participación de la partida que se está analizando en el valor total del inmueble.

(PARTIDAS)	TIPO DE	TOTAL	PONDERACION	PARTICIPACION
CONTENIDAS	AREA EN		POR	PBMS R.V
DENTRO DE LAS	DONDE ESTA	<b>R.V</b>	IMPORTANCIA	DE PARTIDA EN
VARIABLES	EL PROBLEMA		DE AREA	\$ PARTIDA
Cimentación	A	2	19.2	232,045.71
	B		0	
	C		0	
	<b>TOTALES</b>	<b>2</b>	<b>19.2</b>	

7.\_ La siguiente celda nos muestra la participación económica de cada problema, ya que primeramente se obtiene del número de problemas detectados en cada área su participación en el puntaje total de la partida en determinado riesgo (Ejm. R.V), y este valor se multiplica por la participación económica del tipo de riesgo analizado, ósea la

celda que la precede. Este procedimiento se sigue en el análisis de cada uno de los tipos de riesgos desde el paso 2, hasta culminar con el registro de los problemas del último riesgo nombrado (F.F). Parcialmente se obtienen cantidades totales en cada una de las celdas ya que finalmente el diagnostico final dependerá de ellos

(PARTIDAS) CONTENIDAS DENTRO DE LAS VARIABLES	TIPO DE AREA EN DONDE ESTA EL PROBLEMA	TOTAL <b>R.V</b>	PONDERACION POR IMPORTANCIA DE AREA	PARTICIPACION PBMS <b>R.V</b> DE PARTIDA EN \$ PARTIDA	\$ POR CADA PROBLEMA  R.V
Cimentación	A	2	19.2	232,045.71	24,171.43
	B		0		0.00
	C		0		0.00
	<b>TOTALES</b>	<b>2</b>	<b>19.2</b>	<b>24,171.43</b>	

8.- Concluido el procedimiento antes descrito se tomaran en cuenta los totales de los puntos obtenidos y los que nos dan las cantidades parciales que muestran la participación económica de la vulnerabilidad. Pues finalmente tendremos dos totales parciales uno que define a la variable estructural y otro a la no estructural, pero debemos mencionar que esta cantidad es un subtotal ya que se analiza por separado la vulnerabilidad estructural por el tipo de construcción utilizada y la tipología del suelo en que se encuentra el inmueble. Es decir hasta antes de este punto el registro de problemas levantados en campo se analizaron y clasificaron para poder definir su vulnerabilidad, pero aún se tiene que proceder a analizar la vulnerabilidad que la construcción por sus características representa aunque no es un problema detectado en campo si no más bien resulta un análisis prospectivo de lo que dicha tipología constructiva representará ante la presencia de un sismo dadas sus características de estabilidad y resistencia, lo mismo que con las características del suelo en que se encuentra el inmueble.

Para este análisis sirven las matrices de evaluación estructural y tipo de suelo descritas en el punto anterior. Para este procedimiento se identifica la tipología constructiva el tipo de vulnerabilidad que señala la matriz y por tanto el incremento de puntaje que esto implica, lo mismo para el tipo de suelo.

AFECTACION ESTRUCTURAL		tipo	Factor	total
Clasificación de la construcción	Hormigon Armado con diseño sismico minimo	D	2.55	puntos por incremento
Clasificación del tipo de suelo	Aluviales Secos (suelo semiblando)	III	4	
Total Puntaje obtenido de evaluación estructural	66.9	X	Factor resultante 6.55	438.11

La letra (D) y el número romano (III) son la clasificación dada por la matriz que nos permite identificar la vulnerabilidad por tipología constructiva y la de tipo de suelo, en la Celda siguiente (Factor), es el número dado por dichas matices que describen un incremento de puntaje y en esta cedula los dos números sumados se convierten en un factor, pues los puntos obtenidos solo en la variable estructural (ejm. 66.9), se multiplican por este número, obteniendo así un puntaje total que no solo incluye la evaluación de los elementos estructurales analizados anteriormente sino también el incremento de puntaje que se obtienen por las características antes descritas.

9.- Con esto se tiene el total parcial de los puntos obtenidos en la evaluación de los elementos estructurales y este nuevo incremento de puntos por tipología constructiva y de suelo y con este resultado se obtiene un porcentaje de vulnerabilidad estructural al compararlo con el total de puntos que señalan los problemas descritos en el modelo,

dentro de la variable estructural y específicamente para ese tipo de construcción, es decir se señala del 100% de puntos señalados por el modelo en la parte estructural, en que porcentaje participa la evaluación conjunta de la parte estructural conteniendo todos los aspectos que se obtuvo en el inmueble.

% de Vulnerabilidad Estructural		
Ptos totales modelo de Evaluación Estructural de (Ha)	1452	puntos
Puntos incrementados	505.01	
% de Vulnerabilidad Estructural	<b>34.78</b>	%
conclusión	El conjunto del Hospital General tiene una vulnerabilidad estructural del 34.78% lo que localiza en la clasificación de DEMASIADO VULNERABLE clasificación A (mayor del 42%)	

10.- Para juntar los resultados de la vulnerabilidad estructural y la no estructural se procede al análisis de los resultados en la vulnerabilidad no estructural, al observar en que porcentaje participa su vulnerabilidad en el 100% de puntaje señalado por el modelo, y así poder obtener un diagnostico con la matriz que de acuerdo al porcentaje se designa una letra que indica su vulnerabilidad.

% de Vulnerabilidad no estructural		
Ptos totales modelo de Evaluación No Estructural	4065.2	puntos
Puntos obtenidos en la evaluación	2021.1	
% de Vulnerabilidad No Estructural	<b>49.72</b>	%
conclusión	El conjunto del Hospital General tiene una vulnerabilidad no estructural del 49.72.% lo que localiza en la clasificación de MUY VULNERABLE clasificación B (mayor de 25%)	

11.- Finalmente se procede a dar el diagnostico de vulnerabilidad total de la edificación, sumando los resultados de los porcentajes obtenidos en la vulnerabilidad de los elementos estructurales y los no estructurales y poder así localizar en la matriz de diagnostico el resultado que resume su vulnerabilidad.

% de Vulnerabilidad TOTAL							Parámetros para diagnosticar la vulnerabilidad total del inmueble evaluado
MATRIZ PARA IDENTIFICAR DE FORMA CONJUNTA LA EDIFICIO (ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL)				VULNERABILIDAD	TOTAL	DEL	
	A 50%	B 41.67%	C 33.32%	D 24.99%	E 16.66%	F 8.33%	
							<b>A</b> Demasiado Vulnerable
							<b>B</b> Muy Vulnerable
							<b>C</b> Medianamente Vulnerable
							<b>D</b> Vulnerable
							<b>E</b> Baja Vulnerabilidad
							<b>F</b> Escasa Vulnerabilidad
<b>A</b> 50%	↓ → <b>100%</b>						
<b>B</b> 41.67%		↓ → <b>83.34%</b>					
<b>C</b> 33.32%			↓ → <b>66.64%</b>				
<b>D</b> 24.99%				↓ → <b>49.98%</b>			
<b>E</b> 16.66%					↓ → <b>33.32%</b>		
<b>F</b> 8.33%						↓ → <b>16.66%</b>	

El modelo de evaluación de vulnerabilidad hospitalaria requiere de un equipo multidisciplinario en este apartado se resumirá el personal requerido las principales disciplinas que intervienen para lograr un equipo que permita cumplir los objetivos de este proyecto.

**Personal requerido para la inspección** Para aplicar el modelo deben considerarse las siguientes recomendaciones:

- \_ La aplicación y dirección del proyecto debe ser por personal capacitado y con experiencia mínima de 3 años en este tipo de acciones.
- \_ El personal encargado de dirigir el proyecto debe efectuar una selección del personal que se va a encargar de realizar la evaluación mediante la recolección de datos en campo utilizando los formatos propuestos para la evaluación, propuesta en este modelo. Las personas requeridas para la evaluación de vulnerabilidad en edificaciones hospitalarias deben ser profesionales relacionados con el sector de la construcción preferentemente en edificios hospitalarios, como arquitectos, ingenieros, técnicos en instalaciones o bien pasantes de estas disciplinas. Debe capacitarse al personal brindándole el conocimiento necesario acerca del proyecto de mitigación, para que todos, en la recolección de datos, busquen obtener el mayor número de índices que nos reporten la vulnerabilidad del edificio bajo los mismos criterios. Con el fin de poder conocer con factibilidad el grado de vulnerabilidad en la edificación. Todo el personal utilizado para la inspección de la edificación debe tener una previa instrucción sobre la forma de diligenciar los formularios y los criterios utilizados para la inspección de problemas observados.

**Tabla 4.1 Especialidades (mínimas) requeridas para realizar la evaluación, construcción e inspección técnica del Hospital**

Arquitectura <sup>1</sup>	Instalaciones eléctricas	Seguridad general
Climatización <sup>2</sup>	Instalaciones sanitarias <sup>5</sup>	Señalética
Correo neumático	Métodos constructivos	Telecomunicaciones <sup>7</sup>
Diseño estructural <sup>3</sup>	Mobiliario médico	Transporte vertical
Equipos industriales <sup>4</sup>	Mobiliario incorporado	Tratamiento de agua <sup>8</sup>
Equipos médicos y de laboratorio	Personal médico	Vulnerabilidad
Gases clínicos	Presupuesto	Otras (especificar)
Geotécnia	Residuos	
Iluminación	Seguridad contra incendio <sup>6</sup>	

Notas: 1 El arquitecto deberá efectuar o encargar el diseño seguro de los componentes no estructurales de su competencia: elementos de fachadas, tabiquerías interiores, cielos falsos, apéndices, etc.

2 Se incluyen en esta especialidad: sistemas de aire acondicionado, calefacción, ventilación, etc.

3 Dependiendo de las condiciones del contrato, el especialista deberá efectuar la revisión estructural de los sistemas de protección de los componentes no estructurales.

4 Se incluyen en esta especialidad: lavandería, central de alimentos, central de esterilización, etc.

5 Se incluyen en esta especialidad: redes de agua potable, alcantarillado, gas natural, etc.

6 Se incluyen en esta especialidad: red húmeda, red seca, sprinklers, etc.

7 Se incluyen en esta especialidad: circuito TV, telefonía, comunicación interna, etc.

8 Se incluyen en esta especialidad: diálisis, central térmica, esterilización, laboratorio, etc.

\_Se debe informar a la gente seleccionada cuales son las características y objetivos del proyecto, así como son los principales conceptos que se manejan en la aplicación del trabajo; así mismo, para los formatos evaluativos en campo, se debe proporcionar el conocimiento de cada uno de los conceptos que ahí se manejan, y explicar la forma de llenado, la cual se describe en la metodología de llenado de cada herramienta evaluativo, con el fin de unificar de esta forma los criterios de interpretación de cada uno de los elementos que contienen los formatos.

### ***Preparación y obligaciones de los miembros de los equipos de inspección***

Se deben organizar las comisiones según las áreas hospitalarias de acuerdo con los perfiles profesionales requeridos para cada zona. Los cargos serán los siguientes, evaluador, supervisor, y coordinador. En lo posible las comisiones de evaluación deben estar previamente asignadas a un área en las que serán capacitados, contar con una identificación oficial y haber recibido la capacitación sobre la metodología de inspección para conocer el grado de vulnerabilidad de un centro hospitalario.

***Evaluadores:*** Son los responsables de realizar el trabajo de evaluación en campo, de la inspección de los problemas en el área, recopilación e la información en campo, evaluación del riesgo; los evaluadores se pueden organizar en grupos de dos personas para inspeccionar los espacios del área asignada.

***Supervisores:*** Sus deberes son distribuir el personal asignado a la zona repartir el material correspondiente, verificar y asesorar el correcto y completo diligenciamiento de los formularios, preparar las rutas de trabajo y los reportes diarios y semanales, así como el reporte final de las áreas evaluadas y entregar estos informes a los coordinadores. Es el responsable de la labor y seguridad de la comisión.

***Coordinadores:*** Estos se encargarán de entregar los paquetes de formularios a los supervisores de cada área y recibirlos una vez hayan sido diligenciados, revisados y clasificados por los diferentes supervisores en su área, realizar un informe integrado de la zona o área, programar las inspecciones especializadas, obtener el material de apoyo y equipo para las comisiones, arreglar todo lo pertinente al transporte, alimentación y acomodo del personal. Reportar a las autoridades pertinentes el reporte final de evaluación del grado de vulnerabilidad para que ellos realicen las acciones pertinentes marcadas en la evaluación.

\_Se recomienda que se divida al personal conforme al número de áreas que tenga el hospital, por grupos o equipos y darles a conocer los requerimientos arquitectónicos y de diseño que marca la normativa para cada espacio dentro de las áreas, ya que de esto depende el saber detectar las deficiencias de los espacios; de esta manera se capacita al personal sólo en el área que le corresponde evaluar sin tener un exceso de información, en cuanto a los requerimientos que debe observar al levantar los problemas ,que lejos de orientar confundiría, ya que el número de espacios hospitalarios es muy extenso.

\_ La interpretación de los resultados se hará conjuntamente con el personal encargado de dirigir el proyecto y las personas que recopilaron la información de campo con las cartas Descriptivas. Los datos obtenidos de las Cartas se revisaran conforme a los señalamientos de normas arquitectónicas de construcción existentes, con el fin de ver si cumplen o no con las exigencias de cada área para su correcto funcionamiento.

El costo del análisis de vulnerabilidad se calcula por un porcentaje del costo total del hospital que se va a evaluar, dicho porcentaje no es fijo pues el personal requerido puede variar de acuerdo a la complejidad del inmueble, pero a grosso modo podemos decir que este tipo de proyectos no sobrepasa el **0.3%** del valor total del hospital

#### 4.6

#### *tecnología sugerida para la rehabilitación o construcción del hospital con medidas antisísmicas*

---

Como ya se ha expresado a lo largo del documento la inversión en mitigación del riesgo sísmico sobre todo para hospitales, podría evitar cuantiosas pérdidas económicas y la inversión necesaria para esto es mínima comparada con las pérdidas económicas que conllevaría la pérdida total o parcial del edificio hospitalario.

Debemos recordar que las experiencias con hospitales evaluados al momento de este estudio revelan que la inversión en mitigación que aumente la resistencia estructural de un hospital que está por construirse puede elevar su costo total en alrededor de un 2% (referido al conjunto de elementos estructurales y no estructurales de un hospital).

Cuando el reforzamiento se realiza sobre un hospital ya construido, esta proporción aumenta entre un 4 y 8% y se duplica al ser referida al costo estructural del edificio, es decir, se ubica entre un 8 y 15% del costo total del hospital.

A continuación se muestra parte de la tecnología más usada para lograr el reforzamiento de estructuras.

#### **REFORZAMIENTO Y PROTECCION SISMICA DE ESTRUCTURAS. METODOS CONVENCIONALES Y NUEVAS TECNOLOGIAS**

Porqué proteger las estructuras:



Northridge, California USA Enero 17 de 1994 4:31 am  
Magnitud: 6.7 M57 muertos, 1500 heridos graves 5  
US \$15.000 millones en pérdidas  
Uno de los desastres naturales más costosos en USA



Kobe Japón Enero 17 de 1995 5:45 am  
Magnitud: 6.9 5700 muertos

Uno de los terremotos más desastrosos en Japón

### REHABILITACION ESTRUCTURAL RSISMO RESISTENTE

1. OBLIGACION LEGAL: ¿en qué consiste?
  - EXPLORACION EXPLORACIO
  - CALIFICACION
  - REVISION ESTRUCTURAL REVISION ESTRUCTURAL
  - EVALUACION RELACION DEMANDA / CAPACIDAD
2. INDICES DE SOBRE ESFUERZOS INDICES
  - ELEMENTOS ELEMENTO
  - ESTRUCTURA ESTRUCTUR
- INDICE DE FLEXIBILIDAD INDICE DE FLEXIBILIDAD
  - DERIVA MAXIMA DERIVA MAXIMA
  - DERIVA PERMITIDA ( 1.5 % ) DERIVA PERMITIDA ( 1.5 % )ÑÑ
  - PISO PIS
  - ESTRUCTURA

### REHABILITACION ESTRUCTURAL SISMO RESISTENTE

1. - ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
2. - VIABILIDAD DE REHABILITACION VIABILIDAD DE REHABILITACION
3. ANALISIS Y DISEÑO ESTRUTURAL ANALISIS Y DISEÑO ESTRUTURAL
4. - COMPROBACION DEL DISEÑO COMPROBACION DEL DISEÑO
5. - DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE LA REHABILITACION DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE LA REHABILITACION
- 6.- CONSTRUCCION
- 7.- AFECTACION DURANTE LA OBRA AFECTACION

## **OBLIGACION LEGAL DE REHABILITACION SISMICA** REHABILITACION SISMICA•

NO TODOS LOS EDIFICIOS DE ATENCION A LA NCOMUNIDAD, EN SU USO NORMAL •SOLAMENTE LOS QUE DEFINEN LOS GRUPOS SIGUIENTES:

•GRUPO IV IEDIFICACIONES INDISPENSABLES DURANTE Y DESPUES DEL SISMO DESPUES DEL SISMO

•GRUPO III •EDIFICACIONES DE ATENCION A LA COMUNIDAD, Indispensables después del sismo para preservar la salud y la seguridad de la gente salud

## **FACTORES DE EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACION**

\_ RESISTENCIA

\_ CONTROL DE DEFORMACIONES

\_ CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS BAJO

\_ FUERZAS HORIZONTALES (derivadas)

\_ DURABILIDAD

## **OBJETIVOS DE LA REHABILITACION ESTRUCTURA Y DE LA PROTECCION SISMICA**

\_ INCREMENTO DE DUCTILIDAD (mayor capacidad de deformación, antes del colapso) capacidad de deformación, antes del colapso)

\_ REDUCCION DE FLEXIBILIDAD –( mayor rigidez: menores desplazamientos horizontales) horizontales)

\_ REDUCCION DE DESPLAZAMIENTOS REDUCCION DE DESPLAZAMIENTOS

\_ DISMINUCION DE SOBRE -ESFUERZOS ESFUERZOS

\_ INCREMENTO EN DURABILIDAD INCREMENTO

## **ALTERNATIVAS PARA LA REHABILITACION ESTRUCTURAL:**

Solución convencional: absorber la energía, es decir, AGUANTAR... Nuevas posibilidades: manejar la energía, es decir, AISLAR ó DISIPAR energía

## **ALTERNATIVAS CONVENCIONALES ABSORBER (AGUANTAR) LA ENERGIA**

1.1 Mediante esfuerzos y en fisuración en los elementos y materiales estructurales, en estructuras RIGIDAS

1.2 Permitiendo las deformaciones de las estructuras FLEXIBLES.

## **NUEVAS ALTERNATIVAS MANEJAR LA ENERGIA**

1. AISLAR el edificio: mediante aisladores de base.

2. DISIPAR LA ENERGIA, mediante elementos que se deforman o se dañan en el sismo pero que son fácilmente reemplazables (disipadores). .

## **ALTERNATIVAS CONVENCIONALES**

1. RIGIDIZACION: Disminuye desplazamientos, Aumenta ductilidad

2. REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS: Incremento de resistencia, Incremento de ductilidad

3. COMPLEMENTOS DE LA CIMENTACION • Por incremento de cargas verticales, Por modificación del sistema de transmisión de cargas a la cimentación

4. REPARACIONES PUNTUALES

## **NUEVAS ALTERNATIVAS**

1. AMORTIGUACION DISIPACION: Disminuye fuerzas sísmicas en la estructura
2. AISLAMIENTO DE BASE: Aísla parcialmente la estructura del movimiento del suelo.
3. MASA ACTIVA SINCRONIZADA PARA AMORTIGUAMIENTO: se mueve en contravía del edificio.

## **DISEÑO DE LA REHABILITACION SISTEMAS CONVENCIONALES**

- RIGIDIZACION: (MÁS MASA)
- MUROS PANTALLA
- CONTRAFUERTE EXTERIORES
- DIAGONALES (ARRIOSTRAMIENTO) DIAGONALES
- PORTICOS ADICIONALES
- INCREMENTO DE SECCION DE VIGAS
- INCREMENTO DE SECCIONES DE COLUMNAS

## **DISEÑO DE LA REHABILITACION: POSTENSIONAMIENTO EXTERNO**

- INCREMENTO DE RESISTENCIA
- CONTROL DE DEFORMACIONES

## **DISEÑO DE LA REHABILITACION NUEVAS ALTERNATIVAS**

REDUCCION DE LA RESPUESTA SISMICA DE LAS ESTRUCTURAS. MANEJO DE LA ENERGIA

SISTEMAS DE CONTROL PASIVO: DISIPADORES DE ENERGIA, AISLAMIENTO DE BASE

SISTEMAS DE CONTROL ACTIVO

### **DISIPACION DE ENERGIA:**

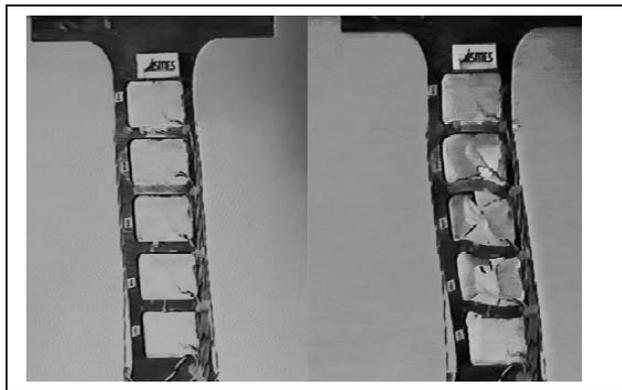
MODIFICA LAS CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LA ESTRUCTURA

- DISMINUYE DEMANDA EN LA ESTRUCTURA
- INCREMENTA EL AMORTIGUAMIENTO, PROPIO DE LA ESTRUCTURA, CONCENTRA EL DAÑO EN SITIOS DE FACIL REPARACION,
- REDUCE NIVEL DE DAÑO

DISIPACION DE ENERGIA: SISTEMAS ESTRUCTURALES QUE LOCALICEN LAS DEMANDAS DE DUCTILIDAD EN DETERMINADOS PUNTOS DEBILES, QUE DISIPEN LA ENERGIA DE FORMA ESTABLE Y QUE ADEMAS, SEAN REPARABLES

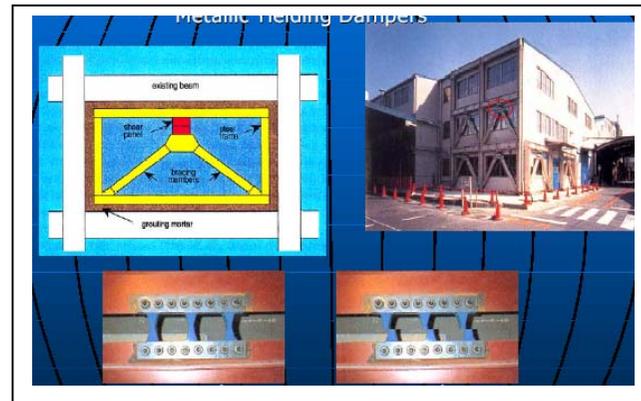
## DISIPADORES DE ENERGIA

- 1.- POR FRICCION: LA ENERGIA SE DISIPA POR FRICCION, HAY GENERACION DE CALOR, MAXIMA ENERGIA DISIPADA EN CADA CICLO POR FRICCION
- 2.- POR EXTRUSION DE METALES
- 3- POR PLASTIFICACION DE METALES: •DISIPACION DE ENERGIA PARA CADA ESFUERZO (TORSION, •FLEXION, CORTANTE, AXIAL O DISIPADORES VISCOELASTICOS
- 4.- AMORTIGUADORES DE FLUIDO VISCOSO
- 5.-DISIPADORES POR FRICCION



**DISPOSITIVO SL**

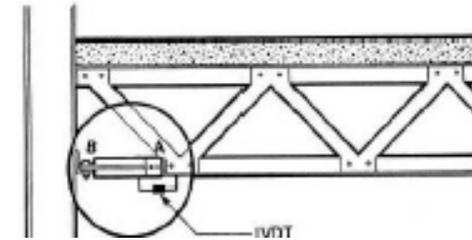
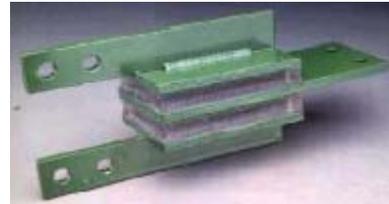
## SISTEMAS PASIVOS DE DISIPACION DE ENERGIA Metallic Yielding Dampers



**DISIPADOR METALICO HONEYCOMB – JAPON**  
Disipa energía al deformarse la platina metálica

**DISIPADORES VISCOELASTICOS:** PLANCHAS METALICAS UNIDAS POR UN MATERIAL VISCOELASTICO

- SOLAMENTE HAY AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL
- NO HAY CAMBIO EN CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LA ESTRUCTURA
- UTILES EN CONTROL DE VIBRACION CASO WTC -NY
- DEPENDE MUCHO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE



**AMORTIGUADORES DE LÍQUIDO VISCOSO**

- SILICONA DE ALTA DENSIDAD PASA A TRAVES DE ORIFICIOS
- ES EL MISMO PRINCIPIO DE LOS AMORTIGUADORES DE LOS CARROS
- EFECTO SIMILAR A LOS DE LOS OTROS TIPOS DE DISIPADORES

**AISLAMIENTO DE BASE:**

- REDUCE EL DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE LOS PISOS
- REDUCE ACELERACION ABSOLUTA DEL EDIFICIO
- AUMENTA EL PERIODO DEL EDIFICIO
- PERMITE DESPLAZAMIENTO DE LA BASE
- EFICIENTE EN EDIFICIOS NO MUY ALTOS
- REQUIERE SEPARACION AMPLIA ENTRE EDIFICIOS VECINOS, SERVICIOS PUBLICOS CON EMPATES FLEXIBLES
- UTILES EN SISMOS DE FRECUENCIA BAJA



**AISLADORES DE BASE: AISLADORES SIN CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO:**

- AUMENTA EL PERIODO DEL EDIFICIO
- GENERA ALTO DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL UNIFORME (DISMINUYE DERIVAS DE PISO), DISMINUYE HASTA EN UN 80% LA ACCELERACION DEL EDIFICIO

**AISLADORES CON ALTA CAPACIDAD PROPIA DE AMORTIGUAMIENTO**

- HASTA 800 TON DE CARGA VERTICAL
- NO REQUIERE AMORTIGUADOR EXTERNO ADICIONA, NO CONSERVA EFECTOS RESIDUALES

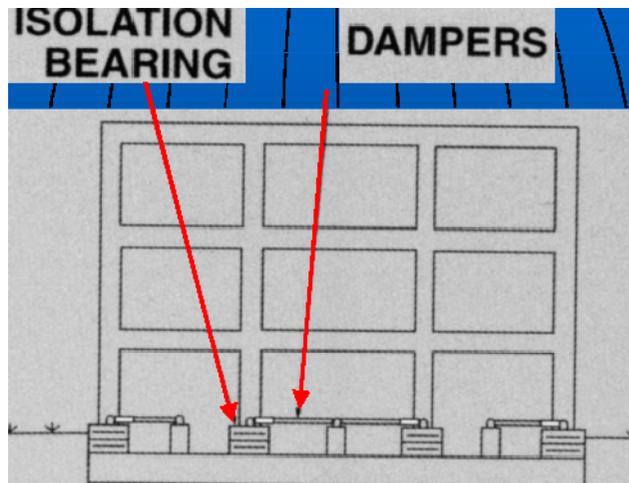
**AISLADORES DE TIPO PENDULAR:**

- REDUCEN HASTA EN UN 95% EL CORTANTE BASAL

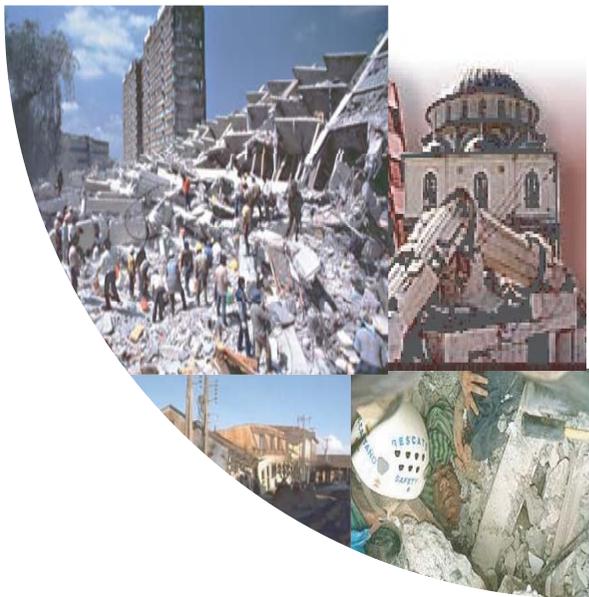
**AISLADORES PENDULAR ROTULADO:**

- INCLUYE DISIPACION DE ENERGIA POR FRICCIÓN EN LAS ROTULAS
- PERMITE ESCOGER EL PERIODO DE UBICACIÓN, SEGÚN EL EDIFICIO
- MENORES DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

**COMBINACION DE AISLADORES DE BASE Y DISIPADORES VISCOSOS**



CONCLUSIONES  
Y  
REFERENCIAS



# CAPITULO



## CONCLUSIONES Y REFERENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1

#### *Conclusiones de la Investigación*

---

\_ Es necesario la aplicación de proyectos de mitigación que nos permitan conocer el grado de vulnerabilidad de cada centro hospitalario; así como sus consecuencias económicas de que sigan operando con un alto grado de vulnerabilidad.

\_ El aplicar un modelo de evaluación de vulnerabilidad en detalle nos permite conocer con exactitud, en que aspectos es necesario priorizar las acciones, tanto por el nivel de riesgo que representa su vulnerabilidad, como el nivel de pérdidas económicas esperadas.

\_ La mayoría de proyectos de mitigación son emitidos como una reseña de experiencias con algunas soluciones al problema causado, pero es necesario la implementación de un modelo que siga los mismos patrones de evaluación, para poder generar unos indicadores cuantitativos de vulnerabilidad en los hospitales por región y poder hacer un mapa que nos de a conocer los hospitales que en caso de siniestro pueden seguir operando y tener así un diagnostico de la situación de la infraestructura hospitalaria.

\_ El principal obstáculo al que se enfrenta la promoción y ejecución de los proyectos de mitigación esta basado en las partidas presupuestarias que no contemplan este rubro con la magnitud que requiere.

\_ La promoción de este tipo de proyectos de mitigación de riesgos, que permita además representar monetariamente la vulnerabilidad sísmica hospitalaria, permitiría que se le de mayor actuación presupuestal al comprobar numéricamente que en la mayoría de los casos resulta mucho más económico la rehabilitación de las instituciones que el costo que representa la pérdida total o parcial de la infraestructura hospitalaria.

\_ En el sismo del 85 se empezó a dar promoción y difusión al análisis de la vulnerabilidad y aún con parámetros muy generales en la mayoría de los casos contemplando solo los aspectos estructurales se determinó que tan solo en el D.F. el 80% de los hospitales necesitarían reestructuración de sus edificaciones, sin embargo solo se llevo a realizar aproximadamente un 25% por cuestiones presupuestarias.

\_ Es necesario demostrar y dar mayor difusión a los aspectos económicos de los desastres, así como la alta posibilidad de reducción de sus efectos a través del buen gestionamiento del riesgo.

\_ Es indispensable que la promoción de un proyecto como el que se esta presentando tenga el apoyo de alguna institución rectora de la certificación y por tanto destinación de recursos presupuestarios, para que tenga un carácter obligatorio y poder tener un diagnostico confiable de la vulnerabilidad al aplicarse en la mayoría de los centros hospitalarios.

\_ El modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica propuesto, no solo tiene su acción en la revisión y rehabilitación de los hospitales ya construidos, sino que también constituye una importante guía en los parámetros que deben tomarse en cuenta en la planeación y construcción de las nuevas instituciones de salud.

\_ Es importante recordar que generalmente un estudio de vulnerabilidad sísmica no sobrepasa un 0.3% del valor total del hospital, como se comprobó en los estudios de casos presentados.

\_ La experiencia en los hospitales evaluados al momento de este estudio nos muestra que un alto porcentaje de vulnerabilidad radica en los aspectos no estructurales, los cuales pueden protegerse con obras a costo plazo y con una inversión relativamente baja. Por tanto es recalcar la importancia de la evaluación de dichos elementos, ya que la mayoría de los casos solo se le da importancia a los elementos estructurales.

\_ De acuerdo a los estudios realizados podemos concluir que los aspectos no estructurales representan un mayor riesgo económico de ser dañados por un sismo, ya que no se contemplan planes de mitigación en este rubro, como en el caso de los aspectos estructurales.

\_ Los elementos no estructurales como se ha estudiado representan aproximadamente el 80% del valor del hospital a diferencia de los estructurales que ocupan el 20% de su valor; así que es importante invertir en el mantenimiento y reducción de su vulnerabilidad de dichos elementos, además que su reestructuración y aseguramiento no requiere una gran inversión como es el caso de los aspectos estructurales.

\_ Resulta más económico planear un edificio antes de su construcción con medidas antisísmicas que su reestructuración, pues se estima que la inversión en mitigación que aumenta la resistencia estructural de un hospital que esta por construirse puede elevar su costo total alrededor de un 2% (referido al conjunto de elementos estructurales y no estructurales), ya que en el reforzamiento de un hospital ya construido esta proporción puede situarse entre el 4 y 8%.

\_ Las reestructuraciones deben hacerse antes de la ocurrencia del sismo pues se ha demostrado que estas después de la ocurrencia del evento pueden representar hasta un 15 o 20 % del valor original del hospital, o sea eleva mucho más el costo el reestructurar después a antes del sismo.

\_ Podríamos concluir que una inversión de reforzamiento inferior al 10% del costo por cama, bajo un sismo de intensidad alta, con la probabilidad de perder alrededor del 20% de camas existentes, resulta mucho más económico invertir en la reestructuración que el costo de perder el 20% de camas instaladas como se muestra a continuación:

Ejemplo si tomamos el caso del hospital Juárez en México que contaba con 536 camas instaladas y considerando un costo por cama de 115,000 dólares.

El \$ del hospital = 536 camas X \$ 115,00 dólares = \$ 61,640,000 dólares.

Si perdiera el 20% de camas = 107 camas perdidas X \$ 115,000 dólares = **\$ 12,328,000 en pérdidas**

\$ del reforzamiento= \$ 115,000 costo cama y se necesita el 10% de este costo= \$ 11,500 por cama para el reforzamiento de todo el hospital ósea se necesitan \$115,000 X 536 camas = **\$ 6,164,000 de dólares**

Esto estaría demostrando una favorable relación costo-efectividad de la inversión en mitigación de desastres en la infraestructura hospitalaria.

\_ De acuerdo a los casos analizados de otros países y a la bibliografía citada, el porcentaje de los elementos estructurales en el valor total del hospital con relación a lo que implica tener o no reforzamiento de mitigación de riesgo sísmico se sitúa de la siguiente forma:

PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL VALOR TOTAL DEL HOSPITAL		
	Hospital sin reforzamiento en mitigación de riesgo sísmico	Hospital con reforzamiento en mitigación de riesgo sísmico
Elementos Estructurales	20%	30%
Elementos No Estructurales	80%	70%

\_ Según los estudios realizados podemos concluir que el costo por cama depende del nivel o clasificación del hospital y podría resumirse de la siguiente forma:

- Hospital de 3er nivel su costo por cama en dólares fluctúa entre \$115,000 y \$ 130,000 dependiendo de la calidad en acabados, mobiliario y equipo.
- Hospital de 2do nivel su costo por cama en dólares fluctúa entre \$ 70,000 y \$ 114,000 dependiendo de la calidad en acabados, mobiliario y equipo.
- Hospital de 1er nivel su costo por cama en dólares fluctúa entre \$ 55,000 y \$ 69,000 dependiendo de la calidad en acabados, mobiliario y equipo.

\_ Con la experiencia del reforzamiento del Hospital Juarez de Mexico se pudo hacer un parámetro de comparación entre el reforzamiento tradicional y con disipadores de energía en relación al % del costo por cama y los resultados fueron los siguientes:

Costo por cama situado en	\$ 115,000 dólares	→	100 %
Reforzamiento tradicional	\$ 1,600 dólares	→	1.4 %
Reforzamiento con disipadores de energía	\$ 7,125 dólares	→	6.2 %

Y difícilmente excederá el 10% del costo por cada cama que tenga y si es así es importante considerar si vale la pena o no en la inversión o la construcción de uno nuevo.

\_ Según estudios realizados acerca de la inversión que requiere la construcción de un hospital nuevo sin proyectos de mitigación se encuentra de la siguiente forma:

Del costo total del hospital el valor del terreno representa aproximadamente un	16.66 %
Del costo total del hospital el valor del edificio representa aproximadamente un	62.30 %
Del costo total del hospital el valor del equipo representa aproximadamente un	21 %

- \_ El proyecto presentado permite una recopilación de la vulnerabilidad detectada en forma detallada y con una sistematización de información que nos permite unificar criterios de evaluación.
- \_ Generalmente los proyectos hasta ahora realizados en la mitigación y evaluación de vulnerabilidad sísmica para hospitales no incluyen un sistema de evaluación bien estructurado y que finalmente nos permita dar un diagnóstico para la toma de decisiones.
- \_ La cuantificación de la vulnerabilidad hospitalaria hasta ahora no se había hecho con un sistema que permitiera el manejo de sus aspectos intangibles, pero la utilización de este modelo permite la cuantificación de las características cualitativas de la vulnerabilidad hospitalaria.
- \_ El dar a conocer a través de un análisis cuantitativo de los aspectos cualitativos que representa la vulnerabilidad hospitalaria nos ayuda a elaborar una metodología de diagnóstico y manejo de vulnerabilidad y así poder predecir el nivel de daño esperado tal como lo que representaría económicamente la presencia de la vulnerabilidad sísmica detectada.
- \_ Al presentar un estudio que nos permita visualizar las repercusiones económicas que le representa al inmueble hospitalario su grado de vulnerabilidad sísmica, permite la planeación de las acciones a realizar, en la medida en que sus deficiencias representen el mayor riesgo de pérdida económica para el hospital.
- \_ A través de la demostración cuantitativa de lo que en pérdidas económicas representa la presencia del grado de vulnerabilidad hospitalaria se puede lograr el destino de una mayor cantidad de recursos destinados a priorizar la seguridad de las instalaciones y así asegurar menores pérdidas de mobiliario y equipo altamente costoso que albergan este tipo de instalaciones.
- \_ La cuantificación de la vulnerabilidad sísmica detectada se ha logrado a través de una metodología que permite convertir en puntajes los grados o porcentajes de vulnerabilidad encontrada.
- \_ Los aspectos estructurales en la evaluación de vulnerabilidad sísmica requiere especial atención, pues a pesar de que aún no presente la edificación evaluada daños físicos visibles, con el análisis de su tipología constructiva, podemos saber el daño esperado en un sismo de determinada magnitud que supere la capacidad de diseño de la edificación.
- \_ Es importante que en este proyecto se ha incluido una metodología más detallada para la evaluación de la vulnerabilidad estructural, de acuerdo a sus capacidades de absorber y resistir las fuerzas sísmicas, pues esto nos permite dar una proyección del daño esperado y priorizar las acciones para asegurar la estabilidad de la edificación.
- \_ La evaluación de la tipología constructiva se realizó también con una metodología de puntaje al grado de vulnerabilidad y esto nos permite dar un diagnóstico con porcentajes de vulnerabilidad esperada de acuerdo a un 100% que establece un máximo de puntaje asignado al tipo de suelo que menos asegura la estabilidad estructural y con este parámetro poder calificar al inmueble valuado.

\_ Es muy necesario tener en cuenta la evaluación de suelo en que esta erigida la edificación, pues de sus características dependerá la revisión del modelo estructural que se eligió para la construcción del hospital y saber si ha sido el correcto de acuerdo a las condiciones de absorción y transmisión de ondas sísmicas en el suelo.

\_ La cuantificación de la vulnerabilidad ocasionada por la tipología del suelo en que se encuentra el inmueble nos ayuda a completar este modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica de tal modo que también contiene la misma metodología de evaluación que los demás aspectos generadores de su vulnerabilidad.

\_ El sistema propuesto por este modelo de evaluación a través de puntajes, nos permite una sistematización de la información recopilada, además de la elaboración de un diagnóstico con criterios unificados y una metodología que puede ser aplicada en cualquier centro hospitalario.

\_ El manejo de la información que denota la vulnerabilidad del hospital, bajo herramientas de recolección de datos y elaboración del diagnóstico de vulnerabilidad hace de este modelo un proyecto integral, pues no solo incluye los aspectos más importantes para detectar la vulnerabilidad, sino que a través de sus formatos o cédulas permite el manejo de información de forma sistematizada.

\_ La cédula de cuantificación económica de la vulnerabilidad sísmica detectada, es una importante aportación a este proyecto, pues nos permite conocer la participación económica de la vulnerabilidad del hospital dentro de su valor.

\_ La cédula propuesta nos da a conocer la participación de cada una de las partidas en el valor total del hospital, esto nos permite observar en que partida de acuerdo a su vulnerabilidad detectada, nos representa mayor riesgo de pérdidas económicas.

\_ Esta cédula nos permite ver cuanto podríamos perder por la participación de la vulnerabilidad encontrada en el valor del inmueble; pudiendo considerar esta cantidad como un demérito al valor de la edificación.

\_ El demérito al valor del inmueble obtenido por su vulnerabilidad sísmica detectada puede servir en el manejo de las primas de seguro para este tipo de inmuebles, en los que se puede gestionar por el lado de las autoridades del hospital una reducción de la prima, pues si se tiene una vulnerabilidad baja se garantiza la seguridad del edificio en este tipo de desastres y por otra parte del lado de las compañías aseguradoras contribuye a un factor importante de la toma de decisiones y manejo de la prima de seguro.

\_ Este proyecto, junto con la cédula cuantitativa de vulnerabilidad, pueden servir también en el ramo de la infraestructura hospitalaria privada para la toma de decisiones en caso de desear comprar un inmueble de este tipo, por la inversión que requerirá la reducción de su vulnerabilidad añadida a la inversión necesaria para la adquisición del inmueble.

\_ En términos de valuación inmobiliaria, la cédula nos permite conocer económicamente como afecta en el valor del inmueble la presencia de varios elementos intangibles que constituyen la vulnerabilidad del hospital.

\_ La cuantificación económica de la vulnerabilidad nos permite ver que el valor del inmueble podría tener un lapso de tiempo muy inestable, pues una inversión como la que requiere un hospital, si no son cuidados los aspectos de mitigación de vulnerabilidad sísmica, podría tener un alto riesgo de pérdida económica esperada.

\_ Para el análisis de un hospital como un proyecto de inversión como es el caso de la salud privada, este tipo de proyectos nos permiten el mejor manejo de la inversión destinada para la construcción de este tipo de inmuebles, incluyendo las medidas de mitigación de vulnerabilidad sísmica, asegurando con esto un menor riesgo de pérdida de la inversión y una proyección de dicha inversión más segura a lo largo del tiempo.

### 5.3 Conclusiones de los resultados obtenidos en la aplicación de la cedula al hospital General Virgen de las Nieves

\_ Los resultados obtenidos en la vulnerabilidad sísmica del hospital General Virgen de las Nieves traducidos monetariamente fueron los siguientes:

Los puntos totales obtenidos de su vulnerabilidad	Puntos totales manejados por el modelo En cada variable	% de vulnerabilidad
En los elementos No estructurales con 2,021.1 puntos	4,065.2 puntos	49.71%
En los elementos estructurales con 66 puntos	1,462 puntos	4.60%
Los puntos totales obtenidos de su vulnerabilidad	Puntos máximos que da la tipología Más inestable o riesgosa	% de vulnerabilidad
Puntos obtenidos por tipología constructiva 2.53 puntos	10.6129 puntos	23.79%
Puntos obtenidos por tipología de suelo 4 puntos	8 puntos	50 %

El valor total del hospital se encontraba en los \$ 54, 400,000 dólares con un costo por cama de \$120,000 dólares

El demerito en el valor representado por su vulnerabilidad resulto de \$ 9, 539,383 lo que deja como valor final del hospital en \$ 46, 860,617.42 dólares lo que representa el 16.91% de su valor original

\_ Si analizamos los resultados de acuerdo a los estudios de casos presentados en los que se maneja que el reestructurar el edificio antes del sismo no sobre pasa el 10% del costo por cama tendríamos lo siguiente.

El Costo para reforzamiento seria igual al 10% del costo por cama (\$120,000 dólares ) esto sería: \$12,000 X 470 camas que tiene el hospital = \$5, 640,000 dólares  
 El costo del estudio para detectar su vulnerabilidad del hospital seria del 0.3% del valor original ósea de \$56, 400,000 dólares = \$ 169,200 dólares  
 Total de reforzamiento y estudio=\$5, 809,200 dólares

\_ Si no se hiciera el reforzamiento y en caso de un sismo de intensidad alta se consideraría una pérdida mínima del 20% de camas instaladas las perdidas serian de la siguiente forma:

Si se tienen 470 camas el 20% es igual a perder 94 camas X \$ 120,000 costo por cama = **\$ 11, 280,000** dólares en perdidas mínimas esperadas, aunque debemos tener en cuenta que probablemente por el tipo de suelo en que se encuentra podría ser mayor dicho porcentaje.

\_ Si comparamos las cantidades de lo que saldría el reforzamiento ( \$ 5,809,200) con las perdidas mínimas esperadas ( 11,280,000) podemos ver que hay una diferencia de \$5,470,800 ósea el 51.5 % una vez mas demostramos que es menor la inversión requerida para el reforzamiento del hospital que las perdidas económicas que se tendrían en caso de un siniestro.

\_ Si consideramos las observaciones a lo largo de esta investigación y a las conclusiones antes expuestas podemos observar lo siguiente:

Representación monetaria de la vulnerabilidad Estructural detectada en el Hospital	Participación monetaria de las partidas que componen la Variable Estructural en el total del inmueble.	Participación porcentual en el valor total del inmueble de cada una de las vulnerabilidades \$ del hospital = \$ 56,400,000
\$ 3,910,984.48	\$ 11,280,000	
Porcentaje de participación de la Vulnerabilidad Estructural detectada en el \$ de la Variable estructural \$ 11,280,000 ----- 100% \$ 3,910,984.48 _____ X X= 34.67 %		\$ 56,400,000 _____ 100% \$ 3,910,984.48 _____ X X= 6.934 %
Representación monetaria de la vulnerabilidad No Estructural detectada en el Hospital	Participación monetaria de las partidas que componen la Variable No Estructural en el total del inmueble	\$ 56,400,000 _____ 100%
\$ 5,628,393.05	\$ 45,120,000	\$ 5,628,393.05 _____ X X= 0.97 %
Porcentaje de participación de la Vulnerabilidad No Estructural detectada en el \$ de la Variable estructural \$ 45,120,000 ----- 100% \$ 5,628,393.05 _____ X X= 12 %		Suma de estos porcentajes $\Sigma = 16.9 \%$

\_ Se consideró que el costo aproximado para la reestructuración contemplando el estudio de vulnerabilidad estaría en \$ 5, 809,200 y la representación monetaria de la vulnerabilidad detectada resulto de \$ 9,539,383 lo que da una diferencia entre las dos cantidades de \$ 3,730,183, representando esta cantidad un 39.10% de diferencia lo que tenemos que apuntar es que el resultado de la representación económica de la vulnerabilidad detectada nos arroja un resultado de lo que costaría la vulnerabilidad después del sismo, así que con esta diferencia podemos concluir que nos saldría 39.10% más barato hacer las reestructuraciones antes del sismo.

\_ De acuerdo a los estudios presentados que señalan que cuando un hospital es reestructurado los porcentajes de participación de su valor se encuentran en un 70% en los elementos No estructurales y 30% en los estructurales, retomando nuestro caso de estudio manejado tenemos que el costo necesario para la reestructuración incluyendo el estudio de vulnerabilidad fue de: \$ 5,809,200 si le aplicamos los porcentajes anteriores para saber cuanto le corresponde a los elementos estructurales y cuanto a los No estructurales tendríamos lo siguiente:

El 30% de \$ 5,809,200 correspondería a la estructura o sea \$ 1,742,760 y comparado con el valor total del hospital ( \$ 56,400,000) esta cantidad representa el 3% a lo que los documentos consultados señalan que las reestructuraciones antisísmicas van del 4 al 8% del costo total del edificio si solo se toma como referencia el costo de la estructura.

El 70% de \$ 5,809,200 correspondería a la elementos no estructurales ósea \$ 4,066,44 .

Y comparado con el valor que corresponde solo a la estructura ( \$ 11,280,000) los \$ 1,742,760 que corresponderían a la reestructuraciones estructurales representan un 15.45 % a lo que los documentos señalan que el costo de las reestructuraciones referenciados solo al valor de la estructura se encuentran entre un 8 y 15% de dicho valor. Así podemos ver que los resultados obtenidos están dentro de estos parámetros.

#### 5.4

#### *Líneas de investigación futuras*

---

\_ Realizar programas digitalizados que nos permitan un mejor manejo de la información, más rápido y con la elaboración del diagnóstico a través de un programa que nos arroje resultados en menor tiempo.

\_ Inclusión a este proyecto de algún programa digitalizado que evalué la estructura con los parámetros propuestos y poder realizar un simulador del comportamiento esperado de la estructura.

\_ Cuantificación por índices de vulnerabilidad de los centros hospitalarios de una región, para poder conocer su grado de operatividad y la respuesta de sus hospitales ante una situación de desastre.

\_ Incluir dentro de la metodología de análisis cuantitativa de la vulnerabilidad un sistema que nos permita cuantificar el riesgo esperado dependiendo de cada una de las escalas de magnitud sísmica para poder elaborar distintos escenarios de la magnitud de daños esperados bajo la presencia de determinado sismo.

\_ Que en el análisis de vulnerabilidad de acuerdo a la tipología del suelo no solo se evalué las características de absorción y transmisión de energía sísmica, sino también de la magnitud y epicentro del sismo.

\_ Poder elaborar un proyecto estadístico con los escenarios probables de acuerdo a la vulnerabilidad detectada en los edificios hospitalarios y la probabilidad de la ocurrencia del evento.

En el ramo de la Valuación inmobiliaria, el poder ampliar específicamente en el ámbito de los hospitales privados, el manejo del riesgo de la inversión por cuestiones de la vulnerabilidad sísmica del inmueble.

**O.P.S Y O.M.S** (Organización Panamericana De la Salud y Organización Mundial de la Salud) «Hacia un mundo más seguro frente a los desastres Naturales », trayectoria América Latina y el Caribe O.P.S. 1994  
\* Los países de América Latina Central organizaron un centro similar el CEPREDENAC (Centro de Prevención de Desastres Naturales en América Central)

FEMA, Typical Costs for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, Volume I Summary 156), Volume II Supporting Documentation (FEMA 157), Washington, D.C., 1988.

La Salud en Las Américas, Edición 2002, Volumen I, Organización Panamericana de la Salud, 2002. Daños observados en los hospitales de la Red Asistencial de Salud de El Salvador, en el Terremoto del 13 de enero de 2001, Informe Preliminar, Boroschek, R. Retamales, R., 2001. Direcciones Regionales de Salud de Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho. (17 de julio del 2001)

*Vide.* Estudios presentados en: Cardona O.D., «Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo», Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres, ONAD/PNUD/OPS/OEA, Bogotá, Mayo 1991; *II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano*, Vol.1, EAFIT, Pereira, Julio 1992. *La disminución o mitigación de riesgos por desastres naturales o antropogénicos.*

Cardona O.D Estudio de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas. Boletín técnico No. 33, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogota, Diciembre 1986.

G.H. Powell y R. Allahabadi, "Seismic damage prediction by deterministic methods: concepts and procedures", *Earthquake engineering and structural Dynamics*, 16, 719-734, 1988  
A. Noroña, "A Accao dos sismos e o Comportamento das Estruturas", tesis Doctoral, Facultad de Engenharia do Universidade do porto, Lisboa, 1993.

J. Pallas Caceres, E. Romero Salgado "Proyecto de creación de un organismo civil, que apoye la seguridad urbana en la prevención de fenómenos destructivos", tesis de maestría, Instituto de Estudios Superiores en Administración Pública.

Un Tema del Desarrollo: La Reducción de la Vulnerabilidad Frente a los Desastres, documento del Seminario Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo, CEPAL/BID El Salvador: Evaluación del terremoto del martes 13 de febrero del 2001, addendum al documento de evaluación del terremoto del 13 de enero, CEPAL

Knute Ole Sundnes, MD; Marvin L Birbaum, Md, PHD (Medicina Prehospitalaria y de Desastre Volumen 17/ suplemento 3) "Manejo de la Salud en Desastres Guías para la evaluación e investigación al estilo Utstein.

Bitrán Bitrán, Daniel, Impacto Económico de los Desastres Naturales en la Infraestructura de Salud, LC- /MEX/L.291.2. Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, Recomendaciones, México D.F. 26-28 de febrero de 1996

"Hospital Seguro", preparado por el Instituto Mexicano del Seguro Social en septiembre de 1998

Rosales Ardón Vanesa, Bitrán, Bitrán Daniel, "Lecciones Aprendidas En América Latina de Mitigación de Desastres en Instituciones de la Salud" (Aspectos de Costo – Efectividad) OPS / OMS / UN-DHA 1997

Cohen Ernesto, Franco Rolando, "Evaluación de proyectos sociales" Siglo XXI editores, 1992

Céspedes Mogollón, Julio Evaluación preliminar del costo de rehabilitación hospitalaria, Universidad Nacional de Ingeniería, Seminario Internacional de Planeamiento, Diseño, Reparación y Administración de Hospitales en Zonas Sísmicas, Lima, Perú, sep. 1989.

República de Chile, Ministerio de Salud. Informe del Ministerio de Salud de Chile a la I Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud. México, febrero de 1996

Argudo, Jaime y Yela, Rommel. Vulnerabilidad estructural de hospitales de Guayaquil - Ecuador. Informe final para el Proyecto ECHO presentado a la OPS. Enero de 1996.

Comportamiento de Hospitales en Costa Rica durante los sismos de 1990, realizado para la OPS por el Ing. Miguel Cruz, marzo de 1991.

## 5.6

### *Bibliografía referida*

---

Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, Aspectos de Costo - Efectividad », OPS , DHA, Secretariado del IDNDR, OPS, Washigton, D.C., 1997.

- « Capacidad de respuesta de hospitales ante desastres sísmicos: aspectos no estructurales », Boroschek, R., Astroza, M., Osorio, C., , Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, OPS, México, 1996.
- « Capacidad de deformación lateral de tabiques," », Astroza, M.; Aguilera, V.; Willatt, C. " 7as Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol 1, La Serena – Chile, noviembre 1997.
- « Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-98», AIS, , Ley 400 de 1997, Decreto Ley 33 de 1998, Santa Fe de Bogotá, 1998.
- « Estrategias y Políticas para hospitales más seguros en América Latina y el Caribe », Bitrán, D., , documento inédito para la OPS, Preliminar, enero 1998.
- « Informe final del proyecto vulnerabilidad funcional y no-estructural del Hospital Ramón González Valencia, Colombia » Cardona O.D., 1997.
- « Seminario sobre Mitigación de Vulnerabilidades Hospitalarias », Ministerio de Salud de Chile, , Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, 1997.
- « Emergency plans 29 CFR 1910.38 (a) and 1910.120 (1) (2). », OSHA. 1997.
- « Buildings at Risk: Seismic Design Basis for Practicing Architects, », AIA/ACSA Council on Architectural Research, American Institute of Architects, Association of Collegiate Schools of Architecture, Washington, D.C., 1994
- « Sismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings », ATC (Report ATC 40), 2 Volumes, Seismic Safety Commission, Redwood City, 1996.
- « Leyes colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-98 », AIS, , Ley 400 de 1997, Decreto Ley 33 de 1998, Santa Fe de Bogotá, 1998.
- « Sobre vulnerabilidad sísmica de edificaciones y de líneas vitales », AIS, Boletín Técnico No. 50, AIS/Universidad de los Andes, Bogotá, junio 1996.
- « Análisis de vulnerabilidad y preparativos para enfrentar desastres naturales en hospitales de Chile », Boroschek, R., Astroza, M., Osorio, C., Kausel, E., , Universidad de Chile, estudio realizado para OPS/OMS-ECHO, Santiago, Chile, 1996.
- «., Capacidad de respuesta de Hospitales ante desastres sísmicos Aspectos No Estructurales », Boroschek, R., Astroza, M., Osorio, C, Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, OPS, México, 1996.

- « Seismic Safety Manual: A Practical Guide for Facility Managers and Earth - quake Engineers », Department of Energy, , Office of Environment, Safety and Health, Office of Nuclear and Facility Safety, University of California, Livermore, 1996.
- « Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico », García. L.E., , Universidad de los Andes, Asociación Colombiana de Ingeniería
- « Métodos de análisis de estructuras de mampostería en edificios históricos », Roeder, G (1998), Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM, México
- « General Awareness Information Disaster Inspections of Medical Facilities », U.S. Public Health Service Engineer Professional Advisory Committee Emergency Preparedness Subcommittee August 2002
- « Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures », Building Seismic Safety Council (BSSC), FEMA 368: NEHRP, Washington, D.C., 2001.
- « Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Commentary », Building Seismic Safety Council (BSSC), FEMA 369: NEHRP, Washington, D.C., 2001.
- « Bases Metodológicas: Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Estructuradas con Pórticos de Hormigón Armado, Evaluación de Elementos Arquitectónicos y Evaluación de Equipamiento, », Centro Colaborador OPS/OMS en Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud, Universidad de Chile, 2000.
- « Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings », Federal Emergency Management Agency, FEMA 310: Washington, D.C., 1998.
- « Building Standard Administrative Code, Part 1, Title 24, C.C.R. », Office of Statewide Health Planning and Development (OSHPD), December 2001.
- « Example Applications of the NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, », Federal Emergency Management Agency, FEMA 276: Washington, D.C., April 1999.
- « Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings », Federal Emergency Management Agency, FEMA 356, Washington, D.C., November 2000.
- « Building Administrative Code, Part 1, Title 24, C.C.R », Office of Statewide Health Planning and Development (OSHPD), , December 2001.
- « Understanding Quality Assurance in Construction », Chung, H. W., , London, 1999
- « Building Standard Administrative Code, Part 1, Title 24, C.C.R. », Office of Statewide Health Planning and Development OSHPD), December 2001
- « Ponencia de la propagación de las ondas sísmicas, Vidal Francisco Instituto Andaluz de Geofísica, Granada, España 2006.
- « Manual para la Estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas, Dc. Juan Carlos Villagran de León.

**A**

**Aceleración.** Aumento de la velocidad del movimiento del suelo en función del tiempo. Se utiliza en la ingeniería sísmica para definir el movimiento vibratorio del suelo o de las estructuras; se expresa en fracción de gravedad (g)

**Aglomerado.** Es el material obtenido por el moldeado de una sustancia granulada, con la ayuda de un aglomerante.

**Amenaza.** Peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y/o el medio ambiente. Técnicamente se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un período de tiempo determinado.

**Amplificación.** De las ondas sísmicas por parte de los suelos. Hecho que recibe actualmente gran atención por parte de los investigadores, debido a que los sismos pueden recibir una amplificación de su energía en grandes valores, debido a las características de los suelos sobre los cuales se apoyan los edificios de las ciudades.

**Amplitud.** La diferencia entre el nivel cero y un pico de cualquier onda, como las ondas sísmicas. Comparar alternativas de costes y beneficios de una operación en términos monetarios con el objeto de determinar el curso de acción más conveniente.

**Análisis del coste-eficacia.** Método de evaluación de programas, por medio del cual los costes se cuantifican en términos monetarios y los avances en términos de eficacia en relación con la meta deseada.

**Análisis de riesgos.** Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica. Es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y consecuencias en un área determinada.

**Análisis de vulnerabilidad.** Proceso para determinar el valor arriesgado y la susceptibilidad de los bienes expuestos a una amenaza específica.

**Antepecho.** Pequeño paramento de mampostería que cierra la parte inferior de un vano. Antropomórfico. Representación que recuerda o sugiere la forma del cuerpo humano.

**Antrópico.** De origen humano o de las actividades del hombre

**Antropogénicos.** Que se debe a las actividades del hombre.

**Arriostrado.** Pieza puesta oblicuamente, asegura la rigidez de una armadura, andamio u otra armazón.

**Atención de la emergencia.** Consiste en la ejecución de las medidas necesarias para salvar vidas humanas, rescatar bienes y regularizar el funcionamiento de los servicios, con base en el plan de emergencia de subprograma de auxilio.

**Atenuación.** Descripción de la energía sísmica con la distancia desde la fuente sísmica.

**Artesonado.** Techo decorado con artesones\* o casetones.

**B**

**Balaustrada.** Barandilla formada por pequeñas columnas o balaustres, con una función decorativa, de cerramiento o protección.

**Basa.** Parte inferior de la columna donde descansa el fuste.

**Basamento.** Parte inferior de un edificio.

**Bélicos.** - Adj. Relativo a la guerra. Preparativos BÉLICOS. - Adj. Guerrero, belicoso

**Brigada de emergencia o de auxilio.** Grupo organizado y capacitado en una o más áreas de operaciones de emergencia.

**Bóveda.** Cualquier tipo de cubierta curva o arqueada.



**Casetón.** Cada uno de los espacios cuadrados o poligonales de un artesonado.

**Cataclismo.** Trastorno grave de efecto social o político originado por agentes geológicos o atmosféricos; por regla general ocurrido en el pasado y en época no verificable.

**Catástrofe.** Suceso desafortunado que altera gravemente el orden regular de la sociedad y su entorno; por su magnitud genera un alto número de víctimas y daños severos.

**Centro de expansión.** Es una extensa región donde dos placas están siendo apartadas una de la otra. Nueva corteza se forma conforme la roca fundida se levanta hacia arriba en la abertura dejada por las placas que se apartan. Ejemplos de esto incluyen la región atlántica y al este de África.

**Ciclo del desastre.** Es una secuencia cíclica que comprende 8 etapas: 1. Prevención, 2. Mitigación, 3. Preparación, 4. Alerta, 5. Impacto, 6.

Respuesta, 7. Rehabilitación, y 8. Reconstrucción. Existe una estrecha interdependencia entre las distintas actividades que se deben desarrollar en cada etapa. No hay precisión entre el comienzo y la terminación de cada una de ellas, de allí que el modelo final sea un ciclo.

**Cielo raso.** Techo de Superficie plana y lisa.

**Constante sísmica.** En los códigos de construcción se debe tomar en cuenta el comportamiento de amenaza sísmica. Estos valores de aceleración ( en unidades de gravedad ) que una construcción debe soportar se llama constante sísmica.

**Colapso de edificios o estructuras.** Implica el derrumbamiento repentino de una construcción en ausencia de toda fuerza exterior. En un sentido más amplio el colapso puede ser causado por algún agente exterior (terremotos, tornados, explosiones, etc.) el desastre debe registrarse bajo el factor causal original.

**Consecuencias.** Efectos físicos, térmicos, químicos, mecánicos, biológicos, radioactivos, originados por un evento amenazante y que afectan o causan daño a personas o elementos vulnerables (Ejem. unidades de medida: Km/m<sup>2</sup>, psig. meg/lt).

**Constante sísmica.** En los códigos de construcción se debe tomar en cuenta el comportamiento de amenaza sísmica. Estos valores de aceleración (en unidades de gravedad) que una construcción debe soportar se llama constante sísmica.

**Construcción resistente al fuego.** Tipo de construcción en la cual los elementos estructurales (muros de carga, columnas, trabes, losas, incluso muros, divisiones y cancelas), son de material incombustible, con grados de resistencia al fuego de 3 a 4 horas, para elementos estructurales en edificios de un piso

**Coordinador de emergencia.** Función del subprograma de auxilio que consiste en el establecimiento de sistemas o mecanismos para la coordinación de los organismos, sectores y recursos que intervienen, así como de las acciones de auxilio que se llevan a cabo al impacto de una calamidad.

**Cornisa.** Remate del entablamento\* a manera de moldura volada a veces sostenida por ménsulas\*. Retranqueada.

**Crestería.** Coronamiento ornamental y calado de un edificio.

**Crisis.** Es el proceso de liberación de los elementos sumergidos y reprimidos de un sistema como resultado de una perturbación exógena o endógena, que conduce a la parálisis de los elementos protectores y moderadores, a la extensión de los desordenes, la aparición de incertidumbre de todo tipo y de reacciones en cadena y eventualmente a la mutación y desaparición del sistema en crisis. Las crisis pueden ser el resultado de un desastre o constituir ellas mismas el desastre.

**Curva de fragilidad.** Relaciones movimiento- daño que representan gráficamente la probabilidad de excedencia de un estado límite de daño como una función de un parámetro representativo de la severidad del movimiento o asociado al movimiento estructural



**Damnificado.** Persona afectada por un desastre, que ha sufrido daño o perjuicio en sus bienes, en cuyo caso generalmente ha quedado ella y su familia sin alojamiento o vivienda, en forma total o parcial, permanente o temporalmente, por lo que recibe de la comunidad y de sus autoridades, albergue y ayuda alimenticia temporales, hasta el momento en que se alcanza el restablecimiento de las condiciones normales del medio y la rehabilitación de la zona alterada por el desastre.

**Daño.** Pérdida económica, social, ambiental o grado de destrucción causado por un evento. Menoscabo o deterioro inferido a elementos físicos de la persona o del medio ambiente, como consecuencia del impacto de una calamidad o agente perturbador sobre el sistema afectable (población y entorno). Existen diferentes tipos de

daños: humanos (muertos y lesionados), materiales (leves, parciales y totales), productivos (internos y externos al sistema), ecológicos (flora, fauna, agua, aire y suelo) y sociales (a la seguridad, a la subsistencia y a la confianza).

**Daño sísmico.** Cualquier pérdida económica o destrucción producida por terremotos.

**Daño total** Estado que corresponde a la destrucción del elemento afectado, o a su falla total.

**Declaración de desastre.** Proclamación oficial de un estado de emergencia después de ocurrida una calamidad a gran escala, con el propósito de activar las medidas tendientes a reducir el impacto del desastre.

**Declaración de la emergencia.** Consiste en la manifestación oficial de la misma a nivel nacional, estatal o municipal.

**Degradación.** Proceso de descomposición o desgaste de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

**Densidad de población.** Es el cociente entre la población total de una determinada entidad territorial y su superficie. Generalmente se expresa en habitantes/kilómetro cuadrado.

**Deriva d entrepiso.** Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles consecutivos.

**Desarrollo de un agente perturbador.** Fase de crecimiento o intensificación de un fenómeno destructivo o calamidad.

**Desastre.** Situación causada por un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que significa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un evento, que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos. Otra definición sería: consecuencia de un evento o fenómeno de origen natural o antrópico, en la mayoría de los casos en forma repentina, que causa graves daños en la vida, bienes y en el medio ambiente, que altera o interrumpe las condiciones normales de vida y sobrepasa la capacidad local de respuesta para el pronto retorno a la normalidad.

**Desastre natural.** Fenómenos causados por acciones de la naturaleza, sin intervención del hombre (inundaciones, huracanes, erupciones volcánicas, maremotos, sismos, etc.).

**Desempeño sísmico.** Describe en términos cualitativos la actuación, la ejecución y el comportamiento de una edificación después de la actuación de un sismo.

**Deslizamiento.** Es un movimiento abrupto de tierra y rocas en una pendiente en repuesta a la fuerza de gravedad. Los deslizamientos pueden ser ocasionados por un terremoto u otro fenómeno natural. Los deslizamientos bajo el mar pueden causar Tsunamis.

**Diagnóstico.** Proceso de acercamiento gradual al conocimiento analítico de un hecho o problema, que permite destacar los elementos más significativos de una alteración en la realidad analizada. El diagnóstico de un determinado lugar, entre otros datos, permite conocer los riesgos a los que está expuesto por la eventual ocurrencia de una calamidad.

**Diseño antisísmico.** Conjunto de prescripciones recogidas en las Normas de construcción, que aplicadas a las obras en su fase de proyecto, ejecución y explotación, tienden a evitar los daños que se pudieran derivar de un terremoto. El objetivo del diseño sismorresistente de una estructura es proteger la vida ante una sacudida sísmica, manteniendo en la construcción o infraestructura un determinado nivel de servicio, compatible con el uso y el nivel de riesgo aceptado para la misma.



**Edificaciones esenciales.** Aquellas instalaciones que albergan instalaciones y/o dependencias cuyo funcionamiento en situaciones de emergencia debidas a una crisis sísmica, es crítica y vital para afrontar las actuaciones inherentes del desastre natural. Aquellas que son necesarias para atender la emergencia y preservar la salud, seguridad y atención de la población, respuesta de un sismo.

**Efectos de los terremotos**

Primarios. Los efectos más directos de un terremoto.

Secundarios. Son los derivados de un terremoto.

Terciarios. Son los efectos que presentan una mayor duración en el tiempo.

**Efectos directos.** Aquellos que mantienen relación de causalidad directa con la ocurrencia de un evento representados usualmente por el daño físico en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente o por el impacto inmediato de las actividades sociales y económicas.

**Efectos indirectos.** En el contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden verse afectados con la ocurrencia de un evento. Corresponden a las actividades humanas, todos los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, servicios, la gente que los utiliza y el medio ambiente.

**Elementos en riesgo.** Es el contexto social, material y ambiental, representado por las personas y por los recursos y servicios que pueden verse afectados con la ocurrencia de un evento. Corresponden a las actividades humanas, todos los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios, la gente que los utiliza y el medio ambiente.

**Elementos no estructurales.** Partes de un edificio que no pertenecen a la estructura central (por ejemplo el cielo raso, tabique, etc.) que soporta las cargas del edificio.

**Emergencia.** Toda situación generada por la ocurrencia real o inminente de un evento adverso, que requiere de una movilización de recursos, sin exceder la capacidad de respuesta. Condición anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la salud y la seguridad del público en general. Conlleva la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad.

Como proceso específico de la conducción o gestión para hacer frente a situaciones de desastre, la emergencia se desarrolla en 5 etapas: identificación, evaluación, declaración, atención y terminación. Se distinguen, además, cuatro niveles de emergencia: interno, externo, múltiple y global, con tres grados cada uno.

**Emergencia externa.** Segundo nivel de emergencia de un sistema. Se presenta cuando la alteración de su funcionamiento afecta a otro sistema, en donde causa una emergencia interna. En el sistema que afecta, la emergencia se presenta en tres etapas graduales: primer grado, cuando la emergencia puede ser resuelta por personal especializado de la empresa; segundo grado, cuando es necesario contar con el apoyo de personal externo especializado, y tercer grado, cuando es indispensable la intervención del órgano central.

**Emergencia global.** Cuarto nivel de emergencia. Se presenta en un conjunto de sistemas, cuando alguno de ellos se encuentra en emergencia de tercer nivel. En él se distinguen los siguientes grados: primero, se resuelve por el Centro Municipal de Operaciones; segundo, se requiere la participación de organismos estatales, y tercero, cuando es necesaria la asistencia de organismos federales e internacionales.

**Emergencia interna.** Primer nivel de emergencia de un sistema. Se registra cuando la alteración de su funcionamiento no afecta a ningún otro sistema. Se presenta en tres grados: primero, cuando puede ser resuelto por personal del sistema, no especializado en emergencias; segundo, cuando para solucionarlo es necesaria la participación de su personal interno de emergencia, y tercero, cuando es indispensable disponer de personal experto especializado.

**Emergencia masiva.** Situación de daños cuyo número de víctimas supera los recursos inmediatos disponibles en el área afectada.

**Emergencia múltiple.** Situación de daños cuyo número de víctimas supera los recursos inmediatos disponibles en el área afectada.

Tercer nivel de emergencia en un sistema, se registra cuando los efectos producidos en aquel provocan en otros (por lo menos en uno) emergencias del segundo nivel. Como en los restantes niveles, en éste la emergencia presenta tres grados de intensidad: primero, cuando el problema se resuelve con la participación de su personal de emergencia apoyado con personal externo especializado; segundo, cuando es necesario contar con la intervención del centro Municipal de Operaciones, y tercero, cuando es indispensable el auxilio de organismos estatales

**Epicentro.** Punto sobre la superficie de la tierra directamente arriba del foco o hipocentro de un sismo. Para determinar con precisión el epicentro de un sismo, se requiere del apoyo de varias estaciones sismológicas

**Epicentro macrosísmico.** El punto de la superficie en que es máxima la intensidad sentida.

**Escala modificada de Mercalli.** La escala de Mercalli, fue modificada para adaptarse a las condiciones de Norte América. Es una escala compuesta por 12 niveles de intensidad que van desde los movimientos imperceptibles hasta los fuertes y destructores, y que son designados con números romanos. Esta escala no tiene una base matemática sino que se clasifica mediante la observación de efectos.

**Escala de Richter.** Es el sistema utilizado para medir las potencias de un terremoto. Fue propuesto por Charles Richter en 1935 como manera de clasificar los terremotos. Está compuesta por una colección de fórmulas matemáticas.

**Escala de Richter.** Corresponde a la escala de magnitud de un sismo. Es una escala abierta por ambos lados, sin embargo el terremoto más grande registrado hasta el momento alcanzó una magnitud de 9.5 correspondiendo a una ruptura del orden de 1000 Km. de longitud, 200 Km. De ancho con un desplazamiento promedio de 20 m. En el otro extremo de la escala, magnitudes negativas se logran en laboratorios con rupturas milimétricas. Fue propuesta en 1935 por el geólogo californiano Charles Richter

**Estudio de vulnerabilidad.** Proceso de análisis que determina el riesgo de daño potencial a que puede estar sometida una estructura.

**Evaluación de daños.** Función del subprograma de auxilio que consisten en desarrollar los mecanismos que permitan determinar la dimensión física y social de la catástrofe, la estimación de la pérdida de vidas humanas y bienes naturales, las necesidades que deben satisfacerse y la determinación de posibles riesgos (efectos o daños secundarios).

**Evaluación de la amenaza.** Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo específico y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables

**Escala de Mercalli modificada.** Es una escala de 12 grados que mide la intensidad registrada en un lugar específico. Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades las cuales van decreciendo a medida que la distancia epicentral aumenta. El nivel I corresponde a eventos registrados sólo por instrumentos de alta sensibilidad y el XII corresponde a la destrucción total. Fue inventada por el sismólogo italiano Guiseppe Mercalli en 1902, la que , una vez revisada en el año de 1931, se conoce como Escala Modificada de Mercalli (MM)

**Evaluación del riesgo.** En su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza, la vulnerabilidad y los elementos bajo riesgo con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un evento. Cambios un uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, o sea el total de pérdida

## **f**

**Fases del desastre.** Los desastres para su estudio se deben analizar como una secuencia cíclica con tres Fases amplias que son: ANTES: o Prevención, DURANTE o actividades de Respuesta y DESPUÉS que comprende los procesos de Rehabilitación y Recuperación.

**Frecuencia.** Es una medida de ocurrencia de sucesos o eventos. En el análisis de riesgo se emplea para determinar la ocurrencia de eventos amenazantes expresada como el número de veces que se presentan por año. Referida a una calamidad, es su número de ocurrencias en un período dado.

**Frecuencia sísmica.** Número de temblores registrados en una región y en un período de tiempo determinados.

**Friso.** Franja horizontal decorativa, generalmente en la parte inferior de las paredes.

**Funcionalidad.** Capacidad de la edificación de mantener su utilidad, servicios o función, posterior a un evento sísmico

## **g**

**Gestión de riesgos.** Planeamiento y paliación de medidas orientadas a impedir o reducir los aspectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente. Acciones integradas de reducción de riesgos, preparación para la atención de la emergencia y recuperación posdesastre de la población potencialmente afectable

**Identificación de la emergencia.** Primera etapa del proceso de emergencia que consiste en la percepción de la alteración del funcionamiento normal del sistema; la evaluación preliminar de la situación, el aviso y algunas veces, la toma de ciertas medidas correctivas.

**Identificación de riesgos.** Reconocimiento y localización de los probables daños que pueden ocurrir en el sistema afectable (población y entorno), bajo el impacto de los fenómenos destructivos a los que está expuesto

**Impacto.** Es la acción directa de una amenaza sobre un grupo comunitario o sobre sus bienes o infraestructura, lo que ocasiona; dependiendo de las características y de la vulnerabilidad de la población afectada por un desastre de determinadas proporciones. El lugar ocurrió el impacto se llama zona de impacto.

**Índice de riesgo.** Indicador que denota rápidamente el riesgo que puede causar un desastre.

**Infraestructura.** Por infraestructura se entiende toda aquella obra o construcción, organización de obras arquitectónicas.

Conjunto de bienes y servicios básicos que sirven para el desarrollo de las funciones de cualquier organización o sociedad, generalmente gestionados y financiados por el sector público. Entre ellos se cuentan los sistemas de comunicación, las redes de energía eléctrica, etc.

## l

**Lahar.** Término indonesio que se refiere a una corriente de lodo que contiene una mezcla de agua, cenizas volcánicas y escombros rocosos de origen volcánico, los cuales fluyen rápidamente pendiente abajo por barrancas. La elevada densidad del flujo puede alcanzar los 2000 kg./m<sup>3</sup> y le da una gran capacidad de arrastre. Las velocidades reportadas en lahares históricos varían desde 1.3 m/s a lo largo de zonas con baja pendiente, a 40 m/s en áreas con alta pendiente.

**Lesionado.** Víctima del desastre que sufrió un trauma, daño o enfermedad en su cuerpo a causa del desastre.

**Licuefacción.** Víctima del desastre que sufrió un trauma, daño o enfermedad en su cuerpo a causa del desastre. Pérdida de resistencia a la tensión de cortante de un terreno arenoso saturado de agua.

**Líneas vitales.** Infraestructura básica o esencial: Energía: Presas, subestaciones, líneas de fluido eléctrico, plantas de almacenamiento de combustibles, oleoductos, gasoductos. Transporte: Redes viales, puentes, terminales de transporte, aeropuertos, puertos fluviales y marítimos.

Agua: Plantas de tratamiento, acueductos, alcantarillados, canales de irrigación y conducción. Comunicaciones: Redes y plantas telefónicas, estaciones de radio y televisión, oficinas de correo e información pública.

## m

**Magnitud.** Es la medida de potencia de un terremoto o extracción de energía liberada por este, y determinada por la observación sismográfica.

Este es un valor logarítmico determinado por la escala de Richter ( 1935 ). Un incremento de una unidad de magnitud ( por ejemplo desde 4.6 a 5.6 ) representa un incremento de 10 en la amplitud de onda en un sismograma, o aproximadamente un incremento de 30 en la energía acumulada. En otras palabras, un terremoto de magnitud 6.7 alcanza 900 veces ( 30 veces 30 ) la energía de un terremoto de 4.7, o toma 900 terremotos de magnitud 4.7 para igualar la energía que alcanza uno de 6.7. Esta escala no tiene inicio ni límite. Sin embargo, la mecánica de rocas parece evitar temblores menores de un grado o tan grandes como de 9.5. Un sismo de magnitud -1 libera cerca de 900 veces menos energía que un sismo de magnitud 1. Con excepción de circunstancias especiales, los sismos con magnitud menor que 2.5 no son sentidos por los humanos.

**Mapa de riesgos.** Nombre que corresponde a un mapa topográfico de escala variable, al cual se le agrega la señalización de un tipo específico de riesgo, diferenciando las probabilidades alta, media y baja de ocurrencia de un desastre.

**Mitigación.** Definición de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un nivel de riesgo aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo no es posible reducirlo totalmente. Acción orientada a disminuir la intensidad de los efectos que produce el impacto de las calamidades en la sociedad y en el medio ambiente, es decir, todo aquello que aminora la magnitud de un desastre en el sistema afectable (población y entorno).

**Mitigación de daños.** Medidas adoptadas para atenuar la extensión del daño, la penuria y el sufrimiento causados por el desastre.

**Mitigar.** Acción y efecto de suavizar, calmar o reducir los riesgos de un desastre o de disminuir los efectos que produce una calamidad durante o después de ocurrida ésta.

**Morbilidad.** Cualquier desviación, subjetiva u objetiva, de un estado de bienestar fisiológico o psicológico. Estudio estadístico de las personas que enferman en un lugar y período determinados.

**Mortalidad.** Número y causa de las muertes que ocurren en una población en un tiempo y región geográfica determinados.

## **P**

**Peligro o peligrosidad.** Evaluación de la intensidad máxima esperada de un evento destructivo en una zona determinada y en el curso de un período dado, con base en el análisis de probabilidades.

**Peligrosidad Sísmica.** Define la probabilidad de que haya un movimiento fuerte de cierta intensidad en un lugar dentro de un periodo de tiempo especificado.

**Pérdida.** Cualquier valor adverso de orden económico, social o ambiental alcanzado por una variable durante un tiempo de exposición específico.

**Pérdidas directas.** Valoración de los efectos adversos directos por causa de un desastre, como la pérdida de vidas, heridos, pérdida de bienes y servicios, disminución patrimonial y otras.

**Pérdidas indirectas.** Valoración de los efectos adversos derivados de la pérdida directa, como los efectos en el comercio y la industria, la desmotivación de la inversión y otras.

**Período.** Es el tiempo que transcurre entre dos crestas sucesivas de ondas sísmicas.

**Programa de Protección Civil en México.** Instrumento de planeación para definir el curso de las acciones destinadas a la atención de las situaciones generadas por el impacto de las calamidades en la población, bienes y entorno. A través de éste se determinan los participantes, sus responsabilidades, relaciones y facultades, se establecen los objetivos, políticas, estrategias, líneas de acción y recursos necesarios para llevarlo a cabo. Se basa en un diagnóstico y se divide en tres subprogramas: prevención, auxilio y apoyo.

**Pronóstico.** Determinación de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con base en: el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios de un evento; a mediano plazo, basado en la información probabilística de parámetros indicadores de la potencial ocurrencia de un fenómeno, y a largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable en un período de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área potencialmente afectable.

Resultado de una estimación de probabilidades en torno a la ocurrencia y dentro de un programa de protección civil sirve para poner en marcha los planes preelaborados, como el establecer con oportunidad el estado de alerta, movilizar los organismos especializados y avisar a la población, así como suspender la prestación de los servicios cuyo suministro puede resultar peligroso durante el evento, etc.

**Pronóstico de daños.** Estudio y estimación anticipada de la situación esperada y alteraciones probables que puede causar el impacto de una determinada calamidad de origen natural o humano, en el sistema afectable (población y entorno).

**Probabilidad.** Expresa la posibilidad de ocurrencia de un suceso o evento y se representa por un número adimensional entre 0 y 1 (la probabilidad 1 afirma con certeza la ocurrencia del evento o suceso).

## **R**

**Riesgo.** Es la probabilidad de ocurrencia de unas consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La UNESCO define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción, Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula.

Riesgo = vulnerabilidad x valor x peligro

En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etc.), expuestos a un evento destructivo. La vulnerabilidad es una medida del porcentaje de valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado. El último aspecto, peligro o peligrosidad, es la probabilidad de que un área en

Riesgo aceptable

Particular sea afectada por algunas de las manifestaciones destructivas de la calamidad.

Valor de probabilidad de consecuencias sociales, económicas o ambientales que, a juicio de la autoridad que regula este tipo de decisiones, es considerado lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas sociales, económicas y ambientales afines.

## S

**Siniestro.** Hecho funesto, daño grave, destrucción fortuita o pérdida importante que sufren los seres humanos en su persona o en sus bienes, causados por la presencia de un agente perturbador o calamidad.

**Sismo o terremoto.** Movimiento vibratorio de la corteza terrestre que haya causado algún tipo de daño o efecto. Incluye términos como temblor, terremoto, Fenómeno geológico que tiene su origen en la envoltura externa del globo terrestre y se manifiesta a través de vibraciones o movimientos bruscos de corta duración e intensidad variable, los que se producen repentinamente y se propagan desde un punto original (foco o hipocentro) en todas direcciones. Según la teoría de los movimientos tectónicos, la mayoría de los sismos se explica en orden a los grandes desplazamientos de placas que tienen lugar en la corteza terrestre; los restantes, se explican como efectos del vulcanismo, del hundimiento de cavidades subterráneas y, en algunos casos, de las explosiones nucleares subterráneas o del llenado de las grandes presas

## T

**Temblor.** En algunas regiones de América se utiliza la palabra temblor para indicar movimientos sísmicos menores

**Terremoto.** Es el movimiento de la tierra, ocasionado por el movimiento súbito de las rocas que se encuentran bajo la superficie de la Tierra.

**Temblor.** Sacudida de tierra asociada con sismo o explosión.

**Triage.** El triage consiste en una clasificación rápida de los heridos según la gravedad de las lesiones y la probabilidad de supervivencia al recibir cuidados médicos rápidos: La primera prioridad son las víctimas cuyo pronóstico inmediato o a largo plazo puede mejorar significativamente con un cuidado intensivo sencillo. La prioridad más baja se aplica a los pacientes moribundos que necesitan mucha atención ( con beneficios dudosos). La clasificación más usada en las tarjetas de triage recurre a un sistema de código de colores, el rojo indica una elevada probabilidad en cuanto al tratamiento o traslado, el amarillo se aplica a las prioridades medias, el verde se usa para los pacientes ambulatorios y el negro, para los muertos o moribundos. El triage es llamado también al espacio físico que se acondiciona con las instalaciones básicas de apoyo médico para hacer la clasificación de pacientes en caso de siniestro de acuerdo a lo anteriormente mencionado generalmente situado en un área amplia y al exterior de los edificios

**Tsunamis.** Los terremotos muy grandes, cuyas zonas de ruptura están bajo el mar o en las cercanías de la costa, producen cambios de elevación en la superficie y el fondo oceánico. Estos cambios topográficos generan olas que se propagan a partir del epicentro y que pueden alcanzar alturas de varias decenas de metros sobre el nivel normal del mar. Estas olas se llaman "tsunamis", término derivado del japonés que significa literalmente ola de bahía. Este término es aceptado internacionalmente para designar marejadas producidas por impulsos en masas de agua y corresponde a lo que se denomina maremoto.

## U

**Urgencia.** Alteración de la integridad física o mental de una persona causada por un trauma o por una enfermedad de cualquier etimología que genere una demanda de atención médica inmediata y efectiva, tendiente a disminuir los riesgos de invalidez y muerte.

Situación súbita que exige medidas inmediatas.



**Víctima.** Persona que ha sufrido la pérdida de la salud en sus aspectos físicos, psíquicos y sociales, a causa de un accidente o de un desastre.

**Vulnerabilidad.** : podemos entenderla como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos, bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso. La vulnerabilidad puede entenderse, entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

**Vulnerabilidad.** Factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

**Vulnerabilidad (Sismología).** Define la probabilidad de que una estructura sufra daños cuando se somete a un movimiento fuerte (ejemplo, terremoto) de cierta intensidad.

Factor de riesgo interno de un sujeto a sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida. La diferencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento determina el carácter selectivo de la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos. Facilidad con la que un sistema puede cambiar su estado normal a uno de desastre, por los impactos de una calamidad. Ver riesgo.

## 5.8

### Abreviaturas

---

**CENAPRED** Centro Nacional de Prevención de los Desastres de México

**CEPAL** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**DHA-UNDRO** Departamento de Asuntos Humanitarios (DHA), anteriormente denominado como la Oficina de Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre (UNDRO).

**DIRDN** Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, 1990-2000.

**FEMA** Agencia Federal de los Estados Unidos para el Manejo de Emergencias

**OPS-OMS.** Siglas de la Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana; Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana; Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

**PN-PAD** Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

**SIPROR** Siglas del Sistema de Protección y Restablecimiento de la Ciudad de México frente a Desastres, antecedente del Sistema Nacional de Protección Civil.

**UNDRO** siglas de la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en casos de Desastres. Punto central en el Sistema de las Naciones Unidas para la atención de emergencias, particularmente en los desastres naturales. Moviliza, dirige y coordina las actividades de emergencia de varias agencias de las Naciones Unidas y otras organizaciones.

UNDRO estableció la Red de las Naciones Unidas para la Información Internacional de Emergencia (UNIENET); opera al almacén de este organismo en Pisa, Italia y publica estudios sobre la atención de desastres. Supervisa el premio anual Sasakawa otorgado por trabajos en la prevención de desastres. En emergencias UNDRO envía oficiales a la zona dañada mientras que en tiempos normales el Representante Residente de la UNPD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) actúa también como tal.

**USAID-OFDA** Del Inglés United States Agency for International Development Office of Foreign Disaster Assistance.

