

## DIAGNOSTICOS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL

### Vulnerabilidad Estructural

Haciendo uso de la información disponible para cada hospital se formulan los diagnósticos de vulnerabilidad, los mismos que se presentan a continuación en el Cuadro No. 11.

**CUADRO No. 11: DIAGNOSTICOS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL**

NOMBRE DEL HOSPITAL	DIAGNOSTICO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
GUAYAQUIL	Su primer piso posee menor rigidez respecto de los demás. Para intensidades $\geq$ VIII el ancho de las juntas sísmicas entre la torre de 8 pisos y los bloques anexos de un piso resultaría insuficiente, pudiéndose producir impacto entre bloques y concentración del daño en éste nivel con colapso frágil tipo piso suave.
VALENZUELA	Durante el sismo de 1980 (intensidad VII) se produjeron agrietamientos en elementos estructurales. Se estima como probable un mecanismo de colapso frágil para intensidad VII <sup>+</sup> o superior
SOLCA	Para intensidades $M M \geq$ VIII, el ancho de las juntas sísmicas entre la torre de 6 pisos y los bloques anexos de dos pisos resultaría insuficiente lo que concentraría el daño a nivel de segundo y tercer piso e incrementaría su vulnerabilidad y la posibilidad de un colapso de piso suave.
IESS	El sistema estructural es heterogéneo, algunas áreas son más seguras que otras. En sus áreas más vulnerables se podrían producir daños de poca extensión para $M.M \geq$ VIII. Los sótanos o cámaras construidos bajo criterio de cimentación superficial compensada, permanecen inundados por el agua de las mareas, deteriorando la cimentación e incrementándose con el tiempo la vulnerabilidad estructural del hospital por deterioro
VERNAZA	El Bloque de Cirugía reporta baja vulnerabilidad. Otras estructuras más antiguas del hospital han soportado sismos de intensidad $M.M \leq 7.0$ sin experimentar daño alguno pero actualmente el deterioro de algunos elementos estructurales secundarios (losas, vigas) podría facilitar su falla para intensidades $M.M. \geq$ VIII.
NIÑO	Sus columnas poseen cuantías de acero y dimensiones un poco menores que las utilizadas en el estándar de diseño de la ciudad. Esto lo ubica como una estructura un poco menos dúctil y resistente que otras similares, con un mecanismo de falla dúctil para intensidad $MM = VIII^+$ , en lugar de IX
POLICIA	Las propiedades geométricas y mecánicas de sus elementos estructurales le dan a ésta estructura resistencia y ductilidad superior al estándar de diseño, configura mecanismo de falla dúctil para intensidad $MM = IX^+$ o X más allá del nivel de las máximas intensidades históricas, lo que resulta recomendable para una estructura hospitalaria y le otorga baja vulnerabilidad.
MILITAR	La mala calidad y baja resistencia del hormigón se ha traducido en un nivel de vulnerabilidad muy alto. Mecanismo de falla frágil para intensidad $MM = VIII$ .
NAVAL	El mayor tamaño y reforzamiento de las columnas respecto del estándar local, le significa a ésta estructura mayor seguridad que la del estándar. Sin embargo, por su gran flexibilidad para intensidades $M M >$ VII se espera que se produzca una fuerte interacción con las estructuras anexas de una planta, concentración del daño a ese nivel e incremento de la vulnerabilidad con reducción de la seguridad sismo-resistente evaluada por el análisis matemático de la torre aislada.
ALBORADA	Baja vulnerabilidad debido al menor tamaño de su sollicitación sísmica y mayor dimensionamiento del tamaño de las columnas respecto del estándar de diseño
BECERRA	Alta vulnerabilidad por un menor dimensionamiento de las columnas respecto del estándar de diseño. Posible colapso frágil para $MM = VIII$ .
GUASMO	Muy baja vulnerabilidad debido al bajo tamaño de la sollicitación sísmica que le corresponde por sus características dinámicas (estructura de un solo piso). Sin experimentar colapso hasta $MM = X$ o XI.
ALEJ MANN	Por su gran flexibilidad y tipo de estructura es poco vulnerable a sismos. Por ser de madera y poseer gran número de instalaciones mal protegidas tiene una alta vulnerabilidad para incendios originados por sismos.
SOTOMAYOR	Vulnerabilidad comparable con la del Hospital Vernaza, con antigüedad y deterioro de elementos secundarios.
KENNEDY	Buena calidad del hormigón, estándar de diseño y baja vulnerabilidad comparable con el hospital de la Policía
ALCIVAR	Estándar de diseño y baja vulnerabilidad comparable con el hospital de la Policía.
PANAMERICANA	Por sus características estructurales, se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del hospital de Solca.
INFECTOLOGIA	Por sus características estructurales se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del hospital del Guasmo, con excepción de la estructura del tanque para abastecimiento de agua muy vulnerable
DERMATOLOGICO	Por sus características estructurales se le atribuye una vulnerabilidad similar a la del hospital del Guasmo, con excepción de la estructura metálica de la capilla que por su deterioro y dimensionamiento es muy vulnerable
LORENZO PONCE	Vulnerabilidad comparable con la del Hospital Vernaza, antigüedad y deterioro de elementos secundarios

### Vulnerabilidad No Estructural

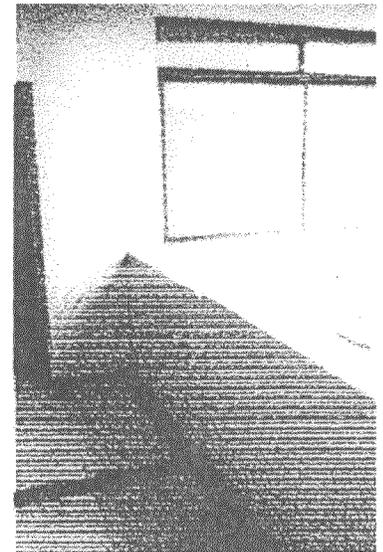
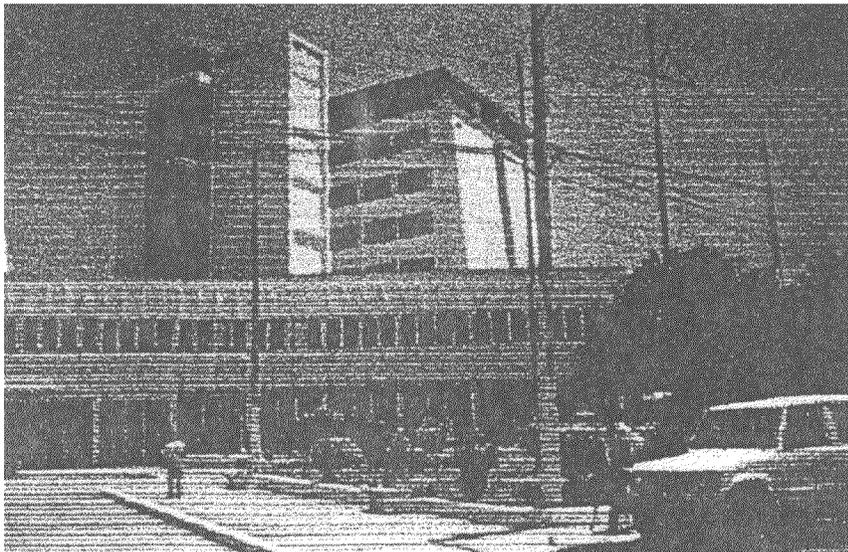
El Cuadro No. 12 contiene los Diagnósticos de Vulnerabilidad No Estructural. Los de tipo cualitativo se basan en la participación de éstos elementos en la respuesta sísmica, riesgo de resonancia, tipo y calidad de la

estructura. Los diagnósticos cuantitativos se basan en las distorsiones máximas de piso  $\gamma_{m\acute{a}x}$ , y en la estimación del nivel de daño producido por éstas distorsiones según la clasificación que a continuación se propone:

<u>Vulnerabilidad</u>	<u>Nivel de Daño No - Estructural</u>	<u>Rango de Distorsiones Máximas <math>\gamma_{m\acute{a}x}</math> (‰)</u>
A	No se produce daño o el daño es despreciable	0 a 1.0
B	Daños pequeños que no afectan la operatividad del hospital	1.0 a 2.5
C	Daños moderados que afectan parcialmente la operatividad del hospital	2.5 a 5.0
D	Grandes daños, inoperatividad total del hospital después del sismo	> 5.0

**CUADRO No. 12: DIAGNOSTICOS DE VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL**

NOMBRE DEL HOSPITAL	VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL COMO FUNCION DEL NIVEL DE DAÑO PRODUCIDO EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES			
	INTENSIDAD M.M. = VI	INTENSIDAD M.M. = VII	INTENSIDAD M.M. = VIII	INTENSIDAD M.M. = IX
GUAYAQUIL	A o B	C	D	D
VALENZUELA	A	B		
SOLCA	A o B	C	D	D
IESS	A o B	C	D	
VERNAZA	B o C	C	D	D
NIÑO	A o B	C	D	
POLICIA	A	B	C	D
MILITAR	A	B	C	
NAVAL	B o C	C	D	D
ALBORADA	A	B	C	C
BECERRA	B	C		
GUASMO	A	A o B	B	C
ALEJ MANN	B o C	C	D	D
SOTOMAYOR	B o C	C	D	D
KENNEDY	A	B	C	D
ALCIVAR	A	B	C	D
PANAMERICANA	A o B	C	D	D
INFECTOLOGIA	A	B	B	C
DERMATOLOGICO	A	B	B	C
LORENZO PONCE	B o C	C	D	D



*Algunos hospitales como el "Naval" poseen baja vulnerabilidad estructural, no obstante debido a su gran flexibilidad sus elementos no estructurales son muy vulnerables. Se aprecia el agrietamiento de un enlucido colocado indebidamente en una junta sísmica de dilatación.*

## CAPACITACION AL PERSONAL TECNICO DE LOS HOSPITALES

Una de las actividades del proyecto fue capacitar al personal técnico de los hospitales. Este objetivo se cumplió mediante encuentros de difusión de las actividades y resultados preliminares del proyecto, algunas de las cuales contaron con el acompañamiento de funcionarios del Ministerio de Salud del Ecuador

### CATEGORIZACION DE LA SEGURIDAD SISMO-RESISTENTE Y NIVEL DE OPERATIVIDAD DEL SISTEMA HOSPITALARIO DE GUAYAQUIL

Como una aplicación de la utilización de los diagnósticos de vulnerabilidad estructural y no-estructural y como un elemento que podría usarse como herramienta para un sistema de acreditación hospitalaria se propone una clasificación de los hospitales según su seguridad sismo-resistente y su nivel de operatividad después de un determinado desastre. Se eligió el escenario un sismo de intensidad  $M.M. = VIII$  y se han usado términos probabilísticos para hacer énfasis y recordar el tipo de fenómeno que se ha analizado. No obstante lo razonable de una metodología de evaluación, la naturaleza siempre podrá ofrecer situaciones imprevisibles.

<u>CATEGORIA</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>HOSPITALES</u>
1	Probabilidad de experimentar pequeños daños no estructurales que no afecten la operatividad del hospital. Ningún tipo de daño estructural	GUASMO
2	Probabilidad de experimentar daños no estructurales moderados que afecten parcial y/o transitoriamente la operatividad del hospital. Pequeños daños de tipo estructural que no ponen en peligro la seguridad de las personas Daños de fácil reparación, sin evacuación.	POLICIA ALBORADA KENNEDY ALCIVAR
3	Probabilidad de experimentar daños no estructurales severos que afecten temporalmente la operatividad del hospital no permitiéndolo la atención de la emergencia Pequeños daños de tipo estructural que no ponen en peligro la seguridad de las personas	VERNAZA NAVAL SOTOMAYOR LORENZO PONCE ALEJ. MANN <sup>(*)</sup>
4	Probabilidad de experimentar daños no estructurales severos y daños de tipo estructural moderado que requieren evacuación de las instalaciones y una reparación de la estructura con reforzamiento o técnicas similares.	SOLCA GUAYAQUIL NIÑO PANAMERICANA
5.	Probabilidad de experimentar daños de tipo estructural severos que incluyen colapso de estructuras vitales como tanques, colapso de sub-estructuras o partes más vulnerables de la estructura de pequeña extensión respecto del conjunto de las instalaciones con riesgo para la vida de las personas	MILITAR BECERRA IESS INFECTOLOGIA DERMATOLOGICO
6	Probabilidad de experimentar un colapso total o de una gran extensión de la estructura con alto riesgo de pérdida de vida de las personas.	VALENZUELA

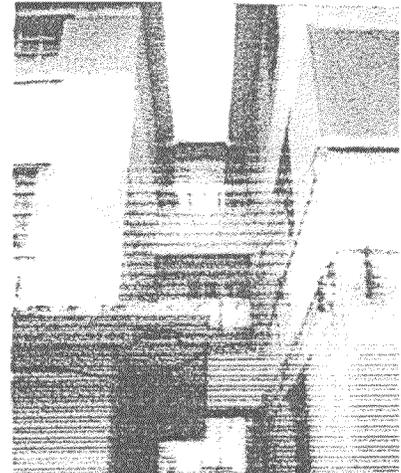
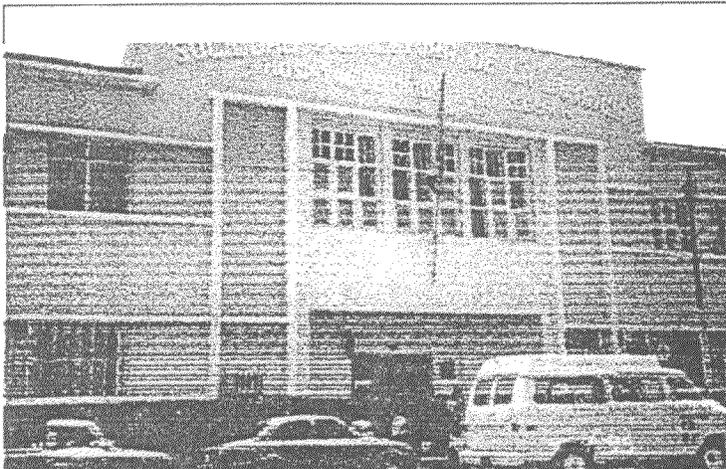
(\*) No está siendo considerado el riesgo de incendio asociado a terremotos.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDUCIR VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL

1. Sobre el diseño estructural de las nuevas instalaciones hospitalarias se recomienda actualizar los códigos. Controlar más estrictamente las deformaciones laterales que producen daños No Estructurales y elevar el estándar de seguridad de los hospitales. Sería recomendable que los hospitales tuvieran la capacidad de resistir sismos de intensidad VIII con daño no estructural moderado y daño estructural menor (categoría 2).

Adicionalmente, es recomendable utilizar formas arquitectónicas más simples que garanticen un mejor comportamiento sísmico

2. Se recomienda reforzar los hospitales clasificados dentro de las categorías 5 y 6 e incrementar su seguridad..
3. El comportamiento sísmico de los hospitales más modernos es satisfactorio. Las estructuras más antiguas diseñadas antes de los 70 sin mecanismo de falla dúctil son las que reportan el menor estándar de seguridad. En algunos casos, pequeñas inversiones pueden contribuir a mejorar el comportamiento sísmo-resistente. Por ejemplo, en los hospitales Becerra y Militar se pueden crear juntas sísmicas para controlar torsiones liberando conexiones rígidas entre edificios que deberían estar totalmente independizados.
4. Para reducir la vulnerabilidad No-Estructural de los hospitales clasificados en las categorías 3 y 4, en los cuales se producen grandes distorsiones laterales durante los sismos severos, se recomienda adoptar las siguientes medidas
  - a) Proteger equipos de laboratorio y sustancias químicas, etc; manteniéndolos en posición estable y de ser posible asegurando el mobiliario contra las paredes o los elementos estructurales.
  - b) Incorporar uniones deformables en las instalaciones vitales principalmente cuando atraviesan juntas sísmicas.
  - c) Mantener las juntas sísmicas de dilatación selladas con materiales flexibles y deformables
  - d) Proteger las maquinarias y equipos vitales de las vibraciones sísmicas emplazándolos fuera del edificio o aislándolos de las vibraciones sísmicas mediante dispositivos diseñados para el efecto.
5. Durante las actividades de capacitación se advirtió la necesidad de impulsar el desarrollo de planes de emergencia que definan el rol de los hospitales durante la atención de los desastres.



*Hospital Becerra. Los bloques de hospitalización están unidos por débiles corredores. Podría mejorarse el comportamiento sísmico si se construyen juntas de dilatación que separen los bloques.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes instituciones y personas.

Al Departamento para la Ayuda Humanitaria de la Comunidad Europea ECHO y a la Organización Panamericana de la Salud OPS/OMS

Al Ministerio de Salud del Ecuador, Junta de Beneficencia de Guayaquil, IESS, F.F.A.A., SOLCA, Policía y a las clínicas privadas por apoyar y facilitar la realización de éste estudio. A la Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, a su Director Gral. Laercio Almeida, y al Sr. Eduardo Estrada, Director Provincial de Defensa Civil del Guayas, por la asesoría y colaboración brindada.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, su Rector, Dr. Gustavo Noboa B, Vicerrectora: Dra. Nila Velásquez, Decano de Ingeniería, Ing. Antonio Beltrán y Sub-Decano de Ingeniería, Ing. Walter Mera por el invaluable apoyo institucional. Así como también, a los ingenieros Alex Villacrés, Octavio Yépez y Fausto Bravo, asesores especialistas en distintas áreas; y al Ing. Fernando Nuñez, Srta. Maribel Aldás, Sr. Jaime Bravo y Sr. Ernesto Torres, ayudantes de investigación del proyecto.

## REFERENCIAS

- 1 - Mera Walter, Argudo Jaime, Freire Alfredo, Villacrés Alex Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras Importantes de la Ciudad de Guayaquil. Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (IIFI-UC) Estudio auspiciado por las Naciones Unidas, Defensa Civil del Ecuador y Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (1994)
- 2 - De Velasco Juan Historia del Reino de Quito en la América Meridional, Tomo II y parte II, 1789 Ediciones Clásicos Ariel, "La Historia Moderna, I Tomo", libro 15
- 3 - Estrada Ycaza Julio El puerto de Guayaquil, crónica portuaria Banco Central del Ecuador, Centro de Investigación y Cultura, Guayaquil. Archivo histórico del Guayas Segunda edición, 1990
- 4 - Lee Pablo Historia de la Arquitectura del Guayaquil Antiguo, Universidad Católica de Guayaquil - Ecuador. 1994
- 5 - Villacrés Alex Determination of mean annual rates of intensities for Ecuadorian western coast cities Tokyo - Japón, Septiembre de 1995. Instituto Kajima de la Construcción
- 6 - Argudo Jaime, Yela Rommel. Microzonificación Sísmica de Guayaquil Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (IIFI-UC). Presentado a las VIII Jornadas de Ingeniería Estructural. Quito, 1994.
- 7 - Chávez Franco Modesto "Crónicas del Guayaquil Antiguo" Ediciones Clásicos Ariel, libro 41.
- 8 - Villacrés Alex Análisis espectral de acelerogramas de movimientos fuertes del terreno y estructuras Tesis de Grado de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Guayaquil (1993)
- 9.- Cardona Omar Darío Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud Aspectos de Ingeniería (Vol 4) Organización Panamericana de la Salud.
- 10.- Yela Rommel y Bravo Fausto. Estudio Comparativo entre las metodologías de diseño sísmo-resistentes en el rango elástico y una propuesta de diseño inelástico para edificios de hormigón armado Universidad Católica de Guayaquil, 1993
- 11 - Ruffilli Arnaldo Lecciones de Estructuras (los terremotos de Guayaquil). Universidad de Guayaquil, departamento de publicaciones (1949)
- 12.- Villacrés Alex El Sismo de Guayaquil de 1942, evidencias recientes. Presentado a las IX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Quito, Mayo de 1995
- 13 - Argudo Jaime Determinación experimental de períodos de vibración de edificios y suelos de Guayaquil, para estimación de vulnerabilidad sísmica. Memorias del Curso Internacional: Uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión, CISMID - Lima, Perú 1992
- 14 - Argudo Jaime, Yela Rommel y Bravo Fausto Metodología para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de escuelas y bibliotecas de Guayaquil Revista "La Educación" de la Organización de Estados Americanos OEA. 1993
- 15 - Argudo Jaime Evaluación de los daños producidos en el hospital Velasco Ibarra por el sismo del 2 de Octubre de 1995 Memorias de la Conferencia Internacional sobre Riesgo Sísmico, Universidad Católica de Guayaquil 1996