

FACTORES DE INSPECCION

Cuando, por diversas circunstancias, no sea posible obtener ninguna información técnica de los equipos y/o instalaciones, se hará la respectiva evaluación y se consignará la información disponible, en el formulario respectivo, dejando constancia de la anomalía encontrada.

Se identificarán los elementos, equipos y/o instalaciones que puedan sufrir daño e incidencia en términos de pérdidas de vidas humanas, de bienes y/o funcionales, debiendo adoptar una recomendación y medida apropiada para reducir y eliminar el peligro encontrado.

Factores a ser tomados en cuenta durante la evaluación de la vulnerabilidad

Los siguientes factores han sido establecidos para identificar áreas comunes de inspección para diferentes tipos de equipos.

EN GENERAL, LOS FACTORES DE INSPECCION RELACIONADOS EN LOS DIFERENTES GRUPOS, DEBERÁN SER APLICADOS POR PERSONAL CALIFICADO.

GRUPO "A". ESTOS FACTORES, DE NATURALEZA UNIVERSAL, DEBERÁN SER APLICADOS PARA DETERMINAR LA CONDICIONES GENERAL DE TODOS LOS EQUIPOS.

- a. La apariencia general.
- b. Tanto el exterior, como las partes interiores del equipos, deberán estar libres de óxido, signos de corrosión, acumulación de suciedad, polvo, etc
- c. Las puertas, cajones, bandejas, manijas, rodamientos, etc, deberán estar asegurados o ajustados en forma adecuada, de manera que accionen suavemente.
- d. Los botones o perillas de control, cierres mecánicos y palancas, deberán estar firmemente asegurados al elemento accionador y contar con la identificación apropiada.
- e. Las tuercas, pernos, tornillos y otros tipos de herrajes, deberán estar debidamente apretados y en buenas condiciones de conservación.
- f. Otros factores que proporcionen indicación sobre el estado general de apariencia y funcional del mueble o gabinete del equipo.

GRUPO "B". ESTOS FACTORES DEBERÁN SE UTILIZADOS COMO UNA GUIA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LOS EQUIPOS QUE UTILICEN, PARA SU OPERACION, ELEMENTOS TALES COMO CADENAS, ENGRANAJES, CORREAS DE TRANSMISIÓN, RODAMIENTOS, PALANCAS Y/O SISTEMAS HIDRÁULICOS

- a. Todos los engranajes deberán funcionar sin presentar ruido excesivo.
- b. Las cadenas, engranajes, cojines, etc., no deberán presentar desgastes y estar debidamente ajustados
- c. Los ejes y transmisiones, no deberán presentar desgaste excesivo, juego longitudinal o vibraciones.
- d. Los sistemas o dispositivos hidráulicos, deben poseer el nivel apropiado de líquido y no presentar fugas o filtraciones.
- e. Todos los mecanismos de control y seguridad deben encontrarse en perfectas condiciones de operación
- f. Otros factores que se presente en caso de un sismo que determine peligro de paralización por desfase de ubicación original.

GRUPO C. ESTOS FACTORES DEBERÁN SER APLICADOS PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES FUNCIONALES DE EQUIPOS QUE OPEREN BAJO PRESION, (POSITIVA/NEGATIVA), O UTILICEN UNO O MAS DE LOS GASES QUE NORMALMENTE SON ADMINISTRADOS POR MEDIO DE INHALACION COMO EN EL CASO DEL OXIGENO Y OXIDO NIROSO.

- a. Los componentes, accesorios o partes de caucho, plástico, u otro material sintético, deben conservar su forma y elasticidad originales.
No deben admitirse la presencia de rajaduras, grietas empates o perforaciones
- b. Las tuberías que conduzcan gases de alta presión, deben satisfacer las condiciones anunciadas en el punto anterior. Todos los accesorios, conectores, etc., deberán estar en buenas condiciones, firmemente asegurados a los extremos de la manguera y no presentar escapes.

- c. Todos los controles, reguladores de presión, medidores de flujo y válvulas de seguridad deberán estar ajustados y calibrados para regular con la mayor exactitud de los dispositivos de control, tales como manómetros, termómetros y alarmas.
- d. Las cubiertas protectoras, fabricadas con material plástico o vidrio instaladas sobre los flujómetros, portillos de inspección o recipiente, no deberá presentar rajaduras o astilladuras, mantenerse limpios y colocados en el sitio y posición adecuados, para garantizar la ausencia total de fugas.
- e. Las válvulas de seguridad de operación, deben estar libres de óxido, señales de corrosión y depósitos de suciedad u otros materiales que puedan ocasionar alteración en su operación normal.
- f. Los sistemas de evacuación de aire, en los equipos de succión, deberán tener la suficiente capacidad para mantener el nivel de vacío especificado para cada uno de los equipos
- g. Los sistemas y dispositivos de conexión a tierra deberá ser del tipo aprobado por un organismo competente y estar instalados en la forma especificada por el fabricante del equipo.
- h. Se considerará los mecanismos de seguridad establecidos para cada elemento a parte que componen el equipo y/o sistemas a revisar
- i. Flexibilidad de los soportes de las instalaciones ante cargas sísmicas que pueden definirse como susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales entre pisos y juntas de dilataciones

GRUPO "D". ESTOS FACTORES DEBERÁN APLICARSE PARA DETERMINAR LA CONDICION DE LOS EQUIPOS GENERADORES DE VAPOR O CALIENTE, ENTRÍEN, BOMBEEN O CIRCULEN AGUA.

- a. Todas las cámaras que contengan agua o vapor, deberán encontrarse libres de señales de oxidación excesiva, muestras de incrustaciones o corrosión del material
- b. El material utilizado como empaque (caucho, corcho, teflon, baquelita, etc.) no deberán presentar signos de desgaste o deformaciones que puedan ocasionar fugas por causa de un sellamiento deficiente
- c. La puerta, tapas y mecanismos de cierre, deberán operar libremente y estar perfectamente ajustadas, para garantizar un cierre hermético

- d. No deben existir fugas (de vapor o de agua) en las tuberías, válvulas, juntas, reguladores, cámaras, tanques o bombas.
- e. Todas las válvulas reguladores, controles, trampas de vapor o rompedores de vacío, deberán funcionar satisfactoriamente.
- f. Los sistemas de calefacción (eléctricos o a vapor) deberá producir las presiones y/o temperaturas, dentro del tiempo prevista bajo condiciones normales de operación.
- g. Los mecanismos de seguridad para control de bajo nivel de agua o sobrepresión (válvulas de seguridad, switches, etc.) deberán funcionar en óptimas condiciones.
- h. La corrosión, resistencia de los anclajes, bases, soportes, acoples flexibles, aislamiento, para equipos pesados y con vibraciones constantes.
- i. Conexiones con uniones giratorias, válvulas de cierre automático, conexiones con mangueras flexibles, etc.

GRUPO "F". ESTOS FACTORES DEBERÁN SER APLICADOS PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE EQUIPOS QUE REQUIERAN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA SU FUNCIONAMIENTO.

- a. Los motores eléctricos deberán operar (bajo condiciones normales de carga) sin presentar ruido excesivo o variaciones apreciables en su velocidad o su temperatura.
- b. Al acople, entre el motor y su carga (correas, poleas, cadenas, engranajes, ejes, etc).deberán poseer el ajuste apropiado y no presentar deformaciones desalineamiento o desgaste excesivo.
- c. Los sellos de grasa o aceite, utilizados en elementos rotativos o recíprocos, deberán operar adecuadamente y no presentar evidencia de fugas.
- d. Las escobillas, anillos, deberán estar limpios y no presentar signos de desgaste excesivo. Debe verificarse su ajuste y comprobarse la ausencia de arcos eléctricos anormales, durante su operación.
- e. Los rodamientos del motor y su carga mecánica, deberán encontrarse limpios, sin desgaste y debidamente lubricados.
- f. Revisión de anclajes, acoples flexibles, soportes, aislamiento, etc.

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

DETERMINACION DE LA MICROZONIFICACION SISMICA LOCAL: ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE SITIO

La microzonificación consiste en estudios multidisciplinarios de una zona de interés, considerando todos los desastres que la amenazan: sismos, inundaciones, deslizamientos, flujo de barro, avalanchas, fallas de suelo, etc., considerando sus efectos individualmente para luego superponerlos. Los resultados finales quedan representados en el mapa de microzonificación, donde el área de estudio queda dividido en sectores de diferente peligro. (Kuroiwa 1991).

Para determinar la microzonificación sísmica local, se deberán reconocer las condiciones locales sobre las cuales se ha construido el hospital, éstas son:

- 1º Geología local y regional.
- 2º Tipo y condición actual del suelo.
- 3º Topografía del lugar.

Este análisis nos permitirá tener una idea de las posibles intensidades sísmicas que pueden presentarse en el área donde se ubica el hospital ya que diversos estudios han demostrado la gran influencia que tienen las condiciones locales mencionadas en la distribución de los daños ocasionados por un sismo (efectos de microzona), como resultado final se obtendrá el mapa de microzonificación sísmica local, para ello será necesario recopilar información de los siguientes aspectos:

Geología.

Se deberán correlacionar las estructuras geológicas locales con la estructura regional, se determinará el grado de seguridad del área basándose en la litografía encontrada (tipo de rocas, características estructurales, fracturas, etc.) y la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa como deslizamientos, inundaciones, erosiones, avalanchas, etc. La información hidrogeológica es muy importante en esta sección. Esta etapa de la investigación dará como resultado un

mapa de microzonificación geológica local el cual deberá ser usado como base para efectuar un buen programa de exploración de suelos (si fuera necesario al no existir esta información) de tal manera que el número de perforaciones sea el mínimo, ahorrando tiempo y dinero.

Mecánica de Suelos.

La mecánica de suelos y la geología son estudios básicos necesarios para obtener un mapa de microzonificación sísmica. Se deberá obtener la información referente a la capacidad portante del suelo a nivel de la cimentación y la profundidad del nivel freático. Si se han realizado en el lugar estudios de dinámica de suelos, los parámetros estáticos (densidad del suelo, espesor de los estratos, clasificación de suelos, etc.) proporcionarán el perfil del suelo. También se deberá evaluar la posibilidad de la licuación del suelo. De no existir información sobre las características del suelo, se deberán programar exploraciones en el terreno. Los estudios de suelos son relativamente costosos en el Perú, por lo que la ubicación de los pozos de exploración (calicatas) serán cuidadosamente escogidos de acuerdo al estudio previo de la geología. Estas exploraciones también permitirán conocer el estado actual del suelo en comparación cuando fue construido la edificación. Con la información de esta etapa se podrá elaborar el mapa de microzonificación geotécnica.

Topografía.

Se deberá revisar los planos de la topografía local y el área de influencia alrededor del hospital con el objeto de delimitar las zonas que pueden ser afectadas por ejemplo por deslizamientos como consecuencia de un sismo o por inundaciones.

Procedimiento para obtener el mapa de microzonificación.

Se elaborará el Mapa de la Microzonificación Sísmica local, superponiendo los resultados de los mapas de microzonificación geológica, microzonificación geotécnica y de topografía. El mapa obtenido establecerá diferentes zonas con

características uniformes de respuesta ante un sismo También adicionalmente, se podrá obtener el Mapa de Posibles Intensidades Sísmicas relacionando intensidades con el tipo de suelo, de acuerdo al siguiente Cuadro N° 1 elaborado por Kuroiwa (1992) en base a la Escala de Intensidades Sísmicas Mercalli Modificado para los Países Andinos M.M.A.-92 propuesto por Kuroiwa (1992).

Cuadro N° 1

Relación Tipo de Suelo e Intensidades Sísmicas
(Kuroiwa 1992)

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS	INTENSIDAD
Blando.	Suelo de relleno. Suelos finos (arcillas y limos) de consistencia muy suave y suave	IX M.M.A.
Intermedio.	Suelos finos de consistencia medianamente duro. Suelos granulares (arenas y gravas) de compacidad firme a muy firme.	VIII M.M.A.
Firme.	Roca. Suelos finos de consistencia muy duro y duro. Suelos granulares de compacidad denso y muy denso.	VII M.M.A.

* Para las condiciones de la region costa peruana de características desérticas.

Se determinarán las posibles intensidades considerando como una primera aproximación el tipo de suelo, luego se ajustará el resultado en base a la característica de los suelos, potencia de los estratos y la presencia o no del nivel freático, después deberá superponerse con las condiciones topográficas del lugar.

Estos mapas deberán ser elaborados con la mayor información posible a la cual se tenga acceso, de no poder tener alguna información que pertenezca a algunos de los parámetros establecidos los mapas serán confeccionados con la mayor aproximación posible. El área de trabajo deberá ser el área del terreno del hospital mas un área de influencia alrededor del hospital cuyo dimensión queda a criterio del encargado de

la ejecución del estudio. Los mapas deberán ser presentados preferentemente en hoja tamaño A3 de tal manera de poder facilitar su uso y lograr su estandarización de acuerdo a la experiencia generada de las tesis desarrolladas en el CISMID en los últimos años.

Resumiendo, se obtendrá en esta parte del estudio el Mapa de Posibles Intensidades Sísmicas y el de Microzonificación Sísmica, con los cuales se tendrá identificado la amenaza sísmica en términos de intensidad y efectos locales.

DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

La Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones es el nivel o grado de daño al que las edificaciones están expuestas a sufrir cuando se encuentren sometidas a un sismo. Se puede interpretar que el nivel de vulnerabilidad de una edificación será inversamente proporcional a la resistencia sísmica con la cual se encuentra construida, dicha resistencia puede aumentar o disminuir con el transcurrir del tiempo, por ello es un proceso dinámico y no estático. De manera más técnica se puede definir como la inversa del índice de calidad sismo-resistente de una estructura, siendo dicho índice la medida de la calidad sismo-resistente de una estructura teniendo en cuenta las condiciones de suelo, uso, altura de la misma, etc.

Debido a la presencia de numerosos tipos de edificación construidos con variados sistemas y materiales de construcción, la identificación de aquellos con potencialidad de vulnerabilidad debe realizarse empleando una metodología que debe tener como meta identificar rápida y económicamente, en base a una inspección ocular y probablemente escasa información, a las edificaciones con un alto nivel de vulnerabilidad. Esta metodología puede apoyarse en la siguiente información: fecha de construcción, uso de la edificación, importancia, tipo estructural, estado de mantenimiento y sistema no-estructural.

Un criterio básico para la identificación de edificaciones potencialmente vulnerables es la fecha de construcción, ya que se asume en general que los diseñados con anterioridad a normas reglamentarias sismo resistentes presentan mayor potencialidad de vulnerabilidad respecto a los que han sido diseñados de acuerdo a reglamentos vigentes de la época.

Para poder determinar el estado de vulnerabilidad de las edificaciones, es necesario clasificar los diferentes sistemas de construcción en un determinado número de categorías. La consideración básica para desarrollar un esquema de clasificación es la diferencia del grado de resistencia sísmica que las edificaciones presentan. Dicha resistencia define el comportamiento sísmico de una edificación la cual depende de diversas características como el tipo de sistema estructural, los materiales de construcción, el tamaño del edificio, mano de obra, estado de conservación, etc.

Diversas investigaciones realizadas en el Perú, han definido claramente que las construcciones de adobe son las que presentan un comportamiento más débil frente a sismos (menor resistencia sísmica, mayor vulnerabilidad), asimismo las edificaciones de albañilería con y sin confinar han merecido diversos estudios con el fin de determinar su comportamiento sísmico, concluyéndose que las de albañilería confinada ofrecen una mayor resistencia sísmica (menor vulnerabilidad).

Teniendo en cuenta dichas investigaciones, Kuroiwa (1992), ha definido cuatro tipos de comportamiento de las edificaciones según el grado esperado de su resistencia sísmica, esta clasificación abarca los tipos de edificaciones más comunes que existen en Latinoamérica. La descripción completa de los tipos de edificación se pueden encontrar en el anexo "A". A continuación solo se describen los tipos de edificación que pueden existir en las instalaciones hospitalarias en el Perú.

Tipo 1: Construcciones Sísmicas Muy Débiles

- Construcciones de tierra conocidas como adobe, piezas cuyas dimensiones más comunes son de 40x25x18 cms., lo que da muros de 40 y 25 cm. de espesor dependiendo del aparejo usado. Las construcciones antiguas utilizaron adobe de mayores dimensiones y por lo tanto los muros resultantes son de mayor espesor.
- Edificaciones construidas con tierra húmeda apisonada en moldes o formas de madera, resultando bloques de tierra de 50 a 80 cm. de espesor, 50 a 100 cm. de altura y 80 a 150 cm. de largo dispuesto de tal forma que conforman los muros de las edificaciones, que en muchos casos son innecesariamente altos. En el Perú toma el nombre de adobón.

Estas edificaciones por lo general tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa; y la cobertura planchas onduladas de zinc, asbesto cemento, cañas delgadas, hojas de palmeras o materiales similares

Tipo 2: Construcciones Sísmicamente Débiles

- Edificaciones de albañilería de ladrillo (arcilla o concreto) o bloques de concreto unidas con mortero de arena-cemento; sin refuerzo de columnas y vigas collar de concreto armado, con techo ligero ó flexible. Estas edificaciones tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa; y la cobertura planchas onduladas de zinc, asbesto cemento, cañas delgadas, hojas de palmeras o materiales similares

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (arcilla o concreto), bloques de concreto, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado generalmente de concreto reforzado, con baja densidad de muros (menor o igual a 8 cm/m^2), sin columnas de confinamiento, ni refuerzo interior en los muros.

- Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Con estructuración inadecuada para resistir sismos por la presencia de columnas cortas, excentricidad, poca rigidez lateral en una de las direcciones principales, insuficiente separación con el bloque adyacente o edificios vecinos y con otras deficiencias estructurales. No diseñadas para resistir sismos, concreto de baja resistencia y ausencia de muros de corte para tomar cargas laterales.

Tipo 3: Construcciones Normales.

- Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto, con algunos muros de concreto reforzado para tomar fuerzas horizontales sin tener una concepción

ideal para resistir terremotos pudiendo tener en la construcción y supervisión uno de los defectos señalados como construcción débil. Concreto de resistencia normal ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

Tipo 4: Construcciones Sismo-resistentes

- Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (tierra cocida) o bloques de concreto de buena calidad, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado generalmente de concreto reforzado. Con densidad de muros igual o superior a 8 cm/m^2 , con columnas y vigas de concreto reforzado o con refuerzo interior. Edificaciones con alta densidad de muros aún sin columnas de amarre pero con más de 25 cm/m^2 de densidad de muros. Buena mano de obra.

- Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Concebidas, diseñadas y construidas para resistir sismos utilizando modernas técnicas sismo-resistentes con muros de corte de concreto reforzado simétricamente distribuidos en planta y elevación, capaces de controlar la deformación lateral dentro de límites que evitan las fallas de elementos frágiles como vidrios o muros de relleno aún en caso de sismos intensos. Concreto de buena calidad ($f_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$). Buena mano de obra y supervisión.

La clasificación presentada, forma parte de la Escala de Intensidades Mercalli Modificada para los países andinos (M.M.A-92) propuesta por Kuroiwa (ver anexo "D").

Es necesario también establecer mediante la inspección ocular el estado de mantenimiento del edificio ya que los que presentan daños visibles (o los tienen recubiertos) por diferentes causas como asentamientos, corrosión, fuego y/o sismos, deben clasificarse como potencialmente vulnerables para luego en la segunda etapa someterlos a una evaluación más avanzada.

En la inspección ocular también debe detectarse los sistemas no-estructurales potencialmente vulnerables que están ligados a los elementos estructurales, estos son los muros de tabiquería.

Una vez determinado el tipo de edificación al cual pertenece la instalación hospitalaria estudiada, se establecerá su nivel de vulnerabilidad sísmica de acuerdo a la siguiente relación (Cuadro N° 2).

Cuadro 4.1
Relación Tipo de Edificación y Nivel de Vulnerabilidad Sísmica

TIPO DE EDIFICACION	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Tipo 1: Sísmicamente muy débil. Tipo 2: Sísmicamente débil.	Alto.
Tipo 3: Normal.	Medio.
Tipo 4: Sísmicamente resistente	Bajo.

Cada nivel de vulnerabilidad sísmica de una edificación hospitalaria comprende lo siguiente:

Vulnerabilidad Baja.

Edificación diseñada y construida con características sismo-resistentes, con un buen mantenimiento reflejado en un adecuado estado de conservación. Con todos sus elementos estructurales en buenas condiciones. En caso de ocurrir un sismo de intensidad IX M.M.A.-92, esta edificación sufrirá daños reparables, sin llegar a amenazar con fallas importantes a las estructuras. El hospital podrá brindar atención post-sismo sin muchas limitaciones.

Vulnerabilidad Media.

Edificación diseñada y construida con algunas características sismo-resistentes, con un regular mantenimiento reflejado en un aceptable estado de conservación. Con la mayoría de sus elementos estructurales en una condición media de conservación. Ante la ocurrencia de un sismo de intensidad IX M.M.A.-92, esta edificación sufrirá daños importantes siendo algunos irreparables, alcanzando posiblemente el colapso parcial; con intensidad VIII M.M.A.-92 estará afectada por algunos daños importantes pero reparables, con cierta amenaza de un colapso parcial. El hospital en ambos casos podría brindar atención post-sismo pero con muchas limitaciones.

Vulnerabilidad Alta.

Edificación diseñada y construida sin características sismo-resistentes, sin mantenimiento periódico con un mal estado de conservación. Con la mayoría de sus elementos estructurales en media y malas condiciones. De ocurrir un sismo de intensidad IX M.M.A.-92, esta edificación sufrirá daños muy severos e irreparables, llegando al colapso casi total. Con intensidad VIII M.M.A.-92 sufrirá daños severos e irreparables colapsando parcialmente. En ambos casos el hospital no podrá brindar atención post-sismo.

En este trabajo no se ha sido incluido las edificaciones de quinchas debido a que este tipo de material no ha sido utilizado como elemento estructural en las edificaciones hospitalarias, habiéndose utilizado en algunas como muro de tabiquería, sin embargo su comportamiento sísmico es detallado en el Anexo.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL Y PRORIZACION DE EDIFICACIONES A INTERVENIR.

En base a la información recogida, y luego de hacer un análisis de la misma, se deberá determinar el tipo de edificación y el nivel de vulnerabilidad de la misma. Si en un mismo hospital existen edificaciones de diferentes tipos, se deberá determinar su nivel de vulnerabilidad en base al tipo de edificación predominante. Finalmente se calificarán como potencialmente vulnerables a aquellas edificaciones que obtengan los niveles alto y medio de vulnerabilidad.

Luego que una edificación ha sido calificado como potencialmente vulnerable es necesario continuar con el proceso de investigación para obtener el grado de vulnerabilidad determinar la naturaleza y proyectar la extensión de los probables daños y magnitud del riesgo de la pérdida. Se tratará de seguir un procedimiento de evaluación de las condiciones sismo resistentes de la edificación. El objetivo de este proceso será por último determinar si será necesario efectuar modificaciones y reforzamientos en la edificación o en caso extremo recomendar el cambio de uso o su demolición.

Los métodos de evaluación válidos para esta etapa pueden clasificarse en dos grupos: cualitativos y teóricos o analíticos.

Los métodos cualitativos se apoyan en el conocimiento empírico y a través de metodos simples califican numericamente una serie de características cualitativas que determinan el comportamiento sismo resistente de la edificación. Se incluyen en esta calificación, además del tipo de edificio su forma en planta y elevacion, las características del sistema estructural (densidad de elementos verticales, tipos de elementos, calidad de las conexiones y simetria de la rigidez del sistema sismo resistente) y la relación con los elementos no estructurales rígidos. Una característica muy importante es la simetria, la simetria de planta y estructura, en formas compactas, permite eliminar efectos torsionales, la simetria en altura permite evitar cambios bruscos en las rigideces y masas, situaciones que facilitan la concentración de energía sísmica facilitando colapsos parciales.

Las evaluaciones detalladas teóricas o analíticas se basan en modelos que consideren las características dinámicas de la estructura de la edificación y permiten establecer la respuesta estructural ante un movimiento sísmico determinado. Es evidente que la calidad del resultado obtenido depende del ajuste del modelo a la realidad y de la capacidad del procesamiento matemático que se tenga a disposición. De otro lado su ventaja consiste en que se aplican métodos usuales en ingeniería y su problema fundamental radica en que los resultados obtenidos deben interpretarse adaptándolos a ciertos parámetros inciertos como la calidad de la construcción, el estado de mantenimiento y la correlación sismo-daño.

En nuestro país, Kuroiwa (1980) ha desarrollado un método simple y práctico, basado en el estudio del comportamiento de cientos de edificaciones de albañilería, demostrando cuan efectivos son las columnas de concreto armado para reducir los daños en este tipo de edificación, se muestra en la Fig. N° 8 (Anexo B) una relación directa entre el incremento de la densidad de muros y la disminución de daños, relación que es más acentuada en las construcciones sin refuerzo.

La metodología desarrollada para reparar y reforzar edificaciones de concreto armado con o sin muros de albañilería de relleno es más completa y sofisticada que el método anterior. Kuroiwa y Kogan (1980) en base a la experiencia acumulada en este tipo de edificaciones propone la siguiente metodología.

1º Estudio de los daños estructurales y no estructurales sufridos por la edificación y su dibujo en planos a escala apropiada. Es importante realizar esta labor de manera muy detallada para evitar regresar al campo que luego puede ser un gran inconveniente tratándose de un hospital. Además, como el proyecto incluye metrado y presupuesto solo una detallada información permitirá su desarrollo de manera precisa y completa, requisito necesario desde el punto de vista técnico como de costos.

2º Análisis sísmico de la edificación en su estado pre-sísmico, por medio de programas de cómputo, para determinar su respuesta, incluyendo la corrección por torsión. Se determinan así los defectos estructurales. Los mas frecuentes que se han encontrado son: columnas cortas, excentricidad, mayor resistencia en una de las direcciones, insuficiente separación entre edificios vecinos o entre porciones de una misma edificación separados por juntas. También debe calcularse las deflexiones, lo que permitirá cuantificar el grado de daño que sufriran los elementos no estructurales, como grietas en diagonal en los muros de relleno, rotura de vidrios, etc

3º Comparación de los daños observados en el campo, con los resultados obtenidos con la ayuda del computador, esto permite un diagnóstico certero de las causas de las fallas, paso muy importante para un reforzamiento muy efectivo. Se deberá tener mucho cuidado con el efecto de las columnas cortas que puedan existir en la edificación. Este efecto provocó que la gran mayoría de los locales escolares de concreto armado de la zona macrosísmica del 31 de Mayo de 1970 fallaran por columnas cortas, por la necesidad de tener en las aulas buena iluminación y ventilación cruzada (Ver Figuras Nº 9, Nº 10, Nº 11 y Nº 12, Anexo D). Debido a estos defectos constructivos es que se reajustaron las hipótesis de calculo y después se obtuvo una correspondencia muy buena entre los daños observados en el campo y los resultados calculados por el computador

4º Desarrollo y diseño de los detalles de reforzamiento y unión de los elementos existentes y nuevos mediante el pegado de concreto antiguo y nuevo así como la union de armadura existente y refuerzo.

5º Preparación de especificaciones técnicas, metrados y presupuestos. En esta parte se recomienda ser conservador en la parte del costo del picado del concreto porque por el tiempo transcurrido y el exceso de cemento utilizado puede dar origen a concretos muy duros de picar.

MEDIDAS GENERALES DE REFORZAMIENTO

La tercera etapa consistirá en la aplicación de las recomendaciones consistentes en reparaciones y/o reforzamientos necesarios a la edificación productos de los estudios correspondientes a la segunda fase, existen varios mecanismos y elementos de reforzamiento que podrían emplearse y que son de acuerdo al tipo de edificación:

Construcciones de adobe y albañilería sin reforzar con techo ligero y flexible.

Los muros de este tipo de edificación se comportan como una losa fija en su borde inferior (cimentación) y los dos bordes laterales (empotrados en sus cruces con los muros perpendiculares) y libre en su borde superior, debido al poco peso y a la flexibilidad del techo. La falla ocurre en las esquinas con la grieta que se propaga de arriba hacia abajo. En el caso de las construcciones de adobe el medio más eficaz para evitar este tipo de falla es colocando una viga collar continua en todos los muros, a la altura del dintel. Si la grieta se ha producido en el muro sin que pierda estabilidad, el proceso de reforzamiento sería el siguiente:

1º Se suspende el techo por encima del borde superior de los muros.

2º Se retiran las hileras de adobe hasta la altura del dintel.

3º Se coloca la viga collar, cuyo material puede ser madera ensamblada a manera de una escalera echada y cubierta con suelo-cemento de unos 15 a 20 cms. de espesor, o una viga de concreto con 2 $\varnothing$ 3/8" y estribos $\varnothing$ 1/4" a 25 cms. y 15 cms. de espesor. Es importante detallar el cruce de las vigas en las esquinas.

4º Se restituyen las hileras de adobe, que con su peso estabilizan a la viga collar (ver figuras N° 4, N° 5 y N° 6, Anexo B).

En caso de las edificaciones de albañilería con techo ligero y sin refuerzo, la viga collar de concreto armado puede colocarse en el borde superior, además de agregar columnas de concreto que tienen que nacer desde la cimentación.

Construcciones de albañilería con techos rígidos y pesados

La Fig. Nº 8 (Anexo B) nos sugiere el procedimiento a emplearse en la reparación y reforzamiento de este tipo de edificaciones y consiste en la adición de un sistema espacial continuo de concreto reforzado conformado por columnas y vigas

Las columnas de sección rectangular se orientarán en su mayor dimensión en la dirección débil de la edificación y se empotra en la cimentación, donde se corta un volumen en forma de pirámide truncada donde se aloja la canastilla de acero ($4 \varnothing 1/2"$ ó $3/8"$ con estribos de $1/4"$). A lo alto del muro se pica de manera dentada, dejando cajas de 3 ladrillos de altura.

La viga se puede agregar sin problemas en edificaciones de hasta dos pisos si se hace invertida encima del último techo.

Hay que tener especial cuidado que las varillas de las columnas tengan la suficiente longitud de anclaje en las vigas cumpliendo con los requerimientos de la norma vigente. Al cubrir con concreto la armadura continua mencionada se consigue un sistema monolítico que incrementa sustancialmente la resistencia sísmica de este tipo de edificaciones.

Edificaciones de concreto reforzado.

El planteamiento de alternativas para el reforzamiento debe cumplir con dos objetivos: primero eliminar las causas de las fallas y segundo elevar la resistencia sísmica haciendo que alcance el nivel de las exigencias de las normas vigentes. Por razones obvias la alternativa que se selecciona para su desarrollo detallado es aquella que tiene el mismo costo.

Se ha encontrado que para el rango de edificios estudiados de 2 a 12 pisos y con capacidad portante del suelo entre 0.5 y 4 kg/cm^2 , resulta más económico concentrar la solución con unos pocos elementos de gran rigidez y resistencia, como son los muros de concreto reforzado. Esta solución permite eliminar las causas de las fallas de manera sencilla. Por ejemplo si la caja de ascensores y de

escaleras está en un extremo del edificio, la colocación de muros rígidos en el otro extremo elimina la excentricidad.

Utilización de resina epóxica para el pegado del concreto nuevo y antiguo y de soldadura entre la armadura existente y el refuerzo. Los costos de reparación y reforzamiento de estas características son razonables ya que se estiman entre 10 a 30% del valor actualizado de la edificación. Un punto muy importante es la retracción del concreto que puede separar el nuevo concreto del existente, el uso de aditivos y el llenado de concreto por etapas, siendo éste de poco volumen y sin retracción, resuelve este problema.

La inspección durante la ejecución de las obras de reforzamiento es necesario para aclarar consultas y resolver situaciones no previstas y sobre todo asegurar que los trabajos de reparación y reforzamiento estén siendo ejecutados de acuerdo a las soluciones desarrolladas y especificaciones técnicas.

PROCEDIMIENTO E INSPECCION

1º Se deberá obtener los planos de distribución y de estructuras a una escala conveniente para poder planificar la ejecución del estudio en base a sectores de trabajo, de acuerdo a la cantidad de pabellones y/o ambientes que existan en la edificación hospitalaria. En caso de que los planos no existan, se deberán dibujar a nivel de croquis la disposición de los diferentes pabellones y/o ambientes indicando la ubicación de los diferentes elementos estructurales como vigas, columnas, muros de corte, techo, etc.

2º Una vez sectorizado el hospital, se procederá a realizar el levantamiento de información mediante los formatos de encuesta diseñados para cada caso. Este formato se deberá aplicar para cada pabellon.

3º La inspección consistirá en una revisión ocular de toda la instalación hospitalaria para lograr la identificación de los daños existentes, así como para poder comprender el sistema estructural empleado y su comportamiento ante un sismo. Por ejemplo si es una edificación de concreto armado definir si se ha empleado pórticos, vigas y losas macizas o aligeradas, losas aligeradas o macizas sin vigas, muros de corte de concreto reforzado, etc.

4º Para localizar los daños y cuantificarlos, durante la inspección será necesario efectuar mediciones del espesor de las grietas sobre los elementos dañados (muros de tabiquería, muros portantes, columnas, vigas, etc.).

5º Todos los daños encontrados en los diversos elementos estructurales y los no-estructurales (muros de tabiquería) deberán ser volcados al plano o al croquis con el que se este trabajando. Para ello se deberán emplear preferentemente colores que representaran el tipo de daño en cada elemento. Esta representación se llevará a cabo de acuerdo al Cuadro Nº 3 aplicable para las edificaciones de albañilería y concreto armado.

Cuadro Nº 3
Descripción del Tipo de Daño en Elementos Estructurales.
(Fuente: Iglesias et al 1988)

TIPO DE DAÑO	DESCRIPCION	COLOR
No Estructural.	Daños únicamente en elementos no-estructurales (muros de tabiquería).	Amarillo.
Estructural Ligero.	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto. Fisuras y caída del tarrajeo en paredes y techo. Grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de mampostería.	Verde.
Estructural Fuerte.	Grietas de 0.5 a 1 mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de 3 a 10 mm de ancho en muros de mampostería.	Azul.
Estructural Grave.	Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de concreto. Desprendimiento del recubrimiento en columnas. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros de concreto. Agrietamiento en losas planas alrededor de las columnas. Aberturas en muros de mampostería. Desplomes en columnas de más de 1:100 de su altura. Desplome del edificio de más de 1:100 de su altura.	Rojo

INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE FORMULARIOS DIRIGIDOS A DETERMINAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Para la determinación del tipo de edificación al cual corresponde la instalación hospitalaria estudiada, se utilizarán formatos de encuesta destinados a recoger la información necesaria para determinar su nivel de vulnerabilidad actual, como el sistema estructural empleado, material de construcción, número de pisos, antigüedad de la edificación, mantenimiento de la edificación, etc. De ser necesario el encuestador deberá anexar hojas adicionales para poder describir con mayor detalle algunos puntos de la encuesta si así lo cree conveniente.

En base al fundamento teórico expuesto, el procedimiento a seguir para determinar el nivel de vulnerabilidad de una edificación hospitalaria será el que se detalla a continuación.

PROCEDIMIENTO PARA LAS EDIFICACIONES DE ADOBE.

Se utilizará el formato diseñado para recoger la información de las edificaciones de adobe, de acuerdo a la secuencia que se muestra:

El encuestador deberá primero llenar el recuadro ubicado en la parte inferior derecha, indicando el nombre del hospital, nombre del pabellón, los servicios en general que se brindan por piso y la fecha.

1) **Antigüedad**, de ser posible indicar la fecha de inicio de la construcción, fecha de término de la misma y la fecha de puesta en funcionamiento del pabellón.

2) **Número de pisos**, indicar si existe sótano.

3) **Altura por piso**, puede ser aproximado.

4) **Altura total**, puede ser aproximado.

5) **Área construida del pabellón**, indicar el área total construida.

6) **Tipo de cimentación**, de no corresponder a los indicados en el formato deberá especificarse el material empleado.

- 7) Estado de la cimentacion, indicar si existen asentamientos, hacer observaciones del actual estado de la cimentación.
- 8) Unidad de albañileria de muros, indicar el tipo de unidad de albañileria del muro y sus dimensiones aproximadas.
- 9) Espesor del muro, indicar la dimension o dimensiones promedio.
- 10) Largo del muro, indicar la dimension o dimensiones promedio.
- 11) Separacion entre muros, indicar la dimension o dimensiones promedio de la separación en los ambientes.
- 12) Mortero, indicar los materiales que componen el mortero
- 13) Revestimiento de muros, indicar si tienen o nó revestimiento y hacer una descripción en cada caso.
- 14) Estado de los muros, describir el estado general de los muros indicando si existen fisuras y/o grietas. Se deberan señalar en el plano o croquis los muros en regular y mal estado.
- 15) Descripcion de fisuras y/o grietas en los encuentros de muros, indicar las posibles causas de las mismas.
- 16) Refuerzo en los muros, indicar si existe algun tipo de refuerzo vertical u horizontal.
- 17) Tipo de techo, indicar el material del techo.
- 18) Estado de conservacion del techo, describir brevemente el estado en que se encuentra. En el plano o croquis se deberá señalar los sectores en regular y mal estado.

19) Estado de mantenimiento, hacer un comentario general del estado de mantenimiento de la edificación incluyendo los daños visibles o cubiertos por asentamientos, filtraciones, fuego y/o sismos.

20) Tipo de suelo, describir en forma general las características de suelo de la edificación e identificarlo de acuerdo al Cuadro N° 1.

PROCEDIMIENTO PARA LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA.

Se utilizará el formato diseñado para recoger la información de las edificaciones de albañilería, de acuerdo a la secuencia que se muestra:

El encuestador deberá primero llenar el recuadro ubicado en la parte inferior derecha, indicando el nombre del hospital, nombre del pabellón, los servicios en general que se brindan por piso y la fecha.

1) Antigüedad, de ser posible indicar la fecha de inicio de la construcción, fecha de término de la misma y la fecha de puesta en funcionamiento del hospital.

2) Número de pisos, indicar si existe sótano.

3) Altura por piso, puede ser aproximado.

4) Altura total, puede ser aproximado.

5) Área construida del pabellón, indicar el área total construida.

6) Tipo de cimentación, de no corresponder a los indicados en el formato deberá especificarse el tipo de cimentación empleado.

7) Estado de la cimentación, indicar si existen asentamientos, hacer observaciones del actual estado de la cimentación.

8) **Unidad de albañilería de muros**, deberá indicarse la unidad de albañilería empleada así como sus dimensiones aproximadas, de no corresponder a los indicados en el formato deberá especificarse el tipo de unidad empleado.

9) **Revestimiento de muros**, indicar el material empleado y describir el estado del mismo.

10) **Estado de los muros**, si existen fisuras y/o grietas u otros daños hacer una breve descripción.

11) **Reforzamiento de muros**, si no existe reforzamiento se deberá describir el tipo de amarre entre muros.

12) **Tipos de reforzamiento empleado**, se detallará el tipo de reforzamiento empleado en los muros.

13) **Fisuras y/o grietas en las vigas y/o columnas**, se describirá el tipo de daño encontrado.

14) **Tipo de techo**, si es techo flexible y ligero, se deberá indicar sus características y los materiales empleados así como su estado de conservación. Si es techo rígido indicar el tipo.

15) **Fisuras y/o grietas en el techo**, si el techo es rígido y pesado describir los daños encontrados.

16) **Densidad de muros**, si es techo rígido y pesado se deberá indicar el ancho de muros y la densidad de muros en las direcciones "X" e "Y".

17) **Mantenimiento**, describir el estado de mantenimiento general de la edificación, incluyendo los daños visibles o cubiertos por asentamientos, filtraciones, fuego y/o sismos.

18) **Tipo de suelo**, describir en forma general las características de suelo de la edificación e identificarlo de acuerdo al Cuadro N° 1.

PROCEDIMIENTO PARA LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO.

Se utilizará el formato diseñado para recoger la información de las edificaciones de concreto armado, de acuerdo a la secuencia que se muestra:

El encuestador deberá primero llenar el recuadro ubicado en la parte inferior derecha, indicando el nombre del hospital, nombre del pabellon, los servicios en general que se brindan por piso y la fecha.

- 1) Antigüedad, de ser posible indicar la fecha de inicio de la construcción, fecha de término de la misma y la fecha de puesta en funcionamiento del hospital.
- 2) Numero de pisos, indicar si existe sótano.
- 3) Altura por piso, puede ser aproximado.
- 4) Altura total, puede ser aproximado.
- 5) Area construida del pabellon, indicar el área total construida.
- 6) Tipo de cimentacion, de no corresponder a los indicados en el formato deberá indicarse el tipo empleado.
- 7) Estado de la cimentacion, de ser necesario se deberá hacer observaciones del actual estado de la cimentación.
- 8) Columnas, indicar el tipo de sección y describir si existen fisuras y/o grietas u otros daños.
- 9) Vigas, indicar el tipo de vigas así como su ubicación en los pórticos (principal y secundario). Describir si existen fisuras y/o grietas u otros daños.
- 10) Disposicion de porticos, hacer una descripción de la ubicación de los pórticos principales y secundarios.

11) **Techo**, indicar el tipo de techo utilizado así como también si existen fisuras y/o grietas u otros daños.

12) **Muros de corte**, indicar su disposición en la edificación así como también si existen fisuras y/o grietas u otros daños.

13) **Defectos constructivos**, si es necesario indicar otros defectos encontrados.

14) **Mantenimiento**, describir el estado de mantenimiento general de la edificación, incluyendo los daños visibles o cubiertos por asentamientos, filtraciones, fuego y/o sismos.

15) **Tipo de suelo**, describir en forma general las características de suelo de la edificación e identificarlo de acuerdo al Cuadro N° 1.