

CAPITULO VII

CAPITULO VII: ANALISIS DE LOS RESULTADOS

7.1 INTRODUCCIÓN.

La metodología elaborada por Soliman et al (1990) fue originalmente desarrollada para evaluar la vulnerabilidad y riesgo sísmico en edificios de marcos de concreto reforzado ya existentes. La adecuación elaborada en esta investigación a dicha metodología se hizo con el objeto de extender su rango de aplicación a estructuras de diferentes tipologías estructurales, planteándose en el capítulo IV para edificios de mampostería confinada y edificios de mampostería con refuerzo integral.

Como ya se mencionó anteriormente, el algoritmo principal de la adecuación se puede resumir en tres pasos: evaluación preliminar, evaluación de detalles y evaluación de peligrosidad y efectos del sitio. En cada uno de estos pasos la evaluación se realiza asignando un valor numérico a los factores considerados, atribuyendo los más altos para condiciones favorables, y los más bajos en caso contrario. Es importante recalcar que la asignación de estos valores dentro de la adecuación no es arbitraria, y se trata de mantener siempre la filosofía de los autores de la metodología, quienes dan mayor importancia a factores tales como el estado actual del edificio, configuraciones en elevación y en planta y configuración de elementos.

A partir de los resultados obtenidos con la aplicación del método, este capítulo se ocupará de estudiar y analizar la contribución de cada parámetro en la evaluación final de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de cada uno de los emplazamientos en estudio.

7.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA INCIDENCIA DE CADA FACTOR EN EL RIESGO SISMICO.

Los resultados obtenidos en el capítulo anterior son producto de una serie de combinaciones de todos los factores involucrados, dos estructuras pueden presentar valores numéricamente iguales en ellos, pero poseer problemas en áreas totalmente diferentes.

Tomando en cuenta las tablas 6.42 a la 6.79 del capítulo anterior, es objetivo del presente, estudiar cada respuesta obtenida y determinar porcentualmente la incidencia de algunos de los factores.

7.2.1 Estructuras Tipo I.

1. Colegio Externado de San José.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	1850	> 1840	bajo	mediano
y	2150			
FDE x	1350	< 1600	alto	
y	1350			

Tabla 7.1 Nivel de vulnerabilidad. Colegio Externado San José.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.9	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.2 Nivel de peligrosidad. Colegio Externado San José.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.3 Nivel de Riesgo Sísmico. Colegio Externado San José.

De acuerdo a la tabla 6.42, este centro educativo presenta dos problemas bien definidos y estan contemplados dentro del factor de evaluación preliminar:

i) Exposición Sísmica.

Al observar las figuras 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5, no sería extraño pensar que la estructura sufra numerosos eventos sísmicos de intensidades variables. De acuerdo a los datos de la tabla 6.42 el factor F_{PS} se reduce un 7.41%.

ii) Distribución de huecos en elementos estructurales.

Es una estructura de un nivel con un porcentaje mayor al 45% de la pared total correspondiente a ventanería y puertas. Por tal motivo el factor F_7 tiene un valor de cero, reduciendo en un 5.43% el valor total de FPE.

Considerando la tabla 6.43, el mayor problema se encuentra en el factor de cimientos de paredes, ya que las dimensiones propuestas para soleras y zapatas no cumplen con los requisitos establecidos en el capítulo IV. Este factor es significativo, ya que su nulidad genera una disminución del 23.91% del valor total del factor F_{DE} .

2. Hospital Santa Gertrudis, San Vicente (Edificio Antiguo).

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	2075	> 1840	bajo	mediano
y	2075			
FDE x	1380	< 1600	alto	
y	1380			

Tabla 7.4 Nivel de vulnerabilidad. Hospital Santa Gertrudis, edificio antiguo.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.5 Nivel de peligrosidad. Hospital Santa Gertrudis, edificio antiguo.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.6 Nivel de Riesgo Sísmico. Hospital Santa Gertrudis, edificio antiguo.

En este caso, de acuerdo a tabla 6.45, la estructura se encuentra en óptimas condiciones, no tiene grietas ni estructuras dañadas o corroídas, lo que demuestra que su nivel de mantenimiento es continuo; posee una distribución adecuada de huecos en paredes y cumple con especificaciones tales como espesor y altura de paredes. El factor que no permite que se obtenga el máximo valor para FPE ,

es el que corresponde a las exposiciones sísmicas sufridas por la estructura durante su funcionamiento.

En cuanto al factor de detalles, no es posible concluir nada debido a que su valor no representa el estado real de la edificación. La razón de ello, es la falta de planos arquitectónicos y sobre todo estructurales.

3. Unidad de Salud de La Libertad.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	1850	> 1840	bajo	mediano
y	1850			
FDE x	1380	< 1600	alto	
y	1380			

Tabla 7.7 Nivel de vulnerabilidad. Unidad de Salud de La Libertad.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.8 Nivel de peligrosidad. Unidad de Salud de La Libertad.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.9 Nivel de Riesgo Sísmico. Unidad de Salud de La Libertad.

La carencia de planos de detalles nuevamente se convierte en un obstáculo para el análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología. Se observa en la tabla 6.48 que el factor de evaluación preliminar a pesar de verse afectado por la edad de las estructuras, las exposiciones sísmicas sufridas y el diseño estructural utilizado, alcanza un 80.43% de su máximo valor.

Del factor de evaluación de detalles lo único que puede concluirse es que la falta de información no permite establecer un resultado confiable del método.

4. Unidad de Salud de San Pedro Nonualco.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	2025	> 1840	bajo	mediano
y	2025			
FDE x	1380	< 1600	alto	
y	1380			

Tabla 7.10 Nivel de vulnerabilidad. Unidad de Salud de San Pedro Nonualco.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.72	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.11 Nivel de peligrosidad. Unidad de Salud de San Pedro Nonualco.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.12 Nivel de Riesgo Sísmico. Unidad de Salud de San Pedro Nonualco.

Esta unidad en la evaluación preliminar, tabla 6.51, presenta una buena configuración de sus elementos, no obstante sufre una disminución en el factor FPE en un 5.43% debido a la edad de la estructura; y un 6.52 % por diseño estructural. En total se reduce en un 11.95%.

7.2.2 Estructuras Tipo II.

1. Hospital Nacional San Bartolo, San Salvador.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	1580	< 1840	alto	mediano
y	1580			
FDE x	2150	> 1600	bajo	
y	2150			

Tabla 7.13 Nivel de vulnerabilidad. Hospital Nacional San Bartolo.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.14 Nivel de peligrosidad. Hospital Nacional San Bartolo.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.15 Nivel de Riesgo Sísmico. Hospital Nacional San Bartolo.

En este hospital, se obtuvo un mediana vulnerabilidad, debido a que el valor para el factor de evaluación preliminar estaba por debajo del límite propuesto. Al analizar este resultado considerando cada uno de los factores involucrados, se observa que básicamente influyeron tres aspectos:

i) Grietas y/o deterioro (F1).

La cantidad de grietas y deterioro presentes en la estructura fueron determinantes, disminuyendo F_{PS} en un 25.92. Resultado congruente con la inspección efectuada donde se detectó un porcentaje elevado de elementos agrietados por diferentes causas, estructuras metálicas corroídas, etc.

ii) Mantenimiento (F2).

Este factor se relaciona con el factor anteriormente expuesto, ya que la obtención de valores bajos de F_1 , indica falta de mantenimiento en el edificio. El valor de F_2 obtenido constituye un 15% del máximo valor esperado para dicho factor.

iii) Diseño estructural (FSD).

Este factor se ve disminuido en un 50% considerando que el edificio fue diseñado con un código diferente al vigente.

Todo lo anterior repercute significativamente en el factor de Evaluación Preliminar, obteniendo un 68.69% de máximo valor. Obsérvese que sólo un 27.78 % de dicha reducción se debe a factores en los que no se tiene control alguno como lo es el factor F3 (edad del edificio) y FSD (diseño estructural) ; y, un 72.22 % corresponde a factores que de alguna forma pueden tratarse para que se sus efectos negativos en la estructura sean menores.

2. Hospital Santa Gertrudis, San Vicente (Ampliación).

*) Zona Ampliada.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	1925	> 1840	bajo	bajo
y	1925			
FDE x	1900	< 1600	bajo	
y	1900			

Tabla 7.16 Nivel de vulnerabilidad. Hospital Santa Gertrudis, ampliación.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.17 Nivel de peligrosidad. Hospital Santa Gertrudis, ampliación.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
bajo	bajo	Bajo

Tabla 7.18 Nivel de Riesgo Sísmico. Hospital Santa Gertrudis, ampliación.

Esta estructura presenta -al igual que la anterior- una buena condición, que se ve afectada por factores de carácter no controlable. Estos constituyen aproximadamente un 16.3% del factor total FPE y su incidencia a medida que el tiempo pase y se incrementen el número e intensidad de las exposiciones, podría incrementar el nivel de vulnerabilidad.

3. Unidad de Salud de Armenia, Sonsonate (Ampliación).

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	1993.75	> 1840	bajo	bajo
y	1993.75			
FDE x	2300	< 1600	bajo	
y	2300			

Tabla 7.19 Nivel de vulnerabilidad. Unidad de Salud de Armenia (Ampliación).

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.9	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.20 Nivel de peligrosidad. Unidad de Salud de Armenia (Ampliación).

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
bajo	bajo	Bajo

Tabla 7.21 Nivel de Riesgo Sísmico. Unidad de Salud de Armenia (Ampliación).

La ampliación -de acuerdo a lo expuesto en la tabla 6.60- presenta problemas en el factor de evaluación preliminar, específicamente con la configuración de elementos con dos factores:

i) Altura de paredes.

Los códigos de diseño establecen una relación máxima entre altura de pared y el espesor de la misma con el fin de evitar pandeo. Este requisito no se cumple, por lo que se castiga la

estructura con una disminución aproximada de un 8% del valor total del factor de evaluación preliminar.

ii) Distribución de huecos en elementos estructurales.

Presenta un porcentaje elevado de huecos en las paredes, el cual al sobrepasar el 45% del área de la pared representa una reducción considerable en la rigidez de la misma.

4. Unidad de Salud de Tonacatepeque.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	2197.55	> 1840	bajo	bajo
y	2197.55			
FDE x	2275.51	< 1600	bajo	
y	2275.51			

Tabla 7.22 Nivel de vulnerabilidad. Unidad de Salud de Tonacatepeque.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.72	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.23 Nivel de peligrosidad. Unidad de Salud de Tonacatepeque.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
bajo	bajo	Bajo

Tabla 7.24 Nivel de Riesgo Sísmico. Unidad de Salud de Tonacatepeque.

La unidad de salud de Tonacatepeque es una estructura recién construida, hecho que se refleja de manera directa en los factores F_3 y F_{SD} , cuyos valores son los máximos. La única deficiencia podría encontrarse en la distribución de huecos en elementos estructurales y el mantenimiento, pero no se constituyen como factores determinantes ya que representan una reducción del 2.28%.

El resultado obtenido para el factor de evaluación de detalles representa un 98.94% del valor máximo, lo cual puede considerarse satisfactorio.

7.2.3 Estructuras Tipo III.

1. Unidad de Salud de Salud de Armenia, Sonsonate (Edificio Antiguo).

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	2550	< 2960	alto	mediano
y	2800			
FDE x	2300	< 1600	bajo	
y	2300			

Tabla 7.25 Nivel de vulnerabilidad. Unidad de Salud de Armenia (Edificio antiguo).

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.26 Nivel de peligrosidad. Unidad de Salud de Armenia (Edificio antiguo).

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
mediano	bajo	Bajo

Tabla 7.27 Nivel de Riesgo Sísmico. Unidad de Salud de Armenia (Edificio antiguo).

La reducción en el factor de evaluación preliminar se debe primordialmente a factores de carácter no controlable tales como la edad del edificio, las exposiciones sísmicas sufridas y el diseño estructural.

2. Unidad de Salud de Panchimalco.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	2806	< 2960	alto	alto
y	2956			
FDE x	1380	< 1600	alto	
y	1380			

Tabla 7.28 Nivel de vulnerabilidad.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.29 Nivel de peligrosidad.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
alto	bajo	Mediano

Tabla 7.30 Nivel de Riesgo Sísmico.

Considerando la tabla 6.69, se observa que el factor edad de la estructura sigue siendo determinante, además del mantenimiento y las grietas y/o deterioro de la unidad de salud.

7.2.4 Estructuras Tipo IV.

1. Hospital San Rafael, Santa Tecla.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	3650	< 4000	alto	alto
y	3650			
FDE x	1380	< 1600	alto	
y	1380			

Tabla 7.31 Nivel de vulnerabilidad. Hospital San Rafael, Santa Tecla.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.81	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.32 Nivel de peligrosidad. Hospital San Rafael, Santa Tecla.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
alto	bajo	Mediano

Tabla 7.33 Nivel de Riesgo Sísmico. Hospital San Rafael, Santa Tecla.

Se presenta vulnerabilidad alta debido tanto al factor de evaluación preliminar como al factor de evaluación de detalles. En el primero se presenta problema en la configuración en planta, no obstante debe tenerse en cuenta que la mayor parte de los factores involucrados no han podido ser determinados.

Es necesario hacer énfasis en el hecho que el resultado para este hospital es producto de una serie de suposiciones conservadoras realizadas ante la falta de información.

2. Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca.

Los valores obtenidos son los siguientes:

FACTOR	VALOR	CONDICION	NIVEL VULNER.	NIVEL VULNER. PROMEDIO
FPE x	4725.93	> 4000	bajo	bajo
y	4790.93			
FDE x	2175	> 1600	bajo	
y	2175			

Tabla 7.34 Nivel de vulnerabilidad. Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca.

PELIGROSIDAD	CONDICION	NIVEL DE PELIGROSIDAD
0.72	≥ 0.7	bajo

Tabla 7.35 Nivel de peligrosidad. Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca.

NIVEL VULNERABILIDAD	NIVEL PELIGROSIDAD	RIESGO SISMICO
bajo	bajo	Bajo

Tabla 7.36 Nivel de Riesgo Sísmico. Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca.

Este edificio presenta resultados bastante favorables tanto en la dirección y, como en x , con una diferencia no muy considerable. Dicha diferencia se presenta en los factores de capacidad viga-columna y aspecto en planta.

El factor de detalles refleja un diseño adecuado de la estructura, cumpliendo con lo establecido por el ACI y el REDSES.