

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela por el Br.  
Bule S., Wadih R.  
Para optar el Título de Ingeniero Civil

Caracas, mayo de 2008

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES**

Tutor Académico: Prof. Ricardo A. Bonilla M.

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela por el Br.  
Bule S., Wadih R.  
Para optar el Título de Ingeniero Civil

Caracas, mayo de 2008

## ACTA

El día 28 de mayo de 2008 se reunió el jurado formado por los profesores:

Ricardo Bonilla

María Eugenia Korody

Alba López

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES"**.

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de: **INGENIERO CIVIL.**

Una vez oída la defensa oral que el bachiller hizo de su Trabajo Especial, este jurado decidió la siguiente calificación:

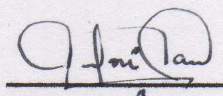
NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Número	Letras
Bule S., Wadih R.	18	Dieciocho

RECOMENDACIONES (Si las hubiera): \_\_\_\_\_

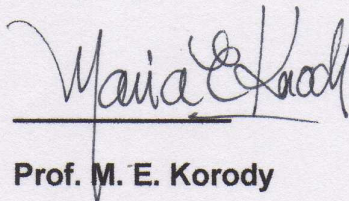
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

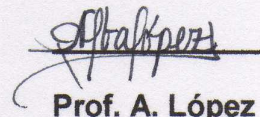
### FIRMAS DEL JURADO



Prof. R. Bonilla



Prof. M. E. Korody



Prof. A. López

Caracas, 28 de mayo de 2008

**Bule S., Wadih R.**

**“INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES  
ESCOLARES.”**

**Tutor Académico: Prof. Ricardo A. Bonilla M.  
Trabajo Especial de Grado. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Civil. 2008. N°. Páginas 98.**

Palabras Clave: Vulnerabilidad Sísmica, Elementos No-Estructurales,  
Sismorresistencia.

**RESUMEN**

En Venezuela existe una gran cantidad de escuelas cuyas estructuras presentan una alta vulnerabilidad ante la eventual ocurrencia de sismos. Los elementos no estructurales presentes en dichas escuelas no escapan a esta vulnerabilidad, dado que también pueden ocasionar lesiones y pérdida de vidas humanas.

El presente proyecto plantea clasificar los elementos no estructurales que ponen en riesgo la vida de las personas en las escuelas de acuerdo con la amenaza que representan a la vida de las personas y la vulnerabilidad que pudieran presentar a la hora de un sismo. Para cumplir con este objetivo, se procedió a representar de manera numérica la amenaza que representan los diferentes elementos no estructurales para la vida de las personas, la ocurrencia de lesiones y la obstaculización de las vías de escape, desarrollar una planilla que permita cuantificar la vulnerabilidad en la que se encuentran los elementos no estructurales en las edificaciones escolares y diseñar un manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.

Luego de realizadas estas actividades, se determinó que es posible cuantificar el riesgo que representan los elementos no estructurales estimando la vulnerabilidad de cada uno de estos y asignando valores constantes para los diferentes niveles de amenaza, además que la implementación de un manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares pudiera reducir significativamente el riesgo que representan los mismos.

El principal aporte de este trabajo es servir de pilar para futuras investigaciones en materia de “Vulnerabilidad Sísmica de los Elementos No Estructurales”, logrando con esto colaborar con las investigaciones existentes a nivel nacional para obtener así escuelas sísmicamente más seguras, preservando la vida de los niños y niñas en Venezuela.

**DEDICATORIA**

El Presente Trabajo Especial de Grado, se lo dedico a mi familia: a mis Padres: Rafic Bule y Hiam Safi de Bule a mi Hermano, William y a mi Abuela, Damia.

Bule S., Wadih R.

### **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo y como siempre. Gracias a Dios, por ser mi Guía.

Gracias a mis Padres y a mi Hermano, por ser apoyo incondicional todo este tiempo.

Gracias a mi Novia, Adriana, por ser la “piú bella” inspiración.

Gracias a todos los Profesores, pero en especial, Gracias a las Profesoras Jimena Arcaya, Anastasia Chimaras y María Eugenia Korody y a los Profesores Ricardo Bonilla, Eudoro López y Felipe Odehnl

Gracias a mis Amigos Académicos: Carlos Sanabria, José Alfredo Reyes, Roberto Azancot, Jesús Forsyth, Agustín Millán, María Carolina Sucre “Suki”, Giácomo Migliorini, y a todos aquellos que en estos momentos estoy pasando por alto.

Gracias también a mis “Amigos Hermanos”, José Antonio Bacha, William Bule, Pietro Ciaravella, José Manuel Dominguez, Alejandro Fernández y Miguel González Mele.

A todos, Muchas Gracias.

Wadih Bule.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I.1</b>	<b>Planteamiento del Problema:</b> .....	1
<b>I.2</b>	<b>Objetivos:</b> .....	3
<b>I.2.1</b>	<b>Objetivo General:</b> .....	3
<b>I.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos:</b> .....	3
<b>I.3</b>	<b>Justificación:</b> .....	4
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>II.1.</b>	<b>Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidad</b> .....	5
<b>II.2.</b>	<b>Elementos no Estructurales</b> .....	5
<b>II.3.</b>	<b>Descripción de los Elementos no Estructurales según la Amenaza que representan ante pérdida de vidas, lesiones y bloqueo de las rutas de escape</b> .....	6
<b>II.4.</b>	<b>Descripción de los Elementos no Estructurales según la Vulnerabilidad que presentan ante la eventual ocurrencia de un evento sísmico</b> .....	11
<b>III.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	16
<b>IV.</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SEGÚN LA AMENAZA QUE REPRESENTAN ANTE LA PÉRDIDA DE VIDAS, LESIONES Y BLOQUEO DE LAS RUTAS DE ESCAPE</b> .....	17
<b>V.</b>	<b>DISEÑO DE UNA PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA QUE SE ENCUENTRAN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES</b> .....	22
<b>VI.</b>	<b>DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA ADECUACIÓN SISMO RESISTENTE DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES</b> ...	28
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	34
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	35
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	37
<b>X.1</b>	<b>Anexo 1: Síntesis:</b> .....	38
<b>X.2</b>	<b>Anexo 2: Instructivo para el llenado de la planilla para la evaluación de las condiciones en las que se encuentran los elementos no estructurales en las edificaciones escolares</b> .....	53
<b>X.3</b>	<b>Anexo 3: Manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares</b> .....	58

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **I.1 Planteamiento del Problema:**

Actualmente, en Venezuela existe una gran cantidad de escuelas cuyas estructuras presentan una alta vulnerabilidad ante la eventual ocurrencia de sismos. Los elementos no estructurales presentes en dichas escuelas no escapan a esta vulnerabilidad, dado que también pueden ocasionar lesiones y pérdida de vidas humanas.

Esta vulnerabilidad quedó demostrada con el terremoto de Cariaco en Julio de 1997, al derrumbarse cuatro (4) edificaciones escolares quitándole la vida a 23 personas entre niños, jóvenes y profesores.

Según la recopilación presentada por López, Oscar y otros (2004), se han podido apreciar la repetición de colapso de escuelas a causa de terremotos, como por ejemplo: Molise, Italia (2002) destruyó una escuela primaria y mató 27 niños y un maestro. Boumerdès, Argelia (2003) causó serios daños en 564 escuelas. El-Asnam, Argelia (1980) el 70% de las escuelas fueron dañadas o destruidas. Armenia, Colombia (1988) del total de 25.000 muertes más de 6.000 fueron estudiantes y maestros de escuelas.

Lo anterior permite visualizar que la problemática de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismos en las escuelas no se encuentra únicamente en Venezuela, sino en diversas partes del planeta; especialmente en los países subdesarrollados se evidencia un mayor riesgo.



En la actualidad, el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), en un trabajo auspiciado por la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y el Fondo Nacional de Ciencias, Investigación y Tecnología (FONACIT), realiza labores de investigación y desarrollo de posibles medidas a seguir para disminuir la vulnerabilidad sísmica en las escuelas, enmarcadas estas actividades en el denominado “Proyecto Escuelas”. Específicamente, en este trabajo especial de grado se evaluará la amenaza que representan los elementos no estructurales a la vida de las personas y la vulnerabilidad que pudieran presentar dichos elementos a la hora de un sismo.

Se plantean por tanto las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los elementos no estructurales que ponen en riesgo (directa e indirectamente) la vida de las personas en las escuelas? y ¿Qué medidas deben tomarse para preservar la vida de las personas ante esta problemática?

## **I.2 Objetivos:**

### **I.2.1 Objetivo General:**

- Clasificar los elementos no estructurales que ponen en riesgo la vida de las personas en las escuelas de acuerdo con la amenaza que representan a la vida de las personas y la vulnerabilidad que pudieran presentar a la hora de un sismo.

### **I.2.2 Objetivos Específicos:**

- Representar de manera numérica la amenaza que representan los diferentes elementos no estructurales para la vida de las personas, la ocurrencia de lesiones y la obstaculización de las vías de escape.
- Desarrollar una planilla que permita cuantificar la vulnerabilidad en la que se encuentran los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.
- Diseñar un manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.

### **I.3 Justificación:**

El presente trabajo significará un aporte teórico de gran valía para las investigaciones que se llevan a cabo en Venezuela en materia de adecuación sísmica de las escuelas, ya que presentará parámetros para poder priorizar entre los diversos elementos no estructurales a la hora de futuras adecuaciones.

Además, como aporte metodológico, suministrará información básica sobre la colocación de los elementos no estructurales en las escuelas, de manera tal que no pongan en riesgo la vida de las personas que llevan a cabo actividades en éstas (académicas, administrativas y de mantenimiento).

A posteriori, en materia social, de tomarse las medidas adecuadas para la adaptación sísmica de las escuelas venezolanas, se logrará disminuir el riesgo al que estarían expuestas las vidas de los niños y niñas en edad escolar y del personal que labora en las escuelas cuando se presente un terremoto.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **II.1. Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidad**

El Riesgo Sísmico es la susceptibilidad o nivel de daño esperado que se produzca en una estructura ante la eventual ocurrencia de un sismo. Esto incluye la factibilidad de que se produzcan pérdidas de vidas. Éste, viene dado por la combinación de dos factores, a saber: Amenaza y Vulnerabilidad.

A efectos del presente Trabajo Especial de Grado, se considerará la Amenaza como el conjunto de factores naturales o condiciones propias de cada elemento que pudieran intervenir o afectar en la seguridad de una comunidad, es decir, ¿cómo y a qué nivel este elemento pudiera ser perjudicial para la colectividad?

La Vulnerabilidad Sísmica obedece a toda aquella actividad humana que influya, negativa o positivamente, en la seguridad de la comunidad ante la eventual ocurrencia de un sismo. Esto incluye desde el correcto diseño y construcción de las estructuras, hasta la colocación de elementos no estructurales que pudieran afectar de alguna manera la vida de las personas.

### **II.2. Elementos no Estructurales**

Se considerará como Elemento no Estructural, todo elemento que se encuentre en una edificación (arquitectónico, de servicio o mueble) que no haya sido incluido en el cálculo estructural de la edificación, es decir, que teóricamente

no preste ninguna resistencia para el soporte de las cargas verticales y sísmicas de la estructura, aunque pueda aportar alguna resistencia en la realidad.

Se considerará como Elemento no Estructural Arquitectónico, todo aquel que cumpla con los requerimientos para ser considerado elemento no estructural y que se presente en los planos arquitectónicos de la edificación, como por ejemplo las escaleras y los muros de mampostería. Será considerado como Elemento no Estructural de Servicio, todos los servicios públicos que pueden llegar a la edificación, a saber: electricidad, gas y agua. Y, por último, se considerará como Elemento no Estructural Mueble, todos aquellos bienes muebles presentes en la edificación que de alguna manera ponen en riesgo la vida de las personas a la hora de un sismo.

### **II.3. Descripción de los Elementos no Estructurales según la Amenaza que representan ante pérdida de vidas, lesiones y bloqueo de las rutas de escape**

#### **Elementos no Estructurales Arquitectónicos:**

##### **Escaleras:**

Ya que este elemento es la única vía de escape para las personas que se encuentren en niveles superiores (o inferiores), es imperioso evitar que se derrumbe el mismo, ya que de suceder esto, sería fatal para quienes intenten abandonar la edificación en ese momento, ocasionaría lesiones graves a cualquiera que se encuentre próximo a este elemento además de imposibilitar la

salida a todas las personas que se encuentren en niveles dónde no haya otro medio de escape.

### **Muros de Mampostería:**

Al momento de un sismo, este elemento pudiera ser perjudicial de dos maneras: Directamente al volcarse debido a las acciones sísmicas, pudiendo resultar fatal para las personas que se encuentren cerca de los mismos, además de ocasionar lesiones de gran gravedad en caso de aplastamiento de alguna extremidad. También presentaría elementos de tropiezos para la evacuación de la estructura. Indirectamente, y de manera más grave, es al confinar una sección de las columnas, produciendo así el llamado “efecto columna corta”, el cual es responsable del derrumbe de numerosas estructuras durante las acciones sísmicas.

### **Elementos no Estructurales de Servicios:**

#### **Electricidad:**

Si el cableado de electricidad de la estructura no se encuentra en óptimas condiciones de mantenimiento, el mismo pudiera desprenderse presentando un peligro para toda aquella persona que llegue a estar en contacto con este elemento. A pesar de esto, es muy poco probable que ocurran víctimas fatales por este elemento, además de que las lesiones que éste pudiera ocasionar (en caso de no ser letal) son leves. Presentaría cierta incomodidad al momento de evacuar

la edificación ya que si falla el sistema eléctrico no contaría la estructura con iluminación artificial.

**Gas:**

Al ser un compuesto inflamable y explosivo, el gas puede ocasionar víctimas fatales y lesiones de gravedad considerable dentro de cualquier edificación, además de presentar un elemento (el fuego) que ocasionaría cierta dificultad a la hora de intentar evacuar la edificación, para que esto suceda debe haber elementos inflamables en las vías de escape, por eso se considera que la dificultad para evacuar la edificación por este elemento no es tan alta.

**Agua:**

Es posible que con la ocurrencia de un sismo se desprendan las tuberías de aguas (blancas o servidas), que no ocasionarían pérdida de vidas, pero, por ocasionar que el suelo se torne resbaloso pudiera ocasionar tropiezos al momento de la salida de la estructura, pudiendo ocasionar además lesiones leves debidas a los mismos tropiezos.

**Elementos no Estructurales Muebles:**

**Lámparas:**

Por el simple hecho de que este elemento se encuentra colgando del techo, posibilitando así su eventual caída a la hora de un sismo, representa una amenaza poco probable, pero factible para la vida de las personas, aunque bien pudiera

ocasionar lesiones de cierta gravedad. Además, con su eventual caída (o la de los bombillos) se presenta un elemento que pudiera ocasionar cierta incomodidad a la hora de escapar de la edificación.

**Ventiladores:**

Elemento colgante y pesado, que consta de aspas altamente peligrosas en caso de que este elemento se desprenda de su lugar de colocación. En caso de que éste caiga sobre una persona, es posible que la misma pierda la vida o sufra de lesiones graves como consecuencia de esto. Además, presentaría un elemento que pudiera ocasionar tropiezos al momento de intentar salir de la edificación.

**Estantes:**

Por tratarse de elementos altos y pesados, en caso de presentar volcamiento, pudiera, de manera muy poco probable aunque factible, ocasionar la pérdida de alguna vida infante, aunque es posible que produzca lesiones de cierta gravedad a cualquier persona y sea elemento que ocasione tropiezos al momento de intentar evacuar las instalaciones.

**Puertas:**

Durante un terremoto, es posible que se deformen las paredes de la estructura, y con ello, el marco de las puertas en cualquier lugar de la edificación, logrando con esto dificultar en gran medida el escape de las personas que se encuentren del otro lado. Esto no quiere decir que se pierdan vidas ni que se produzcan lesiones por esto.



### **Cuadros:**

Al desprenderse de las paredes, estos elementos pudieran convertirse en material que ocasione tropiezos al intentar salir de la edificación. Más aún, si los mismos cuentan con vidrio, pudieran llegar a ocasionar lesiones leves, pero no originarían pérdida de vidas.

### **Ornamentos Pesados:**

Principalmente los que se encuentran por encima del nivel del piso en que se encuentren, al desplomarse de sus posiciones originales, estos elementos pudieran ocasionar pérdida de vidas, además de lesiones de cierta gravedad y también serían elementos que ocasionen tropiezos para evacuar la edificación.

### **Equipos Electrónicos:**

Si bien es prácticamente imposible que estos elementos ocasionen pérdida de vidas, su eventual caída a la hora de un sismo pudiera generar lesiones leves y cierta incomodidad para salir de la edificación.

### **Mesas y Sillas:**

Su deslizamiento únicamente pudiera generar que este elemento ocasione tropiezos a la hora de un sismo y la eventual desocupación de la estructura.

### **Equipos de laboratorio:**

Por tratarse de elementos pesados, en caso de presentar volcamiento, pudiera, de manera muy poco probable aunque factible, ocasionar la pérdida de

alguna vida infante, aunque es posible que produzca lesiones de cierta gravedad a cualquier persona y sea elemento que ocasione tropiezos al momento de intentar evacuar las instalaciones. Además, el mobiliario de laboratorio, suele tener en su interior frascos con sustancias químicas, las cuales al derramarse pudieran generar diversas incomodidades durante un sismo (generan gases, ocasionan tropiezos, pueden vincularse a otro factor y ocasionar incendios, entre otros).

#### **II.4. Descripción de los Elementos no Estructurales según la Vulnerabilidad que presentan ante la eventual ocurrencia de un evento sísmico**

##### **Elementos no Estructurales Arquitectónicos:**

##### **Escaleras:**

La vulnerabilidad de este elemento se presenta en la factibilidad del desprendimiento de los escalones o el derrumbamiento de la totalidad del mismo. Para intentar cuantificar esta vulnerabilidad se tomará en consideración la calidad de su vinculación a la estructura, el material de que está hecha, la longitud de sus tramos y el espesor de su losa.

##### **Muros de Mampostería:**

En el caso de las paredes o muros de mampostería, la vulnerabilidad se caracteriza en el derrumbe de las mismas, bien sea por desprendimiento de su vinculación a la estructura o por los agrietamientos sufridos durante algún evento sísmico. Los parámetros a ser considerados en este caso serían las condiciones

geométricas de estos elementos (ancho, alto y espesor) y la calidad de su vinculación a la estructura.

### **Elementos no Estructurales de Servicios:**

#### **Electricidad:**

Para este tipo de elemento, la vulnerabilidad se puede estimar de acuerdo a las condiciones generales que presenta el sistema de cableado.

#### **Gas:**

La vulnerabilidad se puede estimar de acuerdo a las condiciones generales que presenta el sistema de tuberías que transporta este elemento altamente inflamable.

#### **Agua:**

Para este tipo de elemento, la vulnerabilidad se puede estimar de acuerdo a las condiciones generales que presenta el sistema de tuberías, tanto de aguas blancas como de aguas servidas.

### **Elementos no Estructurales Muebles:**

#### **Lámparas:**

Para la inspección de la vulnerabilidad de este tipo de elementos, es preciso determinar la calidad de la vinculación del mismo, además de la presencia de algún tipo de componente que impida la caída de los bombillos.

### **Ventiladores:**

Los puntos vulnerables de este tipo de elementos se encuentran tanto en la calidad de su vinculación, como en la presencia o no de componentes de protección de las aspas giratorias que estos tienen.

### **Estantes:**

Por tratarse de elementos altos y pesados, la inspección deberá focalizarse en diversos elementos, como lo son las dimensiones del mismo (alto, ancho y espesor), el peso, la ubicación estimada del centro de masa, la calidad de su vinculación y si presenta o no elementos que pudieran generar peligro en caso de desplomarse.

### **Puertas:**

La vulnerabilidad de este tipo de elementos está dada por la dificultad que presenten los mismos para romperse en caso de ser necesario, es decir, si estos elementos se traban al momento de un sismo, deberá considerarse la posibilidad de romperlos buscando lograr así la salida del aula o la edificación. Mientras más resistente sea el material de estos elementos, mayor será la vulnerabilidad que estos presentarían debido a que sería más difícil desalojar el área que protegen.

### **Cuadros:**

La vulnerabilidad de este tipo de elementos, radica en la presencia o no de frontal de vidrio, y de su correcta vinculación a la estructura.

### **Ornamentos Pesados:**

Para este caso, es evidente que la vulnerabilidad se plantea en la factibilidad de la caída de este tipo de elementos, es por esto que, para su inspección, se proceda a considerar tanto la vinculación de estos elementos con la estructura y la altura con relación a la losa a la que estos elementos se encuentren.

### **Equipos Electrónicos:**

En este caso, la vulnerabilidad se presenta en la caída de los componentes pesados de los aparatos, es por esto que para el momento de la inspección se establece únicamente la condición de la instalación de los componentes.

### **Mesas y Sillas:**

La vulnerabilidad que presentan estos elementos consiste en su disposición en pasillos o en salones de forma tal que impidan u obstaculicen el libre tránsito de las personas hacia las respectivas salidas. La evaluación en sitio de estos elementos consistirá únicamente en verificar que tan buena es su disposición para el libre tránsito.

### **Equipos de laboratorio:**

Al ser elementos caracterizados por contener compuestos químicos, la inspección debería focalizarse básicamente en la presencia de sustancias químicas y su correcta disposición en estos equipos

En el Anexo 1 se puede apreciar una síntesis de la clasificación de los elementos no estructurales de acuerdo a la amenaza, a la vulnerabilidad, y las diferentes propuestas de solución para cada uno de éstos.

En trabajos realizados por Boroschek y Aztroza (2000) y la Secretaría de Salud de Honduras (2002), se plantea la clasificación de los elementos no estructurales en instalaciones de salud como Arquitectónicos, Equipos e Instalaciones básicas. Junto con esto aparecen también los trabajos elaborados por FEMA (1994 y 2004) que caracterizan los parámetros en riesgo como pérdida de vidas, pérdida de bienes materiales y fallas en el funcionamiento de las edificaciones.

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

Las actividades llevadas a cabo en este trabajo especial de grado fueron las siguientes:

#### **Levantamiento de la Información:**

- Investigación de material bibliográfico y de Internet relacionado con riesgo, amenaza y vulnerabilidad sísmica y elementos no estructurales.
- Visita de campo a dos escuelas (un preescolar y una escuela técnica) con la finalidad de apreciar los elementos no estructurales presentes en las mismas y que pudieran poner en riesgo la vida de las personas en las escuelas durante un sismo.

#### **Tratamiento de la Información:**

- Representación numérica de la amenaza que representan los elementos no estructurales para la vida y la seguridad de las personas.
- Planteamiento de medidas, económicamente viables y de fácil implementación, a ser tomadas para asegurar los elementos no estructurales que pongan en riesgo la vida de las personas en las escuelas durante un sismo.

#### **Elaboración del Instrumento:**

- Diseño de una planilla que permita cuantificar la vulnerabilidad en la que se encuentran los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.
- Diseño de un manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.

#### **IV. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SEGÚN LA AMENAZA QUE REPRESENTAN ANTE LA PÉRDIDA DE VIDAS, LESIONES Y BLOQUEO DE LAS RUTAS DE ESCAPE**

Inicialmente, se debe definir cuáles son los elementos no estructurales que presentan mayor amenaza ante algún evento sísmico en las escuelas, tanto para la vida de las personas, la ocurrencia de lesiones y la obstrucción de las vías de escape. Para este fin, se realizaron visitas a dos escuelas, logrando con esto la inspección de los elementos no estructurales presentes en las mismas, planteando las siguientes interrogantes: ¿Qué pasaría con este elemento si ocurriera un sismo?, ¿Cómo pudiera poner en riesgo la vida de las personas, ocasionar lesiones o interrumpir las vías de escape? y ¿Qué medidas económicamente viables se pudieran implementar para reducir este riesgo?

Posterior a esto, se describieron los diferentes niveles de amenaza a ser considerados (ver tabla 1), todo esto con la finalidad de dar prioridad a los elementos no estructurales que presenten mayor amenaza a la hora de tomar decisiones de adaptación de los elementos no estructurales.

	<b>Factores en riesgo</b>		
<b>Rango</b>	<b>Vida de las Personas</b>	<b>Lesiones</b>	<b>Vías de escape</b>
<b>Alto</b>	Fatal	Graves	Imposibilidad
<b>Moderado</b>	Algún riesgo	Moderadas	Dificultad
<b>Leve</b>	Poco probable	Leves	Incomodidad
<b>Nulo</b>	No se considera	No se considera	No se considera

Tabla 1: Descripción del nivel de amenaza.



INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

---

Después, se le asignaron los siguientes valores a cada parámetro en riesgo al igual que a cada rango establecido (ver tabla 2):

<b>Factores en riesgo</b>		<b>Rango establecido</b>	
<b>Vida de las Personas</b>	3	<b>Alto</b>	3
<b>Lesiones</b>	2	<b>Moderado</b>	2
<b>Vías de Escape</b>	1	<b>Leve</b>	1
		<b>Nulo</b>	0

Tabla 2: Valores para los factores en riesgo y el rango establecido.

Luego de establecer los valores de cada parámetro, se procedió a realizar la evaluación por consenso de cada uno de los elementos no estructurales a ser evaluados en el presente trabajo (ver tablas 3, 4 y 5). Este consenso se realizó con la participación del Profesor Ricardo Bonilla, tutor del presente Trabajo Especial de Grado, el Br. Wadih Bule, autor del mismo y el Br. Roberto Azancot, autor de un trabajo similar. De esta evaluación se obtuvieron los siguientes resultados:

Para los elementos arquitectónicos:

<b>Elementos Arquitectónicos</b>	<b>Factores en riesgo</b>		
	<b>Vida de las Personas</b>	<b>Lesiones</b>	<b>Vías de escape</b>
<b>Escaleras</b>	Alto	Alto	Alto
<b>Muros de Mampostería</b>	Alto	Alto	Moderado

Tabla 3: Amenaza a la que estarían expuestas la vida de las personas, las eventuales lesiones y las vías de escape por la existencia de los elementos no estructurales arquitectónicos ante un sismo.

INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

---

Para los elementos de servicios:

Elementos de Servicios	Factores en riesgo		
	Vida de las Personas	Lesiones	Vías de escape
<b>Electricidad</b>	Leve	Leve	Leve
<b>Gas</b>	Alto	Alto	Leve
<b>Agua</b>	Nulo	Leve	Leve

Tabla 4: Amenaza a la que estarían expuestas la vida de las personas, las eventuales lesiones y las vías de escape por la existencia de los elementos no estructurales de servicio ante un sismo.

Y para los elementos muebles:

Elementos Muebles	Factores en riesgo		
	Vida de las Personas	Lesiones	Vías de escape
<b>Lámparas</b>	Leve	Moderado	Leve
<b>Ventiladores</b>	Moderado	Alto	Leve
<b>Estantes</b>	Leve	Moderado	Leve
<b>Puertas</b>	Nulo	Nulo	Moderado
<b>Cuadros</b>	Nulo	Leve	Leve
<b>Ornamentos Pesados</b>	Moderado	Moderado	Leve
<b>Eq. Electrónicos</b>	Nulo	Leve	Leve
<b>Mesas</b>	Nulo	Nulo	Leve
<b>Sillas</b>	Nulo	Nulo	Leve
<b>Equipos de laboratorio</b>	Leve	Moderado	Leve

Tabla 5: Amenaza a la que estarían expuestas la vida de las personas, las eventuales lesiones y las vías de escape existencia de los elementos no estructurales muebles ante un sismo.

Finalmente, se aplicó el producto de los parámetros en riesgo por su rango y se realizó la sumatoria para cada uno de los elementos no estructurales obteniendo la siguiente matriz de amenaza (tabla 6):

INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

Elementos	Factores en riesgo			Amenaza Total
	Vida de las Personas	Lesiones	Vías de escape	
<b>Escaleras</b>	3 x 3	3 x 2	3 x 1	<b>18</b>
<b>Muros de Mampostería</b>	3 x 3	3 x 2	2 x 1	<b>17</b>
<b>Gas</b>	3 x 3	3 x 2	1 x 1	<b>16</b>
<b>Ventiladores</b>	2 x 3	3 x 2	1 x 1	<b>13</b>
<b>Ornamentos Pesados</b>	2 x 3	2 x 2	1 x 1	<b>11</b>
<b>Lámparas</b>	1 x 3	2 x 2	1 x 1	<b>8</b>
<b>Equipos de laboratorio</b>	1 x 3	2 x 2	1 x 1	<b>8</b>
<b>Estantes</b>	1 x 3	2 x 2	1 x 1	<b>8</b>
<b>Electricidad</b>	1 x 3	1 x 2	1 x 1	<b>6</b>
<b>Agua</b>	0 x 3	1 x 2	1 x 1	<b>3</b>
<b>Cuadros</b>	0 x 3	1 x 2	1 x 1	<b>3</b>
<b>Eq. Electrónicos</b>	0 x 3	1 x 2	1 x 1	<b>3</b>
<b>Puertas</b>	0 x 3	0 x 2	2 x 1	<b>2</b>
<b>Mesas</b>	0 x 3	0 x 2	1 x 1	<b>1</b>
<b>Sillas</b>	0 x 3	0 x 2	1 x 1	<b>1</b>

Tabla 6: Matriz de amenaza a la que estarían expuestas la vida de las personas, las eventuales lesiones y las vías de escape por la existencia de los elementos no estructurales ante un sismo.

El parámetro “Amenaza Total” es un valor asignado para establecer el nivel de amenaza que cada uno de los elementos presenta, además de ser un factor de comparación para dar prioridad a los elementos no estructurales a ser mejorados en cuanto a su colocación o instalación.

El nivel de amenaza será un parámetro considerado entre los siguientes rangos de valores:

De 0 a 4: Bajo

De 5 a 9: Regular

De 10 a 13: Alto, y

De 14 a 18: Extremo.

INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

---

Para finalizar, se le asignará un valor a cada uno de estos niveles de amenaza para cuantificarla y poder ir aproximando un posible valor final para el riesgo (tabla 7).

Valor Amenaza Total	Nivel de Amenaza	Valor
0 – 4	Bajo	1
5 – 9	Moderado	2
10 – 13	Alto	3
14 - 18	Extremo	4

Tabla 7: Valor asignado para cada uno de los niveles de amenaza.

Con esto queda ya cuantificado un posible valor para la amenaza de cada uno de los elementos no estructurales (tabla 8), valor que posteriormente será multiplicado por la vulnerabilidad (tratando de estimarla entre valores del 0 al 5) tratando de esta manera cuantificar el riesgo entre 0 y 20.

Elementos	Valor de la Amenaza
Escaleras	4
Muros de Mampostería	4
Gas	4
Ventiladores	3
Ornamentos Pesados	3
Lámparas	2
Equipos de laboratorio	2
Estantes	2
Electricidad	2
Agua	1
Cuadros	1
Eq. Electrónicos	1
Puertas	1
Mesas	1
Sillas	1

Tabla 8: Valor de la amenaza para cada uno de los elementos evaluados.

## V. DISEÑO DE UNA PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA QUE SE ENCUENTRAN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

Por tratarse de una evaluación para determinar la vulnerabilidad de los elementos no estructurales, se debe realizar una inspección visual de cada uno de los elementos en sitio. Para esto, es recomendable preparar una planilla en la que se especifiquen los parámetros a ser contemplados en la visita (ver anexo 2).

Se recomienda la inspección de todos los elementos no estructurales presentes en la edificación con la finalidad de lograr una mayor aproximación al valor real de la condición de vulnerabilidad de los mismos, logrando con esto una estimación más real de lo que sería el riesgo que representa cada uno de los mismos.

Inicialmente, se debería analizar cada uno de los elementos de acuerdo con los siguientes parámetros:

### **Elementos no Estructurales Arquitectónicos:**

#### **Escaleras:**

- Material: De acuerdo al tipo de material se puede saber si es más vulnerable a derrumbarse este elemento.
- Geometría: Se considera el largo del tramo y el espesor de la losa.
- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la vinculación.

### **Muros de Mampostería:**

- Geometría: Se considera para cada pared, el alto, el ancho y el espesor, buscando con esto estimar la vulnerabilidad ante volcamiento.
- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad del contacto pared columna.

### **Elementos no Estructurales de Servicios:**

#### **Electricidad:**

- Condición General: Revisión del estado del sistema de cableado.
- Sistema de interrupción del fluido eléctrico: Se verifica su existencia o no.

#### **Gas:**

- Condición General: Revisión del estado del sistema de tuberías.
- Juntas no flexibles: Se verifica su existencia y su cantidad en las juntas estructurales.
- Servicio de gas directo: Verdadero o falso, de ser falso se deberá incluir el tamaño y la cantidad de bombonas usadas.
- Sistema de interrupción de gas: Se verifica su existencia o no.

#### **Agua:**

- Condición General: Revisión del estado del sistema de tuberías.

### **Elementos no Estructurales Muebles:**

#### **Lámparas:**

- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la unión entre este elemento y la estructura ante su posible caída.
- Soporte de bombillos: Se verifica su existencia.

#### **Ventiladores:**

- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la unión entre este elemento y la estructura ante su posible caída.
- Protección de las aspas: Se verifica su existencia.

#### **Estantes:**

- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la unión entre este elemento y la estructura ante su posible caída.
- Elementos peligrosos: Se verifica su existencia en el mueble.
- Dimensiones: Alto, ancho y espesor, para estimar la vulnerabilidad ante volcamiento.
- Peso: Parámetro a considerar junto con las dimensiones para estimar la vulnerabilidad ante volcamiento.

#### **Puertas:**

- Material: Parámetro a considerar de acuerdo a la fragilidad del elemento.

**Cuadros:**

- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la unión entre este elemento y la estructura ante su posible caída.
- Frontal de vidrio: Se verifica su existencia.

**Ornamentos Pesados:**

- Vinculación a la estructura: Se estima la calidad de la unión entre este elemento y la estructura ante su posible caída.
- Altura: Mientras más próximos se encuentren estos elementos al nivel de la losa, son menos peligrosos para las personas.

**Equipos Electrónicos:**

- Instalación de los componentes: Condición de la vinculación de éstos con el elemento en el que se encuentren apoyados.

**Mesas y Sillas:**

- Disposición adecuada: Verdadero o falso.

**Equipos de laboratorio:**

- Disposición adecuada: Verdadero o falso.
- Presencia de químicos peligrosos: Verdadero o falso.



### **Elementos no Estructurales de Emergencia:**

- Plan de contingencia: Se verifica su existencia.
- Puertas: Adecuadas o no.
- Señales de escape: Existencia y condición general.
- Ruta de escape: Condición general.
- Elementos contra incendio: Existencia y condición general

Una vez revisados los parámetros antes señalados, el evaluador deberá estimar para cada elemento un nivel de vulnerabilidad y su valor asignado (tabla 9). Esto se debe a que cada caso podría presentar variables no estimadas en esta primera aproximación a la vulnerabilidad de los elementos no estructurales. Es por esto que se sugiere que la planilla sea llenada y evaluada por algún ingeniero, técnico, bombero o estudiante de ingeniería, quienes pudieran tener un mejor criterio en materia de vulnerabilidad.

<b>Nivel de Vulnerabilidad</b>	<b>Valor Asignado</b>
<b>No Existe el Elemento</b>	<b>0</b>
<b>Controlado</b>	<b>1</b>
<b>Bajo</b>	<b>2</b>
<b>Regular</b>	<b>3</b>
<b>Alto</b>	<b>4</b>
<b>Extremo</b>	<b>5</b>

Tabla 9: Valor asignado para cada nivel de vulnerabilidad estimado.

En caso de requerir un valor muy aproximado a las condiciones reales de los elementos no estructurales en la edificación, se recomienda evaluar todos los elementos aquí señalados presentes en la misma; mientras que si lo que se desea es obtener un resultado de la situación más desfavorable, entonces se

simplificaría el proceso a una primera inspección visual y posterior llenado de la planilla para cada uno de los elementos en condición más crítica.

Una vez establecidos los valores de vulnerabilidad, y asociando estos valores con los anteriormente descritos para la amenaza, sería posible obtener un valor numérico para el riesgo sísmico que plantean los elementos no estructurales. Como se consideró inicialmente unos valores para la amenaza en un rango de 1 a 4, y de vulnerabilidad del 0 al 5, es posible obtener valores para el riesgo estimados entre 0 y 20, a sabiendas que 0 es menos riesgoso y 20 es altamente riesgoso.

## **VI. DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA ADECUACIÓN SISMO RESISTENTE DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES**

Con la finalidad de que se tomen las medidas necesarias para disminuir el riesgo que involucra cada uno de los elementos no estructurales evaluados previamente, se procede a diseñar un “Manual para la Adecuación Sismorresistente de los Elementos no Estructurales en las Edificaciones Escolares” (ver anexo 3), de fácil comprensión y que establezca medidas, económicamente viables, para la correcta colocación de los elementos no estructurales.

Este manual contará con breves definiciones de elemento no estructural, elemento no estructural arquitectónico, elemento no estructural de servicio y elemento no estructural mueble, además de una síntesis de la amenaza que representa cada uno de los elementos para la vida de las personas, la ocurrencia de lesiones y las vías de escape, todo esto ya analizado en capítulos anteriores.

Para finalizar, el manual presentará posibles soluciones en el afán de reducir, en la mayor medida posible, el riesgo al que estaría expuesta la vida de las personas que frecuentan estas edificaciones. A continuación se proponen diversas soluciones para cada uno de los casos previamente evaluados:

### **Elementos no Estructurales Arquitectónicos:**

#### **Escaleras:**

El diseño original de este elemento debe ser planteado de manera que no se derrumbe a la hora de algún evento sísmico.

Plantear alguna solución estructural en cada caso particular que se aprecie vulnerable.

#### **Muros de Mampostería:**

No se debe generalizar alguna solución para este tipo de elementos, se recomienda colocar elementos que impidan el derrumbamiento de estos elementos, planteados de manera particular de acuerdo a cada caso de estudio.

### **Elementos no Estructurales de Servicios:**

#### **Electricidad:**

Revisión periódica de todas las conexiones y cableado

Instalación de un Sistema de Interrupción del Fluido Eléctrico.

#### **Gas:**

Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones.

Instalación de un sistema de interrupción de gas.

**Agua:**

Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones.

Realizar un correcto arriostre de las tuberías para prevenir su desprendimiento.

**Elementos no Estructurales Muebles:**

**Lámparas:**

Fijar de manera segura las lámparas al techo de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de la misma sobre los niños .

Colocar una malla de manera tal que los bombillos no puedan caer directamente al suelo ni sobre las personas.

**Ventiladores:**

Fijar de manera segura los ventiladores al techo y las paredes de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de los mismos sobre las personas.

Instalar únicamente ventiladores que presenten algún tipo de defensa en cuanto a las aspas.

**Estantes:**

Vincular estos elementos a las paredes por medio de perfiles metálicos atornillados tanto al estante como al muro.

Colocar los elementos más pesados en los niveles inferiores con la finalidad de bajar el centro de masa del estante.

**Puertas:**

Mientras se encuentren personas dentro de la zona que abarque la puerta, es recomendable que la misma permanezca abierta.

Idear posibles sistemas de apertura en caso de deformación del marco de la misma.

**Cuadros:**

Vincular estos elementos a las paredes, atornillándolos a las mismas.

**Ornamentos Pesados:**

De acuerdo a cada caso particular, deberán ser fijados bien sea a las paredes, piso o techo, de manera tal que se prevenga cualquier caída de los mismos afectando a las personas durante un sismo.

**Equipos Electrónicos:**

Colocar los componentes alejados de los bordes de las mesas o contra las paredes.

Fijar estos elementos a las mesas en las que se encuentren por medio de cintas adhesivas.

**Mesas y Sillas:**

Evitar la colocación de estos elementos de manera tal que pudieran obstruir la salida de gran cantidad de gente al mismo tiempo.

**Equipos de laboratorio:**

Se debe implementar algún sistema de separadores o elementos para la correcta colocación de los frascos que en este tipo de mobiliario se suele almacenar.

## **VII. CONCLUSIONES**

Una vez finalizado el presente Trabajo Especial de Grado se concluye que es posible cuantificar el riesgo que representan los elementos no estructurales, implementando una metodología para la estimación de la vulnerabilidad de cada uno de estos y asignando valores constantes para los diferentes niveles de amenaza.

El instrumento para la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales permitirá conocer más parámetros para el cálculo del riesgo estimado en el que se encuentra una edificación y podrá dar a conocer los elementos que presenten mayor vulnerabilidad para darle corrección antes de la ocurrencia de algún siniestro.

Además, la implementación de un manual para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares pudiera reducir significativamente el riesgo que representan los mismos debido a que plantea posibles soluciones para reducir la vulnerabilidad que presentan ante la eventual ocurrencia de un sismo.



### **VIII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la implementación de la planilla para la estimación de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales en cada uno de los elementos que se aprecie estar en la condición más crítica entre los de su misma tipología y que se encuentren en la misma edificación.

Además, es recomendable dar continuidad a este tipo de investigaciones ya que ésta pudiera ser una primera aproximación al estudio del riesgo que representan los elementos no estructurales.

También realizar trabajos de mayor envergadura en el afán de lograr una calibración del instrumento para la estimación de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales. Inclusive, se pudiera llegar a considerar parámetros como la densidad de personas que pudieran llegar a ser afectadas por cada uno de los elementos presentes en la edificación.

Otra recomendación sería el difundir manuales para la adecuación sismorresistente de los elementos no estructurales en las edificaciones escolares ubicadas en todo el Territorio Nacional con la intención de reducir significativamente el riesgo que estos elementos representan, además de realizar estudios similares para todo tipo de edificaciones.

Por último, y no menos importante, se recomienda dar continuidad y seguimiento al “Proyecto Escuelas”, llevado a cabo por el IMME bajo el auspicio de FEDE, FONACIT y FUNVISIS.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Boroschek, Rubén y Aztroza, Maximiliano (2000). *Aspectos No Estructurales* [Libro en línea]. Consultado el 13 de julio de 2007 en: <http://202.54.104.236/intranet/eha/Mitigacion/Contenidos/spanish/noestructurales.htm>

FEMA (1994). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage* [Libro en línea]. Consultado el 03 de agosto de 2007 en: <http://www.fema.gov/plan/prevent/earthquake/pdf/fema-74-reducing-1.pdf>

FEMA (2004). *Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds* [Libro en línea]. Consultado el 04 de agosto de 2007 en: <http://www.fema.gov/pdf/plan/prevent/rms/424/fema424.pdf>

Governor's Office of Emergency Services (2003). *Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools* [Libro en línea]. Consultado el 15 de abril de 2007 en: <http://www.documents.dgs.ca.gov/dsa/pubs/SB1122.pdf>

López, O., Hernández, J., Del Re, G. y Puig, J. (2004). *Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela*. Boletín Técnico IMME. Vol. 42. Nº 3. P. 33-56.

Secretaría de Salud – Honduras (2002). *Estudio de la Vulnerabilidad No Estructural* [Libro en línea]. Consultado el 24 de mayo de 2007 en: <http://www.paho.org/Spanish/DD/PED/03VulnerabilidadnoEstructural.pdf>

Silva, Eduardo, y otros (s. a.). *Reglas de Seguridad, en Caso de Terremoto, para Establecimientos Educativos con Población Estudiantil Mayor de Trece Años* [Libro en línea]. Consultado el 06 de junio de 2007 en: <http://www.proyectoleonardo.net/ProyectoLeonardo/files/esilvaMANUAL%20ILUSTRADO%20max3.pdf>

**X. ANEXOS**

**X.1 Anexo 1: Síntesis:**

**Elemento:**

Escaleras (elemento arquitectónico).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Puede llegar a ser fatal.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de escape:** Pudiera hasta imposibilitar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Factibilidad del desprendimiento de los escalones o el derrumbamiento de la totalidad del mismo.

**Posible solución:**

El diseño original de este elemento debe ser planteado de manera que no se derrumbe a la hora de que suceda algún evento sísmico, además, para edificaciones ya construidas se debe plantear alguna solución estructural en cada caso particular que se aprecie vulnerabilidad.

**Elemento:**

Muros de mampostería (elemento arquitectónico).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Puede llegar a ser fatal.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría cierta dificultad para alcanzar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Derrumbe o volcamiento del elemento.

**Posible solución:**

No se debe generalizar alguna solución para este tipo de elementos, se recomienda colocar elementos que impidan el derrumbamiento de estos elementos, planteados de manera particular de acuerdo a cada caso de estudio.

**Elemento:**

Electricidad (elemento de servicio).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Es poco probable que este elemento produzca víctimas fatales.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría cierta incomodidad para alcanzar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Desprendimiento del cableado, cortos circuitos.

**Posible solución:**

Revisión periódica de todas las conexiones y cableado además de la instalación de un sistema de interrupción del fluido eléctrico.



**Elemento:**

Gas (elemento de servicio).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Puede llegar a ser fatal.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría cierta dificultad para alcanzar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Fisuras en el sistema pudieran generar explosiones e incendios.

**Posible solución:**

Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones.

Instalación de un Sistema de Interrupción del Gas.

**Elemento:**

Agua (elemento de servicio).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** No aplica.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de escape:** Representaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Derrames que pudieran interferir negativamente en el intento de desalojo de la estructura.

**Posible solución:**

Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones, además de un correcto arriostre de las tuberías para prevenir su desprendimiento.

**Elemento:**

Lámparas (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Es poco probable que este elemento produzca víctimas fatales.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

**Vías de escape:** Representaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Caída del elemento o de parte de sus componentes.

**Posible solución:**

Fijar de manera segura las lámparas al techo de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de la misma sobre los niños.

Colocar una malla de manera tal que los bombillos no puedan caer directamente al suelo ni sobre las personas.

**Elemento:**

Ventiladores (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Representa un peligro latente.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría cierta dificultad para alcanzar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Caída del elemento o de parte de sus componentes.

**Posible solución:**

Fijar de manera segura los ventiladores al techo y las paredes de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de los mismos sobre las personas.

Instalar únicamente ventiladores que presenten algún tipo de defensa en cuanto a las aspas.

**Elemento:**

Estantes (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Es poco probable que este elemento ocasione pérdida de vidas.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Volcamiento del elemento y la caída de posibles elementos adicionales presentes en el mismo.

**Posible solución:**

Vincular estos elementos a las paredes por medio de perfiles metálicos atornillados tanto al estante como al muro.

Colocar los elementos más pesados en los niveles inferiores con la finalidad de bajar el centro de masa del estante.

**Elemento:**

Puertas (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** No aplica.

**Lesiones:** No aplica.

**Vías de escape:** Puede ocasionar gran dificultad para la salida de la edificación.

**Vulnerabilidad:**

Bloqueo de las vías de escape.

**Posible solución:**

Mientras se encuentren personas dentro de la zona que abarque la puerta, es recomendable que la misma permanezca abierta.

Idear posibles sistemas de apertura en caso de deformación del marco de la misma.

**Elemento:**

Cuadros (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** No aplica.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de escape:** Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Caída del elemento y frontales de vidrio posiblemente presentes en el mismo.

**Posible solución:**

Vincular estos elementos a las paredes, atornillándolos a las mismas.

**Elemento:**

Ornamentos Pesados (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Es poco probable que este elemento ocasione pérdidas de vidas.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

**Vías de escape:** Presentarían dificultad para alcanzar la salida.

**Vulnerabilidad:**

Caída del elemento.

**Posible solución:**

De acuerdo a cada caso particular, deberán ser fijados bien sea a las paredes, piso o techo, de manera tal que se prevenga cualquier caída de los mismos afectando a las personas durante un sismo.



**Elemento:**

Equipos Electrónicos (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** No aplica.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de escape:** Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Caída de los componentes pesados.

**Posible solución:**

Colocar los componentes pesados alejados de los bordes de las mesas o contra las paredes, además de fijar estos elementos a las mesas en las que se encuentren por medio de cintas adhesivas.

**Elemento:**

Mesas y Sillas (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** No aplica.

**Lesiones:** No aplica.

**Vías de escape:** Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Obstaculización de las vías de escape,

**Posible solución:**

Evitar la colocación de estos elementos de manera tal que pudieran obstruir la salida de gran cantidad de gente al mismo tiempo.

**Elemento:**

Equipos de laboratorio (elemento mueble).

**Amenaza:**

**Vida de las Personas:** Es poco probable que este elemento ocasione pérdidas de vidas.

**Lesiones:** Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

**Vías de escape:** Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

**Vulnerabilidad:**

Caída de frascos posiblemente contenedores de compuestos químicos peligrosos.

**Posible solución:**

Se debe implementar algún sistema de separadores o elementos para la correcta colocación de los frascos que en este tipo de mobiliario se suele almacenar.

**X.2 Anexo 2: Instructivo para el llenado de la planilla para la evaluación de las condiciones en las que se encuentran los elementos no estructurales en las edificaciones escolares.**

## **INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE LA PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA QUE SE ENCUENTRAN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES**

Se recomienda que la presente evaluación sea realizada por personal que se considere que tenga un apropiado criterio en materia de vulnerabilidad, por ejemplo, algún ingeniero, técnico, bombero o estudiante de ingeniería.

Se recomienda la inspección de todos los elementos no estructurales presentes en la edificación con la finalidad de lograr una mayor aproximación al valor real de la condición de vulnerabilidad de los mismos.

La persona encargada de la evaluación, deberá llenar de forma clara y legible la información solicitada por la planilla. En caso de no poder contestar alguno de los puntos, deberá dejar en blanco las casillas del mismo.

La primera información a ser colocada, corresponde a los datos generales del colegio a ser inspeccionado: Nombre y Dirección del colegio, Persona de Contacto y Teléfono, Número de Secciones, Alumnos, Profesores y Personal Administrativo, y un esquema o croquis de la ubicación del Colegio.

Posterior a esto, todas las casillas (salvo algunas excepciones que serán destacadas) tendrá el formato de marque con una "x" la respuesta que estime conveniente.

### **Elementos no Estructurales Arquitectónicos:**

#### **Escaleras:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Geometría: Largo del tramo y el Espesor de la losa.
- Material: Deberá escribir el tipo de material usado para su construcción.

#### **Muros de Mampostería:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Dimensiones: Alto, Ancho y el Espesor

### **Elementos no Estructurales de Servicios:**

#### **Electricidad:**

- Condición General: Buena, Regular o Mala.
- Sistema de interrupción del fluido eléctrico: Se verifica su existencia o no.

**Gas:**

- Condición General: Buena, Regular o Mala.
- Servicio de gas directo: Verdadero o falso, de ser falso se deberá incluir el tamaño y la cantidad de bombonas usadas.

**Agua:**

- Condición General: Buena, Regular o Mala.

**Elementos no Estructurales Muebles:**

**Lámparas:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Soporte de bombillos: Se verifica su existencia o no.

**Ventiladores:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Protección de las aspas: Se verifica su existencia o no.

**Cuadros:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Frontal de vidrio: Se verifica su existencia o no.

**Estantes:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Dimensiones: Alto, ancho y espesor.
- Peso: Se estima.
- Centro de Masa: Se estima alto, medio o bajo.
- Elementos peligrosos: Se verifica su existencia o no en el mueble.

**Equipos Electrónicos:**

- Vinculación de los componentes: Buena, Regular o Mala.

**Equipos de laboratorio:**

- Presencia de químicos peligrosos: Se verifica su existencia o no en el mueble.

**Ornamentos Pesados:**

- Vinculación a la estructura: Buena, Regular o Mala.
- Altura: Altura de estos elementos con respecto al nivel de la losa.

**Mesas y Sillas:**

- Disposición General: Buena, Regular o Mala.

**Puertas:**

- Material: Especificar el tipo de material del que está hecha.

**Elementos no Estructurales de Emergencia:**

- Plan de contingencia: Se verifica su existencia.
- Puertas: Se verifica si son adecuadas o no.
- Ruta de escape: Libre, con obstáculos o bloqueada.
- Señales de escape: Adecuado, inadecuado, no hay.
- Elementos contra incendio: Adecuado, inadecuado, no hay.

Una vez revisados los parámetros antes señalados, el evaluador deberá estimar para cada elemento un nivel de vulnerabilidad y su valor asignado (ver tabla). Esto se debe a que cada caso podría presentar variables no estimadas en esta primera aproximación a la vulnerabilidad de los elementos no estructurales. Es por esto que se sugiere que la planilla sea llenada y evaluada por algún ingeniero, técnico, bombero o estudiante de ingeniería, quienes pudieran tener un mejor criterio en materia de vulnerabilidad.

Nivel de Vulnerabilidad	Valor Asignado
No Existe el Elemento	0
Controlado	1
Bajo	2
Regular	3
Alto	4
Extremo	5

Valor asignado para cada nivel de vulnerabilidad estimado.

En caso de requerir un valor muy aproximado a las condiciones reales de los elementos no estructurales en la edificación, se recomienda evaluar todos los elementos aquí señalados presentes en la misma; mientras que si lo que se desea es obtener un resultado de la situación más desfavorable, entonces se

INCIDENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SOBRE  
LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

simplificaría el proceso a una primera inspección visual y posterior llenado de la planilla para cada uno de los elementos en condición más crítica.

PLANILLA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA QUE SE ENCUENTRAN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES ESCOLARES															
Información General del Colegio															
Nombre:						Croquis de Ubicación									
Dirección:															
Persona contacto:															
Teléfonos:															
Número de Secciones:				Profesores:											
Matrícula:				P. Admin:											
Elementos no estructurales arequitectónicos:												Elementos no estructurales de servicios			
Escaleras:			Paredes:			Electricidad			Gas:			Agua			
Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Condición General	Buena	<input type="checkbox"/>	Condición General	Buena	<input type="checkbox"/>	Condición General	Buena	<input type="checkbox"/>	
	Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>	Regular
	Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>	
Geometría		Long.:	Dimensión		Alto:	Sistema de interrup.		Si	Gas directo		Si	Sist. Int. Gas		Si	
		Espesor:			Ancho:			No			No			No	
Material:				Espesor:				Capacidad:							
Elementos no estructurales muebles												Elementos de Emergencia			
Lámparas:			Ventiladores:			Cuadros:			Estantes:			Plan de Contingenc.			
Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	No			
	Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Si					
	Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>	No			
Soporte de bombillos		Si	Protección de aspas		Si	Frontal de vidrio		Si	Dimensión		Alto:	Libre			
		No			No			No			Ancho:	Obstác.			
											Espesor:	Bloq.			
Eq. Electrónicos:			Ornamentos pesados:			Sillas y Mesas:			Peso est.:			Ruta de escape			
Vinculación de los component.	Buena	<input type="checkbox"/>	Vinculación a la Estructura	Buena	<input type="checkbox"/>	Disposición General	Buena	<input type="checkbox"/>	Alto		Adec.				
	Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>		Regular	<input type="checkbox"/>	Medio		Inadec.				
	Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>		Mala	<input type="checkbox"/>	Bajo		N / P				
Equipo de Laboratorio:			Nivel de la losa			Puertas:			Centro de masa			Señales de escape			
Químicos Peligrosos		Si			Si			Material:		Si		Adec.			
		No			No					No		Inadec.			
Observaciones Adicionales:						Vulnerabilidad Estimada									
						Elemento		Vulnerab.		Valor					
						Escaleras:									
						Paredes:									
						Electricidad									
						Gas:									
						Agua									
						Lámparas:									
						Ventiladores:									
						Cuadros:									
						Estantes:									
						Eq. Electrónicos									
						Ornamentos pesados:									
Sillas y Mesas:															
Puertas:															



**X.3 Anexo 3: Manual para la adecuación sismorresistente de los  
elementos no estructurales en las edificaciones escolares.**

# Manual para la Adecuación Sismorresistente de los Elementos no Estructurales en las Edificaciones Escolares

## Elementos no Estructurales

A efectos del presente Manual, se consideran como elementos no estructurales todo elemento que se encuentre en una edificación (arquitectónico, de servicio o mueble) que no preste ninguna resistencia para el soporte de las cargas verticales y sísmicas de la misma y que no haya sido incluido en el cálculo estructural de la edificación.

# Elementos no Estructurales Arquitectónicos

Todo aquel que cumpla con los requerimientos para ser considerado elemento no estructural y que se presente en los planos arquitectónicos de la edificación, como por ejemplo las escaleras y los muros de mampostería.

# Escaleras

## Vida de las Personas:

Puede llegar a ser fatal.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

## Vías de Escape:

Puede hasta imposibilitar la salida de la edificación.

# Escaleras

## Posible Solución:

- ✓ El diseño original de este elemento debe ser planteado de manera que no se derrumbe a la hora de algún evento sísmico.
- ✓ Plantear alguna solución estructural en cada caso particular que se aprecie vulnerable.

# Muros de Mampostería

**Vida de las Personas:**

Puede llegar a ser fatal.

**Lesiones:**

Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de Escape:**

Presentarían dificultad para alcanzar la salida.

## Muros de Mampostería

### Posible Solución:

- ✓ No se debe generalizar alguna solución para este tipo de elementos, se recomienda colocar elementos que impidan el derrumbamiento de estos elementos, planteados de manera particular de acuerdo a cada caso de estudio.



# Elementos no Estructurales de Servicio

Todos los servicios públicos que pueden  
llegar a la edificación, a saber: electricidad,  
gas y agua.

# Instalaciones Eléctricas



# Instalaciones Eléctricas

## Vida de las Personas:

Es poco probable que este elemento produzca víctimas fatales.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

## Vías de Escape:

Presentarían incomodidad para alcanzar la salida.

# Instalaciones Eléctricas

Posible Solución:

- ✓ Revisión periódica de todas las conexiones y cableado.
- ✓ Instalación de un Sistema de Interrupción del Fluido Eléctrico.

# Instalaciones de Gas



# Instalaciones de Gas

## Vida de las Personas:

Puede llegar a ser fatal.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

## Vías de Escape:

Presentarían cierta dificultad para alcanzar la salida.

# Instalaciones de Gas

## Posible Solución:

- ✓ Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones.
- ✓ Instalación de un Sistema de Interrupción de Gas.

# Instalaciones de Agua

**Vida de las Personas:**

No se considera.

**Lesiones:**

Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de Escape:**

Representaría algún elemento que ocasione tropiezos.



# Instalaciones de Agua

## Posible Solución:

- ✓ Revisión periódica del sistema de tuberías y conexiones.
- ✓ Realizar un correcto arriostre de las tuberías para prevenir su desprendimiento.

# Elementos no Estructurales Muebles

Todos aquellos bienes muebles presentes en la edificación que de alguna manera ponen en riesgo la vida de las personas.

# Lámparas



# Lámparas

## Vida de las Personas:

Es poco probable que este elemento produzca víctimas fatales.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

## Vías de Escape:

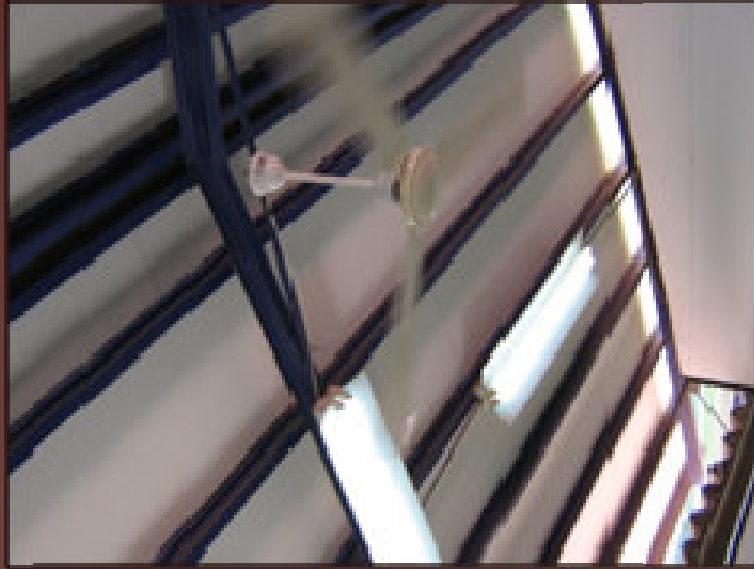
Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

## Lámparas

### Posible Solución:

- ✓ Fijar de manera segura las lámparas al techo de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de la misma sobre los niños .
- ✓ Colocar una malla de manera tal que los bombillos no puedan caer directamente al suelo ni sobre las personas.

# Ventiladores



# Ventiladores

**Vida de las Personas:**

Representa un peligro latente.

**Lesiones:**

Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

**Vías de Escape:**

Presentaría cierta dificultad para alcanzar la salida.

# Ventiladores

## Posible Solución:

- ✓ Fijar de manera segura los ventiladores al techo y las paredes de la edificación de manera tal que pueda prevenir la caída de los mismos sobre las personas.
- ✓ Instalar únicamente ventiladores que presenten algún tipo de defensa en cuanto a las aspas.



# Estantes



## Estantes

### Vida de las Personas:

Es poco probable que este elemento ocasione pérdida de vidas.

### Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

### Vías de Escape:

Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

## Estantes

### Posible Solución:

- ✓ Vincular estos elementos a las paredes por medio de perfiles metálicos atornillados tanto al estante como al muro.
- ✓ Colocar los elementos más pesados en los niveles inferiores con la finalidad de bajar el centro de masa del estante.

# Puertas

**Vida de las Personas:**

No se considera.

**Lesiones:**

No se considera.

**Vías de Escape:**

Puede ocasionar gran dificultad para la salida de la edificación.

## Puertas

### Posible Solución:

- ✓ Mientras se encuentren personas dentro de la zona que abarque la puerta, es recomendable que la misma permanezca abierta.
- ✓ Idear posibles sistemas de apertura en caso de deformación del marco de la misma.

# Cuadros

**Vida de las Personas:**

No se considera.

**Lesiones:**

Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de Escape:**

Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

## Cuadros

### Posible Solución:

- ✓ Vincular estos elementos a las paredes, atornillándolos a las mismas.
- ✓ Evitar en la medida de lo posible la colocación de frontales de vidrio.

# Ornamentos Pesados





# Ornamentos Pesados

## Vida de las Personas:

Es probable que este elemento ocasiona pérdidas de vidas.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de cierta gravedad.

## Vías de Escape:

Presentarían cierta incomodidad para alcanzar la salida.

## Ornamentos Pesados

### Posible Solución:

- ✓ De acuerdo a cada caso particular, deberán ser fijados bien sea a las paredes, piso o techo, de manera tal que se prevenga cualquier caída de los mismos afectando a las personas durante un sismo.

# Equipos Electrónicos



# Equipos Electrónicos

**Vida de las Personas:**

No se considera.

**Lesiones:**

Pudiera ocasionar lesiones leves.

**Vías de Escape:**

Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

## Equipos Electrónicos

Posible Solución:

- ✓ Colocar los componentes pesados alejados de los bordes de las mesas o contra las paredes.
- ✓ Fijar estos elementos a las mesas en las que se encuentren por medio de cintas adhesivas.

# Mesas y Sillas

**Vida de las Personas:**

No se considera.

**Lesiones:**

No se considera.

**Vías de Escape:**

Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.

## Mesas y Sillas

### Posible Solución:

- ✓ Evitar la colocación de estos elementos de manera tal que pudieran obstruir la salida de gran cantidad de gente al mismo tiempo.

# Equipos de Laboratorio

## Vida de las Personas:

Es poco probable que este elemento ocasione pérdidas de vidas.

## Lesiones:

Pudiera ocasionar lesiones de gran gravedad.

## Vías de Escape:

Presentaría algún elemento que ocasione tropiezos.



## Equipos de Laboratorio

### Posible Solución:

- ✓ Se debe implementar algún sistema de separadores o elementos para la correcta colocación de los frascos que en este tipo de mobiliario se suele almacenar.