

## **5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.**

### **5.1. INFORMACIÓN RECOPIADA EN LA EVALUACIÓN DETALLADA.**

La información recogida mediante la evaluación detallada, que se realizó a las escuelas seleccionadas como muestra específica, se encuentra consignada en el Anexo 6 y de él se extractó la distribución de las características de las edificaciones escolares, de acuerdo con los parámetros de evaluación que se plantearon previamente, agrupándose la información por formulario y por parámetro.

Para los parámetros del Formulario 1 se tabularon las respuestas obtenidas en las escuelas de la muestra específica para la evaluación detallada y para los parámetros del Formulario 2 se tabularon las respuestas para todos los bloques independientes evaluados en cada una de ellas, los cuales equivalen a 38 edificaciones. Igualmente, para el Formulario 4 se tabularon los resultados para cada bloque evaluado, es decir 22 bloques con muros confinados. Para el Formulario 3, que evalúa los bloques con sistema estructural pórtico en concreto reforzado, se analizaron los resultados obtenidos para las preguntas que evaluaban sus elementos estructurales y no estructurales.

#### **5.1.1. Parámetros evaluados en el Formulario 1.**

Mediante el Formulario 1 se evaluaron tres generalidades de cada escuela definidas como Entorno y ubicación, Suelos y Seguridad y zonas de evacuación. A

continuación, se muestra el análisis del comportamiento de estos parámetros dentro de la muestra específica.

- **Entorno y ubicación.**

En relación con este parámetro se encontró que el 35 % de las escuelas evaluadas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 50 % medio y el 15 % alto, identificándose que el 90 % de estas escuelas se encuentran ubicadas en zonas con topografías planas o con pendientes menores a 20°, el 25 % de los establecimientos evaluados se encuentra localizado en cercanías de un río, en el 15 % de los muros de cerramiento se observan fisuras y en el 20 % se registraron inclinaciones y grietas.

- **Suelos.**

Los resultados obtenidos en este parámetro muestran que el 40 % de las escuelas evaluadas detalladamente tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 25% medio, el 20 % alto y el 15 % muy alto. De acuerdo con la clasificación de perfiles de suelo de la NSR-98, un 30 % de los suelos sobre los cuales se encuentran cimentadas las escuelas presentan perfiles S1, el 50 % se encuentra sobre suelos con perfiles S2 y el 20 % restante sobre suelos con perfiles S3. En cuanto a la pregunta que evalúa la presencia de fallas en elementos estructurales o no estructurales debidas a asentamientos diferenciales, se encontró que estas se evidencian en el 55 % de las escuelas visitadas.

- **Seguridad y zonas de evacuación.**

La evaluación de este parámetro arrojó que el 10 % de las escuelas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 50 % medio, el 25 % alto y 15 % muy alto. En el 60 % de las escuelas de la muestra específica no existe facilidad para evacuar

hacia zonas libres en caso de emergencia, en el 65 % no se hacen nunca simulacros de evacuación y solo en un 15 % se han hecho simulacros alguna vez, con ayuda de la defensa civil y los bomberos.

### 5.1.2. Parámetros evaluados en el Formulario 2.

- **Edad, número de pisos y clasificación estructural.**

El análisis de la información recogida en los parámetros Número de pisos y Edad de la edificación indica que el 29 % de las escuelas de la muestra específica presentan un rango de vulnerabilidad bajo, el 13 % medio, el 55 % alto y el 3 % muy alto. De los 38 bloques escolares evaluados, el 63 % tienen un piso, el 32 % tienen dos pisos y el 3 % tienen tres pisos. Antes de 1984 fueron construidos el 56 % de los bloques, el 39 % de los bloques fue construido entre 1984 y 1997 y el 5 % después de 1997. Finalmente, en cuanto a la tipología estructural se registró que un 26 % tiene muros sin confinar, el 58 % muros confinados y el 16 % pórticos en concreto reforzado.

- **Cambios de uso y ampliaciones.**

Al evaluar en qué han consistido los cambios de uso de las edificaciones o las remodelaciones, si las hubo, se encontró que el 66 % de las escuelas evaluadas tiene un rango de vulnerabilidad bajo, el 18 % medio, el 3 % alto y el 13 % muy alto. El 79 % de los bloques no ha tenido cambios de uso, a un 18 % se le ha cambiado el uso incrementando las cargas actuantes y a un 5 % reduciéndolas. A un 29 % de los bloques se les ha hecho remodelaciones, de los cuales el 45 % consistieron en ampliaciones adosadas o en planta, pero ninguna fue separada con junta apropiada. El 55 % consistieron en ampliaciones en altura y en el 33 % de los casos no se hicieron las adecuaciones estructurales requeridas.

- **Golpeteo.**

Con respecto a los parámetros evaluados para determinar las condiciones que generan problemas de colindancia, se encontró que el 55 % de las escuelas de la muestra específica tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 26 % medio y 19 % muy alto. El 56 % de los bloques no tiene problemas de colindancia, el 26 % son bloques de esquina y el 18% son intermedios. Dentro de las 17 edificaciones que pueden tener problemas de colindancia, solo el 12 % tiene altura de entrepiso coincidente con la de las edificaciones adyacentes.

- **Cubierta.**

Los resultados obtenidos al evaluar la cubierta indican que, en relación con este parámetro, el 58 % de las escuelas evaluadas presenta un rango de vulnerabilidad bajo, el 34 % medio y el 8 % alto. El 58 % de los bloques tiene cubierta de teja de asbesto – cemento, el 39 % tiene sistema residencial, es decir, teja de asbesto – cemento más teja de barro, y el 3 % tiene cubierta de teja de barro. Todos los bloques tienen cercha metálica como estructura de cubierta y en el 55 % de los casos esta se encuentra apoyada sobre vigas corona, en el 24 % de los casos sobre muros sin confinar y en el 21 % sobre muros confinados. En cuanto a los amarres y anclajes de la estructura de cubierta, un 52 % presentan corrosión.

- **Aspectos geométricos.**

La distribución porcentual para este parámetro muestra que, en relación con la geometría y la distribución de los muros estructurales en las direcciones principales de la edificación, el 26 % de las escuelas de la muestra específica presenta un rango de vulnerabilidad bajo, el 39 % medio, el 24 % alto y el 11 % muy alto. El 23 % de los bloques no presentan ninguna irregularidad, el 34 % presenta retrocesos

en las esquinas, irregularidades del diafragma o sistemas no paralelos y el 5 % desplazamiento de los planos de acción. No hay simetría en el 37 % de los bloques y en el 45 % de ellos la proporción existente entre sus dimensiones en planta se caracteriza por tener el largo mayor que tres veces el ancho. Solo en el 8 % hay continuidad de todos los muros verticalmente, el 26 % tiene algunos muros con discontinuidades y el 66 % tiene discontinuidades en la mayoría de los muros. En el 26 % de los casos, hay muros estructurales en cada dirección principal, y en el 74 % la mayoría de los muros estructurales se concentran en una sola dirección.

- **Aspectos constructivos y grado de deterioro.**

El análisis de los resultados obtenidos en este parámetro indica que, con relación a la calidad de la construcción y grado de deterioro de los elementos, el 82 % de las escuelas evaluadas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 16 % medio y el 2 % alto.

El 16 % de las paredes tienen superficies con alto grado de deterioro, con humedades o desprendimientos, el 21 % tiene algún grado de deterioro y el 63 % no tiene deterioro considerable. En los cielorrasos solo el 3 % tiene alto grado de deterioro, el 11 % tiene algún grado y en el 86 % de los casos no hay cielorraso o no está deteriorado. En los pisos se observó algún grado de deterioro, con fisuras y pequeños desniveles, en el 37 % de los casos y en el 21 % se observó alto grado de deterioro, con grietas y hundimientos muy evidentes. En general las canales de las edificaciones se encuentran en buen estado o no hay. En el caso de no haberlas, las aguas lluvias son manejadas con cunetas en las afueras de los corredores que rodean las aulas. Las juntas de pega son de buena calidad en el 89 % de los casos, con espesores de pega uniformes tanto horizontal como verticalmente. El 11 % de las edificaciones presenta, en zonas localizadas, espesores de pega no uniformes. En el 53 % de los casos, el mortero de pega tiene buena adherencia con el ladrillo y no se deja rayar ni se desmorona y en el

43 % no presenta buena calidad. En cuanto al estado y colocación de los ladrillos, en el 84 % de las edificaciones evaluadas, estos no se encuentran fisurados, quebrados ni despegados y están dispuestos continua y uniformemente hilada tras hilada. El 14 % de las edificaciones presenta en algunas zonas ladrillos de mala calidad.

### 5.1.1. Parámetros evaluados en el Formulario 3.

El Formulario 3 se empleó para evaluar las edificaciones cuyo sistema estructural es pórtico en concreto y está conformado por dos parámetros, uno que evalúa los elementos estructurales y otro, que evalúa los no estructurales.

- **Elementos estructurales.**

Cuatro de las cinco edificaciones evaluadas como pórticos en concreto tienen un rango de vulnerabilidad bajo y una tiene un rango de vulnerabilidad medio. De las cinco edificaciones con esta tipología estructural, cuatro presentan continuidad total en columnas y vigas; ninguno tiene cambios de sección de las columnas de un piso a otro ni manchas amarillentas en la superficie del concreto. Todos los pórticos presentan concreto de buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto. En una edificación las vigas presentan fisuras, pero ninguna columna se encuentra fisurada y dos de las losas presentan deflexiones leves y filtraciones. Finalmente, en dos de las edificaciones evaluadas las columnas tienen dimensiones inferiores a 30x30 cm y todas las edificaciones tienen una excentricidad de las vigas respecto a la columnas que les dan apoyo no superior al 25 % del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga.

## • Elementos no estructurales.

Los resultados de la evaluación muestran que de los cinco pórticos en concreto evaluados detalladamente dos presentan un rango de vulnerabilidad medio y tres un rango de vulnerabilidad alto en los parámetros. Dos edificaciones tienen confinados algunos de los muros con columnetas y viguetas y tres tienen pocos o ningún muro confinado. El estado de los muros es bueno en cuatro de los casos y en una edificación presentan fisuras y humedades. Tres de las edificaciones tienen los antepechos sin confinamiento y en una se encuentran en mal estado, con fisuras y humedades.

En cuanto a las culatas, solo en una edificación tienen confinamiento. Las aberturas y vanos tienen un área menor al 35 % del área de los muros en cuatro de los casos y en tres, la longitud de los vanos y aberturas es mayor o igual a la mitad de la longitud de los muros. También en tres de las edificaciones se registró una distancia menor a 50 cm desde el borde del muro hasta la abertura adyacente. En relación con la posición de aberturas adyacentes a elementos estructurales verticales, se evidenció que en cuatro de las edificaciones hay presencia de columna corta.

### 5.1.2. Parámetros del Formulario 4.

La evaluación de los parámetros considerados en Formulario 4, que evalúa las edificaciones con sistema estructural muros confinados, arrojó que, de los 22 bloques de muros confinados evaluados, el 27 % tiene un rango de vulnerabilidad bajo, el 59 % medio, el 9 % alto y el 5 % muy alto. El 50 % de las edificaciones con muros confinados no tiene continuidad en algún elemento estructural y el 27 % tiene concreto de mal aspecto en las columnetas y viguetas, con hormigueros y el acero expuesto en zonas localizadas.

En el 5 % de las edificaciones se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto. Solo el 48 % de las edificaciones tiene confinados todos sus muros con columnetas y viguetas, el 30 % tiene algunos muros sin confinamiento y el 22 % tiene pocos muros confinados. El 86 % presenta buen contacto entre muros y elementos de confinamiento y el 95 % tiene espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical mayor a la altura del entrepiso. En el 9 % de los casos se observó pandeo en las columneta y en el 5 % deflexiones en las viguetas. El 36 % de las edificaciones tiene columnetas y viguetas con secciones de área menor a  $400 \text{ cm}^2$ .

El estado de los muros es bueno en el 59 % de los casos y el 41 % presenta fisuras, grietas, particiones, pandeo y/o humedades. El 73 % de los bloques tiene los antepechos sin confinamiento y el 32 % se encuentra en mal estado, con fisuras o grietas, particiones y/o humedades. En el 41 % de los casos las culatas tienen confinamiento y en el 82 % las aberturas y vanos tienen un área menor al 35 % del área de los muros.

En el 82 % de las edificaciones evaluadas la longitud de los vanos y aberturas es mayor o igual a la mitad de la longitud de los muros. En el 78% de estas se registró una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente menor a 50 cm. En relación con la posición de aberturas adyacentes a elementos estructurales verticales, se evidenció que en el 68 % de los bloques hay columnas cortas en varias zonas de la edificación.

## **5.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA.**

### **5.2.1. Resultados de la evaluación detallada en la muestra específica.**

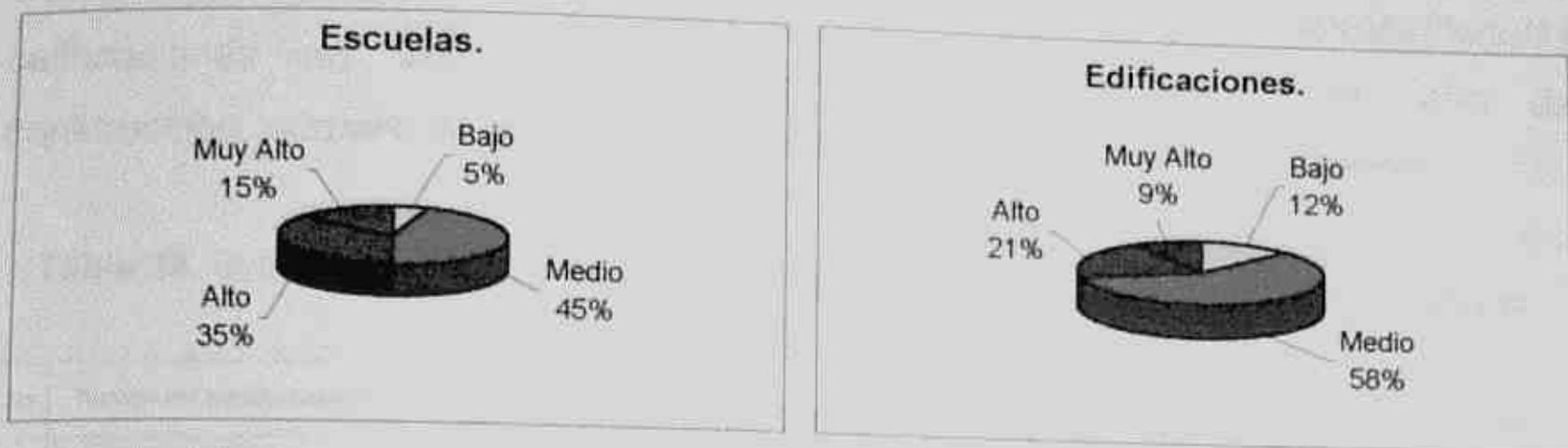
La mayoría de los establecimientos educativos se encuentran constituidos por edificaciones muy similares, razón por la cual se decidió evaluar detalladamente, para la determinación del grado de vulnerabilidad, los dos bloques que presentan la peor y mejor condición; sin embargo, las edificaciones no evaluadas se midieron de acuerdo con lo definido en el procedimiento detallado y se hicieron algunas observaciones básicas para su caracterización y posterior calificación. En las escuelas donde se encontraron edificaciones con pórticos en concreto, estas también fueron evaluadas, ya que por su edad podrían indicar una falsa tendencia del grado de vulnerabilidad de la escuela. El grado de vulnerabilidad de las edificaciones seleccionadas en cada escuela, se determinó siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo anterior, las calificaciones obtenidas se muestran en el Anexo 6 y en el Anexo 7, el grado de vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas en cada escuela.

El grado de vulnerabilidad de las escuelas se determinó mediante un ponderado por áreas de las calificaciones obtenidas para cada edificio. Para las edificaciones no evaluadas la calificación fue asignada de acuerdo con su sistema estructural, estado de deterioro y a las calificaciones obtenidas para la edificación evaluada con la cual presentan las mayores semejanzas. En la Tabla 37 se resumen los resultados obtenidos y en la Figura 9 se presenta la distribución porcentual del grado de vulnerabilidad de la muestra específica. La distribución porcentual muestra que de las veinte escuelas evaluadas el 5 % tienen grado de vulnerabilidad bajo, el 45 % medio, el 35 % alto y el 15 % muy alto; y analizando el grado de vulnerabilidad por edificación se obtuvo que, de las 58 edificaciones, el 12 % tiene grado de vulnerabilidad bajo, el 58 % medio, el 21 % alto y el 9 % muy alto.

Tabla 37. Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica obtenidos con el procedimiento de evaluación detallado.

Establecimiento	N.B.	B.	S.E.	V.V. Bloque	G.V. Bloque	A <sub>Bloque</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>Esc</sub> (m <sup>2</sup> )	V.V. Esc.	G.V. Esc.
C.D. Fernando de Aragón	2	1	MSC	31,6	MUY ALTO	626	729	30	MUY ALTO
		2	MC	17,1	MEDIO	103			
C.D. Francisco José de Caldas	1	1	MSC	31,6	MUY ALTO	511	511	32	MUY ALTO
C.D. Francisco Montes Idrobo	5	1	MSC	28,6	ALTO	155	685	21	ALTO
		2	MSC	28,6	ALTO	155			
		3	MC	14,6	MEDIO	107			
		4	MC	14,6	MEDIO	119			
		5	MC	14,6	MEDIO	149			
C.D. Isaías Gamboa	3	1	MC	7,3	BAJO	186	369	7	BAJO
		2	MC	7,3	BAJO	144			
		3	MC	6,4	BAJO	39			
C.D. José Ramón Bejarano	3	1	MC	12,5	MEDIO	306	918	12	MEDIO
		2	MC	12,5	MEDIO	306			
		3	PC	10,3	MEDIO	306			
C.D. La Anunciación	3	1	MC	15,3	MEDIO	208	542	15	MEDIO
		2	MC	15,3	MEDIO	208			
		3	PC	12,9	MEDIO	126			
C.D. Las Américas	3	1	MC	16,3	MEDIO	244	532	16	MEDIO
		2	PC	16,0	MEDIO	144			
		3	PC	16,0	MEDIO	144			
C.D. República del Brasil	3	1	MC	7,0	BAJO	71	657	15	MEDIO
		2	MC	16,4	MEDIO	345			
		3	MC	16,4	MEDIO	241			
C.D. Santa Elena	2	1	MSC	33,3	MUY ALTO	395	493	30	MUY ALTO
	2	MC	14,2	MEDIO	98				
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	1	1	MSC	26,0	ALTO	556	556	26	ALTO
Esc. Cristina Serrano de Lourido	1	1	MC	29,4	ALTO	712	712	29	ALTO
Esc. General Anzoategui	3	1	PC	31,5	MUY ALTO	587	884	29	ALTO
		2	MSC	26,9	ALTO	258			
		3	MC	11,9	MEDIO	39			
Esc. José María Villegas	3	1	MSC	29,3	ALTO	376	577	23	ALTO
		2	MC	11,0	MEDIO	87			
		3	MC	11,0	MEDIO	114			
Esc. Luis Carlos Peña	1	1	MC	16,2	MEDIO	418	418	16	MEDIO
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	6	1	MC	11,7	MEDIO	14	353	10	MEDIO
		2	MC	11,7	MEDIO	51			
		3	MC	11,7	MEDIO	15			
		4	MC	10,1	MEDIO	75			
		5	MC	11,7	MEDIO	64			
		6	PC	9,0	BAJO	134			
Esc. Mario Lloreda	3	1	MC	17,9	MEDIO	438	561	18	MEDIO
		2	MC	10,2	MEDIO	88			
		3	MSC	40,0	MUY ALTO	35			
Esc. Olga Lucía Lloreda	1	1	MSC	25,6	ALTO	406	406	25,6	ALTO
Esc. República de Francia	5	1	MC	11,8	MEDIO	142	517	11	MEDIO
		2	MC	11,8	MEDIO	93			
		3	MC	9,4	BAJO	70			
		4	MC	9,4	BAJO	70			
		5	MC	11,8	MEDIO	142			
Esc. Rufino José Cuervo	6	1	MSC	27,3	ALTO	287	1148	26	ALTO
		2	MSC	27,3	ALTO	287			
		3	MSC	27,3	ALTO	359			
		4	PC	10,4	MEDIO	72			
		5	MC	10,4	MEDIO	45			
		6	MSC	27,3	ALTO	98			
Esc. San Pedro Codenal	3	1	MC	13,7	MEDIO	104	170	16	MEDIO
		2	MSC	25,5	ALTO	40			
		3	MC	13,7	MEDIO	26			

N.B.: Número de bloques, B.: Bloque, V.V.: Valor de vulnerabilidad, G.V.: Grado de vulnerabilidad.



**Figura 9.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por escuelas y por edificaciones independientes.

### 5.2.2. Resultados de la evaluación simplificada en la población estudiada.

El procedimiento simplificado de evaluación descrito en el Capítulo 4, se aplicó a las escuelas restantes de la población estudiada y posteriormente se aplicó a las escuelas de la muestra específica para hacer la comparación que se había proyectado y plantear una discusión metodológica.

En la Tabla 38 se resume el procedimiento de determinación del grado de vulnerabilidad (GV) en las escuelas restantes de la población estudiada. El significado de las abreviaturas de la tabla se muestra a continuación:

E: Estructura y TE: Tipología estructural.

S: Suelos; PS: Perfil de suelo y FMA: Fallas en la mampostería debidas a asentamientos.

G: Geometría.

AC: Año de construcción.

NP: Número de pisos.

C: Cubierta.

Las abreviaturas C.E., C.S., C.G., C.AC., C.NP., C.C. y C.T., representan las calificaciones de los parámetros estructura, suelos, geometría, año de construcción, número de pisos, cubierta y calificación total, respectivamente.

**Tabla 38.** Grado de vulnerabilidad de las escuelas restantes de la población estudiada.

No.	Nombre del establecimiento	E (50 %)		S (15 %)				G (15 %)		AC (5 %)		NP (5 %)		C (10 %)		CT	G.V.	
		T.E	C.E	PS	CPS	FMA	CF	C.S.	G	C.G.	Año	C.AC	NP	C.NP	C			C.C
1	C.D. Benjamín Herrera	MSC	30,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Irregular	30	1932	30	1	5	T3	30	28,8	MUY ALTO
2	C.D. Bienestar Social	MC	20,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1970	30	1	5	T1	5	17,5	MEDIO
3	C.D. Cacique de Guatavita	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1960	30	1	5	T2	17	23,0	ALTO
4	C.D. Célamo Rueda	MC+MSC	23,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1967	30	1	5	T3	30	21,1	ALTO
5	C.D. Celmira Bueno de Orejuela	PC+MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1962	30	2	17	T2	17	23,6	ALTO
6	C.D. Ciudad Córdoba	MC+PC	10,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1984	17	2	17	T2	17	13,7	MEDIO
7	C.D. Croydon	MC	20,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1967	30	1	5	T1	5	20,8	ALTO
8	C.D. Eduardo Riscos Grueso	MC+MSC+PC	13,3	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1962	30	2	17	T2	17	12,9	BAJO
9	C.D. Estado de Puerto Rico	MC+MSC	28,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1902	30	1	5	T2	17	24,1	ALTO
10	C.D. Evaristo García	MSC+PC	22,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1938	30	1	5	T2	17	21,1	ALTO
11	C.D. Fernando Velasco	MC	5,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1972	30	1	5	T1	5	7,4	BAJO
12	C.D. Gabriel Montaño T.	MC+PC	10,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1972	30	2	17	T1	5	14,5	MEDIO
13	C.D. General Santander	MSC+MC	16,7	S2	7	Si (b)	12	19,0	Intermedia	17	1945	30	1	5	T2	17	17,2	MEDIO
14	C.D. Jhon F. Kennedy	MC+PC	8,3	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1962	30	2	17	T1	5	9,2	BAJO
15	C.D. José María Vivas Balcazar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MUY ALTO
16	C.D. Juan XXIII	MC	20,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1952	30	1	5	T2	17	20,5	ALTO
17	C.D. León XIII	MC	10,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Intermedia	17	1977	30	1	5	T2	17	13,9	MEDIO
18	C.D. Once de Noviembre	MSC	30,0	S3	10	Si (b)	12	22,0	Intermedia	17	1952	30	1	5	T1	5	23,1	ALTO
19	C.D. Panamericana	MC+PC	11,7	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1964	30	1	5	T2	17	14,5	MEDIO
20	C.D. Purificación Trujillo	MC+PC	16,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1970	30	2	17	T2	17	19,1	MEDIO
21	C.D. Rafael Zamorano	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
22	C.D. San Roque	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1962	30	2	17	T2	17	25,7	MUY ALTO
23	C.D. Santo Domingo	MSC	30,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1969	30	2	17	T3	30	23,0	ALTO
24	C.D. Simón Bolívar	MSC	30,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Regular	5	1940	30	1	5	T1	5	18,8	MEDIO
25	Esc. Normal Nal Superior de Señoritas de Cali	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30	1937	30	2	17	T2	17	26,9	MUY ALTO
26	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	MC+MSC	24,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1952	30	1	5	T2	17	20,3	ALTO
27	Esc. Camilo Torres	MC	15,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	1	5	T2	17	15,8	MEDIO
28	Esc. Ciudad de Cali	MSC+PC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1972	30	2	17	T2	17	21,8	ALTO
29	Esc. Club Noel	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Intermedia	17	1962	30	2	17	T1	5	23,8	ALTO
30	Esc. Esther Zorrilla	MC	10,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1961	30	1	5	T2	17	11,1	BAJO
31	Esc. Eustaquio Palacios	MSC	30,0	S1	2,5	Si (b)	12	14,5	Intermedia	17	1943	30	2	17	T2	17	23,8	ALTO
32	Esc. Fenalco Asturias	MC	10,0	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1972	30	1	5	T2	17	10,6	BAJO
33	Esc. Francisco de Paula Santander	MC	11,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1952	30	1	5	T2	17	13,8	MEDIO
34	Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MC+PC	11,7	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1963	30	2	17	T2	17	15,1	MEDIO
35	Esc. General Carlos Albán	MC	15,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1962	30	1	5	T3	30	17,5	MEDIO
36	Esc. Hernando Caicedo	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1921	30	1	5	T2	17	27,0	MUY ALTO
37	Esc. Honorio Villegas	MSC+MC	21,7	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1962	30	2	17	T2	17	23,4	ALTO
38	Esc. Juan de Ampudia	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1962	30	1	5	T2	17	23,0	ALTO
39	Esc. Juan Pablo II Nápoles	MC+PC	13,8	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Regular	5	1975	30	3	30	T2	17	15,7	MEDIO
40	Esc. Juana de Caicedo y Cuero	PC+MSC	23,8	S1	2,5	No	2,5	5,0	Regular	5	1978	30	2	17	T3	30	18,7	MEDIO
41	Esc. La Gran Colombia	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	1	5	T2	17	27,0	MUY ALTO
42	Esc. La Presentación	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1930	30	1	5	T3	30	28,3	MUY ALTO
43	Esc. María Perla	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30	1962	30	1	5	T2	17	26,3	MUY ALTO
44	Esc. Portete de Tarqui	MSC+PC	23,8	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1970	30	2	17	T2	17	18,1	MEDIO
45	Esc. Rafael Uribe Uribe	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	2	17	T1	5	24,5	ALTO
46	Esc. República del Ecuador	MSC	30,0	S2	7	No	2,5	9,5	Irregular	30	1942	30	1	5	T2	17	24,4	ALTO
47	Esc. República del Perú	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1930	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
48	Esc. San Pedro Alejandrino	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	2	17	T2	17	26,4	MUY ALTO
49	Esc. Sebastián de Belalcázar	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1968	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
50	Esc. Veinticinco de Julio	MC+MSC	18,3	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1984	17	1	5	T3	30	18,1	MEDIO

### 5.2.3. Análisis comparativo entre los procedimientos detallado y simplificado.

Para analizar el comportamiento del grado de vulnerabilidad de todas las escuelas de la población estudiada, fue necesario determinar si era posible hacer una integración de los resultados de ambos procedimientos. Al aplicar el procedimiento simplificado basado en la información preliminar a las escuelas de la muestra específica, se compararon los resultados obtenidos con los grados de vulnerabilidad que arrojó la evaluación detallada y se observó el mismo comportamiento, a excepción de tres escuelas en las cuales se registraron diferencias en el grado de vulnerabilidad, resultado de variaciones muy pequeñas en las calificaciones, que alcanzan a ubicar el valor calculado en un intervalo distinto. En la Tabla 39 se muestra el procedimiento de cálculo del grado de vulnerabilidad y la comparación.

**Tabla 39.** Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica.

No.	Nombre del establecimiento	E (50 %)		S (15 %)				G (15 %)		AC (5 %)		NP (5 %)		C (10 %)		CT	G.V.	Evaluación detallada	
		T.E	C.E	PS	CPS	FMA	CF	C.S.	G	C.G.	Año	C.AC	NP	C.NP	C				C.C
51	C.D. Fernando de Aragón	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30,0	1962	30,0	2	17,0	T2	17,0	26,4	Muy Alto	Muy Alto
52	C.D. Francisco José de Caldas	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30,0	1960	30,0	2	17,0	T1	5,0	25,7	Muy Alto	Muy Alto
53	C.D. Francisco Montes Idrobo	MC+MSC	21,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1969	30,0	1	5,0	T2	17,0	19,4	Medio	Alto
54	C.D. José Ramón Bejarano	PC+MC	9,0	S3	10	No	2,5	12,5	Interm.	17,0	1985	17,0	2	17,0	T3	30,0	13,6	Medio	Medio
55	C.D. La Anunciación	PC+MC	19,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Interm.	17,0	1982	30,0	2	17,0	T2	17,0	20,6	Alto	Medio
56	C.D. Las Américas	PC+MC	15,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Interm.	17,0	1984	17,0	2	17,0	T3	30,0	19,3	Medio	Medio
57	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	MC+PC	9,5	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1991	17,0	2	17,0	T1	5,0	10,9	Bajo	Bajo
58	C.D. Mario Lloreda	MC+MSC	20,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1960	30,0	1	5,0	T2	17,0	18,9	Medio	Medio
59	C.D. República de Francia	MC	12,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1970	30,0	1	5,0	T2	17,0	14,9	Medio	Medio
60	C.D. República del Brasil	MC+MSC	21,7	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1950	30,0	1	5,0	T3	30,0	19,6	Medio	Medio
61	C.D. Rufino José Cuervo	MSC+MC+P	25,8	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1962	30,0	2	17,0	T2	17,0	20,9	Alto	Alto
62	C.D. Santa Elena	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30,0	1901	30,0	1	5,0	T2	17,0	25,8	Muy Alto	Muy Alto
63	Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	MSC	30,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Irregular	30,0	1953	30,0	2	17,0	T2	17,0	24,3	Alto	Alto
64	Esc. Cristina Serrano de Lourido	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Irregular	30,0	1968	30,0	1	5,0	T2	17,0	25,0	Muy Alto	Alto
65	Esc. General Anzoategui	MSC+MC	23,3	S1	2,5	Si (b)	12	14,5	Irregular	30,0	1953	30,0	2	17,0	T3	30,0	23,7	Alto	Alto
66	Esc. Isaias Gamboa	MC	10,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Interm.	17,0	1987	17,0	1	5,0	T1	5,0	9,9	Bajo	Bajo
67	Esc. José María Villegas	MC+MSC	16,7	S3	10	Si (b)	12	22,0	Irregular	30,0	1965	30,0	1	5,0	T3	30,0	20,9	Alto	Alto
68	Esc. Luis Carlos Peña	MC	10,0	S2	7	No	2,5	9,5	Irregular	30,0	1942	30,0	2	17,0	T2	17,0	15,0	Medio	Medio
69	Esc. Olga Lucía Lloreda	MSC	30,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1960	30,0	1	5,0	T2	17,0	23,9	Alto	Alto
70	Esc. San Pedro Codenal	MSC+MC	16,7	S3	10	Si (b)	12	22,0	Interm.	17,0	1972	30,0	2	17,0	T2	17,0	18,2	Medio	Medio

Debido a que la selección de las escuelas de la muestra específica logró una buena representatividad en las escuelas de toda la población estudiada, fue posible identificar para cada establecimiento, una escuela de la muestra específica que

presenta características muy similares, con la excepción de algunas de las escuelas que la Secretaría de Educación Municipal reportó en mayor riesgo. De esta manera, al comparar los grados de vulnerabilidad de la población estudiada con los de las escuelas que las representan en la muestra específica, también se encontraron resultados bastante similares. Dicha comparación se muestra en la Tabla 40.

**Tabla 40.** Comparación entre grados de vulnerabilidad de la muestra específica y las demás escuelas de la población estudiada.

No.	Nombre del establecimiento	G.V.	Establecimiento correspondiente de la muestra específica.	G.V.
1	C.D. Benjamín Herrera	MUY ALTO	C.D. Francisco José de Caldas	MUY ALTO
2	Esc. Hernando Caicedo	MUY ALTO		
3	C.D. Bienestar Social	MEDIO	C.D. República de Francia	MEDIO
4	C.D. Juan XXIII	ALTO		
5	C.D. León XIII	MEDIO		
6	Esc. Camilo Torres	MEDIO		
7	Esc. Francisco de Paula Santander	MEDIO		
8	Esc. General Carlos Albán	MEDIO	Esc. Cristina Serrano de Lourido	ALTO
9	C.D. Cacique de Guatavita	ALTO		
10	C.D. Celmo Rueda	ALTO	C.D. Mario Lloreda	MEDIO
11	C.D. Croydon	ALTO		
12	C.D. Ciudad Córdoba	MEDIO	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	BAJO
13	C.D. Jhon F. Kennedy	BAJO		
14	C.D. Eduardo Riascos Grueso	BAJO	Esc. San Pedro Codenaí	MEDIO
15	C.D. Purificación Trujillo	MEDIO		
16	C.D. Estado de Puerto Rico	ALTO	C.D. Francisco Montes Idrobo	ALTO
17	C.D. Evaristo García	ALTO		
18	C.D. General Santander	MEDIO		
19	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	ALTO		
20	C.D. Fernando Velasco	BAJO	Esc. Isalás Gamboa	BAJO
21	Esc. Esther Zorrilla	BAJO		
22	Esc. Fenaico Asturias	BAJO	C.D. Las Américas	MEDIO
23	C.D. Gabriel Montaña T.	MEDIO		
24	C.D. Once de Noviembre	ALTO		
25	C.D. San Roque	MUY ALTO		
26	C.D. Santo Domingo	ALTO		
27	C.D. Simón Bolívar	MEDIO		
28	Esc. La Presentación	MUY ALTO		
29	Esc. María Perla	MUY ALTO		
30	Esc. Rafael Uribe Uribe	ALTO		
31	Esc. República del Ecuador	ALTO		
32	Esc. República del Perú	MUY ALTO		
33	Esc. Sebastián de Belalcázar	MUY ALTO		
34	Esc. La Gran Colombia	MUY ALTO		
35	C.D. Panamericana	MEDIO	C.D. José Ramón Bejarano	MEDIO
36	Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MEDIO		
37	Esc. Juan Pablo II Nápoles	MEDIO		
38	Esc. Normal Nat. Superior de Señoritas de Cali	MUY ALTO	C.D. Fernando de Aragón	MUY ALTO
39	Esc. Honorio Villegas	ALTO		
40	Esc. San Pedro Alejandrino	MUY ALTO		
41	C.D. José María Vivas Balcazar	MUY ALTO	C.D. Rutino José Cuervo	ALTO
42	Esc. Ciudad de Cali	ALTO		
43	Esc. Club Noel	ALTO		
44	Esc. Juana de Caicedo y Cuero	MEDIO		
45	Esc. Portete de Tarqui	MEDIO		
46	C.D. Celmira Bueno de Orajuela	ALTO		
47	C.D. Rafael Zamorano	MUY ALTO		
48	Esc. Eustaquio Palacios	ALTO		
49	Esc. Juan de Ampudia	ALTO		
50	Esc. Veinticinco de Julio	MEDIO	C.D. República del Brasil	MEDIO

La coincidencia de los resultados obtenidos con ambos procedimientos ayuda a demostrar que en la aplicación de los métodos cualitativos no se justifica un desarrollo detallado de los parámetros de evaluación, en estimaciones del grado de vulnerabilidad de un número considerable de establecimientos educativos, sobre la premisa de los porcentajes de incidencia asignados a los parámetros de evaluación que se sustentaron en el Capítulo 4, de acuerdo con las recomendaciones de ingenieras e ingenieros de Cali y las características particulares de las edificaciones escolares evaluadas.

#### **5.2.4. Análisis del procedimiento simplificado con respecto a los daños observados en edificaciones escolares de la región.**

Con el objetivo de recoger elementos que permitan dar mayor fundamento a los porcentajes de incidencia definidos en el procedimiento de evaluación simplificado y, posteriormente, hacer recomendaciones que lleven a la optimización de este procedimiento, se considera necesario hacer un análisis de los daños por sismo presentados en un número considerable de edificaciones escolares, para obtener una estadística de la cual se puedan deducir unos porcentajes de incidencia, más adecuados para la evaluación de la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones en la ciudad de Cali. Sin embargo, como hasta el momento no ha sido posible recopilar información suficiente y en la ciudad de Cali no han ocurrido sismos fuertes, se procedió a identificar los aspectos que han influido en el comportamiento de algunas edificaciones escolares, a partir de los daños por sismo, registrados en evaluaciones postsismo, a las cuales se tuvo acceso después del desarrollo y aplicación de los procedimientos de evaluación. Las evaluaciones recopiladas se desarrollaron en establecimientos educativos, después de los eventos sísmicos de Pereira en 1995 y el Eje Cafetero en 1999 y, en algunas edificaciones escolares de Cali, después del sismo del Atrato Medio (1992).

La información con que se cuenta, sobre daños observados en edificaciones escolares de Cali, procede de un informe de visitas técnicas (Municipio de Cali, 1992) realizadas después del sismo del Atrato Medio en 1992, con el objetivo de describir las fallas encontradas en cinco edificaciones y dar las recomendaciones para la rehabilitación de los elementos afectados en cada caso. También se cuenta con información sobre daños registrados, después del sismo de Pereira en 1995, en dos edificaciones escolares de los municipios Tuluá y La Unión y en 21 escuelas de los municipios Caicedonia, Alcalá y Sevilla después del sismo del Eje Cafetero en 1999. Esta información fue obtenida del catálogo macrosísmico del norte del Valle (Fondo de Solidaridad del Valle, 2001) y de las encuestas realizadas por una Comisión científica de evaluación posterremoto de la Universidad del Valle (1999).

La información del catálogo macrosísmico (Fondo de Solidaridad del Valle, 2001) no es muy detallada, pues está conformada por reportes de edificaciones averiadas y solo en algunos casos indica en qué elementos se concentraron los daños. Dichos reportes revelan que con el sismo de Pereira (1995), en Tuluá se desplomaron las paredes de un colegio y en La Unión una escuela quedó totalmente destruida. Además, se registró que después del sismo del Eje Cafetero (1999), en el municipio de Alcalá, una escuela presentó averías en la estructura, en otra se desplomó el techo y un centro educativo quedó destruido y en Sevilla, 14 centros educativos quedaron averiados, especialmente en los techos. Por otro lado, las encuestas posterremoto (Universidad del Valle, 1999) registraron que en tres escuelas de Caicedonia, construidas en 1952, 1958 y 1980, después del sismo del Eje Cafetero (1999), los daños se concentraron en los muros y, en menor medida, en las cubiertas y los pisos.

Adicionalmente, las siguientes fotografías (cortesía OSSO) de establecimientos educativos del Quindío muestran los efectos devastadores del sismo del Eje Cafetero en este tipo de edificaciones, concentrando los daños en la estructura (muros sin confinar) y las cubiertas. También se observan tipologías estructurales

y constructivas muy similares a las escuelas de la ciudad de Cali, con ausencia de confinamiento y luces y aberturas muy grandes, que les restan rigidez y capacidad resistente a esfuerzos cortantes.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fuente: OSSO

**Figura 10.** Fotos de escuelas del Quindío afectadas por el sismo del 25 de Enero de 1999 en el Eje Cafetero. (a) y (b) Centro docente Guayaquil, (c) Colegio de Arabia, (d) Escuela nueva El Oralito, (e) Escuela Nueva Quebrada negra y (f) Centro docente La Soledad.

Finalmente, según el informe de visitas técnicas (Municipio de Cali, 1992), en los cinco establecimientos educativos revisados después del sismo del Atrato Medio (1992), el 85 % de los daños observados existían antes del sismo y solo el 15 % de estos habían aparecido después de dicho movimiento sísmico, lo cual evidencia la incidencia de los suelos, los problemas constructivos y el deterioro excesivo, en el estado de este tipo de edificaciones. Los daños registrados se concentraron en elementos estructurales como muros, columnas, losas y vigas y en elementos no estructurales como culatas y cielorasos. Las causas asociadas a estos daños son los asentamientos del terreno, la presencia de grandes luces entre apoyos de elementos sometidos a flexión y la falta de amarre de elementos no estructurales.

De la información reseñada anteriormente se puede concluir que los aspectos más influyentes en el comportamiento de las edificaciones se pueden asociar a problemas estructurales, de la cubierta, los suelos y los elementos no estructurales; igualmente, las edades de las edificaciones sugieren que no existían normas sismo resistentes vigentes en el momento de su construcción, lo cual es evidente por las tipologías estructurales y constructivas que presentan.

La identificación de estos aspectos hace posible, por un lado, reconocer que se hizo una buena selección y priorización de los parámetros de evaluación y por otro, permite ampliar la sustentación de los porcentajes de incidencia asignados a los parámetros de evaluación, planteados en los procedimientos desarrollados en este estudio y en particular, en el procedimiento simplificado, donde se consideran como parámetros más influyentes en la vulnerabilidad sísmica de la edificación, la estructura, los suelos, la cubierta y el año de construcción, entre otros, con una incidencia del 80 % en el grado de vulnerabilidad calculado. También permite observar que la propuesta metodológica simplificada de este estudio debe ser mejorada, para su posterior aplicación, en relación con aspectos como la estructura de la cubierta y los elementos no estructurales.

#### **5.2.5. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia del procedimiento simplificado.**

El análisis de los parámetros ha permitido identificar que la correlación entre ellos, conlleva a que ningún aspecto deba ser evaluado independientemente, y que la situación general observada condicionará el grado de vulnerabilidad estimado. Además, la correlación de los parámetros de evaluación ocasiona que las calificaciones asignadas tengan una relativa similitud. Para darle mayor claridad a esta situación se vio la necesidad de hacer un análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia, para conocer la tendencia de los resultados en relación con su correspondencia con la realidad observada, para diferentes hipótesis de porcentajes de incidencia, variando los que corresponden a los cuatro parámetros que recibieron, desde un principio, la mayor incidencia en el grado de vulnerabilidad, es decir, la estructura, los suelos, la geometría y la cubierta.

Para las primeras cuatro hipótesis de porcentajes de incidencia, se obtuvo que la variación de los resultados no era muy significativa y que cuando se registraron cambios en el grado de vulnerabilidad, se debía a que las calificaciones se encontraban cerca de los límites superior o inferior de un intervalo determinado y cualquier variación pequeña de las calificaciones podía ocasionar el cambio de intervalo. En la última hipótesis que se manejó, se emplearon porcentajes aparentemente absurdos para la estructura y los suelos. El resultado es que se producen variaciones, solo en aquellas escuelas que tienen diferencias considerables en sus calificaciones, es decir, que cuando las calificaciones de los parámetros son similares, el resultado siempre será el mismo, sin importar los porcentajes asignados. En la Tabla 41 se puede observar el cuadro comparativo de los resultados del análisis de sensibilidad, con los porcentajes de incidencia que equivalen al 90 % del grado de vulnerabilidad, repartido entre la estructura, los suelos, la geometría y la cubierta. Los otros dos aspectos conservan los porcentajes asignados inicialmente, de 5 % cada uno.

Tabla 41. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia.

Nombre del establecimiento	Hipótesis 1		Hipótesis 2		Hipótesis 3		Hipótesis 4		Hipótesis 5	
	E = 50 % S = 15 % G = 15 % C = 10 %	Calific.	E = 35 % S = 15 % G = 20 % C = 20 %	Calific.	E = 40 % S = 20 % G = 15 % C = 15 %	Calific.	E = 25 % S = 25 % G = 20 % C = 20 %	Calific.	E = 10 % S = 10 % G = 35 % C = 35 %	Calific.
C.D. Benjamín Herrera	MUY ALTO	32,2	ALTO	29,5	MUY ALTO	31,0	ALTO	29,1	ALTO	25,5
C.D. Bienestar Social	MEDIO	16,7	MEDIO	13,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,5	BAJO	8,4
C.D. Cacique de Guatavita	ALTO	24,7	ALTO	22,0	ALTO	24,0	ALTO	22,6	MEDIO	17,5
C.D. Célmo Rueda	ALTO	20,7	MEDIO	19,0	ALTO	20,8	MEDIO	19,8	MEDIO	15,3
C.D. Celmira Bueno de Orejuela	ALTO	23,2	ALTO	21,0	ALTO	22,9	ALTO	22,0	MEDIO	18,0
C.D. Ciudad Córdoba	MEDIO	10,9	MEDIO	10,9	MEDIO	12,5	MEDIO	13,9	MEDIO	10,1
C.D. Croydon	MEDIO	19,9	MEDIO	18,2	MEDIO	19,6	MEDIO	19,5	MEDIO	16,5
C.D. Eduardo Riascos Grueso	MEDIO	10,2	BAJO	9,2	BAJO	9,6	BAJO	8,5	BAJO	8,8
C.D. Estado de Puerto Rico	ALTO	23,3	ALTO	20,8	ALTO	22,6	ALTO	21,3	MEDIO	17,0
C.D. Evaristo García	ALTO	22,8	ALTO	20,5	ALTO	22,2	ALTO	21,1	MEDIO	16,9
C.D. Fernando Velasco	BAJO	2,6	BAJO	2,7	BAJO	3,1	BAJO	3,6	BAJO	3,7
C.D. Gabriel Montaña T	MEDIO	12,1	MEDIO	12,0	MEDIO	13,2	MEDIO	14,6	MEDIO	12,6
C.D. General Santander	MEDIO	17,2	MEDIO	15,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,8	MEDIO	14,8
C.D. Jhon F. Kennedy	BAJO	5,9	BAJO	5,1	BAJO	5,6	BAJO	5,0	BAJO	4,9
C.D. José María Vivas Balcazar	MUY ALTO	-								
C.D. Juan XXIII	MEDIO	19,7	MEDIO	18,5	ALTO	20,0	ALTO	20,1	MEDIO	16,5
C.D. León XIII	MEDIO	12,2	MEDIO	12,4	MEDIO	12,6	MEDIO	13,3	MEDIO	13,8
C.D. Once de Noviembre	ALTO	26,6	ALTO	21,4	ALTO	23,7	MEDIO	19,5	MEDIO	13,8
C.D. Panamericana	MEDIO	12,6	MEDIO	12,2	MEDIO	13,9	MEDIO	14,8	MEDIO	10,6
C.D. Purificación Trujillo	ALTO	20,2	MEDIO	18,9	ALTO	20,5	ALTO	20,5	MEDIO	17,4
C.D. Rafael Zamorano	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
C.D. San Roque	ALTO	29,7	ALTO	25,5	ALTO	27,9	ALTO	24,8	MEDIO	19,1
C.D. Santo Domingo	ALTO	24,9	ALTO	21,0	ALTO	22,4	MEDIO	17,9	MEDIO	15,2
C.D. Simón Bolívar	ALTO	21,3	MEDIO	15,5	MEDIO	17,4	MEDIO	11,5	BAJO	6,8
Esc Normal Nal Superior de Señoritas	MUY ALTO	30,3	ALTO	26,6	ALTO	28,2	ALTO	25,3	ALTO	22,0
Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	ALTO	21,2	MEDIO	18,0	ALTO	20,5	MEDIO	18,5	MEDIO	12,1
Esc. Camilo Torres	MEDIO	14,7	MEDIO	13,5	MEDIO	15,3	MEDIO	15,3	MEDIO	10,8
Esc. Ciudad de Cali	ALTO	24,1	ALTO	20,3	ALTO	23,2	ALTO	20,7	MEDIO	13,7
Esc. Club Noel	ALTO	27,9	ALTO	22,8	ALTO	25,3	ALTO	21,5	MEDIO	15,3
Esc. Esther Zorrilla	BAJO	8,5	BAJO	8,0	BAJO	8,4	BAJO	7,9	BAJO	7,8
Esc. Eustaquio Palacios	ALTO	26,7	ALTO	22,5	ALTO	23,9	MEDIO	19,8	MEDIO	17,1
Esc. Fenalco Asturias	BAJO	8,1	BAJO	7,6	BAJO	7,8	BAJO	7,2	BAJO	7,5
Esc. Francisco de Paula Santander	MEDIO	11,2	MEDIO	11,0	MEDIO	12,5	MEDIO	13,5	MEDIO	10,1
Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MEDIO	13,1	MEDIO	12,6	MEDIO	14,4	MEDIO	15,2	MEDIO	11,5
Esc. General Carlos Albán	MEDIO	16,1	MEDIO	15,9	MEDIO	17,4	MEDIO	18,0	MEDIO	14,6
Esc. Hernando Caicedo	MUY ALTO	30,8	ALTO	27,0	ALTO	28,9	ALTO	26,3	ALTO	21,7
Esc. Honorio Villegas	ALTO	24,5	ALTO	22,8	ALTO	24,0	ALTO	23,4	ALTO	21,2
Esc. Juan de Ampudia	ALTO	24,7	ALTO	22,0	ALTO	24,0	ALTO	22,6	MEDIO	17,5
Esc. Juan Pablo II Napoles	MEDIO	13,5	MEDIO	12,6	MEDIO	14,1	MEDIO	14,1	MEDIO	11,8
Esc. Juana de Caicedo y Cuero	MEDIO	18,7	MEDIO	16,2	MEDIO	16,7	MEDIO	13,2	MEDIO	13,4
Esc. La Gran Colombia	MUY ALTO	30,8	ALTO	27,0	ALTO	28,9	ALTO	26,3	ALTO	21,7
Esc. La Presentación	MUY ALTO	31,8	ALTO	29,0	MUY ALTO	30,4	ALTO	28,3	ALTO	25,2
Esc. María Perlaza	ALTO	29,9	ALTO	26,1	ALTO	27,7	ALTO	24,8	ALTO	21,1
Esc. Portete de Tarqui	MEDIO	18,5	MEDIO	15,1	MEDIO	16,3	MEDIO	12,6	MEDIO	10,4
Esc. Rafael Uribe Uribe	ALTO	28,8	ALTO	23,7	ALTO	26,5	ALTO	23,0	MEDIO	15,9
Esc. República del Ecuador	ALTO	26,7	ALTO	22,9	ALTO	23,4	MEDIO	19,5	MEDIO	18,9
Esc. República del Perú	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
Esc. San Pedro Alejandrino	ALTO	28,7	ALTO	25,7	ALTO	27,4	ALTO	25,5	ALTO	22,1
Esc. Sebastián de Belalcázar	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
Esc. Veinticinco de Julio	MEDIO	17,7	MEDIO	16,7	MEDIO	18,3	MEDIO	18,0	MEDIO	13,8
C.D. Fernando de Aragón	ALTO	28,7	ALTO	25,7	ALTO	27,4	ALTO	25,5	ALTO	22,1
C.D. Francisco José de Caldas	ALTO	29,4	ALTO	24,8	ALTO	26,8	ALTO	23,5	MEDIO	18,8
C.D. Francisco Montes Idrobo	ALTO	20,2	MEDIO	18,0	MEDIO	19,0	MEDIO	17,3	MEDIO	15,4
C.D. José Ramón Bejarano	MEDIO	11,5	MEDIO	12,8	MEDIO	12,0	MEDIO	12,7	MEDIO	16,1
C.D. La Anunciación	ALTO	21,8	ALTO	20,1	ALTO	21,8	ALTO	21,3	MEDIO	17,7
C.D. Las Américas	MEDIO	19,4	MEDIO	19,5	ALTO	20,5	ALTO	21,4	MEDIO	19,6
C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	BAJO	9,2	BAJO	8,6	BAJO	8,5	BAJO	8,1	BAJO	9,2
C.D. Mario Lloreda	MEDIO	18,8	MEDIO	17,1	MEDIO	17,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,1
C.D. República de Francia	MEDIO	13,2	MEDIO	13,1	MEDIO	13,4	MEDIO	13,8	MEDIO	14,0
C.D. República del Brasil	MEDIO	19,5	MEDIO	18,2	MEDIO	18,1	MEDIO	16,1	MEDIO	17,6
C.D. Rulino José Cuervo	ALTO	22,3	MEDIO	19,0	MEDIO	19,7	MEDIO	16,3	MEDIO	15,7
C.D. Santa Elena	ALTO	28,3	ALTO	25,3	ALTO	26,9	ALTO	25,1	ALTO	21,2
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	ALTO	26,3	ALTO	22,5	ALTO	22,8	MEDIO	18,5	MEDIO	19,3
Esc. Cristina Serrano de Lourido	ALTO	26,2	ALTO	24,0	ALTO	25,5	ALTO	24,6	ALTO	21,0
Esc. General Anzoátegui	ALTO	22,3	MEDIO	19,2	ALTO	20,0	MEDIO	17,5	MEDIO	16,4
Esc. Isaias Gamboa	BAJO	7,9	BAJO	7,3	BAJO	7,0	BAJO	6,3	BAJO	7,7
Esc. José María Villegas	ALTO	20,0	ALTO	20,2	ALTO	20,0	ALTO	20,3	ALTO	22,0
Esc. Luis Carlos Peña	MEDIO	12,1	MEDIO	12,9	MEDIO	11,9	MEDIO	12,4	MEDIO	16,8
Esc. Olga Lucía Lloreda	ALTO	27,2	ALTO	22,9	ALTO	24,6	ALTO	20,8	MEDIO	16,8
Esc. San Pedro Codenal	MEDIO	17,9	MEDIO	16,7	MEDIO	17,5	MEDIO	16,8	MEDIO	15,9

### 5.2.6. Propuesta de mejoramiento del procedimiento simplificado.

El procedimiento simplificado aplicado en la evaluación de la población estudiada se limitó a la inspección de los parámetros mencionados en el Capítulo 4 debido a que se carece de información adicional a la recopilada en las visitas preliminares, sin embargo, para la posterior aplicación de este procedimiento a otros establecimientos educativos, se considera necesario incluir en la evaluación algunos aspectos complementarios de fácil observación, como los problemas de colindancia que pueden generar golpeteo ante la ocurrencia de un sismo y la seguridad como un indicador de la capacidad de la comunidad escolar en prevención y atención de desastres, que se identificó como una condición crítica que incrementa la vulnerabilidad de estos establecimientos.

La propuesta de mejoramiento se condensó en un formulario de evaluación, mostrado en la Figura 11, donde se contempla la posibilidad de aplicar la encuesta a varias edificaciones de una escuela y estimar el grado de vulnerabilidad total del establecimiento escolar promediando los resultados obtenidos en cada edificación o ponderándolos por área de cada edificación con respecto al área total construida de la escuela.

De cada escuela, pueden inspeccionarse todas las edificaciones, pero para efectos de hacer más ágil la evaluación se considera suficiente evaluar las edificaciones más representativas de la escuela, elegidas con respecto a las tipologías estructurales o el estado de deterioro; por ejemplo, se puede escoger una edificación por tipología estructural presente en la escuela y si se repiten las tipologías, seleccionar la mejor y la peor edificación. En el caso en que se presenten edificaciones con tipología estructural pórtico en concreto, es recomendable que se evalúen teniendo en cuenta las condiciones en las que se encuentran con respecto a las demás edificaciones, para evitar una tendencia errónea en la vulnerabilidad de la escuela.

FORMULARIO DE EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS.										
Escuela:			Dirección:			Teléfono:		No. estudiantes:		
En la parte A del formulario se presentan los parámetros de evaluación, las opciones de respuesta y las calificaciones correspondientes. En la tabla de la parte B se deben registrar los resultados que se obtengan al evaluar cada parámetro en cada edificación, para estimar el grado de vulnerabilidad total de la escuela.										
A. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.	I. ESTRUCTURA. El total de estructura es P1 + P2.					III. CUBIERTA. El total de cubierta es P1 + P2.				
	P1. Muros sin confinar. Puntajes (30,0)					P1. Material de la teja: Puntajes				
	P1. Muros confinados.					a. Asbesto cemento (5,0)				
	a. Daños en la mampostería (20,0)					b. Barro (10,0)				
	b. Columna corta					c. Sistema residencial (15,0)				
	c. Ausencia de juntas.					P2. Separación entre apoyos de la cubierta:				
	d. Todas las anteriores (25,0)					a. < altura del entrepiso (5,0)				
	e. Solo b y c (10,0)					b. > altura del entrepiso (15,0)				
	f. Ninguna de las anteriores (5,0)					IV. AÑO DE CONSTRUCCIÓN. Puntajes				
	P1. Pórtico en concreto.					a. < 1984 (5,0)				
	a. Columna corta (25,0)					b. 1984 - 1997 (17,0)				
	b. Daños en la mampostería (10,0)					c. > 1997 (30,0)				
	c. Ausencia de juntas (7,0)					V. NÚMERO DE PISOS. Puntajes				
	d. Ninguna de las anteriores (5,0)					a. Uno (5,0)				
P2. Golpeteo.					b. Dos (17,0)					
Problemas de colindancia:					c. Tres (30,0)					
a. No (5,0)					VI. GEOMETRÍA. Puntajes					
b. Si (20,0)					a. Regular: no presenta irregularidad en planta ni altura (5,0)					
Si hay problemas de colindancia, coinciden niveles:					b. Intermedia: regular en planta pero presenta grandes aberturas (17,0)					
a. Si (0,0)					c. Irregular: presenta irregularidad en planta y altura (30,0)					
b. No (10,0)					VII. SEGURIDAD. Puntajes					
II. SUELOS. El total de suelos es P1 + P2					a. Elementos estructurales mal amarrados (15,0)					
P1. Posible perfil de suelo. Puntajes					b. Ausencia de plan de prevención y simulacros de evacuación (15,0)					
a. S1 (2,5)										
b. S2 (7,0)										
c. S3 (10,0)										
P2. Problemas relacionados con los suelos.										
a. No se evidencian fallas en la mampostería ni asentamientos (2,5)										
b. Se observan asentamientos pero no fallas en la mampostería, asociadas a asentamientos (12,0)										
c. Se observan fallas en los muros asociadas al comportamiento del terreno (20,0)										
B. RESULTADOS.	Edificación	I	II	III	IV	V	VI	VII	Subtotales (*)	
		45%	15%	10%	5%	5%	15%	5%	Calificación	Grado
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	(*) Clasificación de los grados de vulnerabilidad:						GRADO DE VULNERABILIDAD TOTAL DE LA ESCUELA.		Promedio de calificaciones.	
Calificación	[5,13)	[13,20)	[20,25)	[25,30]						
Grado de vulnerabilidad	Bajo	Media	Alto	Muy alto						

Figura 11. Formulario mejorado de evaluación simplificada.

En la Figura 11 se muestra la alternativa para estimar el grado de vulnerabilidad total de la escuela promediando los resultados obtenidos en las edificaciones y en la Figura 12, haciendo un ponderado por área de cada edificación con respecto al área total construida de la escuela.

Edificación	I	II	III	IV	V	VI	VII	Subtotales (*)		A <sub>planta</sub> (m <sup>2</sup> )
	45%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	Calific.	Grado	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
(*) Clasificación de los grados de vulnerabilidad:						Resultados para toda la escuela.	Área total en planta			
Calificación	[5,13)	[13,20)	[20,25)	[25,30]			Calificación total			
Grado de vulnerabilidad	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>					

Figura 12. Propuesta alternativa para la estimación del grado de vulnerabilidad total.

### 5.3. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD EN LA POBLACIÓN ESTUDIADA.

#### 5.3.1. Vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada.

Los resultados que arrojó la evaluación de la población estudiada revelan que el 10 % de las escuelas evaluadas tienen un grado de vulnerabilidad bajo, el 34 % medio, el 33 % alto y el 23 % muy alto. En las Figuras 13 y 14 se observan las distribuciones espacial y porcentual de los grados de vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada.

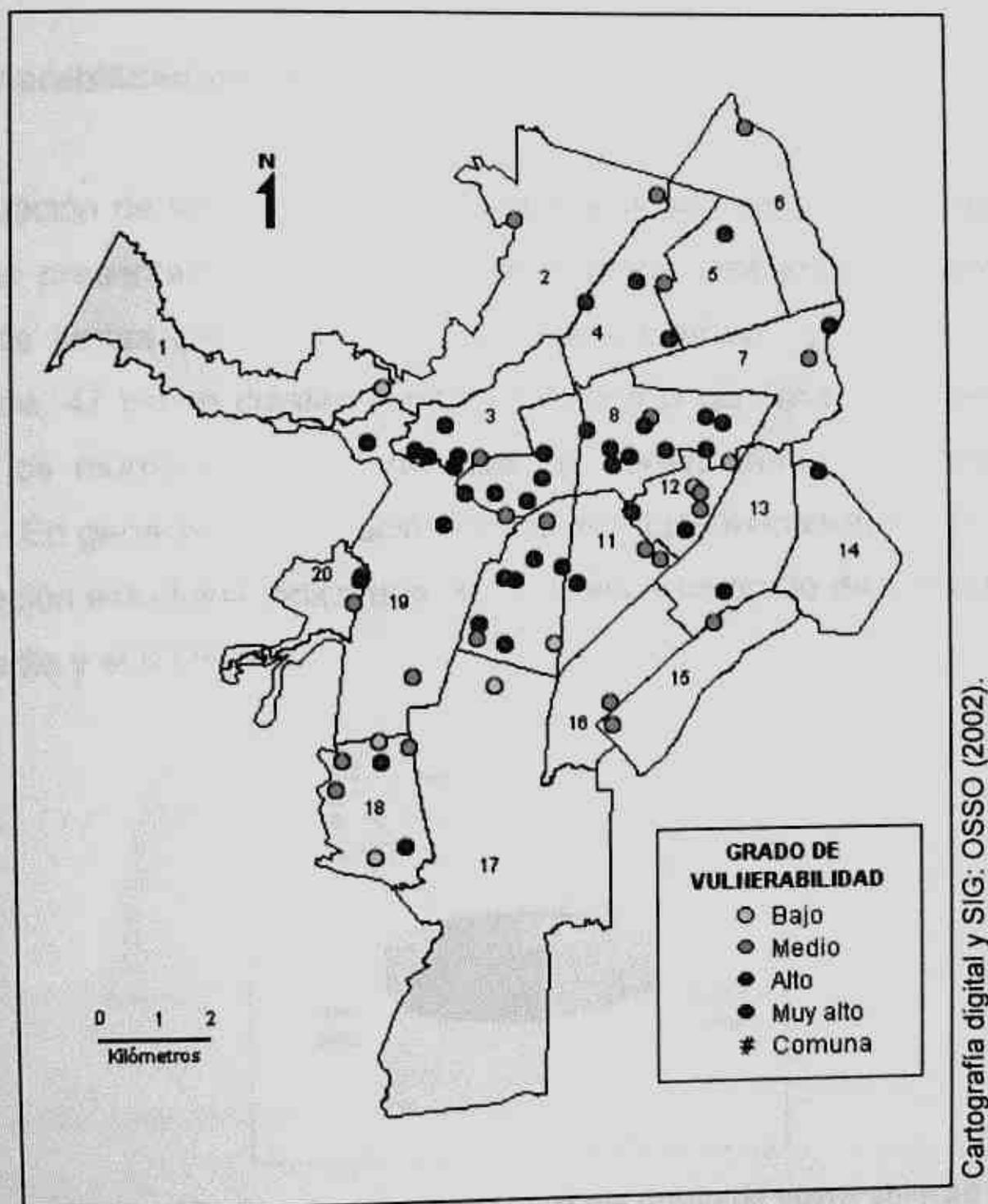
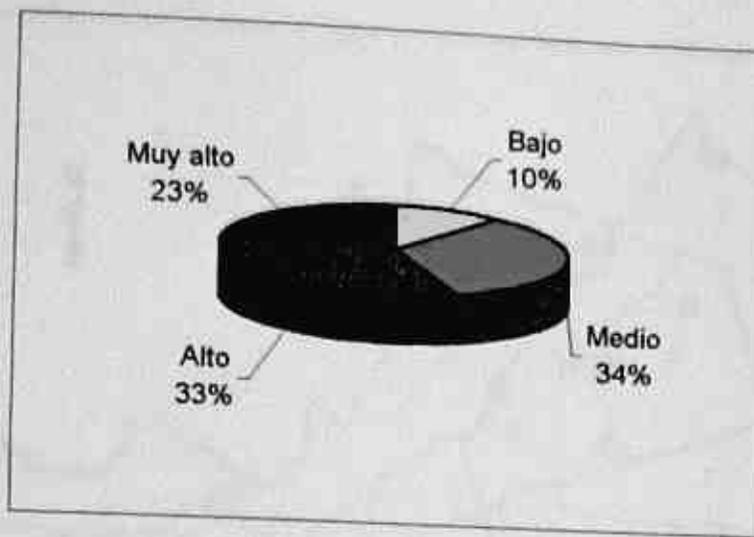


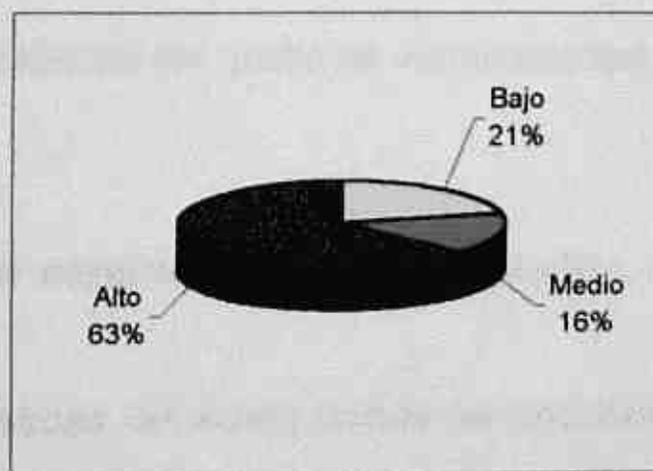
Figura 13. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.



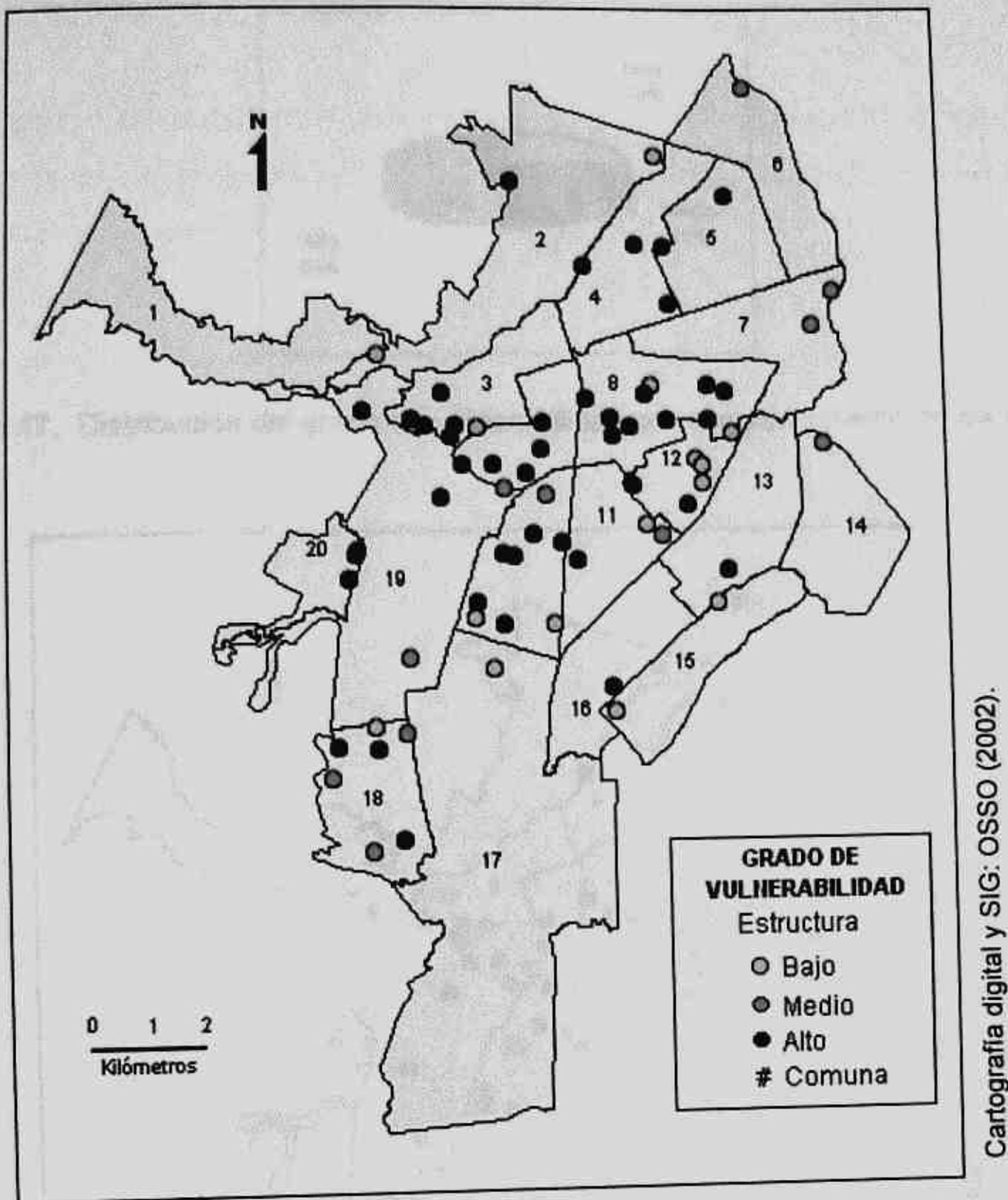
**Figura 14.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.

### 5.3.2. Vulnerabilidad por aspectos estructurales.

En la evaluación de las edificaciones de mampostería confinada se determinó que 20 de ellas presentan daños en la mampostería, problemas de columna corta, ausencia de juntas de construcción y culatas sueltas; 35 tienen daños en la mampostería, 47 tienen culatas sueltas, columna corta, falta de juntas y no tienen daños en los muros y solo 12 de ellas no tienen problemas aparentes en su estructura. En general, la evaluación de los aspectos estructurales en las escuelas de la población estudiada indica que, el 21 % tiene un grado de vulnerabilidad bajo, el 16 % medio y el 63 % alto.



**Figura 15.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

Figura 16. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.

### 5.3.3. Vulnerabilidad por características de los suelos.

En cuanto a las características del suelo donde se encuentran ubicadas las escuelas, se encontró que en el 24 % de las escuelas de la población estudiada el grado de vulnerabilidad es bajo, en el 11 % es medio y en el 65 % es alto.

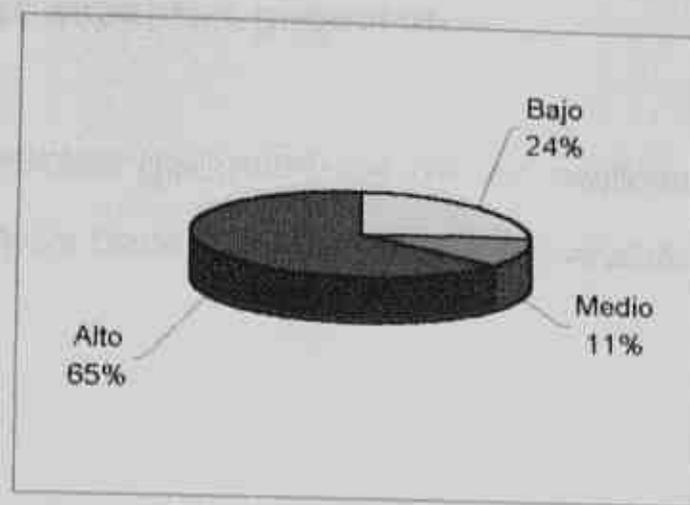
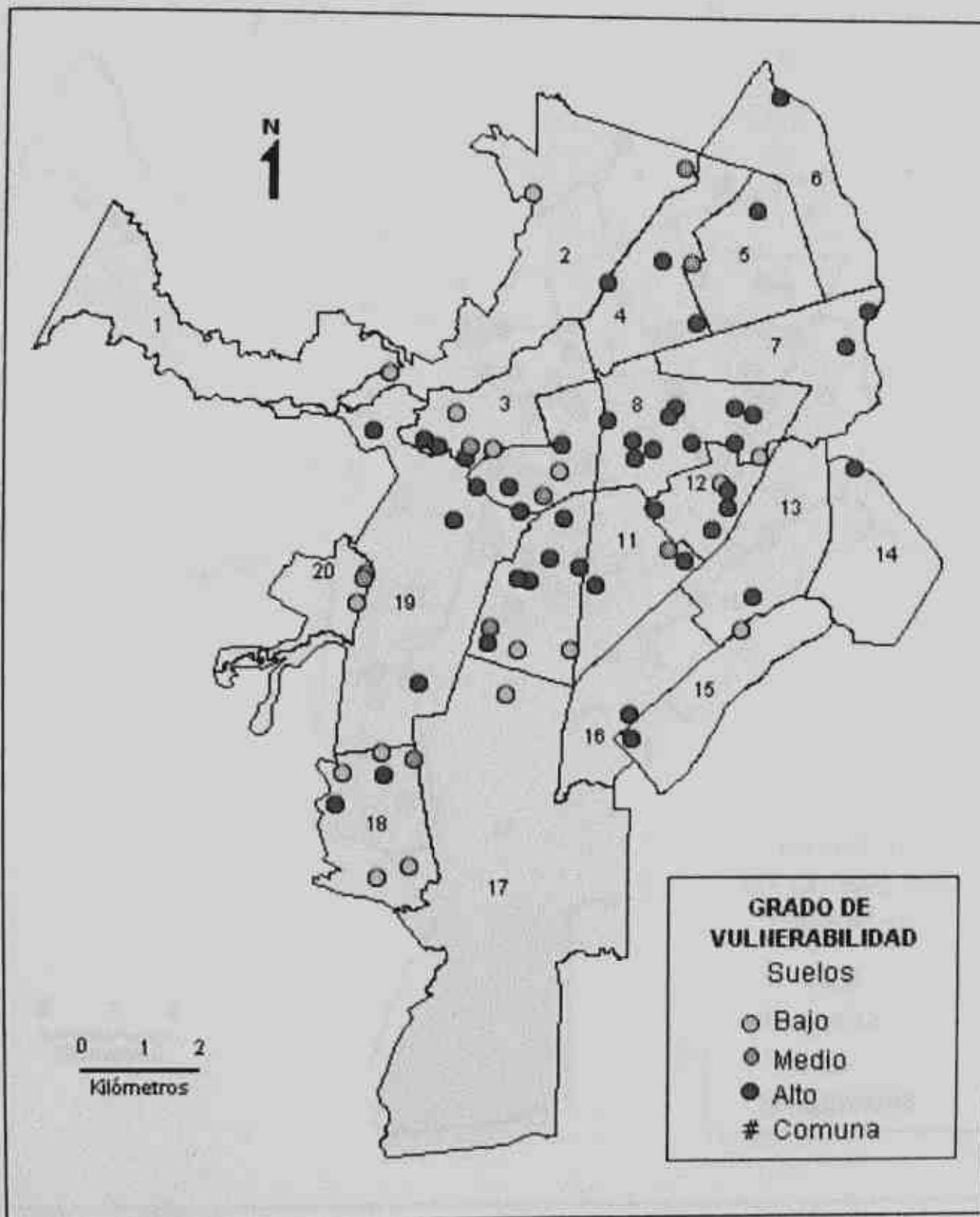


Figura 17. Distribución del grado de vulnerabilidad por comportamiento de los suelos.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

Figura 18. Distribución espacial de la vulnerabilidad por comportamiento de los suelos.

#### 5.3.4. Vulnerabilidad por aspectos geométricos.

La evaluación de los aspectos geométricos de las edificaciones escolares, muestra que el 30 % de las escuelas tiene un grado de vulnerabilidad bajo, el 40 % medio y el 30 % alto.

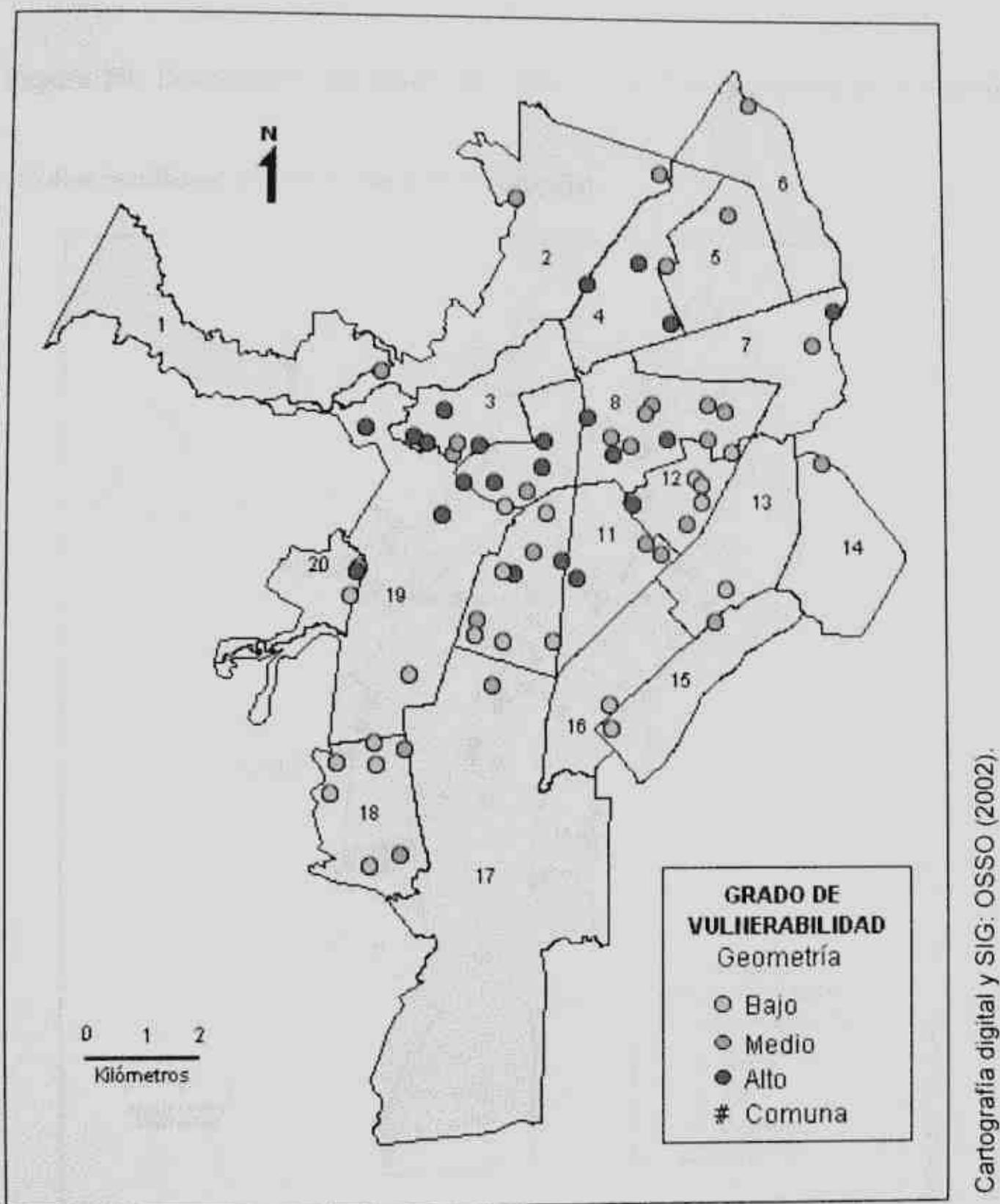


Figura 19. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos.

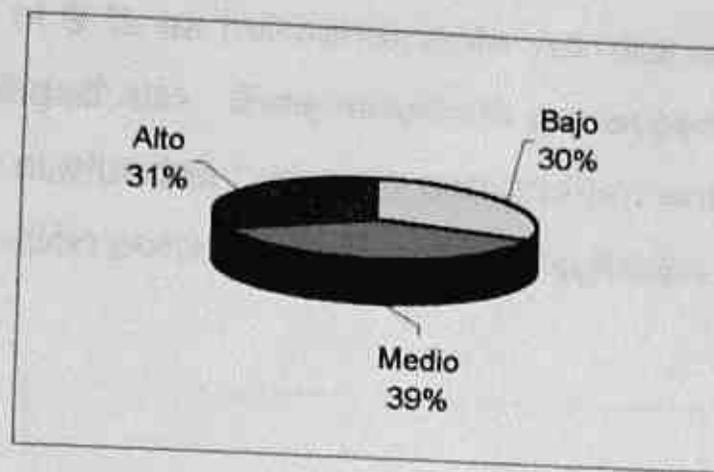


Figura 20. Distribución del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos.

### 5.3.5. Vulnerabilidad por año de construcción.

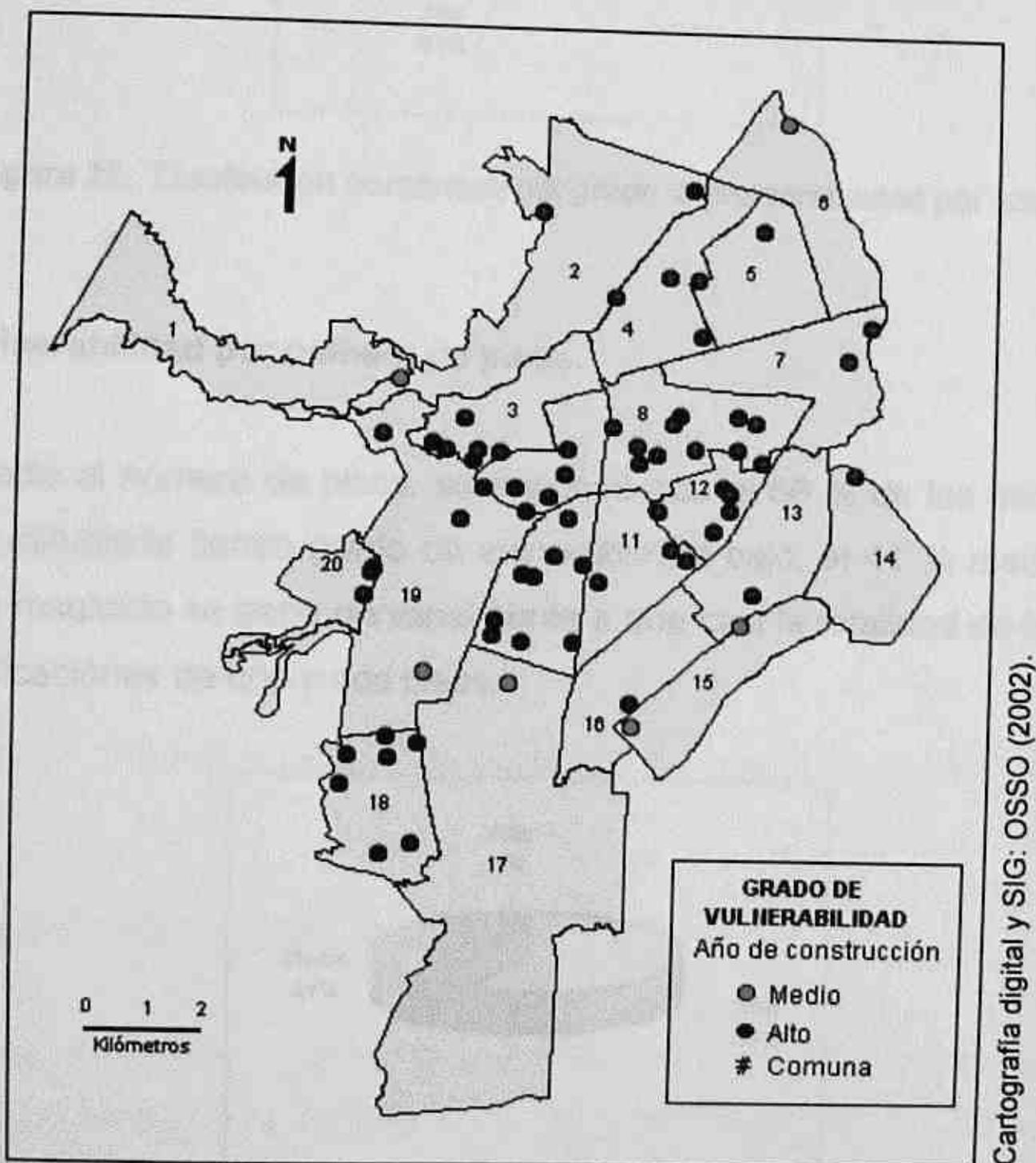
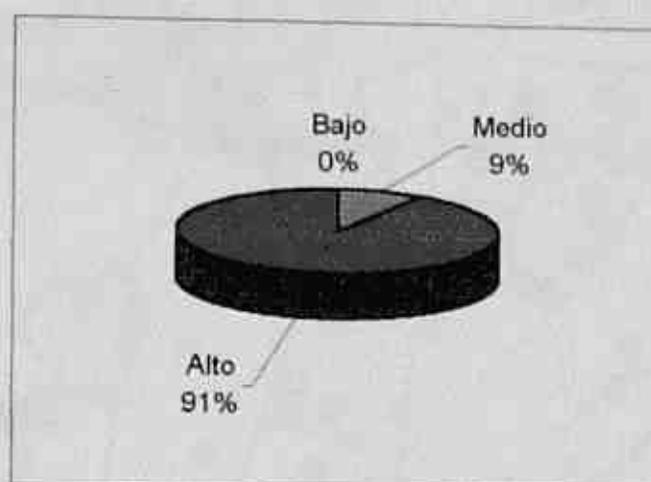


Figura 21. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por edades.

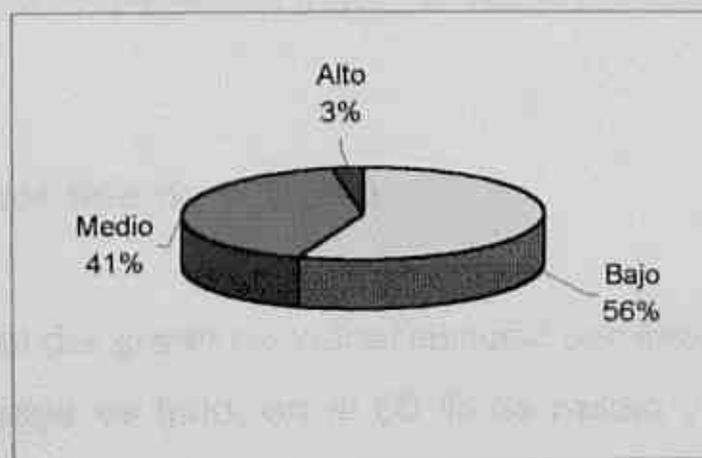
La distribución porcentual del grado de vulnerabilidad de las escuelas por año de construcción, indica que el 9 % es medianamente vulnerable y el 91 % se encuentran en un rango de vulnerabilidad alto. Este resultado era esperable, dado que la mayoría de las escuelas públicas evaluadas han sido construidas antes de 1984. En la Figura 22 se muestran la distribución porcentual de estos resultados.



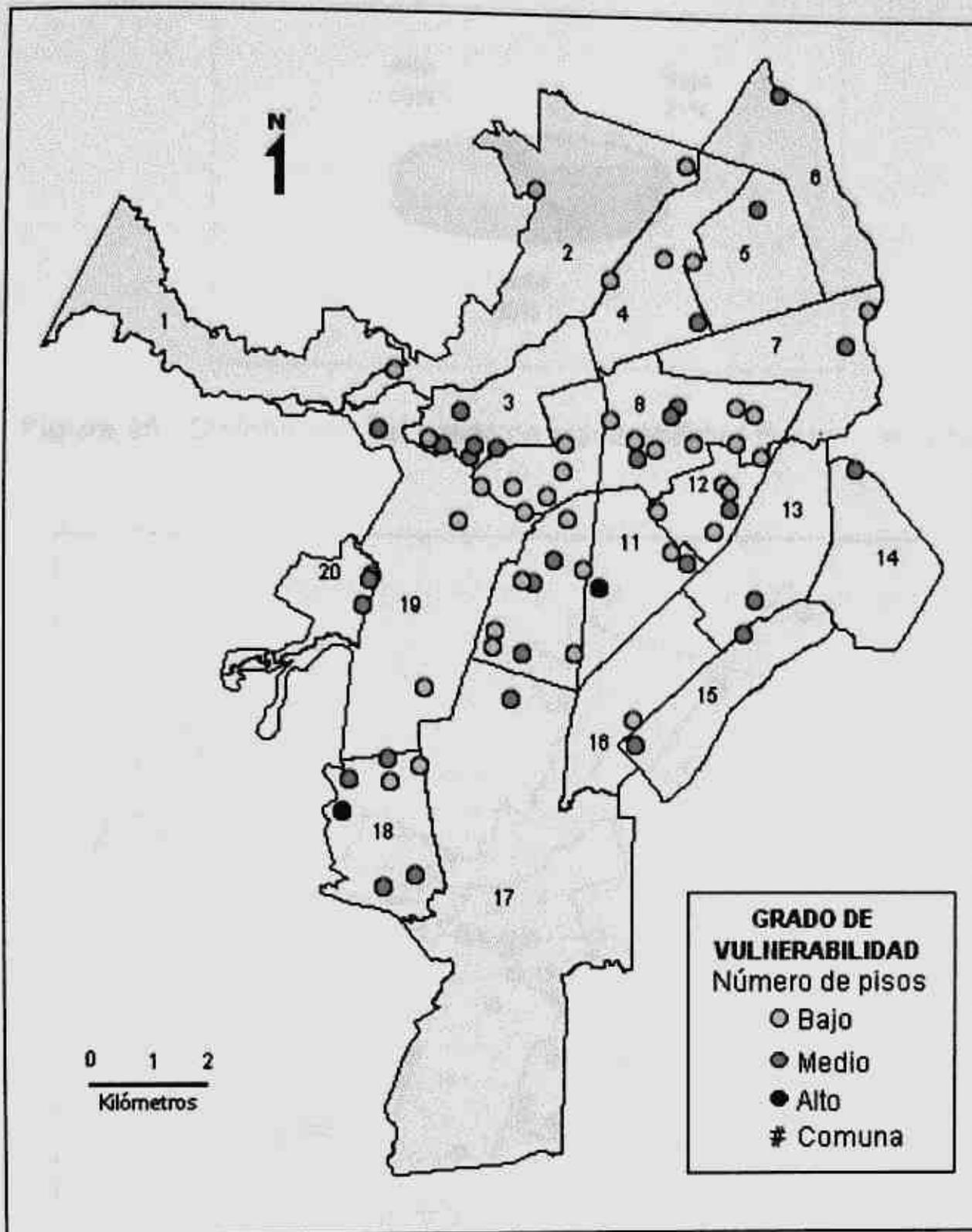
**Figura 22.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por edades.

### 5.3.6. Vulnerabilidad por número de pisos.

Con respecto al número de pisos, se encontró que el 56 % de las escuelas de la población estudiada tienen grado de vulnerabilidad bajo, el 41 % medio y el 3 % alto. Este resultado se debe principalmente a que casi la totalidad de las escuelas tienen edificaciones de uno y dos pisos.



**Figura 23.** Distribución del grado de vulnerabilidad por número de pisos.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

**Figura 24.** Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por número de pisos.

### 5.3.7. Vulnerabilidad por tipo de cubierta.

La distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta, muestra que en el 21 % de las escuelas es bajo, en el 60 % es medio y en el 19 % alto. Estos resultados indican que la mayoría de las escuelas presentan cubiertas pesadas, con tejas de barro o asbesto cemento más barro.

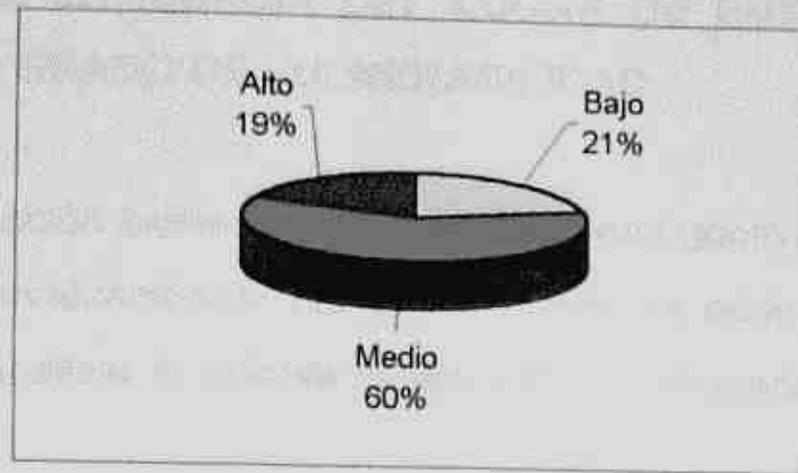


Figura 25. Distribución del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta.

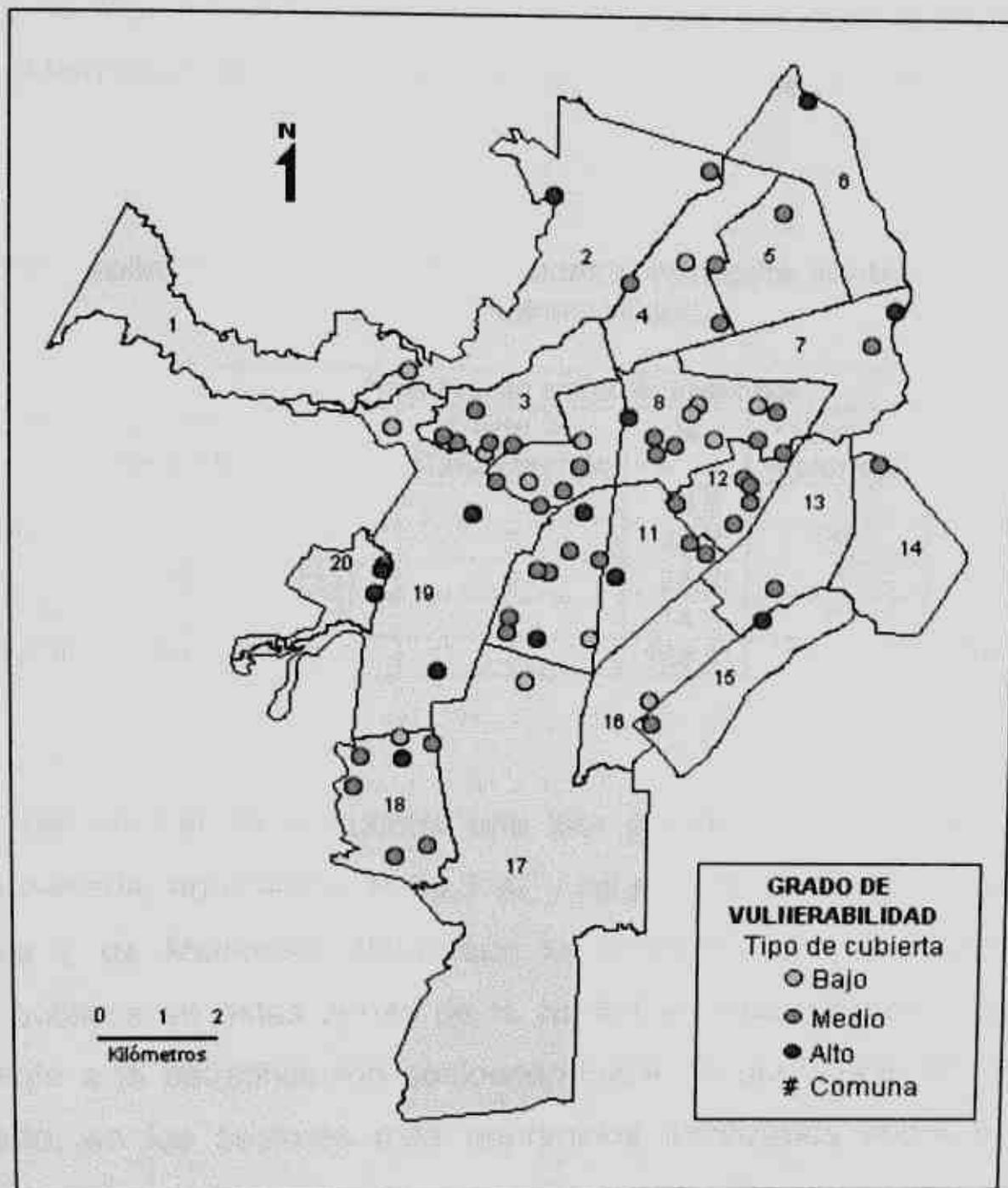


Figura 26. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta.

#### 5.4. ANÁLISIS DE INFLUENCIA DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO Y LA EDAD EN EL GRADO DE VULNERABILIDAD.

El cruce de la información existente sobre formaciones geológicas superficiales con los resultados de la evaluación de los establecimientos educativos de la población estudiada, permitió analizar la posible incidencia de estos aspectos en el grado de vulnerabilidad.

Se evaluaron 36 escuelas ubicadas sobre terrenos correspondientes a conos aluviales, 24 de ellas se encuentran sobre el cono de Cali, 7 en el de Cañaveralejo y 5 en el de Meléndez. Su distribución por grados de vulnerabilidad se presenta en la Tabla 42.

**Tabla 42.** Distribución de las escuelas emplazadas sobre conos aluviales de acuerdo con el grado de vulnerabilidad.

G. V.	Número de establecimientos					
	Cono de Cali	%	Cono de Cañaveralejo	%	Cono de Meléndez	%
Bajo	1	4,2	1	14,3	1	20,0
Medio	7	29,2	3	42,8	2	40,0
Alto	6	25,0	2	28,6	2	40,0
Muy Alto	10	41,6	1	14,3	0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>100,0</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>

En el cono del río Cali se encuentra una alta proporción de las escuelas de la población estudiada, equivalente al 34,3 %, y no sucede lo mismo en los conos de Cañaveralejo y de Meléndez, dado que la concentración de establecimientos educativos públicos en estas zonas de la ciudad es baja, situación que se debe probablemente a la estratificación socioeconómica de gran parte de sus barrios. Por otro lado, en los sectores más deprimidos localizados sobre el Cono de Meléndez, no fue posible el acceso a más establecimientos, por razones de seguridad.

Analizando el comportamiento de los establecimientos ubicados sobre el cono de Cali, se observó que el 41,6 % de estos tienen un grado de vulnerabilidad muy alto, el 25,0 % son altamente vulnerables, el 29,2 % tienen un grado de vulnerabilidad medio y el 4,2 % bajo. El alto grado de vulnerabilidad de las edificaciones escolares evaluadas en esta zona puede estar asociado a la edad de los establecimientos educativos evaluados, ya que en éste sector se encuentran los más antiguos, todos los que, dentro de la población estudiada, fueron construidos antes de 1930. El resto de edificaciones escolares ubicadas en el cono de Cali se construyeron entre 1930 y 1977. Por otro lado, a pesar de que los terrenos correspondientes al cono de Cali han sido considerados como buenos, se identificaron asentamientos diferenciales en el 41,7 % de los casos y fallas en la mampostería en el 75 %.

De la 197 escuelas de Cali, sobre el Cono de Cañaveralejo hay siete y todas fueron evaluadas; de ellas, una tiene grado de vulnerabilidad muy alto, dos alto, tres medio y una bajo. En todas estas escuelas se detectaron fallas y fisuramientos en la mampostería debidos a asentamientos diferenciales, a excepción de una escuela ubicada en el barrio Primero de Mayo, la cual no presenta problemas en la mampostería asociados al comportamiento de los suelos, en ninguna de sus edificaciones, probablemente por sus características estructurales y constructivas y porque es una de las escuelas construidas más recientemente (en 1991); sin embargo, esta escuela se encuentra en los límites del cono y es posible que no pertenezca a él.

Sobre el Cono de Meléndez se evaluaron cinco escuelas, una con grado de vulnerabilidad bajo, dos medianamente vulnerables y dos con alto grado. En general no se evidenciaron fallas por asentamientos y los aspectos que hacen vulnerable a la escuela que presenta grado de vulnerabilidad alto son los estructurales, en relación con su tipología y proporción de muros en ambas direcciones.

En cuanto a las 21 escuelas ubicadas sobre las formaciones geológicas Q1, Q2 y Q4, Q5 y Q6 correspondientes a estratos de arenas, limos y arcillas intercalados con gravas, se encontró que dos tienen un grado de vulnerabilidad bajo, ocho medio, nueve alto y dos muy alto.

Sobre la formación Q1, en la cual se han identificado antiguos humedales, se evaluaron dos escuelas en las que se observaron fisuras en la mampostería debidas a posibles asentamientos diferenciales y, sus grados de vulnerabilidad se estimaron, uno en muy alto y el otro en medio. La formación Q2 se compone de depósitos de pantanos aluviales. El grado de vulnerabilidad de la escuela evaluada en esta zona es alto y no se observaron fallas en la mampostería, a pesar de los asentamientos evidenciados en los pisos. Se evaluaron ocho escuelas ubicadas sobre la formación geológica superficial Q4, correspondiente a antiguas lagunas y esteros (albardones). Los grados de vulnerabilidad estimados son, para seis escuelas alto y para las dos restantes medio. En seis de ellas se identificaron problemas en la mampostería debidas asentamientos diferenciales y, en todas se observaron problemas en los pisos.

De las escuelas evaluadas, nueve se encuentran asentadas sobre la formación Q5 asociada a zonas desecadas y rellenos de cauces. El grado de vulnerabilidad estimado para cinco de ellas es medio, para dos es bajo y para dos alto; y solo en una de estas edificaciones se evidenciaron asentamientos debidos a la presencia de un árbol de gran tamaño que, por el momento, solo ha afectado el muro de cerramiento. Sin embargo, en cinco de ellas se identificaron daños en la mampostería y en los pisos. Se evaluó una escuela ubicada sobre depósitos aluviales (Q6) en un margen del río Cali y su grado de vulnerabilidad es muy alto, con evidencias de asentamientos diferenciales en los pisos y problemas en la mampostería.

De las seis escuelas ubicadas sobre depósitos torrenciales antiguos (Qd), tres tienen un grado de vulnerabilidad alto y tres muy alto. En cuatro de ellas se identificaron posibles fallas en la mampostería, todas se encuentran en zonas de la ciudad donde la pendiente del terreno varía entre 3 – 35 %, es decir que algunas de ellas se ubican en zonas de ladera y, además, fueron construidas entre 1930 y 1960.

De acuerdo con lo anterior, son altamente vulnerables 16 (66,6 %) de las 24 escuelas localizadas en el cono de Cali, cinco (71,4 %) de las siete escuelas ubicadas en el cono de Cañaveralejo, siete (70,0 %) de las diez emplazadas sobre antiguos humedales, lagunas y esteros y todas las escuelas (seis) ubicadas sobre depósitos torrenciales antiguos (Qd).

Sobre la formación T, correspondiente a rocas sedimentarias con intercalaciones de mantos de carbón, se encuentran ubicadas cuatro escuelas, de las cuales tres tienen grado de vulnerabilidad medio y una alto. En una de ellas se identificaron problemas en la mampostería, aunque no se evidenciaron asentamientos diferenciales, y en todas se observaron grietas en los pisos. En cuanto al año de construcción, una de ellas se construyó en 1940, otra en 1957 y dos, entre 1970 y 1980.

Finalmente, se evaluaron tres escuelas ubicadas sobre las formaciones geológicas Qc, QvT y Kv, las cuales están asociadas a depósitos de vertientes, depósitos derivados de rocas del Terciario y a rocas diabásicas, respectivamente. El grado de vulnerabilidad de la primera escuela es medio (construida en 1950), el de la segunda escuela bajo (construida en 1962) y el la última bajo (construida en 1987). En ninguna de ellas se evidenciaron problemas en la mampostería ni asentamientos del terreno. En una de ellas, ubicada en Terrón Colorado, se observó inestabilidad de los taludes sobre los cuales se encuentran algunas zonas

comunes de la escuela (escaleras y andenes) pero sin efectos sobre las edificaciones.

El desarrollo de edificios educativos y de otros edificios públicos de construcción que se proyecta para los próximos años se fundamenta en las experiencias de los países de la región y en las normas de construcción de edificios de altura de los Estados Unidos y del Reino Unido, en el sentido de que se proyecta un sistema de construcción que permita la construcción de edificios de altura de forma segura y económica.

### 3.1. Edificios educativos

La construcción de edificios educativos requiere de la máxima seguridad con el menor costo posible y se proyecta un sistema de construcción que permita la construcción de edificios de altura de forma segura y económica. El sistema de construcción que se proyecta para los edificios educativos de altura de forma segura y económica se fundamenta en las experiencias de los países de la región y en las normas de construcción de edificios de altura de los Estados Unidos y del Reino Unido.

Los edificios educativos de altura se proyectan en el sistema de construcción de edificios de altura de los Estados Unidos y del Reino Unido. El sistema de construcción que se proyecta para los edificios educativos de altura de forma segura y económica se fundamenta en las experiencias de los países de la región y en las normas de construcción de edificios de altura de los Estados Unidos y del Reino Unido. El sistema de construcción que se proyecta para los edificios educativos de altura de forma segura y económica se fundamenta en las experiencias de los países de la región y en las normas de construcción de edificios de altura de los Estados Unidos y del Reino Unido.

## **5.5. ESTIMACIÓN DE DAÑOS, PÉRDIDAS ECONÓMICAS Y DE VIDAS HUMANAS.**

El estimativo de pérdidas económicas y de vidas humanas, aplicando los procedimientos que se adaptaron para ello, solamente en las 58 edificaciones que componen las escuelas de la muestra específica, ya que se requerían las mediciones de longitud de muros y no fue posible hacerlo en las demás escuelas de la población estudiada.

### **5.5.1. Edificaciones de mampostería.**

La estimación de daños en las edificaciones escolares de la muestra específica con muros confinados y sin confinar, se hizo utilizando el procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado, el cual define las categorías de daños de acuerdo con la demanda de ductilidad de la edificación ante la ocurrencia de un evento sísmico, como se definió en el Capítulo 4.

La demanda de ductilidad es la relación entre el coeficiente sísmico exigido (CSE) y el coeficiente sísmico resistente (CSR). El CSE depende de la aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y el período de vibración de la edificación (T), del cual se quiso hacer un estimativo dividiendo el número de pisos entre 10, de acuerdo con la recomendación de la Asociación de Ingeniería Estructural de California SEAOC, aunque según Aycardi (1979) puede arrojar valores alejados de la realidad debido a que no relaciona la rigidez o la deflexión absoluta o relativa a la altura. El CSR resulta de dividir la resistencia al cortante de los muros entre el peso de la edificación. Los resultados del cálculo de estos valores se consignaron en la Tabla 43.

El peso de la edificación se calculó a partir del peso de los muros, de la cubierta y del entrepiso. En el Anexo 8 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del peso. El peso de los muros se calculó considerando el espesor, la densidad de la mampostería en ladrillo macizo, equivalente a  $1800 \text{ Kg/m}^3$ , y el área de muros. Finalmente, el peso de los muros en Kg se distribuyó sobre el área en planta del bloque. El entrepiso considerado para el cálculo del peso de la edificación, está conformado por una placa maciza o aligerada de concreto reforzado, con un peso promedio estimado de  $450 \text{ kg/m}^2$ , de los cuales  $350 \text{ kg/m}^2$  corresponden a la losa y  $100 \text{ kg/m}^2$  corresponden al peso recomendado para los acabados de pisos, en el caso de no hacer análisis detallados (AIS, 1997). La cubierta se clasificó en tres tipos; liviana cuando se emplean tejas de asbesto – cemento, mediana cuando se utilizan tejas de barro y pesada cuando se emplea el sistema residencial, con pesos estimados de 60, 90 y  $100 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente (Campos, 1992).

A continuación se especifica el significado de las abreviaturas empleadas en la Tabla 43:

$N_o.B$ : Número total de bloques del establecimiento educativo.

B: Número del bloque en estudio.

S.E.: Sistema estructural del bloque.

NP: Número de pisos.

e: Espesor de muros en metros.

MLM: Mínima longitud de muros en metros.

G.V.: Grado de vulnerabilidad.

$F_r$ : Factor de reducción de la resistencia al cortante de los muros.

VR: Resistencia al cortante de los muros en toneladas.

W: Peso total del bloque en toneladas.

CSR: Coeficiente sísmico resistente.

T: Período de vibración de la edificación, en segundos.

CSE: Coeficiente sísmico exigido.

DD: Demanda de ductilidad.

**Tabla 43.** Cálculo de la demanda de ductilidad de los bloques de las escuelas de la muestra específica.

Establecimiento	No.B	B	S.E.	NP	e (m)	MLM (m)	G.V.	Fr	VR (T)	W (T)	CSR	T (s)	CSE	DD
Escuela Olga Lucía Lloreda	1	1	MSC	1	0,15	89,10	Alto	0,76	75,88	167,03	0,453	0,1	0,375	0,828
Escuela Mario Lloreda	3	1	MC	1	0,14	93,60	Medio	0,88	172,97	164,62	1,051	0,1	0,375	0,357
		2	MC	1	0,14	12,90	Medio	0,88	23,84	28,84	0,827	0,1	0,375	0,454
		3	MSC	1	0,11	7,50	Muy Alto	0,50	3,09	12,94	0,239	0,1	0,375	1,568
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	6	1	MC	1	0,10	5,17	Medio	0,88	6,83	7,59	0,899	0,1	0,375	0,417
		2	MC	2	0,11	11,90	Medio	0,88	17,28	45,42	0,380	0,2	0,500	1,314
		3	MC	1	0,10	4,50	Medio	0,88	5,94	4,95	1,200	0,1	0,375	0,313
		4	MC	1	0,10	14,10	Medio	0,88	18,61	21,60	0,862	0,1	0,375	0,435
		5	MC	1	0,10	23,64	Medio	0,88	31,20	31,40	0,994	0,1	0,375	0,377
Escuela General Anzoategui	3	1	MSC	2	0,10	18,20	Muy Alto	0,50	6,83	365,02	0,019	0,2	0,500	26,742
		2	MSC	1	0,10	44,10	Alto	0,76	24,97	96,68	0,258	0,1	0,375	1,452
		3	MC	1	0,14	6,00	Medio	0,88	11,09	16,99	0,653	0,1	0,375	0,575
Centro Docente Santa Elena	2	1	MSC	1	0,10	52,89	Muy Alto	0,50	19,83	89,17	0,222	0,1	0,375	1,686
		2	MC	1	0,10	12,80	Medio	0,88	16,90	20,19	0,837	0,1	0,375	0,448
San Pedro Codenal	3	1	MC	2	0,13	22,70	Medio	0,88	38,95	100,78	0,387	0,2	0,500	1,294
		2	MSC	1	0,10	4,93	Alto	0,76	2,79	12,50	0,223	0,1	0,375	1,681
		3	MC	1	0,10	5,69	Medio	0,88	7,51	14,80	0,507	0,1	0,375	0,740
Escuela Rufino José Cuervo	6	1	MSC	1	0,10	41,00	Alto	0,76	23,22	55,83	0,416	0,1	0,375	0,902
		2	MSC	1	0,10	41,00	Alto	0,76	23,22	55,83	0,416	0,1	0,375	0,902
		3	MSC	1	0,10	51,30	Alto	0,76	29,05	75,61	0,384	0,1	0,375	0,976
		5	MC	1	0,10	6,50	Medio	0,88	8,58	20,90	0,411	0,1	0,375	0,913
		6	MSC	1	0,10	14,00	Alto	0,76	7,93	19,06	0,416	0,1	0,375	0,901
		1	1	MSC	2	0,15	65,74	Muy Alto	0,50	36,98	482,57	0,077	0,2	0,500
Escuela Luis Carlos Peña	1	1	MC	2	0,15	44,80	Medio	0,88	88,70	273,55	0,324	0,2	0,500	1,542
Escuela Cristina Serrano de Lourido	1	1	MSC	1	0,11	84,00	Alto	0,76	52,32	145,24	0,360	0,1	0,375	1,041
Centro Docente Fernando de Aragón	2	1	MSC	2	0,11	63,30	Muy Alto	0,50	26,11	344,51	0,076	0,2	0,500	6,597
		2	MC	1	0,10	10,80	Medio	0,88	14,26	23,87	0,597	0,1	0,375	0,628
Centro Docente Isaias Gamboa	3	1	MC	1	0,11	38,78	Bajo	1,00	63,98	66,18	0,967	0,1	0,375	0,388
		2	MC	1	0,11	30,00	Bajo	1,00	49,50	49,77	0,995	0,1	0,375	0,377
		3	MC	1	0,11	11,26	Bajo	1,00	18,58	15,92	1,167	0,1	0,375	0,321
Escuela República de Francia	5	1	MC	1	0,15	26,20	Medio	0,88	51,88	53,88	0,963	0,1	0,375	0,389
		2	MC	1	0,15	17,15	Medio	0,88	33,95	35,28	0,962	0,1	0,375	0,390
		3	MC	1	0,10	11,80	Bajo	1,00	17,70	20,76	0,853	0,1	0,375	0,440
		4	MC	1	0,10	11,80	Bajo	1,00	17,70	20,76	0,853	0,1	0,375	0,440
		5	MC	1	0,15	26,20	Medio	0,88	51,88	53,88	0,963	0,1	0,375	0,389
Centro Docente República del Brasil	3	1	MC	1	0,15	11,60	Bajo	1,00	26,10	33,02	0,790	0,1	0,375	0,474
		2	MC	1	0,15	58,60	Medio	0,88	116,03	201,28	0,576	0,1	0,375	0,651
		3	MC	1	0,15	40,96	Medio	0,88	81,10	140,61	0,577	0,1	0,375	0,650
Escuela José María Villegas	3	1	MSC	1	0,15	38,19	Alto	0,76	32,44	127,86	0,254	0,1	0,375	1,478
		2	MC	1	0,10	14,54	Medio	0,88	19,19	29,61	0,648	0,1	0,375	0,579
		3	MC	1	0,10	11,58	Medio	0,88	15,28	25,09	0,609	0,1	0,375	0,616
Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés	1	1	MSC	2	0,10	63,10	Alto	0,76	35,73	435,53	0,082	0,2	0,500	6,095
Centro Docente Las Américas	3	1	MC	1	0,10	53,20	Medio	0,88	70,22	81,46	0,862	0,1	0,375	0,435
Centro Docente Francisco Montes Idrobo	5	1	MSC	1	0,10	16,46	Alto	0,76	9,32	36,00	0,259	0,1	0,375	1,449
		2	MSC	1	0,10	17,46	Alto	0,76	9,89	36,52	0,271	0,1	0,375	1,385
		3	MC	1	0,10	22,30	Medio	0,88	29,44	37,86	0,777	0,1	0,375	0,482
		4	MC	1	0,10	24,71	Medio	0,88	32,62	42,12	0,774	0,1	0,375	0,484
		5	MC	1	0,10	30,94	Medio	0,88	40,84	52,74	0,774	0,1	0,375	0,484
Centro Docente José Ramón Bejarano	3	1	MC	1	0,10	53,55	Medio	0,88	70,69	88,69	0,797	0,1	0,375	0,470
		2	MC	1	0,10	53,55	Medio	0,88	70,69	88,69	0,797	0,1	0,375	0,470
Centro Docente La Anunciación	3	1	MC	2	0,10	61,50	Medio	0,88	81,18	144,37	0,562	0,2	0,500	0,889
		2	MC	2	0,10	38,00	Medio	0,88	50,16	193,32	0,259	0,1	0,000	0,000

Con el valor de la demanda de ductilidad y la capacidad de disipación de energía de la edificación (R), establecida por el Código NSR-98, de acuerdo con el sistema estructural y a las irregularidades en planta y en altura, se hizo la comparación de estos valores, definida en el procedimiento empleado (Cardona y Hurtado, 1990) y

presentada en la Tabla 31, para determinar la categoría y el estado de daños esperados en las edificaciones evaluadas, para una hipótesis de sismo con  $A_a$  de 0.25g, definido como el sismo de diseño en la actual Norma sismo resistente, para la ciudad de Cali.

Con la categoría y el estado de daños determinados, se procedió a asignar el porcentaje de daños de acuerdo con el procedimiento desarrollado por Whitman y Cornell (1976), mostrado en la Tabla 33. Este porcentaje de daños permite estimar, a partir del área en planta del bloque, el número de metros cuadrados que sufren daños. Las pérdidas económicas asociadas a los daños estimados, se calcularon multiplicando el área que sufre daños por el precio por metro cuadrado de construcción para el sector educativo que establece Construdata 2002, de acuerdo con el estrato socioeconómico. Los precios utilizados están consignados en la Tabla 34.

El porcentaje de víctimas fatales y personas heridas se determinó también a partir de la categoría y el estado de daños (Whitman y Cornell, 1976), como se describe en la Tabla 36. El número de víctimas fatales y personas heridas se obtuvo multiplicando los porcentajes por la población estudiantil de cada establecimiento, la cual fue distribuida entre las edificaciones, de acuerdo con su área en planta en relación con el área total construida del establecimiento.

En la Tabla 44 se muestran las categorías de daño obtenidas con su respectiva cuantificación de daños, al igual que las pérdidas económicas y de vidas humanas estimadas.

Tabla 44. Cálculo de las pérdidas económicas y de vidas humanas.

Establecimiento	R <sub>0</sub>	Φ <sub>p</sub>	Φ <sub>s</sub>	R	Daños	% daños	A <sub>p</sub>	A <sub>daños</sub>	ES	PE(10 <sup>3</sup> U\$)	NE	% VF	% H	A <sub>total</sub>	NEB	NVF	NH
Escuela Olga Lucía Lloreda	1,0	0,9	0,9	0,8	Mayores	30	406	122	3	17,88	420	0,25	2	406	420,00	1	8
Escuela Mario Lloreda	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	438	0	3	0,00	300	0,00	0	561	234,22	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	88	0	3	0,00		0,00	0		47,06	0	0
	1,0	1,0	1,0	1,0	Totales	100	35	35	3	5,14		1,00	10		18,72	0	30
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	14	8	4	0,00	580	0,00	0	353	23,00	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Moderados	5	51	3	4	0,58		0,00	1		83,80	0	6
	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	15	0	4	0,00		0,00	0		24,65	0	0
	1,5	0,9	1,0	1,4	Ninguno	0	75	0	4	0,00		0,00	0		123,23	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	64	0	4	0,00		0,00	0		105,16	0	0
Escuela General Anzoategui	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	587	587	5	128,56	1060	20,00	100	884	703,87	141	848
	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	258	258	5	5,651		1,00	10		309,37	3	105
	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	39	0	5	0,00		0,00	0		46,76	0	0
Centro Docente Santa Elena	1,0	0,9	0,9	0,8	Colapso	100	395	395	3	57,99	205	20,00	100	493	164,25	33	164
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	98	0	3	0,00		0,00	0		40,75	0	0
San Pedro Codenal	1,5	1,0	0,9	1,4	Moderados	5	104	5	1	0,66	364	0,00	1	144	262,89	0	4
	1,0	0,9	1,0	0,9	Totales	100	40	40	1	5,06		1,00	10		101,11	1	36
	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	26	0	1	0,00		0,00	0		65,72	0	0
Escuela Rufino José Cuervo	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	287	86	3	12,64	549	0,25	2	1148	137,25	0	11
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	287	86	3	12,64		0,25	2		137,25	0	11
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	359	108	3	15,81		0,25	2		171,68	0	11
	1,5	1,0	1,0	1,5	Menores	0,3	45	0	3	0,02		0,00	0		21,52	0	0
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	98	29	3	4,32		0,25	2		46,87	0	11
Centro Docente Francisco José de Caldas	1,0	0,8	0,8	0,6	Colapso	100	511	511	2	57,33	282	20,00	100	511	282,00	56	226
Escuela Luis Carlos Paña	1,5	0,9	0,8	1,1	Mayores	30	418	125	3	18,41	350	0,25	2	418	350,00	0,875	7
Escuela Cristina Serrano de Lourido	1,0	0,9	0,8	0,7	Mayores	30	712	214	2	23,96	265	0,25	2	712	265,00	1	5
Centro Docente Fernando de Aragón	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	626	626	2	70,23	445	20,00	100	729	382,13	76	356
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	103	0	2	0,00		0,00	0		62,87	0	0
Centro Docente Isaías Gamboa	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	186	0	1	0,00	350	0,00	0	369	176,42	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	144	0	1	0,00		0,00	0		136,59	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	39	0	1	0,00		0,00	0		36,99	0	0
Escuela República de Francia	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	142	0	4	0,00	300	0,00	0	517	82,40	0	0
	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	93	0	4	0,00		0,00	0		53,97	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	70	0	4	0,00		0,00	0		40,62	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	70	0	4	0,00		0,00	0		40,62	0	0
	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	142	0	4	0,00		0,00	0		82,40	0	0
Centro Docente República del Brasil	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	71	0	4	0,00	700	0,00	0	657	75,65	0	0
	1,5	0,9	0,9	1,2	Menores	0,3	345	1	4	0,24		0,00	0		367,58	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	241	0	4	0,00		0,00	0		256,77	0	0
Escuela José María Villegas	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	376	376	1	47,56	480	20,00	100	577	312,79	63	384
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	87	0	1	0,00		0,00	0		72,37	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	114	0	1	0,00		0,00	0		94,84	0	0
Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés	1,0	0,8	0,8	0,6	Colapso	100	556	556	3	81,62	500	20,00	100	556	500,00	100	400
Centro Docente Las Américas	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	244	0	2	0,00	800	0,00	0	388	503,09	0	0
Centro Docente Francisco Montes Idrobo	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	155	155	3	22,76	672	1,00	10	685	152,06	2	67
	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	155	155	3	22,76		1,00	10		152,06	2	67
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	107	0	3	0,00		0,00	0		104,97	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	119	0	3	0,00		0,00	0		116,74	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	149	0	3	0,00		0,00	0		146,17	0	0
Centro Docente José Ramón Bejarano	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	306	0	1	0,00	1500	0,00	0	918	500,00	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	306	0	1	0,00		0,00	0		500,00	0	0
Centro Docente La Anunciación	1,5	0,9	0,9	1,2	Menores	0,3	208	1	1	0,08	2159	0,00	0	542	828,55	0	0
	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	208	0	1	0,00		0,00	0		828,55	0	0
<b>TOTALES</b>										<b>5 668,88</b>	-	-	-	-	-	<b>479</b>	<b>2 755</b>

La denominación de las columnas de esta tabla son especificadas a continuación:

R<sub>0</sub>: Capacidad de ductilidad.

Φ<sub>p</sub>: Factor de reducción de la capacidad de ductilidad por irregularidad en planta.

- $\Phi_a$ : Factor de reducción de la capacidad de ductilidad por irregularidad en altura.
- R: Capacidad de disipación de energía.
- $A_p$  y  $A_{daños}$ : Área en planta y área que sufre daños del bloque, respectivamente.
- ES: Estrato socioeconómico.
- PE: Pérdidas económicas en miles de dólares.
- NE: Número de estudiantes de la escuela.
- %VF, NVF: % y número de víctimas fatales, respectivamente.
- %H, NH: % y número de heridos y heridas, respectivamente.
- $A_{Total}$ : Área total construida de la escuela.
- NEB: Número de estudiantes por bloque.

Los resultados sobre estado de daños en todas las edificaciones escolares evaluadas revelaron que en el 70 % de las escuelas se esperan daños; en el 10 % de las escuelas se espera que los daños sean moderados, es decir que el 5 % de la edificación sufra daños, en el 30 % de los establecimientos se estiman daños mayores, equivalentes al 30 % de la edificación expuesta, en el 20 % de las escuelas se esperan daños totales y en el 10 % colapso. El comportamiento de los daños por bloque es diferente dado que entre ellos existen grandes diferencias en áreas y de acuerdo con ella se determinó su incidencia en el estado de daño global esperado en cada escuela.

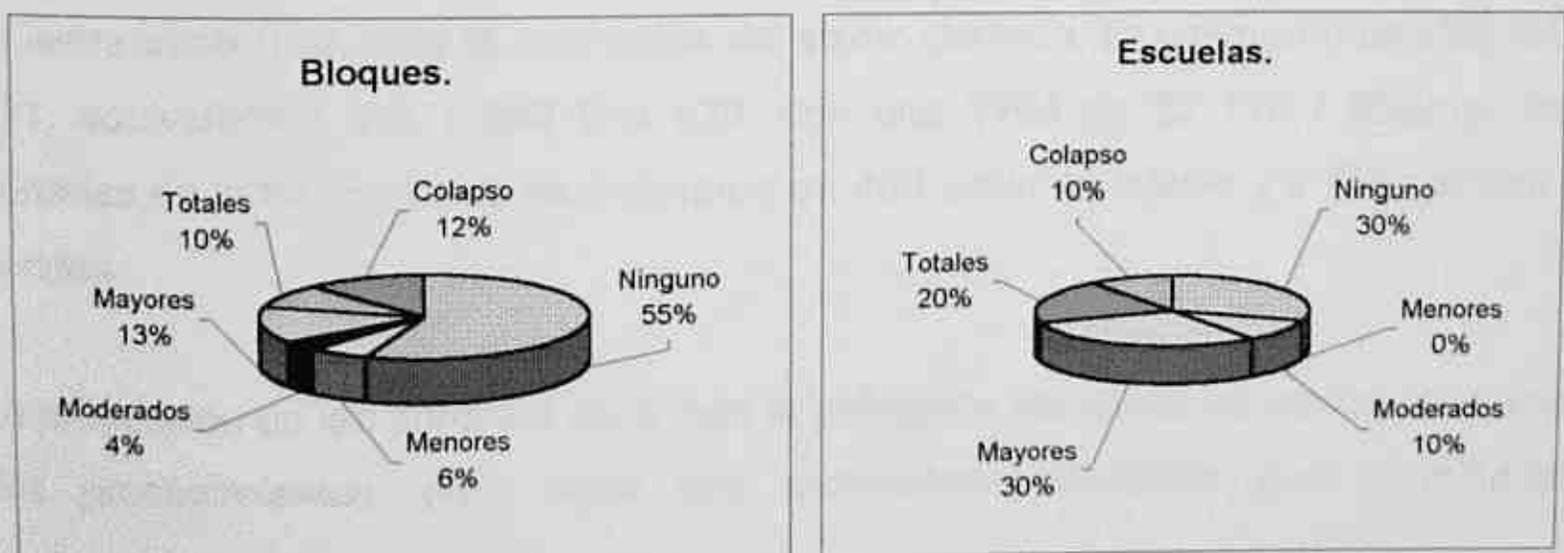


Figura 27. Distribución porcentual del estado de daños por bloques y escuelas.

### 5.5.2. Edificaciones con pórtico en concreto.

La estimación de pérdidas económicas, en este tipo de edificaciones, se hizo de acuerdo con el porcentaje de área de muros que sufre daños, definido en el Capítulo 4, multiplicado por un valor aproximado de muro en ladrillo tolete, equivalente a \$11 914 por metro cuadrado, calculado con base en los precios de Construdata 2002. Los resultados pueden verse en la Tabla 45.

**Tabla 45.** Pérdidas económicas en edificaciones con pórtico en concreto.

Nombre escuela	B	N.P.	Longitud de muros (m)		H (m)	A <sub>muros</sub> (m <sup>2</sup> )	C.M.	% de daño	A <sub>daños</sub> (m <sup>2</sup> )	Pérdidas económicas (US\$)
			X	Y						
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	6	2	63,2	32,4	2,8	267,7	No	100	267,7	1 151,4
Rufino José Cuervo	4	2	20,8	44,0	2,5	161,8	No	100	161,8	695,9
Centro Docente Las Américas	2	2	60,0	64,4	2,8	348,6	Parcial	50	174,3	749,7
Centro Docente José Ramón Bejarano	3	2	123,4	107,2	2,8	451,8	Parcial	50	225,9	971,6
Centro Docente La Anunciación	3	2	77,8	59,2	2,8	330,7	No	100	330,7	1 422,4
<b>TOTAL</b>										<b>4 991,0</b>

### 5.5.3. Pérdidas totales.

Las posibles pérdidas económicas que se producirían en las escuelas de la muestra específica, ante la ocurrencia del sismo definido, se estimaron en US\$ 667 731, equivalentes a \$ 1 849 614 870, con una TRM de \$2 770 / dólar y las pérdidas de vidas humanas se estimaron en 480 víctimas fatales y 2 755 heridos y heridas.

La proyección de las pérdidas para toda la población estudiada se realizó mediante dos procedimientos, para tener dos estimativos diferentes que permitieron

establecer un rango de posibles pérdidas económicas y de vida para una hipótesis de sismo con  $Aa=0.25g$ .

Un procedimiento consistió en realizar una proyección directa de estos valores a la población estudiada, considerando que la muestra específica corresponde al 28,6 % de esta población, se obtuvo que las pérdidas económicas en las escuelas son de US\$ 2 337 058, es decir, \$6 473 652 045 y en cuanto a la proyección para las pérdidas de vidas humanas se obtuvo un estimativo de 1 680 víctimas fatales y 9 642 personas heridas.

El otro procedimiento consistió en efectuar una proyección de estos valores, asignando a cada escuela de la población estudiada, las pérdidas correspondientes a la escuela que la representa dentro de la muestra específica, obteniendo un valor de pérdidas económicas totales de US\$1 852 528 y número de víctimas fatales y personas heridas de 935 y 5761, respectivamente. En la Tabla 46 se muestra este procedimiento.

El rango de pérdidas económicas se encuentra entre US\$1 852 528 y US\$ 2 337 058, equivalentes a \$5 130 754 660 y \$6 473 650 660, respectivamente, para una TRM de 2770 \$/US\$. El número de víctimas fatales oscila entre 935 y 1 680 y el número de personas heridas entre 5 761 y 9 642.

**Tabla 46. Pérdidas económicas en edificaciones con muros confinados y sin confinar.**

No.	Nombre del establecimiento	Nombre escuela muestra específica	Pérdidas económicas (US\$)	Victimas fatales	Personas heridas
1	C.D. Benjamín Herrera	C.D. Francisco José de Caldas	57 329	56	226
2	Esc. Hernando Caicedo		57 329	56	226
3	C.D. Bienestar Social		0	0	0
4	C.D. Juan XXIII		0	0	0
5	C.D. León XIII	C.D. República de Francia	0	0	0
6	Esc. Camilo Torres		0	0	0
7	Esc. Francisco de Paula Santander		0	0	0
8	Esc. General Carlos Albán		0	0	0
9	C.D. Cacique de Guatavita	Esc. Cristina Serrano de Lourido	23 964	1	5
10	C.D. Calímo Rueda	C.D. Mario Lloreda	5 138,23	0,19	29,70
11	C.D. Croydon		5 138,23	0,19	29,70
12	C.D. Ciudad Córdoba	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	580	0	6
13	C.D. Jhon F. Kennedy		580	0	6
14	C.D. Eduardo Riascos Grueso	Esc. San Pedro Codenal	5 717	1	40
15	C.D. Purificación Trujillo		5 717	1	40
16	C.D. Estado de Puerto Rico		45 510	3	133
17	C.D. Evaristo García	C.D. Francisco Montes Idrobo	45 510	3	133
18	C.D. General Santander		45 510	3	133
19	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero		45 510	3	133
20	C.D. Fernando Velasco	Esc. Isaias Gamboa	0	0	0
21	Esc. Esther Zorrilla		0	0	0
22	Esc. Fenalco Asturias		0	0	0
23	C.D. Gabriel Montaña T.	C.D. Las Américas	0	0	0
24	C.D. Once de Noviembre		17 881	1	8
25	C.D. San Roque		17 881	1	8
26	C.D. Santo Domingo		17 881	1	8
27	C.D. Simón Bolívar		17 881	1	8
28	Esc. La Presentación	Esc. Olga Lucía Lloreda	17 881	1	8
29	Esc. María Perlaza		17 881	1	8
30	Esc. Rafael Uribe Uribe		17 881	1	8
31	Esc. República del Ecuador		17 881	1	8
32	Esc. República del Perú		17 881	1	8
33	Esc. Sebastián de Belalcázar		17 881	1	8
34	Esc. La Gran Colombia		0	0	0
35	C.D. Panamericana	C.D. José Ramón Bejarano	0	0	0
36	Esc. Fray José Ignacio Ortiz		0	0	0
37	Esc. Juan Pablo II Nápoles		0	0	0
38	Esc. Normal Nat Superior de Señoritas de Cali	C.D. Fernando de Aragón	70 231	76	356
39	Esc. Honorio Villegas		70 231	76	356
40	Esc. San Pedro Alejandrino		70 231	76	356
41	C.D. José María Vivas Balcazar		70 231	76	356
42	Esc. Ciudad de Cali	C.D. Rufino José Cuervo	45 427	1	44
43	Esc. Club Noel		45 427	1	44
44	Esc. Juana de Caicedo y Cuero		45 427	1	44
45	Esc. Portete de Tarqui		45 427	1	44
46	C.D. Celmira Bueno de Orejuela		45 427	1	44
47	C.D. Rafael Zamorano		45 427	1	44
48	Esc. Eustaquio Palacios		45 427	1	44
49	Esc. Juan de Ampudia	C.D. República del Brasil	235	0	0
50	Esc. Veinticinco de Julio		235	0	0
		Subtotal	1 184 797	455	3 006
		Pérdidas muestra específica	667 731	480	2 755
		TOTAL	1 852 528	935	5 761