EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA (NORMA NSR-98 Y NSR-10) Y FUNCIONAL (SEGÚN ESTÁNDARES SECTORIALES) DEL SECTOR EDUCACIÓN (ZONA RURAL) DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS.

INVESTIGADOR PRINCIPAL
ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN
KELLY JOHANNA RAMÍREZ CUERVO
CAMILO ANDRES URREA HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA 2014

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA (NORMA NSR-98 y NSR-10) Y FUNCIONAL (SEGÚN ESTÁNDARES SECTORIALES) DEL SECTOR EDUCACIÓN (ZONA RURAL) DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS.

KELLY JOHANNA RAMÍREZ CUERVO
CAMILO ANDRES URREA HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA 2014

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS 5

LISTA DE FIGURAS 6

RESUMEN 7

1. INTRODUCCIÓN 9

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 11

3. ANTECEDENTES 13

3.1. ANTECEDENTES LOCALES/REGIONALES 13

3.2. ANTECEDENTES MUNDIALES 15

4. OBJETIVOS 18

4.1. OBJETIVO GENERAL 18

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

5. JUSTIFICACIÓN 19

6. MARCO REFERENCIAL 20

6.1. MARCO TEÓRICO 20

6.1.1. Localización y descripción general del municipio 20

6.1.2. Microzonificación sísmica de Dosquebradas 22

6.1.3. Eventos sísmicos 22

6.2. MARCO CONCEPTUAL 23

6.2.1. Amenaza sísmica y diseño sismo resistente 24

6.2.2. ¿Qué es un sismo? 24

6.2.3. Acción de los terremotos en las estructuras 25

6.2.4. Daños estructurales 26

6.2.5. Vulnerabilidad estructural 27

6.2.6. Vulnerabilidad no estructural 27

6.2.7. Vulnerabilidad administrativa-organizativa 28

6.2.8. Interacción suelo-estructura y tipo de cimentación 28

6.2.9. Función de los elementos estructurales 30

6.2.10. Sistemas estructurales 31

6.2.11. Configuración en planta 33

6.2.12. Configuración en altura 33

6.2.13. Metodologías de análisis de vulnerabilidad 34
6.2.14. La gestión de riesgo 35
6.2.15. La reducción de la vulnerabilidad 36
6.3. MARCO LEGAL 37
7. PROCESO METODOLÓGICO 40
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO 40
7.2. MATRIZ DE DISENO METODOLÓGICO 42
7.3. FASES Y RESULTADOS 43
7.3.1. Variables utilizadas en campo para la recolección de datos 43
7.3.2. Descripción general de la ficha de captura de información 43
8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 51
8.1. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS 51
8.1.1. Características del entorno circundante 51
8.1.2. Número de personas que ocupan el predio 53
8.1.3. Cantidad de pisos 54
8.1.4. Tipo de cubierta 55
8.1.5. Presenta fisuras 56
8.1.6. Tipo fisura 57
8.2. INCIDENCIA DE LA TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA EN LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FISICA DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS 58
8.3. JERARQUIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD FUNCIONAL SEGÚN ESTÁNDARES DE LA NTC 4595 69
8.3.2. Matrices de evaluación de la funcionalidad de las instituciones educativas valoradas, según la NTC 4595 71
9. CONCLUSIONES 82
10. RECOMENDACIONES 84
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86
ANEXOS DIGITALES 88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Registro histórico de sismos ocurridos en el eje cafetero 11
Tabla 2 Registro de sismos que históricamente han afectado el Municipio de Dosquebradas 23
Tabla 3 Listado de colegios/escuelas a evaluar en el sector rural del municipio de Dosquebradas 41
Tabla 4 Matriz de diseño metodológico 42
Tabla 5 Coordenadas (latitud y longitud) 44
Tabla 6 Tipo y características de las fisuras evaluadas 45
Tabla 7 Caracterización del tipo de entrepisos 46
Tabla 8 Tipología de los materiales constructivos predominantes 46
Tabla 9 Cumplimiento de las normas de sismo resistencia acorde con época de las construcciones 47
Tabla 10 Tipos de cimentación evaluados 48
Tabla 11 Características de los tipos de suelos predominantes 49
Tabla 12 Tipologías estructurales diagnosticadas 49
Tabla 13 Configuración Geométrica en planta 50
Tabla 14 Configuración Geométrica en elevación 50
Tabla 15 Distribución porcentual de localización de edificaciones con relación al entorno circundante 51
Tabla 16Numero de personas que ocupan el predio 53
Tabla 17Cantidad de pisos 54
Tabla 18 Tipo de cubierta 55
Tabla 19 Presenta fisuras 56
Tabla 20 Tipo de fisura 57
Tabla 21 Tipología institución educativa Cartagena confrontada con la NSR-10 58
Tabla 22 Tipologías constructivas instituciones educativas rurales Dosquebradas 61
Tabla 23 Planeamiento general de instituciones educativas. Vulnerabilidad funcional. 72
Tabla 24 Clasificación de los ambientes 73
Tabla 25 Requisitos especiales de accesibilidad 75
Tabla 26 Instalaciones técnicas 76
Tabla 27 Comodidad 77
Tabla 28 Seguridad 78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localización municipio de Dosquebradas en el contexto departamental.....21
Figura 2 Distribución porcentual de localización de edificaciones con relación al entorno 52
Figura 3 Ocupación instituciones educativas sector rural municipio de Dosquebradas 53
Figura 4 Distribución porcentual número de pisos por edificación.....54
Figura 5 Distribución porcentual por tipo de cubierta en instituciones educativas .55
Figura 6 Presencia de fisuras en edificaciones evaluadas.....56
Figura 7 Caracterización de las fisuras diagnosticadas en instituciones educativas 57
Figura 8 Número de instituciones educativas en porcentaje de cumplimiento con la norma 68

RESUMEN

Evaluar la vulnerabilidad física y funcional cualitativas de las edificaciones del sector educativo (21 escuelas), localizadas en el sector rural del municipio de Dosquebradas, se convierte en la fase proximal de un verdadero diagnóstico tendiente a reconocer el estado estructural y funcional de las instituciones educativas a través de las cuales se presta dicho servicio para las comunidades rurales. El proyecto de investigación pretende, a partir del levantamiento de la plantas estructurales y del reconocimiento de campo de elementos como la tipología constructiva, la cimentación, la geometría de las construcciones, la estructura del techo y las características del entorno circundante, valorar de manera cualitativa la vulnerabilidad física de tales edificaciones, con un relativo énfasis en aquellos aspectos funcionales que posibilitan una adecuada y eficiente prestación del servicio, todo en el marco de la NSR-10 y la NTC-4595. Para el caso particular del sector educativo rural del municipio de Dosquebradas fue evidente, en virtud de la edad/época de las construcciones y las evaluaciones adelantadas que el 100% de las mismas no satisfacen los requerimientos de la NSR-10 y más aún por la localización y equipamiento/dotación de las instituciones educativas, el 100% de ellas no presentan condiciones de funcionalidad que garanticen un servicio eficiente y dignificante de las expectativas de vida de la comunidad rural beneficiaria del servicio educativo. Se hace evidente entonces que la condición físico-funcional de las edificaciones del sector educativo rural del municipio de Dosquebradas presenta condiciones de alta exposición ante la eventual ocurrencia de eventos catastróficos, en razón a sus condiciones estructurales y de funcionalidad diagnosticados.

ABSTRACT

To assess the qualitative physical and functional vulnerability of the buildings of the education sector (21 schools), located in the rural area of the municipality of Dosquebradas, becomes the proximal phase of a true diagnosis tending to recognize the structural and functional status of educational institutions through which such

services for rural communities is provided. The research project seeks to, from lifting the structural plants and field reconnaissance elements such as building type, foundation, the geometry of the buildings, the roof structure and characteristics of the surrounding environment, assess qualitatively physical vulnerability of such buildings, with a relative emphasis on those functional aspects that enable an adequate and efficient service, all in the framework of the NSR -10 and NTC- 4595. For the particular case of the rural education sector municipality Dosquebradas was evident under age/era constructions and evaluations advanced that 100 % of them do not meet the requirements of the NSR- 10 and further by the location and equipment/provision of educational institutions, 100% of them do not present conditions that guarantee efficient functionality and dignified service life expectancy of the beneficiary rural community of educational services. It is evident that the physical- functional condition of the buildings of the rural education sector municipality Dosquebradas presents conditions of high exposure to the possible occurrence of catastrophic events, due to their structural and functional condition diagnosed.

1. INTRODUCCIÓN

Determinar la vulnerabilidad física y funcional de las edificaciones del sector educativo rural del municipio de Dosquebradas, tiene como finalidad evaluar en las mismas no sólo las deficiencias constructivas a la luz de la NSR-10, sino también sus deficiencias funcionales según la NTC 4595, en razón a la cantidad de personas (estudiantes, profesores y administrativos) que así sea transitoriamente ocupan estas edificaciones y que eventualmente pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento catastrófico. Se hace pues necesario avanzar en diagnósticos semidetallados de las condiciones actuales (físicas y funcionales) de las instituciones educativas del sector rural municipal toda vez que la generalidad de los esfuerzos ha estado concentrados en el sector urbano y se desconoce la real condición de este sector en lo rural.

La investigación que se propone realizar en el sector educativo rural del municipio de Dosquebradas, con una significativa afectación asociada a la ocurrencia del sino del 25 de enero de 1999, según registros de la CEPAL (1999), tendrá como punto de partida el 100 % de la instituciones educativas de la zona rural del territorio municipal, en el marco de los estándares normativos de sismorresistencia vigentes establecidos según la NSR-10 y funcionales según la NTC 4595, con el propósito de diagnosticar, caracterizar y evaluar la vulnerabilidad física y funcional de cada uno de ellos y de esta manera poder avanzar en la formulación de estrategias, políticas y acciones locales de intervención que le permitan al municipio de Dosquebradas reducir el riesgo de desastres ante la eventual ocurrencia de un sismo de mayor o igual magnitud que la del 25 de enero de 1999.

Para abordar dicha investigación se acudirá a la aplicación de una ficha de vulnerabilidad física y funcional en cada una de las instituciones educativas objeto de estudio, al levantamiento de los elementos estructurales de dichas instituciones

y al diagnóstico de campo que posibilitará reconocer la dimensión de la problemática sectorial en el territorio municipal.

De igual manera, la investigación posibilitará confirmar, según los alcances de la investigación, si el municipio, en el hoy de su desarrollo educativo, se encuentra lo suficientemente preparado para atenuar los probables impactos que generaría la ocurrencia de un evento catastrófico y garantizar la prestación del servicio educativo sin efectos sobre la población de la zona rural del municipio.

Finalmente, los resultados de la investigación se convertirán en la fase diagnóstica previa de la evaluación del estado del arte del sector educativo rural del municipio, propendiendo con ello a que las autoridades municipales centren su mirada y su gestión hacia el sector educativo rural toda vez que los procesos de desarrollo y planificación locales deben ser integrales y tender hacia el mejoramiento de las condiciones de calidad de vida y bienestar de todos los pobladores, además de centrar sus esfuerzos en la mitigación de factores generadores de riesgo en el territorio municipal.

Esta propuesta investigativa servirá para que autoridades locales tales como: la Dirección Operativa para la Prevención y Atención de Desastres (OMPADE), la Secretaria de Educación y la Secretaria de Infraestructura emprendan las acciones requeridas para reducir los factores generadores de riesgo en el territorio municipal y en particular la vulnerabilidad física y funcional de las construcciones de los sectores evaluados.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los municipio de Pereira y Dosquebradas se vieron afectados en las últimas dos década por los sismos que ocurrieron en los departamentos del triángulo del café (Risaralda, Quindío y Caldas), entre el año 1995 al año 2013 y actualmente siguen estando expuestos a los impactos derivados de la ocurrencia de los eventos sísmicos con magnitudes que oscilaron entre 3.7 y 4.6 en la escala de Richter como se representa en la tabla a continuación.

Tabla 1 Registro histórico de sismos ocurridos en el eje cafetero

Fecha aaaa/mm/dd	Hora UTC hh:mm:ss	Magnitud Ml	Longitud Grados	Latitud Grados	Profundidad Km	Municipio	Departamento
1995-01-02	22:33:25	4.5	-75.503	5.063	138.2	Manizales	Caldas
1999-01-25	19:08:48	4.5	-75.712	4.503	3.5	Armenia	Quindío
1999-01-25	19:08:48	4.5	-75.712	4.503	3.5	Armenia	Quindío
1999-01-25	21:23:06	3.7	-75.688	4.504	0	Armenia	Quindío
1999-01-27	16:42:54	3.7	-75.718	4.527	0	Armenia	Quindio
1999-01-29	06:06:56	3.9	-75.688	4.525	0	Armenia	Quindio
1999-04-08	15:41:25	3.5	-75.684	4.497	4	Armenia	Quindio
1999-10-21	15:50:43	3.7	-75.719	4.477	4	Armenia	Quindio
1999-10-22	00:46:20	3.7	-75.708	4.475	4	Armenia	Quindio
2002-04-06	22:03:39	4.1	-75.69	4.567	166	Armenia	Quindio
1993-12-03	13:16:17	4.6	-75.68	4.86	120	Dosquebradas	Risaralda

[1] Fuente: Ingeominas histórico de sismos ocurridos en el eje cafetero

Tal realidad obliga a las autoridades y a la comunidad académica y científica locales, avanzar de manera oportuna y concreta en el diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de la infraestructura de aquellos sectores sensibles

[1] INGEOMINAS-FOREC. Zonificación de Amenazas Geológicas para los municipios del Eje Cafetero Afectados por Sismos

y prioritarios para la prestación de servicios esenciales, como lo de es de manera particular el sector educativo. Bien es sabido por la administración municipal y específicamente por la Secretaría de Educación municipal que la generalidad de las escuelas/colegios del sector rural no han contado históricamente con el debido acompañamiento en términos de mejoramiento de su infraestructura (educación) y las condiciones de funcionalidad, en razón a que las coberturas rurales son mínimas si se les compara con las urbanas, convirtiéndose dicha premisa en un factor de priorización de las inversiones municipales en el sector educativo.

Es pues un hecho innegable que las instituciones educativas rurales no cuentan con edificaciones adecuadas desde la dimensión físico-estructural y funcional que garantice una eficiente y segura prestación del servicio educativo, todo ello en detrimento de la calidad de vida y fortalecimiento de las capacidades rurales en las 21 instituciones educativas del área rural del municipio de Dosquebradas. Surge entonces la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los elementos condicionantes de la vulnerabilidad física y funcional de la infraestructura educativa del sector rural del municipio de Dosquebradas, que permita evaluar los niveles de preparación y respuesta locales frente a la potencial ocurrencia de un evento catastrófico generalizado de origen natural?

3. ANTECEDENTES

Dosquebradas se encuentra ubicada en una zona de alta actividad sísmica , ya que se encuentra en zona de fallas geológicas, debido a esto es necesario hacer un estudio avanzado sobre las estructuras que en este municipio se encuentran, teniendo como base estudios realizados en otras ciudades y países , un sesgo grande acerca de esta investigación es que en el departamento de Risaralda no existen reportes o bases de datos de estudios relacionados con la vulnerabilidad sísmica en el sector escolar.

Entre algunos estudios realizados sobre la vulnerabilidad en el sector escolar realizados se cuentan:

3.1. ANTECEDENTES LOCALES/REGIONALES

AUTOR: ING CARLOS ALBERTO CEBALLOS CIFUENTES
ING NESTOR WILLIAM GARCIA JIMENEZ
UNIVERSIDAD NACIONAL COLOMBIANA – FACULTAD DE ING CIVIL – MANIZALES
FACULTAD DE MINAS MEDELLIN
Fecha del Estudio realizado: Agosto del 2003
Nombre: Estudio de vulnerabilidad sísmica del liceo Isabel la católica sección primaria del bloque norte en la ciudad de Manizales

Objetivo general: Realizar un estudio de análisis de vulnerabilidad sísmica del edificio norte del colegio Isabel la católica bajo los parámetros establecido en la norma sismo resistente del 2010 (NSR 98).

Resultados obtenidos según datos obtenidos:

La Estructura en el momento es susceptible a tres tipos de falla. Una en la losa debido a cargas verticales, y que se evidencian en las grandes flechas actuales y pequeñas grietas en la viga del eje B nivel 1, porque los elementos que componen la malla poseen los más altos índices de sobre esfuerzo (mayores que 1), otra falla que puede darse es en la viga del eje D porque está soportada por la columna 28 que posee el índice más alto. La otra se puede ser ocasionada por la acción del sismo de diseño, y se presentaría porque todos los muros poseen índices de sobre esfuerzo mayores a 1 en las tensiones de cortante y compresión y no cumplen además con la longitud mínima de muros en cada dirección por cada nivel exigida por la norma NSR - 98 para la mampostería confinada.

Autor: RAFAEL ENRIQUE BUSTAMANTE VERGARA
CARLOS MARIO CASTRO NAVARRO
JAVIER EDUARDO MÁRQUEZ ZABALA
UNIVERSIDAD DE SUCRE FACULTAD DE INGENIERÍAS
Fecha del estudio: 2007
Nombre del proyecto: Estudio de vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas de la zona rural del norte del municipio de Sincelejo

Autor: ING JOSE LUIS ALOSO G
Última fecha de referencia: Año 2000 (no hay fecha de publicación exacta)

NOMBRE: Vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas de Venezuela

OBJETIVO GENERAL: Realizar un estudio sobre las infraestructuras escolares ubicadas en Venezuela ya que sus regiones son sísmicamente activas
Resultados obtenidos según datos obtenidos:

El riesgo sísmico solo podrá mitigare si se disminuye la vulnerabilidad estructural abonado a la aplicación e interpretación correcta de las normas sismo resistentes.

AUTOR: OSCAR A. LOPEZ
JULIO H.HERNADEZ
GIANINA DEL RE
JOSÈ PUIG
INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES, FACULTA DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Fecha de publicación: Caracas, noviembre del 2004
Nombre: Reducción del riesgo sísmico en escuelas de Venezuela

Resumen: Mediante técnicas de análisis dinámico lineal y estático no-lineal y bajo el marco de la Norma Sísmica vigente se determinó el riesgo a que están expuestas las edificaciones Tipo Antiguo y Tipo Cajetón en las diferentes zonas en que se divide el país. Las escuelas tipo Antiguo están expuestas a riesgos intolerables, aún en las zonas de amenaza moderada, por lo que se desprende la urgente necesidad de que sean reforzadas. Solo las escuelas tipo Cajetón localizadas en las zonas sísmicas 4 a 7 deben ser reforzadas.

3.2. ANTECEDENTES MUNDIALES

Los estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes no pudieron aparecer sin que primero la humanidad entendiera a través de la experiencia, que los sismos terrestres no pueden ser controlados por el hombre. A pesar que las normas de construcción datan de 20 siglos antes de nuestra era con el conocido código de Hamurabi, rey de Babilonia, ha sido hasta el siglo XX que los científicos han "explotado" las lecciones que dejan los sismos para que hoy se tengan modernos códigos de construcción sismo resistente.

A raíz del sismo de Mesina, Italia en 1908, una comisión compuesta por ingenieros dedicados a la práctica de la ingeniería civil fue encargada de analizar los efectos del sismo y proponer las medidas que consideraran convenientes para que en un supuesto evento similar en el futuro, los daños fueran menores. En 1909 la comisión recomendó que los edificios deberían diseñarse para una carga lateral equivalente a 1/12 del peso.

Posterior al sismo de Tokio, Japón en 1923, los ingenieros japoneses encontraron que los peores daños habían ocurrido en los edificios de mampostería mientras que los de concreto reforzado y madera pocos daños relativos habían sufrido. A raíz de varias discusiones se propuso los primeros conceptos de diseño sismo resistente: frente a las cargas sísmicas, un edificio debía comportarse tan cerca de lo que es un cuerpo rígido, como las circunstancias lo permitieran; se debía emplear plantas tan simétricas como fuera posible; se debía emplear paredes rígidas mientras fuera posible, manteniendo la continuidad de estos elementos desde la cimentación hasta la cubierta; las fuerzas sísmicas se repartían a las líneas de columnas en proporción a las rigideces del pórtico o sistema estructural.

Japón, localizado en la zona de mayor actividad sísmica del mundo y actualmente líder mundial en el campo de la ingeniería sísmica, logró por primera vez construir un edificio sismo resistente que sobrepasara 31 metros de altura en 1968. El método de diseño utilizado simulaba respuestas dinámicas en un computador y fue desarrollado por el Dr. Kiyoshi Muto, quien fuera presidente en una época de la AIJ (Architectural Institute of Japan) y cuyo edificio alcanzó 156 metros de altura. El edificio se llamó Kasumigaseki.

En los Estados Unidos, el primer intento de normalización se produjo en 1927 a raíz del sismo de Santa Bárbara. En 1933 ocurrió el sismo de Long Beach que motivó al gobierno del estado a encargar a su División de Arquitectura la preparación de un

reglamento de construcción. Este reglamento exigía, entre otras cosas, que los edificios de mampostería no reforzada se debían diseñar para resistir una carga lateral igual al diez por ciento de la suma de la carga muerta y una porción de la carga viva. En 1974 el Consejo de Tecnología Aplicada, ATC, de California formó un grupo muy sólido de ingenieros y científicos que propusieron unas bases de normalización y apareció el documento "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings", conocido con el nombre de ATC-3-06. Este documento conformó las bases de la elaboración de un buen número de códigos modernos de construcción sismo resistente en el mundo[6] y de estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes tienen su origen en las llamadas Técnicas de Screening durante la década de los 60s y 70s. Estas técnicas fundamentalmente trataban de cuantificar la resistencia de la estructura por aproximaciones, con el fin de determinar la capacidad de una estructura existente ante cargas monotónicas. Algunos de estos métodos por lo tanto, fueron la base para posteriores métodos que para el caso sísmico, incluyeron estimaciones de la ductilidad y de desplazamiento lateral de la estructura.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad física y funcional cualitativas de las edificaciones del sector educativo rural (21 escuelas), localizadas en el municipio de Dosquebradas, ante la eventual ocurrencia de un evento catastrófico.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la vulnerabilidad física y funcional de las 21 escuelas y/o colegios oficiales localizados en el perímetro rural del municipio de Dosquebradas, en el marco de la norma de sismo resistencia colombiana y la NTC 4595.
- Determinar las tipologías constructivas de mayor incidencia en la vulnerabilidad física de la infraestructura de cada uno de las instituciones evaluadas (según laNSR-10).
- Jerarquizar los niveles de vulnerabilidad funcional de las instituciones educativas diagnosticadas.

5. JUSTIFICACIÓN

Dosquebradas se encuentra en la zona andina la cual es catalogada como una de las zonas con mayor actividad sísmica debido a su complejidad geológica, puesto que contiene fallas que están enmarcadas dentro del gran dominio tectónico del Sistema de Fallas Romeral, y se localiza en el borde de la Cordillera Central. Teniendo en cuenta que Dosquebradas se localiza, según la NSR-10, en zona de amenaza sísmica alta, surge la necesidad de adelantar evaluaciones a nivel estructural y funcional de las estructuras existentes en la zona rural, y en este caso particular, las instituciones educativas que por las funciones que desempeña genera un nivel de importancia alto para la seguridad y bienestar de las personas que habitan transitoriamente sus instalaciones, los que en su mayoría son niños y adolescentes. Adicionalmente, es una práctica común en nuestro país, que una vez ocurrido un evento catastrófico las escuelas/colegios se convierten en albergues temporales de población afectada, hecho éste que confirma y valida la pertinencia del ejercicio investigativo, toda vez que sus resultados posibilitarán obtener un panorama técnico del estado, calidad constructiva y funcionalidad de dichas edificaciones. Resulta entonces de significativa importancia, desde el punto de vista académico e institucional, obtener un panorama claro y semidetallado de las actuales condiciones constructivas y funcionales de las edificaciones del sector educativo rural del municipio de Dosquebradas en procura de acciones del corto y mediano plazo que posibiliten la prestación eficiente del servicio educativo y el bienestar y seguridad de la comunidad educativa desde la dimensión de la gestión del riesgo de desastres, ante la eventual ocurrencia de un evento catastrófico.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. MARCO TEÓRICO

La ciencia sismológica se ha ido desarrollando paralelamente a los avances tecnológicos utilizando como muestra el globo terráqueo para desarrollar los ensayos y estudios pertinentes con el fin de obtener de prever y alertar a la humanidad de las sacudidas violentas no iguales en energía de la natural, utilizando como medios de medida sismógrafos, sismómetros y acelerógrafos entre otros que día a día se van perfeccionando y se distribuyen en estaciones sismológicas ubicadas en los 5 continentes formando grandes redes de comunicación e informando sobre cualquier onda sísmica por más lejana que sea, estas se pueden prolongar por vía terrestre o por vía marina (causantes de terremotos y/o tsunamis).

En Colombia se tiene actualmente 3 estaciones de banda ancha y 17 de corto periodo, 5 subredes ubicadas en Cundinamarca, meta, Casanare, Santander y norte de Santander para un total de 13 estaciones de subredes, que no solo detecta ondas si no explosiones nucleares.

6.1.1. Localización y descripción general del municipio[2]

El Municipio de Dosquebradas está localizado al sur oriente del Departamento de Risaralda, su cabecera municipal limita con la de la Ciudad de Pereira conformando una conurbación.

El área del municipio es de 70.81 km2 (7,081 Ha), de los cuales 13 km2, aproximadamente, corresponden a la zona urbana.

[2] CARDER, Diagnostico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda.2007

Dosquebradas conforma el Área Metropolitana Centro Occidente con los municipios de Pereira y La Virginia, además pertenece a la Subregión 1 (ver Figura 1), con los municipios de Pereira, Santa Rosa de Cabal y Marsella; de acuerdo al proceso de Planificación Ambiental del Territorio realizado por la CARDER; ya que estos cuatro municipios presentan características biofísicas, socioeconómicas y culturales similares, además de concentrarse allí la mayoría de la población y los procesos económicos y sociales más significativos del departamento.

Figura 1 Mapa de localización municipio de Dosquebradas en el contexto departamental

Fuente: CARDER, Diagnostico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda.2007

Como se puede apreciar en la figura anterior, Dosquebradas limita por el norte y el oriente con el Municipio de Santa Rosa de Cabal, por el occidente con los municipios de Marsella y Pereira, al sur con el Municipio de Pereira, según el Documento Técnico de Soporte del Plan de Ordenamiento Territorial "…el

municipio está localizado altimétricamente entre las cotas 1.350 y 2.150 m.s.n.m., presentando una apreciable diferenciación entre zonas planas, de piedemonte y de laderas largas con pendientes fuertes"(1).[3]

6.1.2. Microzonificación sísmica de Dosquebradas

La microzonificación sísmica de una ciudad consiste en establecer zonas de suelos con comportamiento dinámico similar, de manera que puedan establecerse allí recomendaciones específicas para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes.

Mediante el Acuerdo Municipal 013 del año 2000, y a través del Plan de Ordenamiento Territorial, fue reglamentada la Microzonificación Sísmica del Municipio de Dosquebradas, adoptando un espectro de diseño específico para cada zona, el cual debe ser aplicado obligatoriamente para el diseño de edificaciones nuevas, remplazando los espectros de diseño establecidos por los Decretos Reglamentarios de la norma Nacional (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998 y Decreto 34 de 1999).

6.1.3. Eventos sísmicos

Los sismos históricos más importantes dentro de un radio de 200 Km, alrededor de Dosquebradas se muestran en la Tabla 2.

[3] CARDER, Diagnostico de riesgos ambientales municipio de Dosquebradas Risaralda.2007

Tabla 2 Registro de sismos que históricamente han afectado el Municipio de Dosquebradas

Fuentes	FECHA Día/mes/año	Intens. Epicentral (MSK)	Intens. Máx. Regional (MSK)	Latitud	Long.	Prof.	Ms	Fuente sísmica	Dist. Epicentral (km)
3,5	31/01/06						8.8	Fosa	>200
1	09/02/1878	VII	VII	4.78	75.50				68.6
1	09/09/1878	VIII	VIII	4.78	75.50				68.6
1	10/01/24	VI	VI	4.73	76.09				72.8
1	07/06/25	VII-VIII	VI	3.90	76.40				171.0
2	18/09/35			5.50	76.00	80	6.3	Benioff	29.9
1,2	05/02/38	VIII	VII-VIII	5.28	76.43	160	7.0	Benioff	106.4
2	22/05/42			4.50	75.00	130	5.8	Benioff	127.3
2	10/04/50			4.60	75.40	128	6.0	Benioff	91.4
1,2	20/12/61	VII	VII-VIII	4.60	75.60	176	6.7	Benioff	82.9
1,2	30/07/62	VIII	VIII	5.27	75.51	59	6.7	Benioff	32.9
2	12/01/63			4.70	76.70	84	5.8	Benioff	121.1
5	09/02/67							Falla (Huila)	>200
1,2	03/04/73	VII	VII	4.70	75.67	146	6.4	Benioff	70.2
2	19/05/76			4.49	75.77	161	5.8	Benioff	92.1
1,2	23/11/79	VIII	VIII	4.81	76.20	105	6.7	Benioff	71.7
4	12/12/79						8.1	Fosa	>200
2	25/06/80			4.50	75.73	160	6.0	Benioff	91.3
1	29/11/88		V-VI	5.13	76.68				99.8
1	23/11/90		V	4.34	75.39			Benioff	117.9
9	19/11/91							Cerca de la fosa	>200
1	18/10/92	X	V	6.79	76.74			Falla (Murindó)	193.9
8	17/11/92							Falla (Murindó)	
6	06/06/94							Falla (Paéz)	
1	08/02/95	VII	VI	4.13	76.74			Benioff	168.2
1,2	19/08/95	VI	VI	5.11	75.71	110	6.6	Benioff	25.3
7	19/01/95							Falla (Tauramena)	
8	17/11/96							Benioff	
8,14	19/02/97			4.56	76.49	100	5.8	Benioff	114.0
8	02/09/97					8		Benioff	
2	11/12/97			4.00	75.95	220	6.2	Benioff	147.4
1,2	25/01/99	X	VIII	4.45	75.73	35	6.4	Falla (Silvia-Pijao)	96.8

Fuente: (1) Ingeominas (1999), (2)Espinosa, A (1996), (3)KANAMORI (1976, 1978), (4) UNIVERSIDAD DE HARVARD(http://tempo.harvard.edu/CMT.html), (5) (1.984; en: ESPINOSA, 1996), (6)RSNC-INGEOMINAS- (1994) (1974) e ISA (1979) (en: JAMES, 1995) (7)RSNC-INGEOMINAS (1995), (8)REPORTES MENSUALES OSSO, (9) USGS - Rapid Moment Tensor Solution, (13) RSNC-INGEOMINAS (1999). NEIC-USGS (1999, Magnitud-Mb)

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Con el propósito de avanzar en el desarrollo investigativo, se torna imperante profundizar en los elementos teóricos que soportan la investigación, toda vez que

su complejidad y alcances involucran aspectos como: la amenaza sísmica y todos sus componentes asociados; la norma de sismo resistencia colombiana y los diferentes elementos técnicos y procedimentales que la orientan; los determinantes de la vulnerabilidad funcional para cada uno de los sectores a evaluar y los aspectos de planificación y desarrollo territorial locales.

6.2.1. Amenaza sísmica y diseño sismo resistente

Definida como la cuantificación de las acciones sísmicas o de los fenómenos físicos asociados con un sismo que pueden producir efectos adversos al hombre y sus actividades. Parámetro que cuantifica la ocurrencia de futuros eventos sísmicos y las acciones sísmicas asociadas. Es expresada en términos de probabilidad de excedencia de determinado valor, por ejemplo la intensidad o aceleración, en un número de años dado.

6.2.2. ¿Qué es un sismo?

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo; la causa principal y responsable de la mayoría de los sismos (grandes y pequeños) es la ruptura y fracturamiento de las rocas en las capas más exteriores de la tierra. Como resultado de un proceso gradual de acumulación de energía debido a los fenómenos geológicos que deforman la superficie de la tierra, dando lugar a las grandes cadenas montañosas.

En el interior de la tierra ocurre un fracturamiento súbito cuando la energía acumulada excede la resistencia de las rocas. Al ocurrir la ruptura, se propagan (en el interior de la tierra) una serie de ondas sísmicas que al llegar a la superficie sentimos como un temblor. Generalmente, los sismos ocurren en zonas de debilidad de la corteza terrestre que llamamos fallas geológicas. Existen también sismos menos frecuentes causados por la actividad volcánica en el interior de la tierra, y

temblores artificiales ocasionados por la detonación de explosivos. El sitio donde se inicia la ruptura se llama foco y su proyección en la superficie de la tierra, epicentro.

6.2.3. Acción de los terremotos en las estructuras

Un terremoto es una transformación brusca de energía: la energía de deformación acumulada en la litosfera se convierte súbitamente en energía cinética; ésta se manifiesta por medio de movimientos ondulatorios que se transmiten en el interior y en la superficie de la tierra. Esta energía, atenuada por la distancia, debe ser absorbida por los edificios y en caso de sismos severos, disipada. El conocimiento obtenido hasta ahora ha permitido desarrollar bases que facilitan efectuar un diseño de estructuras con razonable seguridad para la vida. Más aún, ha sido posible aplicar criterios económicos en el diseño sismo resistente optando por estructuras menos fuertes que lo necesario y, como consecuencia, de menor costo inicial; al ser éstas sometidas a un movimiento sísmico severo, deben sufrir daños controlados, sin colapsar, y disipar así una parte importante de la energía absorbida.

De lo anterior se desprende que el comportamiento sísmico adecuado de una estructura depende, además de su resistencia, de su habilidad de disipar energía vibratoria a partir del instante en que sus deformaciones exceden el límite elástico, es decir, de su ductilidad. La vibración de la estructura en el rango plástico durante sismos fuertes significa, por lo tanto, la ocurrencia de daños estructurales y no estructurales.

Se acepta, en general, y así se recoge en algunas normativas, que los edificios se diseñen para resistir sismos fuertes sin colapso, aun cuando se produzcan daños estructurales severos; sismos moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales y sismos leves sin daño. En otras palabras, el nivel de riesgo aceptable o admisible, implícito legalmente en las normas, considera que la capacidad máxima de los elementos del sistema sismo resistente puede ser

excedida y que éstos pueden experimentar un comportamiento inelástico durante sismos muy fuertes, al producirse un incremento de las deformaciones por encima de las de fluencia.

6.2.4. Daños estructurales

Las enseñanzas que han dejado los terremotos en el mundo indican que en los sitios se diseña de acuerdo con normas de sismorresistencia, en la mayoría de los casos, y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias. Sin embargo es importante resaltar que diseñar de acuerdo con una normativa no siempre salvaguarda contra el daño excesivo producido por terremotos severos. Desde una perspectiva histórica, los códigos por sí solos no pueden garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que son reglamentos que experimentan actualizaciones continuas, de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan las investigaciones y estudios de los efectos causados por terremotos, que deben utilizarse como pruebas de laboratorio a escala completa.

A causa de sismos muy fuertes es común que se produzcan daños estructurales en pilares, tales como grietas diagonales, causadas por cortante o torsión, o grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del hormigón y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexo compresión. En vigas se producen grietas diagonales y rotura de estribos por cortante o torsión y grietas verticales, por rotura de esfuerzo longitudinal y aplastamiento de hormigón por la flexión por cargas alternadas. En las losas se pueden producir grietas por punzonamiento alrededor de los pilares y grietas longitudinales a lo largo de la losa de piso debido a la excesiva demanda de flexión que puede imponer el sismo.

Observaciones realizadas en todo el mundo indican que las estructuras rígidas se comportan, en general, mejor que las flexibles, particularmente en lo relativo a la protección de los componentes no estructurales que sufren menor daño al limitarse la deflexión excesiva entre pisos (AIS 1998).

Irregularidades en altura, traducidas en cambios repentinos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía durante el sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los elementos estructurales se ven sometidos a solicitaciones excesivas. Las irregularidades en planta, de masa, rigidez y resistencia, pueden originar vibraciones torsionales que generen concentraciones de esfuerzos difíciles de evaluar, razón por la que se debe ser más exigente en estos aspectos a la hora de diseñar arquitectónicamente los edificios.

6.2.5. Vulnerabilidad estructural

El término estructural, o componentes estructurales, se refiere a aquellas partes de un edificio que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas (entendidos estos como los pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales, como las de sismos, a través de las vigas y columnas hacia los cimientos).

6.2.6. Vulnerabilidad no estructural

El término no estructural se refiere a aquellos componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), que cumplen funciones esenciales en el edificio (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.), o que simplemente están dentro de las edificaciones (equipos médicos, mecánicos, muebles, etc.); pudiendo así agruparlos en tres categorías: arquitectónicos, instalaciones y equipos. En el caso de los centros asistenciales los componentes no estructurales representan

un valor económico superior al costo de la estructura. Conforme a análisis efectuados el valor del componente no estructural constituye en promedio más del 80% del costo total del hospital.

6.2.7. Vulnerabilidad administrativa-organizativa

Este concepto se refiere por un lado, a la distribución y relación entre los espacios arquitectónicos y los servicios médicos y de apoyo al interior de los hospitales, y por otro a los procesos administrativos (contrataciones, adquisiciones, rutinas de mantenimiento, etc.) y a las relaciones de dependencia física y funcional entre las diferentes áreas de un hospital. Una adecuada zonificación y relación entre las áreas que componen el establecimiento puede garantizar, no solamente un adecuado funcionamiento en condiciones de normalidad, sino también en caso de emergencia y desastres. La relación y habilitación de las áreas de consulta externa, exteriores y urgencias, como la concepción de un área de servicios generales con condiciones especiales de operación y protección pueden garantizar una adecuada atención y evitar un colapso funcional, que se puede presentar aun en casos en que la edificación no haya sufrido daños severos.

6.2.8. Interacción suelo-estructura y tipo de cimentación

6.2.8.1. Condiciones locales del suelo

La forma, amplitud y duración de los registros sísmicos se afectan por el tamaño del sismo, la distancia hipocentral (atenuación) y las condiciones locales del sitio. En el caso de edificaciones que prestan servicios esenciales (sector salud, educación, entre otras), la rigurosidad para conocer la respuesta del terreno debe ser mayor debido a la importancia que presentan este tipo de edificaciones ante casos de emergencia. Debido a su importancia, se recomienda realizar estudios de suelo y de amenaza sísmica exhaustivos de la zona donde se propone y/o está construida

la edificación. Estos estudios se basan en la información disponible sobre la sismicidad histórica, la geología de la zona y de la tectónica de la región (zonificación y/o microzonificación sísmica).

6.2.8.2. Parámetros que modifican la respuesta del terreno

Los parámetros del suelo que modifican la respuesta del depósito son:

a) **Flexibilidad del suelo**: Es necesario determinar si el suelo es suave (blando) o rocoso (firme) ya que en el caso de suelos suaves la aceleración máxima del movimiento se puede amplificar produciendo graves daños.

b) **Profundidad del estrato compresible**: Al igual que la flexibilidad del suelo, los espesores de los estratos compresibles aumentan la severidad del movimiento y permiten la ocurrencia de asentamientos diferenciales de la cimentación de la estructura.

c) **Potencial de licuefacción**: La licuefacción ocurre cuando un estrato de arena saturada se somete a un movimiento sísmico intenso que provoca la pérdida de resistencia del estrato de arena y la inestabilidad de todo lo que se encuentre sobre él.

d) **Deslizamiento de taludes**: Los taludes de terrenos suaves muy inclinados o con grandes contenidos de humedad tienden a fallar ante movimientos horizontales y verticales, causando daño adicional al causado por la sacudida.

   Para determinar el efecto del sismo sobre una estructura es común suponer que el movimiento del terreno en la cimentación sería igual al movimiento que ocurriría si no existiera edificio alguno en el sitio. Esta suposición es cierta únicamente cuando el terreno es poco compresible. Por lo anterior, las

condiciones del terreno en el sitio de construcción, determinan el tipo de cimentación. Si existe la posibilidad de licuefacción deben llevarse a cabo estabilizaciones de suelo, utilizar pilotes de cimentación o desecharse el sitio de la obra.

6.2.8.3. Tipo de cimentaciones

En general, los tipos de cimentación que son utilizados en estructuras son los siguientes:

- Placas aisladas: Tienen la función de equilibrar tanto fuerzas inducidas por cargas gravitacionales como las producidas por sismos y se utilizan especialmente cuando la capacidad del terreno es buena y las fuerzas no son grandes.

- Placas combinadas: Se utilizan cuando se tienen elementos verticales bastante próximos y además son efectivas para equilibrar grandes fuerzas.

- Placa con pilotes: Se utiliza cuando el terreno firme se encuentra a una profundidad considerable bajo el nivel natural del terreno, o cuando existe posibilidad de licuefacción.

- Placas esparcidas (Mat Foundations): Se utiliza cuando la capacidad del terreno es baja y no se considera la opción de pilotes, o cuando se tiene prevista la construcción de sótanos. Es una solución conveniente para evitar asentamientos diferenciales.

6.2.9. Función de los elementos estructurales

Con base en las definiciones anteriores se tiene que las columnas son elementos estructurales destinados a soportar principalmente cargas axiales en compresión o en tensión, fuerzas cortantes y momentos flectores. Las vigas se encargan de absorber tanto fuerzas cortantes como momentos flectores y torsores. Los muros tienen las mismas cualidades de las columnas con la posibilidad adicional de resistir momentos torsores. Finalmente, las losas tienen la función de transmitir las fuerzas gravitacionales hacia los elementos resistentes tales como columnas, vigas y muros y distribuir las fuerzas sísmicas.

Una de las formas con que cuenta la estructura para sobrevivir a un sismo es por medio de rotaciones inelásticas, que son deformaciones que causan daño en ciertas zonas determinadas de la estructura. Es preferible que estas zonas de daño estén ubicadas en vigas y no en columnas para evitar la inestabilidad vertical de la estructura. Para lograr esta condición es necesario que la suma de la resistencia de las columnas sea mayor a la de las vigas en las uniones de la estructura. Además, se tiene la ventaja que las vigas son más fáciles de reparar que las columnas.

6.2.10. Sistemas estructurales

Cuando se encuentra en la etapa de concepción de una estructura, el equipo de diseño debe decidir el tipo de sistema estructural a utilizar para resistir el efecto de los sismos. Se puede elegir entre varios sistemas que resultan flexibles o rígidos. Los sistemas flexibles tienen la ventaja de que se diseñan para fuerzas de sismo menores, pero presentan el inconveniente de que se requiere ser muy riguroso en el detalle estructural de los diferentes elementos. Además, por su flexibilidad pueden presentarse grandes desplazamientos que pueden causar la interacción entre elementos estructurales y no estructurales y provocar daños, lo cual no es recomendable para edificaciones indispensables.

En el caso de una estructura rígida las fuerzas de diseño son mayores, la ductilidad de la estructura es menor, el detallado de los elementos no es tan riguroso y se minimiza la posibilidad de interacción con elementos no estructurales.

Entre los sistemas estructurales que comúnmente se utilizan se encuentran:

a. Marcos dúctiles en concreto o acero: Este sistema está compuesto básicamente por vigas y columnas. No se recomienda su uso con losas planas ya que producen estructuras muy flexibles y de un comportamiento estructural no deseable. Este tipo de estructuras tienen la característica de ser bastante dúctiles, por lo que requieren de un detallado estructural riguroso para disipar en forma efectiva la energía por medio de rótulas plásticas.

b. Muros de corte en concreto o mampostería: Este tipo de sistemas genera estructuras rígidas, y con menor ductilidad que las estructuras de marcos. Los muros en mampostería son más susceptibles a una falla frágil y se diseñan para valores de ductilidad más bajos que los requeridos para muros de concreto.

c. Sistemas duales o mixtos: Este tipo de estructuras presenta como sistema resistente una combinación de marcos dúctiles de concreto o acero con muros de corte en concreto y/o mampostería. Con este sistema es posible obtener una estructura intermedia en cuanto a flexibilidad y ductilidad en comparación con los dos tipos mencionados anteriormente.

d. Marcos arriostrados: Son marcos a los que se les incorpora arriostres en acero o concreto. Este tipo de estructura resulta ser más liviana que un sistema dual pero de comportamiento muy similar ya que la función que tienen los arriostres es similar a la de los muros de corte.

6.2.11. Configuración en planta

La configuración de la estructura en planta influye de manera importante en el comportamiento sísmico de un edificio. Se recomienda utilizar estructuras con configuraciones simples y simétricas evitando utilizar edificios en forma de U, Y, L, H y T, ya que la unión entre los diferentes cuerpos (aristas), en el caso que existiere, se ve sujeta a una concentración de esfuerzos, que pueden causar daños de consideración.

Sin embargo, se pueden diseñar plantas estructurales complejas si se separan adecuadamente los diferentes cuerpos mediante juntas de construcción con una holgura suficiente que permita evitar el choque entre los diferentes cuerpos o edificios.

La característica de irregularidad en planta genera una excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez de los diferentes elementos resistentes. Algunas veces, edificaciones que parecen simétricas no lo son debido a la disposición de los elementos resistentes que crean una falsa simetría (asimetría)**.** Esta distribución asimétrica de la rigidez genera una distribución no uniforme de los esfuerzos sobre los diferentes elementos, donde los más afectados son los que se ubican más lejos del centro de rigidez.

6.2.12. Configuración en altura

Un aspecto del diseño arquitectónico que puede afectar al comportamiento de un edificio es la existencia de irregularidad en altura, que se produce por alguno de los siguientes factores:

- Cuando un piso presenta una altura entre pisos mayor a los de los pisos adyacentes.

- Cuando hay cambio repentino en la configuración en planta de la edificación.
- Cuando se presenta una discontinuidad en los elementos verticales. .
- Cuando hay concentraciones de masas en algún piso.

6.2.13. Metodologías de análisis de vulnerabilidad

Los procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica se clasifican en dos:

a) Métodos cualitativos
b) Métodos cuantitativos

6.2.13.1. Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos tienen como objetivo evaluar de forma rápida y sencilla las condiciones de seguridad estructural de la obra. Con estos métodos la estructura recibe una clasificación de acuerdo a la evaluación de parámetros tales como la edad de la edificación, el estado de conservación, la característica de los materiales, el número de pisos, la configuración geométrica arquitectónica y la estimación de la resistencia al cortante en base al área de los elementos verticales resistentes en cada piso y dirección. También reciben clasificación las condiciones geológicas y la amenaza sísmica en el sitio de la obra.

La calificación de los métodos cualitativos sirve para realizar un tamizado y reafirmar la seguridad de la estructura. Si con este diagnóstico alguna edificación resulta ser insegura, se requerirá de análisis cuantitativos más detallados para conocer su vulnerabilidad sísmica.

6.2.13.2. Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos deben determinar la resistencia de la estructura principal. Sus procedimientos en términos generales son muy parecidos a los expuestos anteriormente para el diseño de estructuras nuevas sismo-resistentes.

La diferencia con respecto a los métodos de diseño radica en que en el diseño de estructuras nuevas el diseñador provee un nivel de ductilidad a la estructura, en cambio, en el análisis de vulnerabilidad la ductilidad es un valor propio de la estructura y en muchas ocasiones es incierto.

Los métodos cuantitativos requieren de la mayor recopilación de información posible, por lo tanto son más precisos que los cualitativos para predecir el tipo de falla y el lugar donde se producirán. Son métodos más confiables al momento de estimar la seguridad de una edificación frente a sismos.
Si la estructura no cumple los requisitos de resistencia, flexibilidad y ductilidad debe ser objeto de refuerzo para elevar su nivel de seguridad sísmica estructural.

6.2.14. La gestión de riesgo

La aplicación del concepto de gestión de riesgo es esencial en el contexto de la reducción de daños asociados con los desastres. En estos casos, como ya se dijo, el riesgo se define como una función de la amenaza natural y la vulnerabilidad (véase la Figura 3). Ambos constituyen condiciones necesarias para el riesgo, que aquí se define como la probabilidad y magnitud de las pérdidas asociadas con un evento natural específico en un punto geográfico y temporal definido. Dentro de esta función, la incidencia de eventos naturales que podrían causar los desastres es un factor que está por fuera del control humano, mientras que la vulnerabilidad puede controlarse.

La estimación de las amenazas naturales se caracteriza por el análisis de la frecuencia, magnitud y localización de los desastres. Este ejercicio debería incluir

tanto datos históricos como una vigilancia continua de las amenazas naturales actuales y la elaboración de pronósticos, aprovechando los avances tecnológicos que han tenido lugar en campos como la sismología, la vulcanología y la meteorología para estimar la probabilidad de amenazas futuras.

La gestión de riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas con el objeto de emprender acciones preventivas o correctivas. Tal gestión involucra dos tipos de actividades:

- planificación de acciones en el ámbito de lo controlable en aras de reducir la vulnerabilidad,
- establecimiento de mecanismos de protección contra las pérdidas económicas potenciales como resultado de factores no controlables, neutralizando así la amenaza.

6.2.15. La reducción de la vulnerabilidad

6.2.15.1. Identificación y análisis del riesgo

Para identificar los riesgos de desastres naturales a nivel individual, local o nacional es necesario estimar la magnitud potencial y la probabilidad de incidencia de las amenazas naturales, así como evaluar la vulnerabilidad a cada una de ellas. Las empresas de seguros usan típicamente modelos de simulación para tratar de cuantificar la probabilidad y la vulnerabilidad.

Sin embargo, los modelos son útiles sólo si la información básica es confiable. La vulnerabilidad puede ser evaluada desde distintas perspectivas (físicas, sociales, políticas, tecnológicas, institucionales, ambientales, culturales y educativas), aunque de cierto modo todos estos enfoques están interrelacionados. La vulnerabilidad a los desastres naturales es el resultado de factores antrópicos, esto es, aquellos vinculados con la interacción entre el ser humano y la naturaleza. Así

mismo es una consecuencia de las decisiones individuales y políticas que toma una sociedad antes de que ocurra una amenaza, las cuales quedan en evidencia a través de los efectos negativos que deja el desastre (CEPAL-BID,2000).

Freeman et al. (2001) analizan los ingredientes de los diferentes tipos de vulnerabilidad y los estudios que se han hecho al respecto. A través de los estudios de vulnerabilidad se calculan las consecuencias físicas, sociales y económicas de los fenómenos naturales. Los que se concentran en la vulnerabilidad física analizan los impactos en edificaciones, infraestructura y en la agricultura. Los que se enfocan en la vulnerabilidad social estiman los impactos en grupos especialmente susceptibles como los pobres, familias de un solo progenitor, mujeres embarazadas o lactantes, discapacitados, niños y adolescentes. Los de vulnerabilidad económica calculan los impactos potenciales del riesgo en los procesos económicos y activos.

Finalmente, los resultados del análisis de amenazas y la evaluación de vulnerabilidad se combinarían para presentar una estimación del riesgo (definido como la pérdida esperada por un período predefinido). Una evaluación amplia del mismo comprende el avalúo de pérdidas potenciales generadas por causa de un desastre y la identificación de los actores en situación de riesgo. La evaluación del riesgo hace posible desarrollar una estrategia de manejo con dos componentes básicos:

- acciones de prevención y mitigación para reducir posibles pérdidas humanas, sociales o económicas y
- medidas para establecer protección financiera contra aquellos riesgos que no se pueden reducir.

6.3. MARCO LEGAL

La Ley 400 de 1997, modificada por la Ley 1229 de julio 16 de 2008, en su Artículo 1º, tiene por objeto "establecer criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que estas producen, reducir a un mínimo el riesgo de pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

Además, señala los requisitos de idoneidad para el ejercicio de las profesiones relacionadas con su objeto y define las responsabilidades de quienes las ejercen, así como los parámetros para la adición, modificación y remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente Ley.

Parágrafo.- Una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este Reglamento, debe ser capaz de resistir además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso.

El cuidado tanto en el diseño como en la construcción y la supervisión técnica, son fundamentales para la sismo resistencia de estructuras y elementos no estructurales."

El Artículo 54, Actualización de las Edificaciones Indispensables dice: "A las construcciones existentes cuyo uso las clasifique como edificaciones indispensables y de atención a la comunidad, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, se les debe evaluar su vulnerabilidad sísmica, de acuerdo con los procedimientos que habrá de incluir el Título A de la reglamentación, en un lapso no mayor de tres (3) años contados a partir de la vigencia de la presente

Ley. (Ver Anexo Modificaciones técnicas y Científicas - literal A.10.9.1 – ALCANCE – (e))

Estas edificaciones deben ser intervenidas o reforzadas para llevarlas a un nivel de seguridad sísmica equivalente al de una edificación nueva diseñada y construida de acuerdo con los requisitos de la presente Ley y sus reglamentos, en un lapso no mayor de seis (6) años contados a partir de la vigencia de la presente Ley.".(Ver Anexo Modificaciones Técnicas y Científicas - literal A.10.9.1–ALCANCE– (e))

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, en su Título A, Capítulo A.2.5, Coeficiente de Importancia, clasifica las edificaciones de acuerdo a su tipo de uso y grado de importancia, para lo cual, las instituciones educativas (Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza) fueron clasificadas en el Grupo de Uso III, "Edificaciones de Atención a la Comunidad". (Ver A.2.5.1.2.).

Teniendo en cuenta lo anterior, las Leyes 400 de 1997 y 1229 de 2008 y los Decretos 0926 de 2010 y 2525 de 2010, el REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE, NSR-10, para la elaboración de los diferentes proyectos que tengan que ver con los Estudios de Vulnerabilidad Sísmica y Reforzamiento Estructural, establece unos criterios y requisitos mínimos para la evaluación e intervención de éstos, mediante la cual, las diferentes propuestas que resulten, se pueda escoger en un momento indicado, la que cumpla con los requerimientos de éste.

En el Capítulo A.10 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, "Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento" se establecen los criterios que se deben seguir para los Estudios de Vulnerabilidad Sísmica.

7. PROCESO METODOLÓGICO

7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO

La investigación se circunscribe en la INVESTIGACIÓN CUALITATIVA, no sólo por los diferentes momentos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, sino también porque dentro del análisis estructural de las diferentes edificaciones a evaluar se utilizará el método cualitativo, cuyo objetivo es evaluar de forma rápida y sencilla las condiciones de seguridad estructural de la obra, con este método la estructura recibe una clasificación de acuerdo a la evaluación de parámetros tales como la edad de la edificación, el estado de conservación, la característica de los materiales, el número de pisos, la configuración geométrica arquitectónica y la estimación de la resistencia al cortante en base al área de los elementos verticales resistentes en cada piso y dirección, recibiendo también información y clasificación de las condiciones geológicas y la amenazas sísmica en las que se encuentran las obras a estudiar.

EL tipo de estudio de éste proyecto será DESCRIPTIVO, ya que según Méndez (2001, p.137.): "Identifica características del universo de investigación, señala formas de conducta y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos y descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación. De acuerdo con los objetivos planteados, el investigador señala el tipo de descripción que se propone realizar. Los estudios descriptivos acuden a técnicas específicas en la recolección de información, como la observación, las entrevistas y los cuestionarios". El desarrollo investigativo adelantado se enmarca en los estudios descriptivos toda vez que las evaluaciones de tipo cualitativo se enfocarán a la observación y descripción de variables con el propósito de poder establecer el estado actual de las construcciones desde el punto de vista físico y desde su funcionalidad.

Tabla 3 Listado de colegios/escuelas a evaluar en el sector rural del municipio de Dosquebradas

COLEGIO	**SEDES**	**VEREDA**	**DIRECTOR(A)**	**NÚMERO DE ESTUDIANTES**
Eduardo Correa Uribe		El Estanquillo	Magda Córdoba Mosquera	510 Alumnos
	Miralindo	La Fría		
	La Palma	La Palma		
	Nueva Independencia	Nueva Independencia		
	La Argentina	La Argentina		
	El Chaquiro	El Chaquiro		
Enrique Milán Rubio		Buena Vista	Anagnodia Arcila	550 Alumnos
	Reinaldo Rivera Benavides	El Rodeo		
	La Sirena	Molinos		
	Sabanitas	Sabanitas		
	La Divisa	La Divisa		
	Gaitán La Playa	Gaitán La Playa		
	Alto Gaitán	Alto Gaitán		
Cartagena		La Unión	Arturo Sánchez Loaiza	605 Alumnos
	Cristóbal Colon	Santa Ana Alta		
	Santa Ana	Santa Ana Baja		
	Luis Ángel Arcila	Sima		
	La Rivera	La Rivera		
	Filobonito	Filobonito		
	Boquerón	Boquerón		

7.2. MATRIZ DE DISENO METODOLÓGICO

Tabla 4 Matriz de diseño metodológico

OBJETIVO ESPECÍFICO	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO ESPERADO
Determinar la vulnerabilidad física y funcional de las escuelas y colegios oficiales localizados en el municipio de Dosquebradas (perímetro rural)	Valoración de campo y medición específica de cada ítem asociado a la vulnerabilidad física y funcional, según los estándares de funcionalidad (NTC 4595) para el sector educativo y la NSR-10	Ficha técnica de vulnerabilidad física y funcional, según la NRS-10 y los estándares funcionales del sector educativo.	Base de datos con los diferentes atributos de vulnerabilidad física y funcional evaluados y caracterizados
Determinar los elementos y/o tipologías constructivas o funcionales de mayor incidencia en la vulnerabilidad en el sector escolar.	Observación y medición directa en campo	Ficha de captura de información y dibujo de elementos estructurales	Dibujos/esquemas y caracterización de tipologías estructurales
Jerarquizar los niveles de vulnerabilidad física y funcional por sectores, así como las acciones a implementar para atenuar las vulnerabilidades diagnosticadas.	Matriz de valoración de funcionalidad.	NTC 4595 y análisis matricial comparativo	Documento técnico explicativo de componentes de la vulnerabilidad física y funcional jerarquizados y análisis de resultados

7.3. FASES Y RESULTADOS

7.3.1. Variables utilizadas en campo para la recolección de datos

La evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de las 21 escuelas y colegios oficiales localizados en el perímetro rural del municipio de Dosquebradas, se enmarcó en la norma de sismo resistencia colombiana (NSR-10) y la NTC 4595. Para ello se aplicó un instrumento de campo (ficha) con los criterios mínimos que posibilitaran la captura de información relevante para el desarrollo de la investigación. A continuación se describen las variables de la ficha de campo y se describe su utilizad en el marco del ejercicio investigativo:

7.3.2. Descripción general de la ficha de captura de información

El procedimiento de evaluación tomado para definir las características de las instituciones educativas del sector rural de Dosquebradas y evaluarlas cualitativamente está soportado por una ficha técnica, la cual sirve como apoyo fundamental para la recolección y/o toma de información, permitiendo evaluar cada una de las estructuras existentes e identificarlas según la tipología estructural y sistema constructivo mediante variables cualitativa ordinales o variable cuasi cuantitativa.

La ficha técnica de evaluación se compone de 3 hojas: la primera página se utiliza para recolectar datos generales de la institución: Ubicación, tipo de establecimiento, ruta de acceso, nombre de la edificación, persona encargada o contacto, teléfono y coeficiente de importancia.

La página 2 se emplea para evaluar, mediante observación directa, factores como linderos de la institución educativa, número de personas que ocupan el predio,

cantidad de pisos, estructura del techo, tipo de cubierta, presencia de fisuras, tipo de fisuras , tipo de entrepiso y croquis en planta (levantamiento de la estructura que posteriormente se utiliza para la modelación del plano).

La página 3 se emplea para evaluar la conformación y calidad estructural de las instituciones teniendo en cuenta las características de la construcción y dándole un valor que oscila entre 1 y 4; considerando que 1 es menor grado de vulnerabilidad y 4 es mayor grado de vulnerabilidad; se valora el material predominante de la construcción, si la edificación se basó en la norma, tipo de cimentación, tipo del suelo, tipo de estructura, topografía de terreno colindante a la edificación y/o en área de influencia, configuración geométrica en planta, configuración geométrica en elevación , detalles y elementos que contiene la estructura.

7.3.2.1. Latitud y longitud

La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador (Norte, Sur), la longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra (Este, Oeste).

Tabla 5 Coordenadas (latitud y longitud)

COORDENADAS	1. LATITUD
	2.LONGITUD

Nombre: Coordenadas
Atributo: Sexagesimal
Unidad: Ángulos, (grados, minutos, segundos)

7.3.2.2. Número de personas que ocupan el predio

Se conforma por estudiantes y funcionarios de las instituciones educativas, por lo tanto tienen que estar la mayoría del tiempo dentro de estos recintos, Esta variable indica la cantidad de seres humanos que tienen alto grado de vulnerabilidad en el momento de ocurrencia de un desastre.

7.3.2.3. Fisuras

Se trata de una rotura en la masa del concreto o material, que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal, la fisuración se produce siempre que la tensión, generalmente de tracción, a la que se encuentra sometido el material sobrepasa su resistencia última.

Tabla 6 Tipo y características de las fisuras evaluadas

TIPO DE FISURAS	1. Diagonal en un solo sentido
	2. Diagonal ambos sentidos
	3. Por asentamientos
	4. Vertical
	5. Horizontal

Nombre: Fisuras
Atributo: Entero
Unidad: Número
Unidad operativa: Número (el número no indica el grado de vulnerabilidad, por el contrario es utilizado para distinguir lo tipos de losas existentes.)

7.3.2.4. Losa de entrepiso

Elementos rígidos que separan un piso de otro, construidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivas apoyadas sobre los muros estructurales. A su vez cumplen con dos funciones: una arquitectónica, puesto que separan lo espacios en forma vertical garantizando el aislamiento del ruido y función estructural ya que deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques. Además forman un diafragma rígido intermedio para atender la función sísmica del conjunto.

Tabla 7 Caracterización del tipo de entrepisos

TIPO DE ENTREPISO	1. losa maciza
	2. losa aligerada
	3. losa maciza sobre viga metálica
	4. Otro, cuál?
	5.No tiene

Nombre: Tipo de entrepiso
Atributo: Entero
Unidad: Número
Unidad operativa: Número (el número no indica el grado de vulnerabilidad, por el contrario es utilizado para distinguir lo tipos de losas existentes.)

7.3.2.5. Material predominante

Tipo de material que más se encuentra en la construcción. No sólo se determina porque se puede observar, también se tiene en cuenta el tiempo y la norma en la cual se basó la construcción.
Tabla 8 Tipología de los materiales constructivos predominantes

MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACIÓN	1. Concreto, acero
	2.Mampostería , mortero
	3. Adobe reforzado, madera
	4.Adobe,guadua ,otros

Nombre: Material predominante de la edificación

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.6. Norma

El desarrollo de la norma acoge, en el tema educativo, las disposiciones de la Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación); establece los requisitos para el planeamiento y diseño físico-espacial de nuevas instalaciones escolares, orientado a mejorar la calidad del servicio educativo en armonía con las condiciones locales, regionales y nacionales, también puede ser utilizada para la evaluación y adaptación de las instalaciones escolares existentes.

Tabla 9 Cumplimiento de las normas de sismo resistencia acorde con época de las construcciones

NORMA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN	1. NSR-10
	2. NSR-98
	3.NSR-94
	4.NINGUNA

Nombre: Norma utilizada en la construcción

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.7. Tipo de cimentación

Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Tabla 10 Tipos de cimentación evaluados

TIPO DE CIMENTACIÓN	1. losa flotante , losa corrida
	2. Viga de cimentación, zapata
	3.Concreto Ciclópeo
	4.No se puedo establecer, no existente ,otro

Nombre: Tipo de cimentación
Atributo: Entero
Unidad: Número
Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.8. Tipo de suelo

El suelo es una compleja mezcla de material rocoso fresco y erosionado, de minerales disueltos y redepositados, y de restos de cosas en otro tiempo vivas, existen muchos tipos de suelos según su composición química y naturaleza, dependiendo de la textura que posean o porcentaje de arena, limo y arcilla, entre otros, que contiene el suelo se determina el tipo de suelo.

Tabla 11 Características de los tipos de suelos predominantes

TIPO DE SUELO	1. suelo residual, otro
	2. Ceniza volcánica , otro
	3.Depósito coluvial, otro
	4.Rellenos, escombros, otros

Nombre: Tipo de suelo

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.9. Tipo de estructura

Las estructuras son elementos constructivos cuya misión fundamental es la de soportar un conjunto de cargas, que podemos clasificar como, peso propio, cargas de funcionalidad, acciones exteriores (vientos, sismos, entre otros) y pueden ser clasificadas y evaluadas en mayor o menor grado de vulnerabilidad según el sistema constructivo y el año en el cual se construyó la estructura.

Tabla 12 Tipologías estructurales diagnosticadas

TIPO DE ESTRUCTURA	1.Pórticos,otros
	2. Mampostería confinada, Mampostería parcialmente confinada
	3.Muros de carga, otros
	4.Sin estructura, Guadua, otros

Nombre: Tipo de estructura

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.10. Configuración geométrica en planta

Tabla 13 Configuración Geométrica en planta

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN PLANTA	1.Regular
	4.Irregular

Nombre: Configuración geométrica en planta

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

7.3.2.11. Configuración geométrica en elevación

Tabla 14 Configuración Geométrica en elevación

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN ELEVACIÓN	1.Regular
	4.Irregular

Nombre: Configuración geométrica en elevación

Atributo: Entero

Unidad: Número

Unidad operativa: Número (el número indica el grado de vulnerabilidad siendo 1 el de menor vulnerabilidad y el 4 el más vulnerable.

8. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez revisada la información secundaria existente en la Secretaría de Educación del municipio de Dosquebradas referida a diseños, planos y funcionamiento de las instituciones educativas del sector rural se procedió a levantar la información de campo que posibilitaría el tratamiento estadístico de los datos y la consecuente interpretación de los mismos. Para tales efectos se aplicó ficha de campo para el levantamiento del estado físico-estructural de las instituciones educativas y la valoración cualitativa según la NSR-10 y la NTC 4595.

8.1. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS

Con fundamento en la observación de campo y la valoración cualitativa de las edificaciones mediante la ficha de campo se obtuvieron los siguientes resultados:

8.1.1. Características del entorno circundante

Tabla 15 Distribución porcentual de localización de edificaciones con relación al entorno circundante

	DESDE EL EXTERIOR SE OBSERVA QUE		%
1	SE ENCUENTRA SOBRE CORTE EN LADERA	16	41
2	SE ENCUENTRA SOBRE LLANURA DE INUNDACIÓN	1	3
3	SE ENCUENTRA SOBRE CIMA DE COLINA	0	0
4	SE ENCUENTRA SOBRE TERRAZA	3	8
5	SE ENCUENTRA CON TALUD SUPERIOR COLINDANTE	12	31
6	SE ENCUENTRA CON TALUD INFERIOR COLINDANTE	7	18

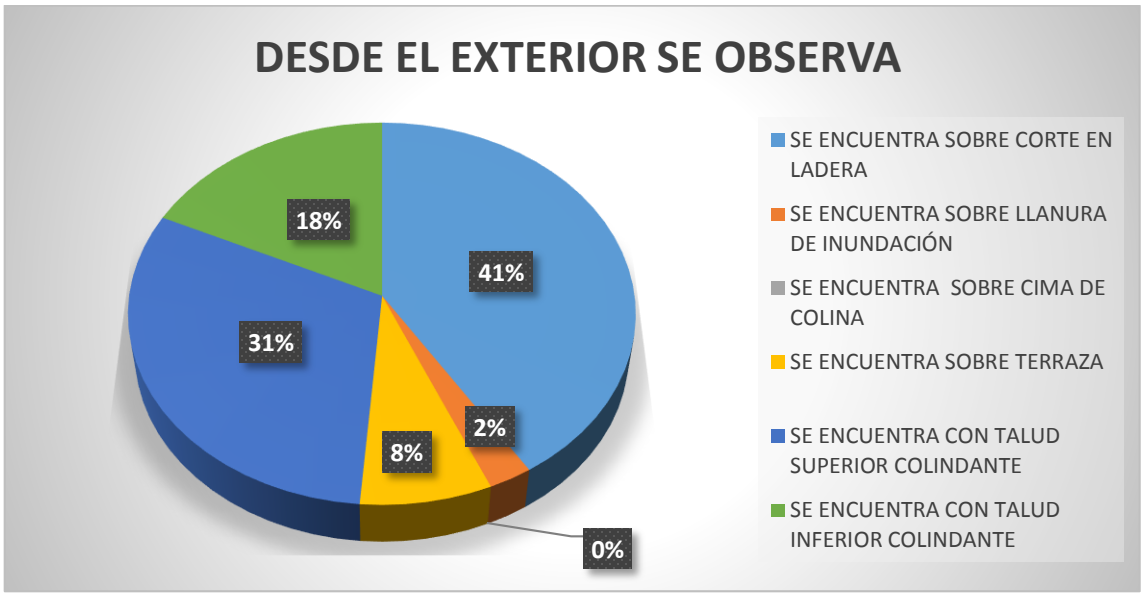


Figura 2 Distribución porcentual de localización de edificaciones con relación al entorno

La figura anterior presenta la distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad por el entorno y la ubicación de las instituciones, indicando que el 2% se encuentra sobre llanura de inundación, el 8% de las instituciones se encuentran sobre terrazas aluviales, un 18% de las instituciones se encuentran colindando con talud inferior, el 31% se encuentra con talud superior colindante y el 41% restante de las instituciones visitadas se encuentra sobre corte en ladera.

Según la Norma NTC 4595 los lotes o predios destinados para uso institucional no pueden tener taludes colindantes, estar en rellenos sanitarios, zonas pantanosas, áreas inundables, terrenos con alto riesgo de deslizamiento o receptores de estos entre otros. Deben localizarse en zonas donde el riesgo y el nivel de accidentalidad sean mínimos.

Cotejados los resultados de la localización de las instituciones educativas del sector rural con la NTC 4595, se puede inferir que el 59% de las mismas presenta condiciones de exposición altas frente a la eventual ocurrencia de inundaciones o

deslizamientos, situación ésta que amerita la intervención de la administración municipal para atenuar las condiciones actuales de riesgo existente.

8.1.2. Número de personas que ocupan el predio

Tabla 16Numero de personas que ocupan el predio

2.2	**Nº DE PERSONAS QUE OCUPAN EL PREDIO**		%
	0-20	3	11
	21-50	8	30
	51-100	9	33
	MÁS DE 100	7	26
	CUANTOS?	0	0

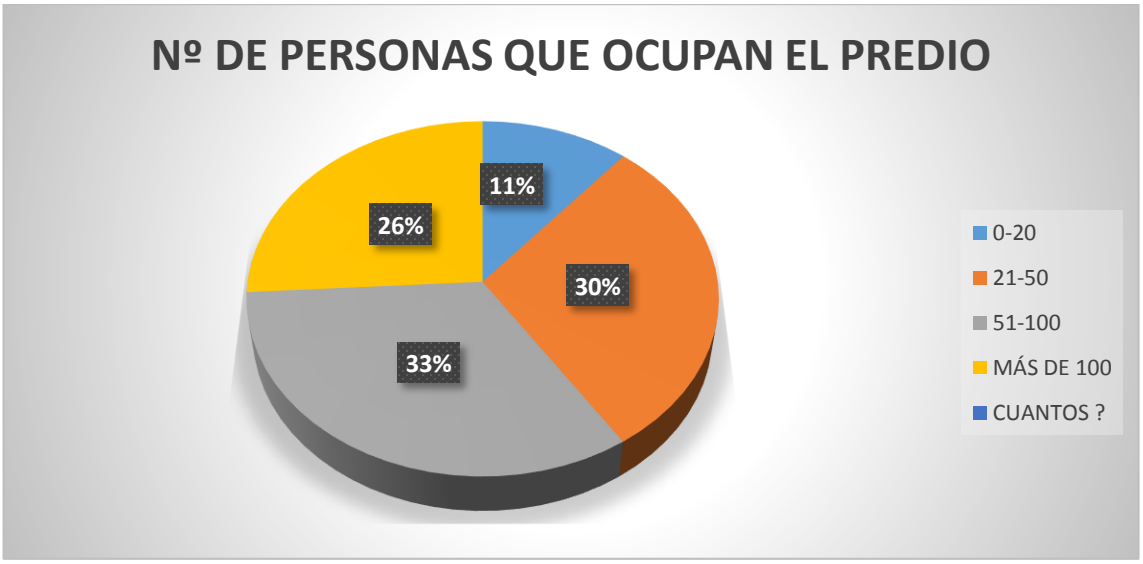


Figura 3 Ocupación instituciones educativas sector rural municipio de Dosquebradas

Como se observa en la tabla son 7 las edificaciones que cuentan con más de 100 personas representando en la figura de distribución porcentual un 26%, un 33% son las 9 edificaciones que conforman las sedes principales manejando dos

jornadas, en la figura de distribución se muestra que un 30% de las instituciones cuentan en sus planteles un número de personas que oscila entre 21-50 siendo el riesgo medio en el momento de realizar una evacuación, 3 edificaciones manejan un número de personas que va de 0-20 representando el 11% y a su vez siendo las menos vulnerables, no está demás tener en cuenta que las instituciones al encontrarse en sitios rurales (alta montaña) las opciones de evacuación son muy limitadas.

8.1.3. Cantidad de pisos

Tabla 17Cantidad de pisos

2.3	**CANTIDAD DE PISOS**		%
	NIVELES INFERIORES (INCLUIDO SOTANO)	1	4
	NIVELES SUPERIORES (INCLUIDO 1er PISO)	2	7
	SOLO UN PISO	24	89

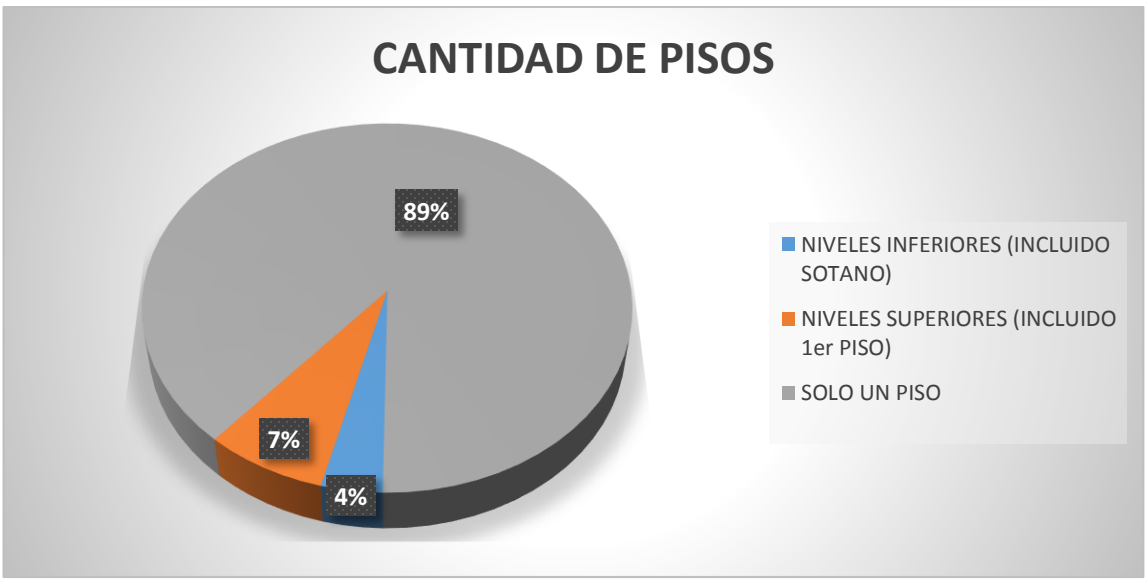


Figura 4 Distribución porcentual número de pisos por edificación

La tipificación de las estructuras en su mayoría son de un solo piso como se presenta en la gráfica de distribución porcentual representan un 89% siendo su vulnerabilidad baja, el 7% representa las edificaciones que cuentan con más de un piso y el 4% de la gráfica de distribución indica las instituciones que cuentan con más de un piso compuestas por un nivel sótano, teniendo estas dos últimas un nivel de vulnerabilidad alto.

8.1.4. Tipo de cubierta

Tabla 18 Tipo de cubierta

2.5	**TIPO DE CUBIERTA**		%
1	TEJA DE BARRO	0	0
2	ASBESTO-CEMENTO	26	96
3	PLÁSTICA	0	0
4	MÉTALICA	1	4
5	LOSA DE CONCRETO	0	0
6	TEJA TERMOACÚSTICA	0	0

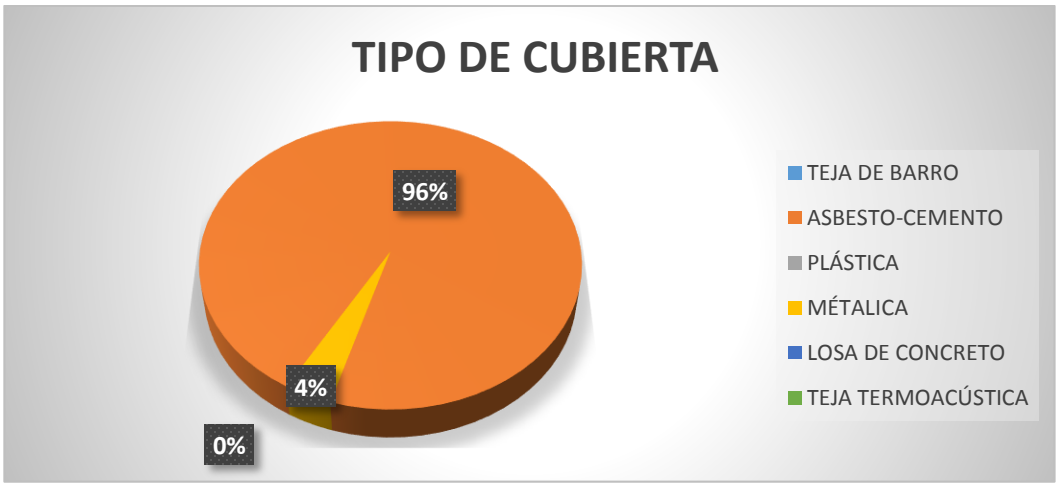


Figura 5 Distribución porcentual por tipo de cubierta en instituciones educativas

Se puede determinar que el 96% de instituciones están conformadas por tejas de asbesto cemento y según la gráfica de distribución porcentual un 4% restante se encuentra con teja metálica o zinc; aunque en la Norma NTC 4595 no se hace ninguna aclaración acerca de este tipo de cubierta las instituciones están presentando un alto grado de vulnerabilidad ya que en la actualidad este elemento está considerado como un mineral cancerígeno utilizado en diferentes elementos como tejas, cementos, entre otros, y es inadecuado para la salud, por ello en Colombia se aprobó el convenio de 162 de la OIT frente a la utilización del asbesto (prohibición o sustitución) y fue reemplazado por las tejas de fibrocemento.

8.1.5. Presenta fisuras

Tabla 19 Presenta fisuras

2.6	**PRESENTA FISURAS**		%
	SI	2	7
	NO	25	93

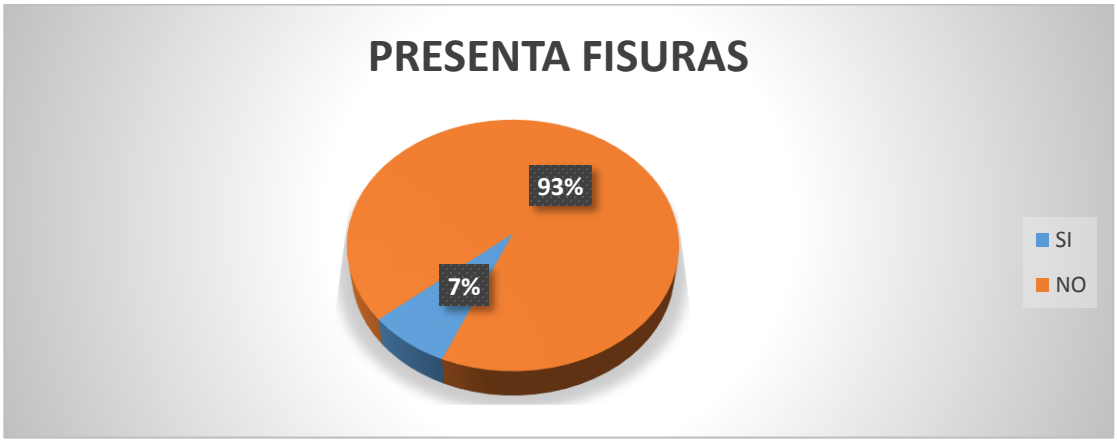


Figura 6 Presencia de fisuras en edificaciones evaluadas

Según las visitas técnicas realizadas a las instituciones el 93% no presenta ningún tipo de fisuras y un 7 % que se conforma de dos instituciones presentan fisuras las

cuales se presentan en sentido diagonal y aparentemente no presenta daño estructural a las edificaciones

8.1.6. Tipo fisura

Tabla 20 Tipo de fisura

2.7	**TIPO FISURA**		%
	DIAGONAL UN SOLO SENTIDO	2	100
	DIAGONAL AMBOS SENTIDOS	0	0
	POR ASENTAMIENTO	0	0
	VERTICAL	0	0
	HORIZONTAL	0	0

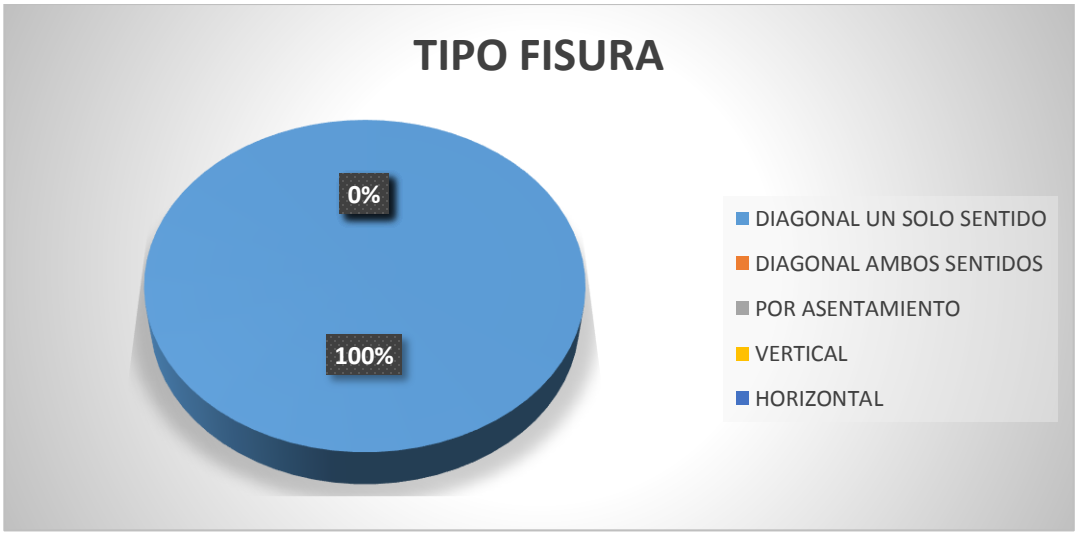


Figura 7 Caracterización de las fisuras diagnosticadas en instituciones educativas

En las 21 visitas de campo realizadas se encontraron 2 instituciones que presentaron fisuras las cuales pertenecen a la misma clasificación, representando en la gráfica porcentual un 100%

8.2. INCIDENCIA DE LA TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA EN LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FISICA DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Las tipologías predominantes en sistema estructural, cimentación y estructura del techo son similares en la mayoría de las instituciones educativas evaluadas, presentándose unas mínimas variaciones en la generalidad de los casos. Uno de los elementos evaluados en donde se presentaron las mayores variaciones fue la geometría de las construcciones, en particular en la forma de la planta de las edificaciones. En altura la variación es mínima, pues la mayoría de las construcciones es de un sólo piso.

En razón a lo anteriormente mencionado y por efectos prácticos, se presenta el condensado de la Institución educativa Cartagena por ser ella la más representativa y compleja, en donde se puede apreciar la incidencia de la tipología constructiva, la cimentación, la geometría y la estructura del techo en el incremento de vulnerabilidad física de la edificación, una vez adelantada la confrontación de lo diagnosticado en campo con los requerimientos de la NSR-10 y la NTC 4595, según matriz de la Tabla 21.

Tabla 21 Tipología institución educativa Cartagena confrontada con la NSR-10

			Geometría			**NSR-10**	
Institución educativa Cartagena	**Tipología estructura**	**Cimentación**	**Planta**	**Altura**	**Estructura de techo**	**Satisface**	**No satisface**
Según diagnostico	semi confinado	zapatas	Irregular	Regular	Cerchas Metálicas	**40**	**60**
Según NSR-10	A.3.2.1.1 — Sistema de muros de carga — Sistema estructural que no dispone de un pórtico A.3.2.1.2 — Sistema combinado — Sistema	E.2.1.4 — SISTEMA DE CIMENTACIÓN — La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de	E.1.3.4.1.2 — La regularidad en planta — Debe evitarse la irregularidad geométrica en planta. Para ello debe	E.1.3.4.1.3 — La regularidad en altura — Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Para ello debe	E.5.2.1 — GENERAL — Los elementos portantes de cubierta, de cualquier material, deben		

	estructural, (a) Cargas verticales resistidas por pórtico no resistente a momentos y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales. (b) Cargas verticales y horizontales resistidas por un pórtico resistente a momentos, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales A.3.2.1.3 — Sistema de pórtico — Sistema estructural compuesto por pórtico espacial, resistente a momentos A.3.2.1.4 — Sistema dual — Sistema estructural, pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales	vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta, y que aseguren la transmisión de las cargas de la superestructura al suelo en forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo.	verificarse que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-1, para las irregularidades 2P y 3P y evitarse cualquier otra forma de irregularidad en planta. Las formas irregulares podrán convertirse, por descomposición, en varias formas regulares, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en E.1.3.4.3.	verificarse que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-2, para las irregularidades 3A y evitarse cualquier otra forma de irregularidad en altura. Cuando la estructura tenga forma irregular en altura, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en E.1.3.4.3.	conformar un conjunto estable para cargas laterales. Por lo tanto, se deben disponer sistemas de anclaje en los apoyos y suficientes elementos de arriostramiento como tirantes, contravientos, riostras, etc. que garanticen la estabilidad del conjunto.		
Registro fotográfico							

Acorde con lo registrado en la Tabla 21 y una vez confrontados los resultados de campo con los requerimientos de la NSR-10, se puede inferir:

- En cuanto a la tipología estructural, la cimentación y la regularidad en planta la institución educativa Cartagena no satisface los requerimientos de la NSR-10, no obstante en los ítems regularidad en altura y estructura del techo, satisfacer los criterios. Ello entonces sugiere, si a cada variable se le da un peso del 20%, que la escuela Cartagena satisface en un 40% los requerimientos normativos e incumple el 60% restante. Dicha apreciación porcentual resulta engañosa, en razón a que las instituciones educativas por pertenecer al Grupo III (según la NSR-10) deben garantizar al 100% los requerimientos constructivos establecidos en la NSR-10, no sólo por ser la educación un servicio esencial, sino también porque eventualmente en dichas edificaciones permanecen, así sea transitoriamente, personas que pueden ser afectadas por el colapso parcial o total de la construcción ante solicitaciones.
- Dicho sea de paso, según la NTC 4595, los establecimientos educativos aparte de satisfacer todos los requerimientos constructivos de la NSR-10, deben garantizar una eficiente y adecuada operación y funcionalidad del servicio educativo, por ser éste considerado un servicio esencial.

En virtud de lo evaluado, y considerando que se muestra como ejemplo la construcción educativa más representativa del sector rural del municipio de Dosquebradas, se estima según las evaluaciones de campo (ver resultados de la Tabla 22), que el sector educativo rural del municipio de Dosquebradas presenta niveles de vulnerabilidad física y funcionales muy altos y complejos que ameritan intervenciones de tipo administrativo en el corto y/o mediano plazos.

Tabla 22 Tipologías constructivas instituciones educativas rurales Dosquebradas

Nombre de la Institución Educativa				Geometría			NSR-10	
		Tipología estructura	**Cimentación**	**Planta**	**Altura**	**Estructura de techo**	**Satisface**	**No satisface**
FILOBONITO	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cerchas Metálicas	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
SANTA ANA	**Según diagnostico**	Parcialmente confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica y madera	**20**	**80**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

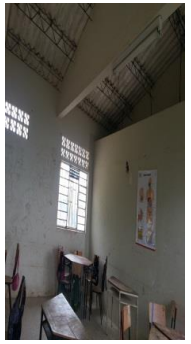
LA RIVERA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Irregular	Cercha metálica	**0**	**100**
	Registro fotográfico							
BOQUERÓN	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica con cielo raso en madera	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
CRISTOBAL COLÓN	**Según diagnostico**	Parcialmente confinado	Ciclópeo	Regular	Regular	Cercha metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

LUIS ANGEL ARCILA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
EDUARDO CORREA URIBE	**Según diagnostico**	semi confinado	zapatas	Irregular	Regular	Perfileria Metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							
LA PALMA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Regular	Regular	Cercha metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

LA ARGENTINA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Regular	Regular	Cercha metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							
MIRALINDO	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
INDEPENDENCIA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Regular	Regular	Cercha metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

EL CHAQUIRO	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha en Angulo	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
ENRIQUE MILLAN RUBIO	**Según diagnostico**	semi confinado	zapatas	Regular	Irregular	Cercha metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							
LA SIRENA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

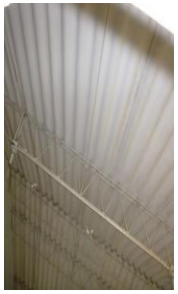
GAITAN ALTO	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
GAITAN PLAYA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
REINALDO RIVERA BENAVIDES	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							

Tabla 22 (continuación)

SABANITAS	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Irregular	Regular	Cercha metálica	**20**	**80**
	Registro fotográfico							
LA DIVISA	**Según diagnostico**	semi confinado	Ciclópeo	Regular	Regular	Perfileria Metálica	**40**	**60**
	Registro fotográfico							

Las instituciones educativas deben de cumplir en un 100% con lo exigido por la norma (NSR-10 y NTC 4595), ya que están calificados en el grupo de prioridad 3, por el número y tipo personas que las ocupan (comunidad educativa y población albergada en caso de ocurrencia de desastres).

De un 100 % que deben cumplir las edificaciones o instituciones escolares basados en las reglamentaciones o pautas de la NSR-10, 8 de las 21 instituciones satisfacen los requerimientos mínimos de la norma en un 40 %, 12 en un 20 % y 1 a la luz de los parámetros básicos o mínimos exigidos no cumple (0%).

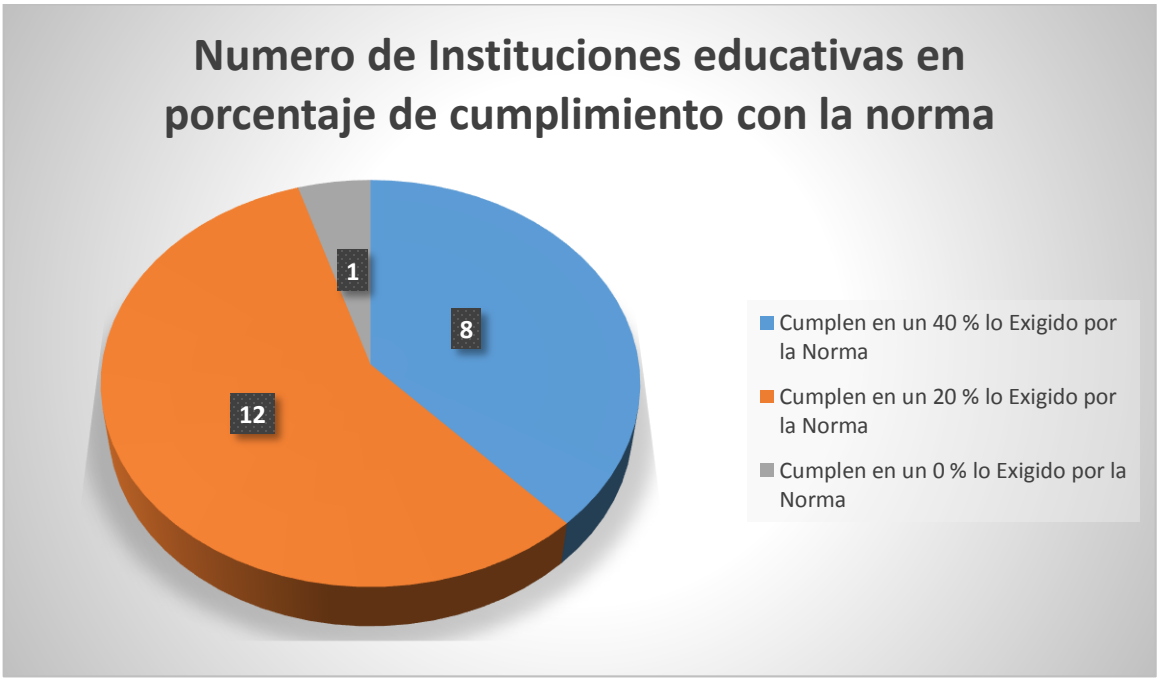


Figura 8 Número de instituciones educativas en porcentaje de cumplimiento con la norma

Tales cifras confirman una vez más la magnitud de la problemática del sector educativo rural del municipio de Dosquebradas, debido no sólo a la vulnerabilidad

física de las edificaciones, sino también a las restricciones operativas y funcionales diagnosticadas según la NTC 4595.

8.3. JERARQUIZACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD FUNCIONAL SEGÚN ESTÁNDARES DE LA NTC 4595

Basados en la norma NTC 4595 se evaluó la funcionalidad de las instituciones educativas y se determinó por medio de unas matrices su cumplimiento según los estándares de la norma.

Esta norma establece los requisitos para el planeamiento y diseño físico-espacial de nuevas instalaciones escolares, orientado a mejorar la calidad del servicio educativo en armonía con las condiciones locales, regionales y nacionales. Adicionalmente, puede ser utilizada para la evaluación y adaptación de las instalaciones escolares existentes.

8.3.1.1. Planeamiento general

Recoge las disposiciones básicas, necesarias para planificar instalaciones escolares. Se agrupan en tres áreas, así: ubicación y características de predios, dimensionamiento de las instalaciones escolares y disposiciones varias.

Los lotes para instalaciones escolares deben ubicarse en zonas en las cuales el riesgo de accidentalidad de las personas por causas naturales o humanas sea mínimo. En consecuencia, no es posible ubicar proyectos escolares en zonas pantanosas, rellenos sanitarios, áreas inundables, terrenos con alto riesgo de deslizamiento o receptores de éstos, etc. De igual forma, no deben realizarse proyectos escolares en predios que no permitan un distanciamiento mínimo de la construcción o instalación más cercana de 50 m a líneas de alta tensión, canales o pozos abiertos, vías férreas y vías vehiculares de alto tráfico.

En cuanto a su configuración, en caso de existir razones de economía, los lotes destinados a la construcción de edificaciones e instalaciones escolares deben tener pendientes inferiores al 15 % y deben mantener dimensiones en una proporción tal que permita la ubicación adecuada de canchas multiuso u otras instalaciones de área considerable. (Relaciones desde 1:1hasta 1:4 se consideran apropiadas).

8.3.1.2. Clasificación de los ambientes

Los ambientes de las instalaciones escolares se clasifican en ambientes pedagógicos básicos y ambientes pedagógicos complementarios. Este numeral indica las áreas e instalaciones técnicas con que deben contar. Los ambientes, no sólo reconocen los espacios convencionales como el de aula de clase, taller, biblioteca, entre otros, que representan una concepción sobre la manera de enseñar y de aprender, sino que permiten la generación de nuevos lugares concebidos para tendencias pedagógicas y formas de gestión escolar diferentes

8.3.1.3. Requisitos especiales de accesibilidad

Indica las características ambientales con las cuales es necesario dotar a los distintos espacios que conforman las instalaciones escolares, para garantizar a sus usuarios unas condiciones básicas de accesibilidad

8.3.1.4. Instalaciones técnicas

Indica el tipo y la cantidad de instalaciones técnicas, equipos y configuraciones con las cuales es necesario proveer a los distintos espacios que conforman las instalaciones escolares para garantizar unas condiciones básicas de funcionamiento. Se clasifican en cuatro grupos así: instalaciones eléctricas,

iluminación artificial, instalaciones eléctricas especiales e instalaciones hidráulicas, sanitarias, de gas y de aire.

8.3.1.5. Comodidad

Indica las características ambientales con las cuales es necesario proveer a los distintos espacios que conforman las instalaciones escolares para garantizar unas condiciones básicas de comodidad. Se clasifican en tres grupos, así: comodidad visual, comodidad térmica y comodidad auditiva.

8.3.1.6. Seguridad

Indica las características ambientales con las cuales es necesario proveer a los distintos espacios que conforman las instalaciones escolares para garantizar a los usuarios unas condiciones básicas de seguridad. Están organizadas en cinco grupos, así: cálculo, diseño y construcción de estructuras; medios de evacuación, prevención de riesgos por uso de las instalaciones educativas, prevención de actos vandálicos y aseo.

8.3.2. Matrices de evaluación de la funcionalidad de las instituciones educativas valoradas, según la NTC 4595

8.3.2.1. Planeamiento general

En cuanto a la localización de la edificación, referida a la cobertura del servicio educativo y su exposición a algún tipo de amenaza, cabe destacar que sólo el 14% de las construcciones evaluadas satisface plenamente los requerimientos de la NTC 4595 (Boquerón, Eduardo Correa Uribe y La Divisa), las restantes satisfacen parcialmente las exigencia de la norma.

Tabla 23 Planeamiento general de instituciones educativas. Vulnerabilidad funcional.

ESCUELA/COLEGIO	**PLANEAMIENTO GENERAL**		
	Distancias y tiempos de recorrido desde el origen de desplazamiento de la mayoría de sus alumnos a la institución	Deben ubicarse en zonas en las cuales el riesgo de accidentalidad de las personas por causas naturales o humanas sea mínimo	Áreas libres para recreación
CARTAGENA	Cumple	No cumple	Cumple
FILOBONITO	Cumple	No cumple	Cumple
SANTA ANA	No cumple	No cumple	Cumple
LA RIVERA	No cumple	No cumple	Cumple
BOQUERÓN	Cumple	Cumple	Cumple
CRISTOBAL COLÓN	Cumple	No cumple	Cumple
LUIS ANGEL ARCILA	Cumple	No cumple	Cumple
EDUARDO CORREA URIBE	Cumple	Cumple	Cumple
LA PALMA	No cumple	Cumple	Cumple
LA ARGENTINA	No cumple	No cumple	Cumple
MIRALINDO	Cumple	No cumple	Cumple
INDEPENDENCIA	No cumple	No cumple	Cumple
EL CHAQUIRO	Cumple	No cumple	Cumple
ENRIQUE MILLAN RUBIO	Cumple	No cumple	Cumple

LA SIRENA	Cumple	Cumple	No cumple
GAITAN ALTO	Cumple	No cumple	No cumple
GAITAN PLAYA	Cumple	No cumple	Cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	No cumple	Cumple	Cumple
SABANITAS	No cumple	Cumple	No cumple
LA DIVISA	Cumple	Cumple	Cumple

8.3.2.2. Clasificación de los ambientes

Tabla 24 Clasificación de los ambientes

ESCUELA/COLEGIO	**CLASIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES**						
	1. AMBIENTES PEDAGÓGICOS BÁSICOS						2. AMBIENTES PEDAGÓGICOS COMPLEMENTARIOS
	Las aulas de clase	Las bibliotecas, las aulas de informática y los centros de ayudas educativas	Laboratorios de ciencias, las aulas de tecnología y los talleres de artes plásticas	Los campos deportivos	Los corredores y los espacios de circulación	Los foros, los teatros, las aulas múltiples, los salones de música	Ambientes para la administración y servicios sanitarios
CARTAGENA	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
FILOBONITO	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
SANTA ANA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
LA RIVERA	No cumple	cumple	No cumple	No cumple	no cumple	No cumple	no cumple
BOQUERÓN	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
CRISTOBAL COLÓN	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
LUIS ANGEL ARCILA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
EDUARDO CORREA URIBE	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple

LA PALMA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
LA ARGENTINA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
MIRALINDO	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
INDEPENDENCIA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
EL CHAQUIRO	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
ENRIQUE MILLAN RUBIO	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
LA SIRENA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
GAITAN ALTO	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple
GAITAN PLAYA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
SABANITAS	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
LA DIVISA	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple

En cuanto al cumplimiento de la clasificación de ambientes, es notorio el incumplimiento de lo estipulado en la norma del 100% de las instituciones educativas, hecho éste que limita no sólo la funcionalidad sino también la calidad y eficiencia del servicio educativo prestado.

8.3.2.3. Requisitos especiales de accesibilidad

En cuanto a los requisitos especiales de accesibilidad resulta significativo que el 100% de las instituciones educativas sólo satisfacen los mínimos referidos a circulación de personas y accesos, pero descuidan, la totalidad de las instituciones educativas, el cumplimiento complementario de accesos y señalización para personas con discapacidades. En el 100% de las instituciones se descuida notoriamente la debida señalización de áreas y rutas de evacuación.

Tabla 25 Requisitos especiales de accesibilidad

ESCUELA/COLEGIO	REQUISITOS ESPECIALES DE ACCESIBILIDAD			
	Puertas	Circulación de personas	Los andenes y vías peatonales, señalización de accesibilidad y parqueaderos para minusválidos	Área para la colocación silla de ruedas o de una persona con limitaciones auditivas y diseño de los baños para personas con discapacidades
CARTAGENA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
FILOBONITO	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
SANTA ANA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA RIVERA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
BOQUERÓN	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
CRISTOBAL COLÓN	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LUIS ANGEL ARCILA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
EDUARDO CORREA URIBE	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA PALMA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA ARGENTINA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
MIRALINDO	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
INDEPENDENCIA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
EL CHAQUIRO	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple

ENRIQUE MILLAN RUBIO	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA SIRENA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
GAITAN ALTO	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
GAITAN PLAYA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
SABANITAS	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA DIVISA	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple

8.3.2.4. Instalaciones técnicas

Tabla 26 Instalaciones técnicas

	INSTALACIONES TÉCNICAS	
	Montajes eléctricos previstos en la telefonía, la televisión, el Internet, el sonido, las alarmas y la citofonía	Instalaciones hidráulicas, sanitarias, de gas y de aire
CARTAGENA	Cumple	Cumple
FILOBONITO	No cumple	No cumple
SANTA ANA	No cumple	Cumple
LA RIVERA	No cumple	No cumple
BOQUERÓN	No cumple	No cumple
CRISTOBAL COLÓN	No cumple	No cumple
LUIS ANGEL ARCILA	No cumple	No cumple
EDUARDO CORREA URIBE	Cumple	Cumple
LA PALMA	No cumple	No cumple
LA ARGENTINA	No cumple	No cumple
MIRALINDO	No cumple	No cumple
INDEPENDENCIA	No cumple	No cumple

EL CHAQUIRO	No cumple	No cumple
ENRIQUE MILLAN RUBIO	Cumple	Cumple
LA SIRENA	No cumple	No cumple
GAITAN ALTO	No cumple	No cumple
GAITAN PLAYA	No cumple	No cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	No cumple	Cumple
SABANITAS	No cumple	No cumple
LA DIVISA	No cumple	No cumple

Sólo el 14% de las instituciones educativas evaluadas satisface los requerimientos en cuanto a instalaciones técnicas, establecidas en la NTC 4595. La generalidad de las construcciones está matizada por la alta precariedad en cuanto al montaje de instalaciones que posibiliten garantizar eficiencia técnica y acceso al mundo informático.

8.3.2.5. Comodidad

Tabla 27 Comodidad

ESCUELA/COLEGIO	**COMODIDAD**		
	Condiciones ambientales necesarias para garantizar una visibilidad apropiada	Garantiza que un número máximo de escolares no considere el clima como un factor que perturbe el desarrollo de sus actividades	Condiciones ambientales indispensables para garantizar un acondicionamiento acústico apropiado
CARTAGENA	Cumple	Cumple	No cumple

FILOBONITO	Cumple	Cumple	No cumple
SANTA ANA	Cumple	Cumple	No cumple
LA RIVERA	Cumple	no cumple	No cumple
BOQUERÓN	Cumple	Cumple	No cumple
CRISTOBAL COLÓN	Cumple	Cumple	No cumple
LUIS ANGEL ARCILA	Cumple	Cumple	No cumple
EDUARDO CORREA URIBE	Cumple	Cumple	No cumple
LA PALMA	Cumple	Cumple	No cumple
LA ARGENTINA	Cumple	Cumple	No cumple
MIRALINDO	Cumple	Cumple	No cumple
INDEPENDENCIA	Cumple	Cumple	No cumple
EL CHAQUIRO	Cumple	Cumple	No cumple
ENRIQUE MILLAN RUBIO	Cumple	Cumple	No cumple
LA SIRENA	Cumple	Cumple	No cumple
GAITAN ALTO	Cumple	Cumple	No cumple
GAITAN PLAYA	Cumple	Cumple	No cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	Cumple	Cumple	No cumple
SABANITAS	Cumple	Cumple	No cumple
LA DIVISA	Cumple	Cumple	No cumple

8.3.2.6. Seguridad

Tabla 28 Seguridad

	SEGURIDAD			
	Cálculo, diseño y construcción de estructuras	Medios de evacuación	Prevención de riesgos por uso de las instalaciones educativas	Prevención de actos vandálicos y aseo
CARTAGENA	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple

FILOBONITO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
SANTA ANA	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA RIVERA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
BOQUERÓN	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
CRISTOBAL COLÓN	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
LUIS ANGEL ARCILA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
EDUARDO CORREA URIBE	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA PALMA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
LA ARGENTINA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
MIRALINDO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
INDEPENDENCIA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
EL CHAQUIRO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
ENRIQUE MILLAN RUBIO	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple
LA SIRENA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
GAITAN ALTO	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
GAITAN PLAYA	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple
REINALDO RIVERA BENAVIDES	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
SABANITAS	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
LA DIVISA	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

En cuanto a la variable seguridad, es significativo el incumplimiento de los estándares establecidos en la NTC 4595, referidos a: soporte de cálculo, diseño y memorias de construcción de las edificaciones; medios de evacuación, prevención de riesgo y prevención por ocurrencia de actos vandálicos. Sólo el 23% de las

instituciones educativas cumple con la variable medios de evacuación y la totalidad de las mismas no satisface ninguno de los requerimientos restantes.

Con el propósito de establecer un panorama más amplio en cuanto a los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad funcional de las instituciones educativas, se presentan los siguientes datos:

- Acorde con el diagnóstico realizado en campo se encontró que el 62% de las instituciones cumplen con las distancias de desplazamiento de la mayoría de sus alumnos, el 33% está ubicado en zonas donde el riesgo de ubicación es mínimo, el 14,2 % de los planteles educativos del sector rural no cuentan con áreas de recreación.

- El 100% de las instituciones educativas del área rural presenta ausencia de accesos para personas minusválidas o con limitaciones físicas. Las aulas no cuentan con el suficiente espacio para que una persona con discapacidad integre el grupo escolar de forma adecuada. Por otra parte, el 100 % de las instituciones cuenta con puertas de acceso pero no de evacuación.

- El 90 % de las instituciones visitadas cuentan con aulas que cumplen con un ambiente pedagógico básico; el 72 % no cuenta con aulas y/o espacios de ayuda pedagógica como bibliotecas; el 100% de las escuelas rurales carecen de laboratorios y teatros o áreas múltiples; el 5% no cuenta con corredores y espacios de circulación adecuada, presentando una alta exposición ante la eventual ocurrencia de un sismo o evento natural.

- El 14% de las instituciones cuenta con algunos montajes eléctricos como internet, telefonía y televisión; y un 24 % cuenta con instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas.

- Las instituciones evaluadas según el cálculo, diseño, construcción de estructuras, prevención de riesgos por uso de las instituciones y prevención de actos vandálicos no cumplen en un 100%, acrecentando la vulnerabilidad en la variable seguridad (según NTC 4595).

9. CONCLUSIONES

- El 100% de las instituciones evaluadas son de tipología estructural semiconfinada. Se hace necesario entonces adelantar estudios de vulnerabilidad física/estructural de mayor detalle teniendo en cuenta que más del 70 % de estas edificaciones fueron construidas antes de 1984, sin considerar norma de sismo-resistencia alguna o de construcción y las modificaciones que se han realizado tampoco cuentan con las especificaciones técnicas de la norma en vigencia NSR-10

- Las estructuras de techo son en un 100 % cercha metálica y la distancia de estas se ven condicionadas por los muros en los que se apoyan, presentando un alto grado de vulnerabilidad a la hora de un sismo, ya que las luces en un 40 % de las instituciones son mayores a la altura del muro y un 20% de las mismas presenta falta de mantenimiento y corrosión.

- En la evaluación de vulnerabilidad física y funcional de las instituciones rurales de Dosquebradas, 12 de ellas (57.14%) presentan afectaciones en sus zonas y espacios circundantes de recreación por asentamientos, movimientos de tierra y fisuras en los suelos, infiriéndose inestabilidad de los terrenos aledaños.

- Del 100% de las instituciones educativas evaluadas en cuanto a tipología constructiva, cimentación, geometría y estructura de cubierta, se encontró que ninguna de las instituciones satisface a plenitud los requerimientos de la NSR-10, hecho este que compromete la seguridad y bienestar de la comunidad educativa en razón al alto grado de exposición de las edificaciones ante la eventual ocurrencia de un evento sísmico.

- Acorde con el diagnóstico de campo, el 100% de las instituciones educativas del sector rural del municipio no cumplen con los requerimientos de la NSR-10 y la NTC 4595, en virtud de su época de construcción y su localización (sector rural), característica esta que se agudiza debido a la ausencia de programas de mantenimiento periódico en términos físicos y funcionales.

- La generalidad de las instituciones educativa evaluadas (100%), denotan bajos niveles de funcionalidad en virtud de las deficiencias diagnosticadas en cuanto a espacios independientes para el funcionamiento de salas de sistemas, laboratorios y bibliotecas. En la mayoría de casos, cuando existen, dichos espacios están adecuados en los mismos salones de clase.

- En concordancia con la NTC 4595, el 100% de las instituciones educativas no garantiza las condiciones básicas de comodidad visual, comodidad térmica y comodidad auditiva.

- El cálculo, diseño y construcción de las instituciones educativas evaluadas no tuvo los soportes técnicos y normativos adecuados, razón por la cual la generalidad de las mismas presentan un alto grado de vulnerabilidad, hecho este que se confirma mediante su evaluación a la luz de la NTC 4595 y la NSR10.

- Las instituciones educativas Cartagena, Eduardo Correa Uribe y Enrique Millán Rubio son las escuelas sedes principales, que a la luz de la norma NTC 4595 presentan un mayor nivel de cumplimiento, reflejándose en una vulnerabilidad funcional más baja.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades competentes de la administración municipal, el mejoramiento de la estructura vial que comunica las instituciones educativas con la cabecera municipal, y mejorar la accesibilidad del cuerpo estudiantil a las instituciones, toda vez que en época de precipitaciones es notorio el incremento de los tiempos de desplazamiento de la comunidad educativa beneficiada.

- Es necesario adelantar en el corto/mediano plazo, estudios de patología más detallado y específicos en las instituciones educativas del sector evaluado, para poder obtener una valoración más detallada de la vulnerabilidad física de las instituciones y poder acometer las acciones correctivas y/o preventivas a que hubiese lugar.

- Se le recomienda a la administración municipal implementar un programa de estabilización de áreas (taludes) circundantes a las instituciones educativas, en razón al alto grado de exposición de infraestructura y comunidad educativa ante la eventual ocurrencia de deslizamientos o fenómenos de remoción en masa.

- Por el alto número de personas que ocupan estas instalaciones y por su coeficiente y grupo de importancia (según la NSR-10), es importante que los entes gubernamentales competentes con el tema realicen un acompañamiento más detallado de las instituciones evaluadas que presentan mayores grados e vulnerabilidad.

- Se recomienda un estudio de vulnerabilidad que incluya la identificación y cuantificación de las obras que permitan la reducción de la vulnerabilidad física de las instituciones educativas del sector rural del municipio de Dosquebradas.

- Las Secretarías de Educación y Planeación del municipio de Dosquebradas deberían establecer un sistema de monitoreo y seguimiento de los factores generadores de riesgo en el sector educativo rural del municipio, tanto en el aspecto físico/estructural como funcional y de esta manera definir un plan de inversiones que posibilite la reducción del riesgo de infraestructura y comunidades educativas beneficiadas.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daniel Albeiro Bedoya Ruiz, ESTUDIO DE RESISTENCIA Y VULNERABILIDAD SÍSMICAS DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO ESTRUCTURADAS CON FERRO CEMENTO.” Tesis doctoral”
- Esperanza Maldonado Rondón-Gustavo Chio Cho Iván Gómez Araujo, ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA BASADO EN LA OPINIÓN DE EXPERTOS
- Guillermo Santana, EVALUACIÓN DE CÓDIGO SÍSMICO
- Leonardo Cano-Saldaña, Hugo Monsalve-Jaramillo, Jairo Andrés Agudelo-Calvo, Fabio Mauricio Upegui-Botero y Juan Diego Jaramillo-Fernández, METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS CIUDADES. ESTUDIO DE CASO: ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE ARMENIA – COLOMBIA
- PÉREZ Llantada, M.C. y López de la Llave, A (1999): “Evaluación de programas de salud y Servicios Sociales: metodología y ejemplos” Ed. Dykinson. P 51 – 62.
- An Introduction to Earthquakes Hazards SLU-A193 Class Notes
- ASSTHO
- INGEOMINAS-FOREC. Zonificación de Amenazas Geológicas para los municipios del Eje Cafetero Afectados por el Sismo del 25 de enero de 1999. 2000
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI –IGAC.Risaralda características Geográficas. 1995.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, ICONTEC. Ensayo de Carrillo et al 216 resistencia a la compresión de cilindros de concreto NTC 673, Bogotá, Colombia. 2000.
- NSR-10 Capitulo A

- TITULO 3 NSR-10 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, UNC, Evaluación de fuerzas sísmicas.www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo2/Evaluaciondelasfuerzassismicas.htm. 2005.
- http://bdrsnc.ingeominas.gov.co/paginas1/catalogo/respuesta.php
- http://plaza.ufl.edu/ptapia/papers/C-ARQ-VU-v3.pdf
- http://www.anserma-caldas.gov.co/presentacion.shtml?apc=I-xx-1-&s=i
- http://www.anserma.net/
- http://www.google/map.com

ANEXOS DIGITALES

- Fichas de captura de información de campo para valoración cualitativa de vulnerabilidad física y funcional

- Planos de levantamiento de elementos estructurales y planta de instituciones educativas