

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS E
INUNDACIONES DE LOS CAMINOS RURALES, PUENTES Y CENTROS
EDUCATIVOS DE LA CUENCA DEL RÍO SHUSHO, UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,
2017.

KEISY MELISSA TAX HERNÁNDEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, JULIO DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE
LOS CAMINOS RURALES, PUENTES Y CENTROS EDUCATIVOS DE LA CUENCA
DEL RÍO SHUSHO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

KEISY MELISSA TAX HERNÁNDEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

GUATEMALA, CHIQUIMULA, JULIO 2017.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	MSc. José Ramiro García Álvarez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MSc. José Ramiro García Álvarez
Secretario:	MA. Sandra Jeannette Prado Díaz
Vocal:	MSc. Fredy Samuel Coronado López

TERNA EVALUADORA

MSc. José Ramiro García Álvarez
MSc. Ricardo Otoniel Suchini Paiz
MSc. Fredy Samuel Coronado López

Chiquimula, julio de 2017

Señores:

Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros

De conformidad con las normas establecidas por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LOS CAMINOS RURALES, PUENTES Y CENTROS EDUCATIVOS DE LA CUENCA DEL RÍO SHUSHO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017.** Como requisito previo a optar el título de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios de aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line across the middle.

Keisy Melissa Tax Hernández

REF-DHEJ-GAL-01-2017
Chiquimula, mayo de 2017

Lic. Zoot. MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

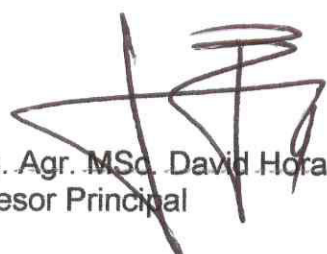
Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante **Keisy Melissa Tax Hernández**, en el trabajo de investigación denominado **"ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTO E INUNDACIONES DE LOS COMINOS RURALES, PUENTES Y CNETROS EDUCATIVOS DE LA CUENCA DEL RÍO SHUSHO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017"**, tenemos el agrado de dirigirnos a usted, para informarle que hemos asesorado y orientado a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes, razón por lo cual, recomendamos la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. MSc. David Horacio Estrada Jeréz
Asesor Principal



Ing. Agr. Hugo David Cordón y Cordón.
Asesor Adjunto

cc. Archivo

D-TG-AT-042/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **KEISY MELISSA TAX HERNÁNDEZ** titulado “**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LOS CAMINOS RURALES, PUENTES Y CENTROS EDUCATIVOS DE LA CUENCA DEL RÍO SHUSHO, UBICADA EN EL MUNICIPIO DEL CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a cuatro de julio de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por ser el modelo y ejemplo más grande de amor en este mundo, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza y sabiduría para seguir adelante y alcanzar esta meta.

A MIS PADRES

Fulvia Elisa Hernández Buezo y Marcelino Arimateo Tax Velásquez, por su amor incondicional, por motivarme constantemente para alcanzar mis metas, por haberme forjado como la persona que ahora soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes y este es uno más de ellos. Ustedes son los pilares de mi vida.

A MIS HERMANOS

Allan José por estar a mi lado y apoyarme, gracias por todo y Cary sin ti esto no sería posible, fuiste mi fuerza en todo momento, tus palabras de aliento, tu compañía y amor en todo el proceso fueron mi motor para lograr esta meta. A los dos los amo con mi vida.

A MIS ABUELOS (AS)

Fulvia Buezo Espino, Lucía Velásquez, con mucho cariño, a Nicolás Tax y Rigoberto Hernández, un saludo hasta el cielo.

A MIS SOBRINOS

Allan José Jr. y Hallie Denisse Sagastume Camacho, son el claro ejemplo de que el amor existe, los amo.

A MIS ASESORES

Ingeniero Hugo David Cordón y Cordón y especialmente al ingeniero David Horacio Estrada Jeréz. Por compartir sus conocimientos, orientaciones, su forma de trabajar, su persistencia, paciencia y motivación, han sido fundamentales para mi formación como estudiante; los admiro mucho y me siento en deuda con ustedes por todo lo recibido durante el período de tiempo que ha durado mi trabajo de investigación.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS

Mariita, Iliana, Geovany, Elías y Claudia, gracias por su amistad sincera, comparto con ustedes mi triunfo, a Ceci y a la familia Calderón Picén, por sus palabras de aliento, fe y confianza hacia mí, los quiero mucho. Y a Eduardo José, gracias por su paciencia y por sus infinitas muestras de amor y apoyo en el proceso de realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A DIOS

Por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño tan anhelado y esperado. Por darme salud, una familia y personas que amo y me aman.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA –USAC– Y CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI–

Por acogerme y permitirme mi formación académica.

A LA CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL Y SUS DOCENTES

Por su amistad, por su cariño, por abrir sus puertas y permitir instruirme en mi formación profesional en el campo de la gestión ambiental.

A MIS EVALUADORES

MSc. Fredy Coronado, al MSc. Ricardo Suchini, y especialmente al MSc. Ramiro García, por su paciencia, el tiempo dedicado y por los aportes brindados para el fortalecimiento de mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 La cuenca del río Shusho	3
2.2 Estudios previos realizados	3
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. OBJETIVOS	8
5.1 Objetivo general	8
5.2 Objetivos específicos	8
6. MARCO TEÓRICO	9
6.1 Cuenca hidrográfica	9
6.2 Clasificación de cuencas	9
6.2.1 Características del método Pfafstetter	10
6.2.3 Proceso de delimitación aplicado para Guatemala	11
6.2.3 Proceso de codificación	11
6.3 Vulnerabilidad	12
6.3.1 Evaluación de vulnerabilidad	13
6.3.2 Factores de vulnerabilidad	14
6.3.3 Reducción de vulnerabilidad	14
6.4 Amenaza	15
6.5 Desastre	15
6.5.1 Causas y efectos de los desastres	15
6.5.2 Problemas, oportunidades y necesidades de gestión	16
6.5.3 Gestión del riesgo de desastres	18
6.5.4 Tipos de desastres	18
6.5.5 Ciclo de los desastres	19

6.6	Metodología de Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos, Inundaciones y Sequías “ISDIS”	22
6.7	Caminos rurales	22
6.7.1	Taludes	23
6.7.2	Alcantarillas	23
6.7.3	Cunetas	23
6.8	Puentes	24
6.8.1	Elementos de un puente	25
6.8.2	Tipología de puentes	27
6.9	Centros educativos	29
6.9.1	La escuela	30
7.	MARCO REFERENCIAL	31
7.1	Ubicación administrativa y geográfica del área de estudio	31
7.2	Descripción del área de estudio	32
7.3	Características del área de estudio	32
7.3.1	Zonas de vida	32
7.3.2	Clima	33
7.3.3	Aspectos sociales	34
7.4	Investigaciones relacionadas	36
7.4.1	Diseño y aplicación de metodología para la determinación de un índice de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos, inundaciones y sequías en el municipio de San Pedro Zacapa, departamento de Santa Bárbara, Honduras.	36
7.4.2	Aproximación y coincidencia entre la metodología ISDI y el mapeo participativo: parámetros cartográficos de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Tacó, municipio de Chiquimula.	36
7.4.3	Identificación de manera participativa de riesgos ambientales en finca El Cascajal, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2013.	37
8.	MARCO METODOLÓGICO	39
8.1	Delimitación de las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, mediante la metodología “ISDI”, de la cuenca del río Shusho.	39
8.1.1	Delimitación de zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho.	39
8.1.2	Descripción de la metodología “ISDI” a través de parámetros del mapeo sistemático en la cuenca del río Shusho.	40
8.1.3	Generación de matrices para el análisis de deslizamientos e inundaciones.	41
8.1.4	Aplicación de la metodología “ISDI” con valores de mapeo sistemático en la cuenca del río Shusho.	42
8.1.5	Análisis de la información	54

8.2	Análisis de la vulnerabilidad física de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho	54
8.2.1	Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales y puentes a deslizamientos	55
8.2.2	Análisis de la vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones	55
8.2.3	Levantamiento de información del área de estudio	59
8.3	Determinación del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho	59
8.4	Análisis de información	60
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
9.1	Delimitación de las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, mediante la metodología “ISDI”, de la cuenca del río Shusho	61
9.1.1	Susceptibilidad a deslizamientos	64
9.1.2	Susceptibilidad a inundaciones	69
9.1.3	Susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones	73
9.2	Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho	75
9.2.1	Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales y puentes a deslizamientos	75
9.2.2	Análisis de la vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones	82
9.3	Determinación del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho	96
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES	102
	BIBLIOGRAFÍA	104
	ANEXOS	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Codificación de cuencas	12
2	Codificación para la cuenca del río Shusho	12
3	Centros poblados de la cuenca del río Shusho.	35
4	Fuentes de información para la realización del mapeo sistemático.	41
5	Índice de susceptibilidad según el rango de pendiente.	42
6	Índice de susceptibilidad por estructura del suelo para cada evento.	44
7	Índice de susceptibilidad según textura del suelo.	45
8	Índice de susceptibilidad según profundidad del suelo no consolidado.	46
9	Índice de susceptibilidad según uso del suelo.	46
10	Índice de susceptibilidad por índice de plasticidad para deslizamientos.	47
11	Índice de susceptibilidad según el tipo de suelo para inundaciones.	49
12	Índice de susceptibilidad según geología para deslizamientos.	51
13	Índice de susceptibilidad según precipitación.	52
14	Rangos de susceptibilidad.	53
15	Nivel de confianza.	56
16	Zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	62
17	Parámetros que inciden de manera directa en la susceptibilidad a deslizamientos.	63
18	Parámetros que inciden de manera directa en la susceptibilidad a deslizamientos.	63

19	Matriz “ISDI” de susceptibilidad a deslizamientos con valores de mapeo sistemático de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	64
20	Valores máximos de susceptibilidad a deslizamientos.	64
21	Índice de susceptibilidad a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	66
22	Índices de las variables de las zonas homogéneas 1 y 6, susceptibles a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	67
23	Descripción de los índices de las variables de las zonas homogéneas 1 y 6, susceptibles a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	68
24	Matriz “ISDI” de susceptibilidad a inundaciones con valores de mapeo sistemático de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	69
25	Valores máximos de susceptibilidad a inundaciones.	70
26	Índice de susceptibilidad a inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	72
27	Resultado de la susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de las zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	73
28	Centros poblados que se encuentran dentro de los tramos carreteros de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	75
29	Longitud de la principal red vial por tipo de camino rural de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	76
30	Condiciones generales de los caminos rurales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	76
31	Tuberías transversales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	77

32	Características de los deslizamientos por tramos carreteros de la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	78
33	Condiciones generales de los deslizamientos por tramos carreteros de la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	78
34	Datos generales de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	80
35	Elementos evaluados de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	81
36	Clasificación del nivel del daño de los elementos evaluados de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	81
37	Listado de los centros educativos evaluados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	84
38	Vulnerabilidad de la infraestructura, de acuerdo a los componentes evaluados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	86
39	Existencia de cuerpos de agua próximos a los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	92
40	Acumulación de agua o humedad en los centros educativos, de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	92
41	Topografía del predio de los centros educativos (Parte de enfrente), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	93
42	Topografía del predio de los centros educativos (Parte atrás), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	93

43	Topografía del predio de los centros educativos (Lado izquierdo), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	93
44	Topografía del predio de los centros educativos (Lado derecho), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	94
45	Resultado de la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones de los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	95
46	Resultado del análisis combinado de la susceptibilidad según “ISDI” y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	97
47	Resultado del análisis combinado de la susceptibilidad según “ISDI” y vulnerabilidad de los centros educativos a inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	98

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Contenido	Página
1	Susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	74
2	Materiales de construcción y daños observables: Paredes/Muros, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	88
3	Materiales de construcción y daños observables: Piso, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	89
4	Materiales de construcción y daños observables: Techo, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	89
5	Materiales de construcción y daños observables: Soporte del techo, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	90
6	Materiales de construcción: Ventanas y daños observables, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	90
7	Materiales de construcción y daños observables: Puertas, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Divisiones de la cuenca según el método Pfafstetter.	10
2	Elementos de un puente.	25
3	Mapa de ubicación de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	31
4	Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	33
5	Delimitación de las zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	61
6	Zonas susceptibles a deslizamientos en la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	66
7	Zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	71
8	Ubicación de los centros educativos evaluados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.	83

RESUMEN

Guatemala es un país que se ve afectado continuamente por desastres debido a su posición geográfica, convergencia de fallas geológicas, cordillera volcánica y litorales marítimos y el peligro de un desastre de gran magnitud provocaría pérdidas económicas cuantiosas e incluso la pérdida de vidas humanas.

Dentro de la cuenca del río Shusho, se desarrollan actividades humanas importantes como la producción agrícola y pecuaria, también se ubica importante infraestructura, por lo que es de suma importancia la identificación de las zonas con mayor potencial a deslizamientos e inundaciones y la determinación de la vulnerabilidad de la infraestructura de los caminos rurales, puentes y centros educativos a estos eventos, por lo que se consideró la cuenca del río Shusho, por su alta influencia en la ciudad de Chiquimula.

La investigación se realizó en la cuenca del río Shusho, se localiza en el municipio y departamento de Chiquimula, abarcando una extensión de 78.21 km², comprende dos zonas de vida el bosque seco subtropical –bs-S- y el bosque húmedo subtropical (templado) –bh-S(t)-.

La presente investigación tiene como objetivo determinar la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la cuenca del río Shusho, ante los deslizamientos e inundaciones; para lo cual se empleó la metodología del Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos e Inundaciones “ISDI”, basada en las variables: precipitación, estructura, textura, profundidad, uso, plasticidad, tipo, geología y pendiente; de igual manera se analizó la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos de la cuenca del río Shusho, a través de boletas de campo encaminadas a evaluar la infraestructura de estos ante las amenazas de deslizamientos e inundaciones.

Los resultados de la metodología “ISDI” empleando el mapeo sistemático como herramienta para su ejecución, determino que la cuenca del río Shusho, presenta en las

zonas homogéneas 1 y 6 una clasificación de “Susceptibilidad Alta” a deslizamientos, con un índice del 80.00%; así mismo, se pudo determinar que la zona homogénea 4 de la cuenca posee una clasificación de “Susceptibilidad Media” a deslizamientos, con un índice del 50.00%; en cuanto a inundaciones, la cuenca mostró que las zonas homogéneas 1 (índice: 66.67%), 2 (índice: 81.48%), 3 (índice: 74.07%), 4 (índice: 85.19%) y 6 (índice: 74.07%) se ubican dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Alta”; mientras que la zona homogénea 5, presentó una clasificación de “Susceptibilidad Media” a inundaciones con un índice del 62.96%.

En base a los resultados del análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos, empleando boletas de campo para su evaluación, se determinó que de acuerdo a los diferentes aspectos evaluados de los caminos rurales (estado actual de cunetas, tipo de camino rural, deslizamientos provocados por taludes y otros); el tramo carretero que presenta mayor vulnerabilidad a deslizamientos es el de Pinalon a Shusho En Medio y el menos vulnerable es el de Petapilla a Centro Comercial Pradera; en cuanto a los 6 puentes que se encuentran dentro de la cuenca, 5 de ellos presentan una vulnerabilidad alta a deslizamientos, siendo estos: puente Shusho, puente Shusho Arriba, puente Los Felipe, puente río Petapilla y puente río Shusho; por el contrario el puente El Carrizal presentó un nivel del daño “Medio” en cuanto a los componentes evaluados.

Para el caso de los centros educativos de las zonas homogéneas 1, 3 y 6 se encuentran dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Alta” para deslizamientos y para inundaciones; los centros educativos de las zonas homogéneas 2 y 4 presentan una clasificación de “Susceptibilidad Media” para deslizamientos y una “Susceptibilidad Alta” para inundaciones; por el contrario los centros educativos de la zona homogénea 5 se encuentran dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Alta” para deslizamientos y “Susceptibilidad Media” para inundaciones.

Los resultados de la determinación del grado de susceptibilidad (según “ISDI”) y vulnerabilidad (según la evaluación de la infraestructura por medio de boletas de

campo) de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho determinó que de los 60 centros educativos, 18 (30.30%) están en la clasificación de “Vulnerabilidad Alta”; 38 (63.54%) en la clasificación de “Vulnerabilidad Media” para deslizamientos; y 4 (6.06%) se encuentran en la clasificación de “Vulnerabilidad Baja” para deslizamientos y de los 60 centros educativos, 38 (63.54%) están en la clasificación de “Vulnerabilidad Alta”; 18 (30.30%) en la clasificación de “Vulnerabilidad Media” para inundaciones; y 4 (6.06%) se encuentran en la clasificación de “Vulnerabilidad Baja” para inundaciones.

De acuerdo a los aspectos evaluados y analizados, se busca que esta información sirva para futuros estudios que determinen con mayor detalle los efectos que se podrían acontecer en un sitio; poder tomar medidas preventivas adecuadas y así evitar o disminuir pérdidas humanas e infraestructura importante y para que las autoridades y tomadores de decisiones cuenten con recomendaciones técnicas para abordar y coordinar la planificación de las acciones a tomar en el área de la cuenca.

INTRODUCCIÓN

Guatemala está expuesta a diversos fenómenos entre los cuales se pueden mencionar sismos, inundaciones, huracanes, deslaves, sequías, entre otros; los cuales causan pérdida de vidas, daños a la economía, interrupción de servicios básicos como infraestructura vial y educativa en buenas condiciones, abastecimiento de agua y energía eléctrica.

Regularmente no se consideran medidas de seguridad adecuadas para ubicar una infraestructura, como también planes de ordenamiento territorial, ni se toman en cuenta situaciones de vulnerabilidad física por deslizamientos o inundaciones que pueden existir en algunos terrenos seleccionados para la construcción.

Características como la pobreza, elevados niveles de analfabetismo, sistemas productivos no sostenibles, crecimiento acelerado de la población, sobreexplotación de los recursos naturales, desvalorización de los servicios ambientales y la falta de conocimiento por parte de la población sobre las cuencas hidrográficas, son algunos factores que incrementan la vulnerabilidad a desastres.

La investigación se dirigió a determinar la susceptibilidad según la metodología “ISDI” y vulnerabilidad física de los caminos rurales, puentes y centros educativos, a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho.

La metodología “ISDSI” presentada por Ángel Fernando Zepeda González; con base a un estudio realizado en el municipio de San Pedro Zacapa, Santa Bárbara en el año 2003, consiste en evaluar el grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de una población a determinados desastres como lo son los deslizamientos, inundaciones y sequías y la ocurrencia de los mismos. La obtención de la información se realizó por medio del método de mapeo sistemático utilizando únicamente el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos e Inundaciones “ISDI”.

El levantamiento de información a través de boletas de campo para en análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos, se realizó a través de boletas de campo, en las que se contemplaron diferentes aspectos a manera de poder analizar la infraestructura de estos.

El objetivo de determinar la vulnerabilidad física, fue identificar los niveles de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones a los cuales la infraestructura que se encuentra dentro de la cuenca del río Shusho está expuesta y en virtud a esto, se formuló esta investigación con el fin de que sirva para que las autoridades y tomadores de decisiones cuenten con herramientas para mejorar la planificación y las acciones a tomar en el área de estudio.

2. ANTECEDENTES

2.1 La cuenca del río Shusho

Según Cerón (2015), la ciudad de Chiquimula específicamente el casco urbano del municipio y departamento del mismo nombre, cuenta con una población aproximada de 53,041 habitantes y una extensión territorial de 7.5 Km². La ciudad se encuentra dividida en 7 zonas y cuenta con aproximadamente 10,802 viviendas. Dentro de los servicios básicos, cuenta con sistemas de drenajes, recolección de desechos sólidos y agua potable.

De acuerdo a García (2009), la cuenca del río Shusho abarca una extensión de 78.21 km² y está integrada por 31 centros poblados, excluyendo a la ciudad de Chiquimula. Cuenta con dos zonas de vida de las cuales el 8.373% corresponde al bosque seco subtropical y el 91.823% corresponde al bosque húmedo subtropical.

2.2 Estudios previos realizados

Según registros interinstitucionales gubernamentales y no gubernamentales, en la cuenca del río Shusho, Chiquimula; no se han realizado estudios previos sobre la determinación de la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones; sin embargo, a nivel nacional existen estudios similares que guardan cierta relación al presente tema de investigación, entre los cuales se pueden mencionar:

- “Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las microcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula (2009)”.
- “Aproximación y coincidencia entre la metodología ISDI y el mapeo participativo: Parámetros cartográficos de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Tacó, municipio de Chiquimula (2013)”.

- “Plan de contingencia al desbordamiento del río Motagua en el casco urbano del municipio de Los Amates Izabal (2013)”.
- “Identificación de manera participativa de riesgos ambientales en finca El Cascajal, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2013 (2015)”.

Los cuales se tomaron como referencia para el desarrollo de la investigación.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Guatemala, en su conjunto, por su posición geográfica, convergencia de fallas geológicas, cordilleras volcánicas y litorales marítimos, resulta afectado continuamente por desastres. El peligro de un desastre de gran magnitud se manifiesta en forma más evidente dado que su población y su infraestructura, están expuestas a consecuencias graves debido a la gran concentración de habitantes, actividades productivas, falta de ordenamiento territorial, severa limitación de recursos y la falta de preparación social para evitar, mitigar y afrontar fenómenos naturales destructivos.

Dentro de la cuenca del río Shusho, se desarrollan actividades humanas importantes tales como la producción agrícola, pecuaria, agroindustria, proyectos habitacionales; también se ubica importante infraestructura como puentes, carreteras, viviendas, escuelas, puestos de salud, sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de riego, la cual puede verse afectada al momento de que ocurran desastres tales como lo son los deslizamientos o las inundaciones; lo que provocaría pérdidas económicas cuantiosas e incluso la pérdida de vidas humanas.

Actualmente la información existente para la reducción de la vulnerabilidad física es insuficiente, está dispersa y desactualizada, esta condición limita las posibilidades de la toma de decisiones apropiadas por parte de las autoridades correspondientes que permitan reducir los impactos negativos producidos por deslizamientos o inundaciones, que hoy en día pueden ocurrir con más frecuencia debido a los efectos del cambio climático; como el aumento del nivel del mar debido a altas temperaturas, tormentas más intensas, escasez de agua, desertificación y deforestación.

La investigación está relacionada con identificar las zonas con mayor potencial a deslizamientos e inundaciones y la vulnerabilidad física de los caminos rurales, puentes y centros educativos a estos eventos y se consideró la cuenca del río Shusho, por su alta influencia en la ciudad de Chiquimula.

Sin embargo, la falta de información actualizada sobre la reducción de la vulnerabilidad física, es una dificultad al momento de elaborar proyectos de ordenamiento territorial, de susceptibilidad y vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones, debido a los altos costos de procesos que necesitan disponibilidad de insumos materiales, equipo, personal capacitado, recolección y análisis de muestras en campo.

Por lo que se busca que la investigación sirva para futuros estudios que determinen con mayor detalle los efectos que se podrían acontecer en un sitio; poder tomar medidas preventivas adecuadas y así evitar o disminuir pérdidas humanas e infraestructura de importancia social, económica y ambiental.

4. JUSTIFICACIÓN

La cuenca del río Shusho, es de suma importancia para el municipio de Chiquimula, ya que provee servicios y bienes ambientales, tales como regulación hídrica, sostenibilidad del recurso suelo, oxígeno, belleza escénica, madera y leña entre otros, que sostiene actividades productivas y sociales de los habitantes de los centros poblados que se asientan en la cuenca y del casco urbano de la ciudad. Por lo que la ocurrencia de desastres impacta no sólo los sitios específicos sino a la población en general.

La identificación y mapeo de zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, en la cuenca del río Shusho, son instrumentos que sirven para la planificación territorial, principalmente para el desarrollo de un plan de prevención a desastres o para el diseño de un sistema de alerta temprana. Para alcanzar estos productos; se requiere de datos e información, lo que implica el contar con suficientes recursos físicos y económicos que en muchos casos son poco actualizados y disponibles respectivamente.

Se pretende determinar la vulnerabilidad física a deslizamientos e inundaciones de las zonas potencialmente susceptibles a estos eventos en la cuenca del río Shusho. Esta información servirá para que las autoridades y tomadores de decisiones cuenten con recomendaciones técnicas para abordar y coordinar la planificación de las acciones a tomar en el área de la cuenca.

Cabe indicar, que, con los resultados obtenidos se verán beneficiados 31 centros poblados (aldeas, caseríos, fincas y parajes), aproximadamente los 31,808 habitantes y a esto, debe sumarse la gran cantidad de personas que se establecen temporalmente según García (2009), e importante infraestructura como caminos rurales, puentes y centros educativos.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones de la infraestructura de la cuenca del río Shusho, del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

5.2 Objetivos específicos

- Delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho, mediante la metodología “ISDI”.
- Analizar la vulnerabilidad física de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho.
- Determinar el grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Cuenca hidrográfica

Según García (2009), es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura del terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas.

En una cuenca hidrográfica se encuentran recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, allí él desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica, de acuerdo con García (2009).

6.2 Clasificación de cuencas

Existen diferentes formas de dividir una cuenca, una de ellas es el método Pfafstetter; este método de codificación fue creado en Brasil por Otto Pfafstetter en 1989, fue adoptado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La tendencia actual es, que el método se constituya en un estándar internacional de delimitación y codificación de unidades hidrográficas según Díaz (2013).

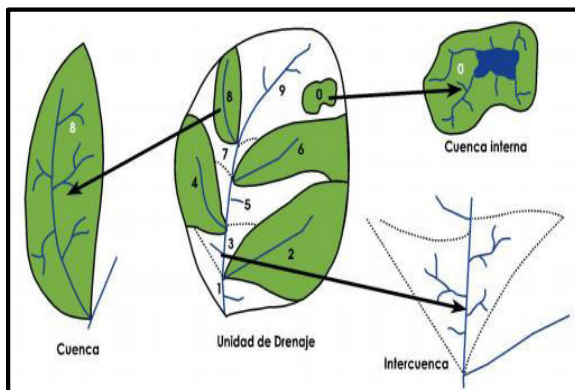
De acuerdo al MAGA (2009), el método utilizado para generar mapas (aplicado para Guatemala), en forma resumida, consiste en delimitar las cuencas en orden de jerarquía, en clasificar las cuencas con números pares y las intercuenas con números impares, mientras que a las cuencas endorreicas se les asigna el código "0".

6.2.1 Características del método Pfafstetter

Según el MAGA (2009), las principales características del método para la generación de mapas son las siguientes:

- Asigna códigos a las unidades de drenaje, basado en la tipología de la superficie del terreno.
 - Provee una única identificación a cada cuenca, basado en su ubicación dentro del sistema total de drenaje que ocupa.
 - Es hidrológicamente ordenado.
 - Economía de dígitos cuyas cantidades dependen del nivel en que se encuentra la unidad.
 - El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de ríos (confluencias).
 - Las unidades de drenaje son divididas en tres tipos, tal como se describe en la figura 1.
- Cuenca. Es un área que no recibe drenaje de ninguna área.
 - Intercuenca. Es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba.
 - Cuenca interna. Es un área que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago.

Figura 1. Divisiones de una cuenca según el método Pfafstetter.



Fuente: MAGA, 2009.

6.2.2 Proceso de delimitación aplicado para Guatemala

- Determinación del río principal. En función del criterio del área drenada, se hace la distinción entre río principal y tributario. En consecuencia, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos.
- Se delimitan las 4 cuencas principales. El criterio de área de drenaje prevalece.
- Se delimitan las intercuenas. Las cuales se delimitan desde el punto de desembocadura de cada cuenca hacia el margen opuesto del río principal, hasta hacer contacto con otro límite de la cuenca. Se deben obtener 5 intercuenas de acuerdo con el MAGA (2009).

6.2.3 Proceso de codificación

- Se codifican las unidades hidrográficas. El sentido de la codificación es desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Las unidades tipo cuenca enumerada con dígitos pares (2, 4, 6 y 8) y las de tipo intercuenas (1, 3, 5 y 9).
- Cada una de las cuencas e intercuenas resultantes de la primera subdivisión, pueden ser subdivididas de la misma manera, de modo que la división de la cuenca 8 genera las cuencas 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 81, 83, 85, 87 y 89. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la unidad “madre”, que está siendo dividida.
- Para las regiones de litoral, el sentido de la codificación será horario:
 - En vertientes orientales la codificación será de norte a sur.
 - En vertientes occidentales las cuencas se codifican de sur a norte.

Cuadro 1. Codificación de cuencas.

Niveles	Código
Nivel 1	9
Nivel 2	9 5
Nivel 3	9 5 1
Nivel 4	9 5 1 7
Nivel 5	9 5 1 7 8
Nivel 6	9 5 1 7 8 1
Nivel 7	9 5 1 7 8 1 3
Nivel 8	9 5 1 7 8 1 3 0

Fuente: MAGA, 2009.

Cuadro 2. Codificación para la cuenca del río Shusho.

Vertiente del mar Caribe						
Cuenca	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nombre	Nivel 6	Nombre
Río Grande de Zacapa	951	9518	95182	Grande de Zacapa	951824	Shusho

Fuente: MAGA, 2009.

De acuerdo a esta clasificación, la codificación de la cuenca del río Shusho es de Nivel 6 y su código es 951824.

6.3 Vulnerabilidad

Con base a investigaciones realizadas y tomando en cuenta las propuestas que han desarrollado investigadores de la SE-CONRED (2012), la vulnerabilidad es una condición de fragilidad o susceptibilidad construida histórica y socialmente, determinada por factores socioculturales y ambientales, asociados al desarrollo que caracteriza y predispone a un individuo o sociedad a sufrir daños en caso del impacto de un fenómeno natural, amenaza socio-natural o antropogenica afectando su capacidad de recuperación.

La SE-CONRED, considera que las vulnerabilidades que deben ser tomadas en cuenta para Guatemala, como base para futuros estudios o documentos son la vulnerabilidad física, económica, social, técnica, educativa, ambiental, institucional y política.

Sin embargo, para este estudio, se tomó en cuenta únicamente la siguiente vulnerabilidad:

- a. Vulnerabilidad física.** Se refiere a la localización de la población en zona de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo.

Toda esta vulnerabilidad va asociada a la falta de un ordenamiento territorial en los niveles local, municipal, departamental y nacional, a pesar de la obligatoriedad establecida en el código municipal.

6.3.1 Evaluación de vulnerabilidad

Según Buch; Turcios (2003), la evaluación de la vulnerabilidad es una estimación de las pérdidas o daños que puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades.

La exposición de las personas a riesgos varía en función de su grupo social, sexo, origen étnico u otra identidad, edad y otros factores. Por otra parte, la vulnerabilidad puede adoptar diferentes formas la pobreza por ejemplo, puede resultar en que las viviendas no puedan resistir a un terremoto o huracán y la falta de preparación puede dar lugar a una respuesta más lenta al desastre, y con ello a más muertes o a un sufrimiento más prolongado de acuerdo a Reyes (2015).

Para determinar la vulnerabilidad de las personas es necesario plantearse dos preguntas:

- ¿A qué amenaza son vulnerables las personas?
- ¿Qué les hace vulnerables a la amenaza?

6.3.2 Factores de vulnerabilidad

De acuerdo a la SE-CONRED (2012), es importante saber, en una sociedad, cuales son los factores o las causas que conlleven a la construcción de vulnerabilidad (o a su reducción). Por ejemplo, la falta de recursos económicos o la falta de conocimientos acerca de las amenazas pueden llevar a la gente a instalarse en zonas de amenaza.

6.3.3 Reducción de vulnerabilidad

Según Buch; Turcios (2003), es un proceso dinámico y requiere la participación de los distintos actores dentro de una comunidad. Es necesario como punto de partida definir la ubicación de la amenaza potencial, su grado de severidad, el período de retorno y la probabilidad de niveles de pérdida esperados, pues la planificación de estrategias para reducir la vulnerabilidad dependerá de la naturaleza tanto de la amenaza como de los factores que contribuyen a estructurar la vulnerabilidad.

Entre algunos instrumentos para reducir la vulnerabilidad se pueden mencionar:

- Planificación y gestión del uso del recurso suelo; este se puede aplicar a nivel local, de finca o comunidad, mediante la planificación y ordenamiento territorial local.
- El manejo integrado de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas.
- La educación ambiental.
- La organización y participación comunitaria.
- Existencia de un marco de políticas, programas y proyectos de desarrollo coherentes al ámbito local.
- Existencia de un marco institucional adecuado, con mecanismos para poner en práctica las medidas de reducción de la vulnerabilidad.
- Implementación de obras de protección en zonas poco manejables.

6.4 Amenaza

Según CONRED (s.f.), es el potencial de ocurrencia (posibilidad) de un fenómeno de origen natural o provocado, capaz de causar daños.

Y puede ser clasificada de la siguiente manera:

a. Amenazas hidrometeorológicas o climáticas. Son el producto directo de las condiciones climaticos atmosféricas.

- Inundaciones. Ocupación del agua en zonas habitables por el hombre y se manifiesta por el desbordamiento de ríos, embalses, mareas, tormentas, etc.
- Deslizamientos. Se refiere al movimiento descendente de tierra, agua, flujos de lodo y otros componentes en un terreno en declive, con desprendimientos de rocas y otros materiales. Suele ser el resultado de cambios repentinos o graduales en la composición y la estructura del suelo, la hidrología o la vegetación según Reyes (2015).

6.5 Desastre

Según Cardona *et al* (2003), es una situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad. El desastre representa la materialización de condiciones de riesgo preexistentes.

6.5.1 Causas y efectos de los desastres

Según Buch; Turcios (2003), entre las principales causas de los desastres, se puede resaltar a los fenómenos naturales y antrópicos y a los problemas ambientales que causan desequilibrio en los ecosistemas. Complementado por supuesto, con la presencia de una situación vulnerable. En el caso de los fenómenos naturales, estos

constituyen un efecto detonante inmediato que repercute en la manifestación de un desastre, mientras que en el caso de las causas antrópicas, constituyen el proceso que incrementa constantemente la posibilidad del desastres.

De acuerdo a Buch; Turcios (2003), los efectos principales de los desastres van desde los daños a infraestructura física de servicio y productiva, daños a ecosistemas ambientales, daños y pérdidas de vidas humanas. Todo esto, viene a concentrarse en los daños a la economía de la comunidad afectada por el desastre.

6.5.2 Problemas, oportunidades y necesidades de gestión

Según Buch; Turcios (2003), el estudio de la vulnerabilidad como un factor asociado a la ocurrencia de desastres naturales, producto del uso inadecuado de los recursos naturales cobra importancia dado la tendencia en los principales indicadores de deterioro, tales como la deforestación, contaminación, crecimiento poblacional y crecimiento económico en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, existen diversos problemas que limitan un abordaje claro y conciso de las implicaciones de un desarrollo desordenado y como mitigar o contener los niveles de vulnerabilidad encontrada, entre ellos:

- No existe en la actualidad una metodología uniforme en la evaluación de la vulnerabilidad a desastres naturales, ocasionando resultados y conclusiones que pudieran presentar parcialidad en la información y por ende en las recomendaciones.
- No existe información suficiente que permita desarrollar diagnósticos e investigaciones precisas, como un punto inicial que conduzca a la formulación de políticas de evaluación, monitoreo y mitigación.
- En el contexto sociopolítico, particularmente en Guatemala, se resalta que el marco institucional se ha desarrollado en función de un entorno de políticas en

donde resalta la falta de cooperación interinstitucional y de las organizaciones comunitarias, originando en muchos de los casos duplicidad de esfuerzos.

- La falta de políticas de desarrollo a largo plazo, particularmente de los recursos naturales, origina que la relación sostenibilidad - vulnerabilidad muestre una tendencia negativa, si se toma en consideración, que políticas incongruentes originan desperdicio de recursos, desvalorización de los mismos y por ende una mayor tasa de degradación ambiental.

A lo anterior, se resalta que la situación actual presenta una gama de oportunidades con diversos sectores, como centros de investigación, educación, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que pueden desarrollar como parte de sus actividades acciones que permitan coadyuvar a contrarrestar la problemática actual, enfocándose hacia los aspectos siguientes:

- Propiciar encuentros nacionales e internacionales que permita el intercambio de ideas relacionadas con políticas y acciones de desarrollo sostenible y cómo la implementación de políticas relacionadas contribuyen en el comportamiento de la vulnerabilidad. Este tipo de eventos debe iniciarse a nivel de sectores encargados en la elaboración de políticas globales y ejecución de los mismos como medios de difusión, evaluación y concertación de acciones a desarrollar en el futuro.
- Evaluar la posibilidad de un marco legal que regule las diferentes obras de desarrollo social, principalmente en infraestructura, involucrando en su diseño elementos de riesgo como medio para disminuir la vulnerabilidad ante la ocurrencia de eventos extremos.
- Desarrollar proyectos pilotos en micro cuencas prioritarias que demuestren la importancia de actividades de desarrollo integral como un modelo de desarrollo en donde la sociedad local constituya el epicentro de las acciones desarrolladas.

- El desarrollo de alianzas estratégicas regionales que permita el intercambio de experiencias e información desarrollada en las actividades de mitigación de desastres, constituyéndose simultáneamente en una oportunidad de gestión.

6.5.3 Gestión del riesgo de desastres

Según CONRED (s.f.), es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollado por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales.

6.5.4 Tipos de desastres

- a. Deslizamientos.** Se refiere al movimiento descendente de tierra, agua, flujos de lodo y otros componentes en un terreno en declive, con desprendimientos de rocas y otros materiales según Reyes (2015).

Según Zepeda (2011), los deslizamientos ocurren como resultado de cambios súbitos o graduales en la composición, estructura hidrológica o vegetación en un terreno en declive o pendiente.

Estos cambios pueden desencadenarse por:

- Vibraciones (terremotos, explosiones, maquinaria, entre otros).
- Remoción del soporte lateral por la erosión, fallas geológicas, excavaciones, construcciones, deforestación y pérdida de la vegetación.
- Sobrecarga del terreno producida por el peso del agua, del hielo, de la nieve o granizo, acumulación de rocas o material volcánico. También basuras y desechos, la carga de los edificios y estructuras, así como la vegetación misma.
- Fuertes aguaceros, aumento de los niveles freáticos o de saturación de aguas.

b. Inundaciones. Son los sucesos extraordinarios en los cuales se unen las aguas de los afluentes naturales y el agua de lluvia, provocando daños en la infraestructura, agricultura y algunas veces, pérdidas humanas y materiales según Reyes (2015).

De acuerdo a Zepeda (2011), es de destacar que las actividades humanas como la deforestación, la degradación del medio ambiente y ciertas técnicas para el uso de la tierra, favorecen las inundaciones. Sin embargo, las inundaciones a veces corresponden a características propias de las cuencas en las que drenan, el problema surge cuando las partes altas de las cuencas son utilizadas para cultivos o urbanizaciones.

Según Zepeda (2011), hay diferentes tipos de inundaciones:

- Por desbordamiento de los ríos (vertientes de planicie).
- Inundaciones súbitas (vertientes de alta pendiente).
- Inundaciones por lluvias torrenciales y falta de absorción y escurrimiento.
- Inundaciones en las costas marítimas.

6.5.5 Ciclo de los desastres

Según la guía sobre prevención de desastres en Guatemala, citado por Reyes (2015); el manejo de los desastres se analiza y estudia para fines prácticos, en forma sistemática como una secuencia cíclica de etapas que se relacionan entre sí, y que se agrupan a su vez en tres fases: antes, durante y después.

El ciclo de los desastres, como se le conoce a este sistema de organización, está compuesto por ocho etapas, previsión, prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción.

De esta secuencia se deriva, que el manejo de los desastres corresponde el esfuerzo de prevenir la ocurrencia de los mismos, mitigar las pérdidas, prepararse para sus

consecuencias, alertar su presencia, responder a la emergencia y recuperarse de los efectos.

- a. Antes del desastre “Reducción”.** Es la fase previa al desastre, que involucra actividades que corresponden a las etapas de prevención, mitigación, preparación y alerta. Con ello se busca; prevenir, para evitar que ocurran daños mayores en el impacto del desastre; mitigar, para aminorar el impacto del mismo, ya que algunas veces no es posible evitar su ocurrencia; preparar, para organizar y planificar las acciones de respuesta; alertar, para notificar formalmente la presencia inminente de un peligro según Reyes (2015).

Esta etapa incluye las actividades de reducción de los efectos del desastre y se subdivide en las fases:

- Previsión. Es determinar el riesgo con base en las posibles amenazas y las condiciones de vulnerabilidad de una comunidad.
- Prevención. Es tomar todas las medidas necesarias y posibles para evitar que ocurra el evento.
- Mitigación. Es tomar las medidas necesarias y posibles para disminuir los efectos del desastre.
- Preparación. Es disponer de los recursos y procedimientos para realizar una adecuada respuesta.
- Alerta. Es la declaración formal de ocurrencia cercana o inminente, está dada en función del tiempo estimado desde que este se avisa hasta que el evento catastrófico ocurra.

- b. Durante el desastre “Atención”.** En esta fase se ejecutan las actividades de respuesta, durante el período de emergencia o inmediatamente después de ocurrido el evento. Estas actividades incluyen la evacuación de la comunidad afectada, la asistencia, la búsqueda y rescate. También, se inician acciones con el fin de restaurar los servicios básicos y de reparar cierta infraestructura vital en la comunidad afectada según Reyes (2015).

En la mayoría de los desastres este período pasa muy rápido, excepto en algunos casos como las sequías, la hambruna y los conflictos civiles y militares. En estos casos este período se podría prolongar por cierto tiempo.

- Respuesta. Es el conjunto de acciones que se desarrollan hasta superar la condición crítica del evento, para la atención de lesionados y la de afectados.

c. Después del desastre “Recuperación”. A esta fase, le corresponde todas aquellas actividades que se realizan con posterioridad al desastre. En general se orientan al proceso de recuperación a mediano y largo plazo. Esta fase se divide en rehabilitación y reconstrucción. Con ello se busca:

- Restablecer los servicios vitales indispensables y el sistema de abastecimiento de la comunidad afectada.
- Reparar la infraestructura afectada y restaurar el sistema productivo con miras a revitalizar la economía.

Las actividades que se realizan en cada una de las etapas se caracterizan por mantener una interacción: de esta forma se concluye que los resultados que se obtengan en una etapa está determinado por el trabajo que se haga en las etapas anteriores.

- Rehabilitación. Período de transición en el cual se restablecen los servicios y líneas vitales indispensables para la comunidad.
- Reconstrucción. Se caracteriza por las acciones que se realizan con el fin de reparar la infraestructura afectada y restaurar el sistema de producción con miras a revitalizar la economía y lograr alcanzar o superar el nivel de desarrollo previo al desastre.

6.6 Metodología de Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos e Inundaciones y Sequías “ISDIS”

En base a un estudio realizado por Ángel Fernando Zepeda González, esta metodología consiste en evaluar el grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de una población a determinados desastres como lo son los deslizamientos, inundaciones y sequías y la ocurrencia de los mismos.

La metodología “ISDIS”, será únicamente utilizada para evaluar el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos e Inundaciones “ISDI”.

Las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, serán delimitadas a través de la metodología de “ISDI”, la metodología para obtener el índice, consiste en matrices estructuradas y diseñadas para la evaluación de diferentes parámetros y características físicas del suelo presentes en el terreno y que se identifican como los que más influyen para que se presente un desastre.

Según Zepeda (2011), cada matriz toma en cuenta los parámetros edáficos, climáticos y de uso del suelo que se consideran en cada evento y los más factibles de medir en el campo, con el fin de facilitar la recolección de la información necesaria para la determinación del grado de susceptibilidad y riesgo para cada uno de los desastres.

6.7 Caminos rurales

Según Keller; Sherar (2004), se le define camino rural a un tipo de sistema de transportación que se construye generalmente para manejar o explotar recursos de zonas rurales o no desarrolladas. Estos sistemas únicos en su género han sido diseñados para alojar volúmenes bajos de tránsito con cargas por eje potencialmente extremas. Se les define comúnmente dentro del rango de menos de 400 TDPA (Tráfico Diario Promedio Anual).

6.7.1 Taludes. Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra según De Matteis *et al* (2003).

Cuando el talud se produce de forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

Según De Matteis *et al* (2003), el resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado, el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadurismo extremo sería antieconómico.

6.7.2 Alcantarillas. Tubería de drenaje hecha generalmente de metal, concreto o plástico, e instalada por debajo de la superficie del camino, para desalojar el agua desde el interior del camino hasta el exterior del mismo, o por debajo del camino. Las alcantarillas se usan para drenar las cunetas, los manantiales y los arroyos que cruzan el camino. La cubeta es el piso o el fondo de la estructura en su punto de entrada según Keller; Sherar (2004).

6.7.3 Cuneta. Puede definirse como una zona longitudinal situada en el extremo de la calzada y que discurre paralela a la misma, cuya misión es la de recibir y canalizar las agua pluviales procedentes de la propia calzada -donde son evacuadas a través del bombeo- y de la escorrentía superficial del talud de desmonte si éste existe según Bañón; Beviá (2000).

Además de esta función principal, las cunetas prestan otro servicio de funciones útiles para el correcto funcionamiento de la infraestructura viaria, como son:

- Control del nivel freático.
- Evacuación de las agua infiltradas tanto en el firme como en el terreno circundante.

De acuerdo a Bañón; Beviá (2000), las cunetas pueden construirse de diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del agua en su seno, magnitud que depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, que suele coincidir con la adoptada para la vía. Una velocidad superior a la tolerable por el material causaría arrastres y erosiones del mismo, reduciendo la funcionalidad de la cuneta. Así, para bajas velocidades no es necesario efectuar ningún revestimiento, mientras que si ésta supera los 4.5 m/s es necesario revestir las paredes de hormigón.

6.8 Puentes

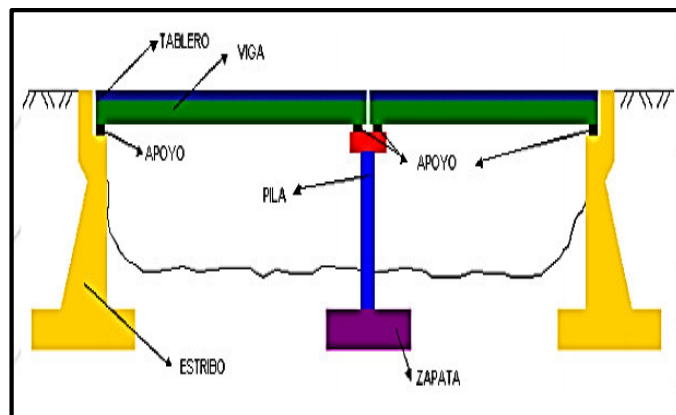
Por lo general, el término “puente”, se utiliza para describir a las estructuras viales, con trazado encima de la superficie, que permite vencer obstáculos naturales como ríos, quebradas, hondadas, canales, entrantes de mar, estrechos de mar, lagos, entre otros.

Por su parte, el término “viaducto” según Villarino (2010), esta generalmente reservado para el caso en que esas estructuras viales se construyan por necesidades urbanas o industriales (como los pasos elevados dentro de las ciudades o de los complejos industriales), o para evitar el cruce con otras vías de comunicación (como los intercambiadores de tránsito en las autopistas) además, el viaducto se compone de un gran número de vanos sucesivos. Una “pasarela” es una obra reservada a los peatones o dispuesta para soportar canalizaciones. Un “pontón” es un puente de dimensiones pequeñas (del orden de 3 a 10 metros).

Los puentes constan fundamentalmente de dos partes. La superestructura y la infraestructura.

- a. **Superestructura.** Es la parte del puente en donde actúa la carga móvil y está constituida por tablero, vigas longitudinales y transversales, aceras y pasamanos, capa de rodadura y otras instalaciones según Villarino (2010).
- b. **Infraestructura o subestructura.** Es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación y está constituida por estribos y pilas según Villarino (2010).

Figura 2. Elementos de un puente.



Fuente: Villarino, 2010.

6.8.1 Elementos de un puente

- a. **Pilas.** Según Villarino (2010), son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. Deben soportar la carga permanentemente y sobrecargas sin asentamientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, riadas, entre otros)
- b. **Vigas longitudinales y transversales.** Según Villarino (2010), son los elementos que permiten salvar el vano, pudiendo tener gran variedad de formas

como con las vigas rectas, arcos, pórticos, reticulares, vigas Vierendeel, entre otros.

- c. **Tablero.** Soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico) y por medio de las armaduras transmite sus tensiones a estribos y pilas, que, a su vez, las hacen llegar a sus cimientos, donde se disipan en la roca o en el terreno circundante. Sobre el tablero y para dar continuidad a la rasante de la vía viene la capa de rodadura. Los tableros van complementados por los bordillos que son el límite del ancho libre de calzada y su misión es la de evitar que los vehículos suban a las aceras que van destinadas al paso peatonal y finalmente al borde van los postes y pasamanos según Villarino (2010).
- d. **Apoyo.** Son los elementos a través de los cuales el tablero transmite las acciones que le solicitan las pilas y/o los estribos. El más común de los apoyos es el neopreno zunchado, está constituido por un caucho sintético que lleva intercaladas unas chapas de acero completamente recubiertas por el material elastómero. Tienen impedido el movimiento vertical según Villarino (2010).
- e. **Estribos.** Situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A diferencia de las pilas los estribos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes de acceso al puente, en consecuencia trabajan también como muros de contención. Los estribos están compuestos por un muro frontal que soporta el tablero y muros en vueltas o muros-aletas que sirven para la contención del terreno según Villarino (2010).
- f. **Vano.** Cada uno de los espacios de un puente u otra estructura, comprendida entre dos apoyos consecutivos. La distancia entre dos puntos de apoyo consecutivos de los elementos portantes principales es la luz del vano; no hay que confundirla con la luz libre que es la distancia entre los parámetros de los apoyos, ni con la longitud del puente según Villarino (2010).
- g. **Tajamar.** Elemento extremo de la pila de un puente que adopta una forma de sección redondeada, almendrada o triangular para conducir suavemente la

corriente de agua hacia los vanos para que se disminuya el empuje sobre la obra y se facilite el desagüe según Villarino (2010).

6.8.2 Tipología de puentes

Según Villarino (2010), los puentes se clasifican según:

a. La naturaleza de la vía soportada

- Puentes de carretera
- Puentes de ferrocarril
- Puentes-canal
- Puentes-acueductos

b. El material constitutivo

- Madera. La madera es el material que utilizó el hombre para hacer sus primeras construcciones; un tronco de árbol sobre un río fue seguramente el primer puente artificial. Los puentes de madera son más fáciles y más rápidos de construir que los de hormigón y metálicos y han resultado siempre más económicos; por ello, los primeros puentes que construyó el hombre fueron de madera y a lo largo de la historia se han construido innumerables puentes de este material, muchos más que de piedra.

Los puentes de madera han planteado siempre problemas de durabilidad y por ello se han considerado siempre de una categoría inferior que los de piedra; generalmente se les ha dado carácter de obra provisional; se aspiraba a sustituirlos por uno de piedra en cuanto hubiera dinero para ello.

Los dos problemas básicos de durabilidad de los puentes de madera son los siguientes:

- En primer lugar el propio material, que se deteriora con el paso del tiempo si no se cuida especialmente.

- En segundo lugar su vulnerabilidad al afecto de las avenidas de los ríos. Cada avenida extraordinaria se llevaba muchos puentes de madera y por ello siempre ha habido una clara consciencia de su debilidad frente a las acciones destructivas del propio río.

Hoy en día se siguen construyendo pasarelas de madera, aunque solamente en casos excepcionales, porque resultan más caras que las metálicas o las de hormigón que son los materiales que se utilizan normalmente hoy en día para hacer puentes.

- Metálicos
 - De fundición
 - De hierro forjado
 - De acero

El empleo del hierro significó una transformación radical en la construcción en general, y en los puentes en particular, sus posibilidades eran mucho mayores que las de los materiales conocidos hasta entonces y por ello se produjo un desarrollo muy rápido de las estructuras metálicas, que pronto superaron las dimensiones a todas las construidas anteriormente. Hoy en día, sigue siendo el material de las grandes obras y en especial de los grandes puentes, si bien el hierro que se utiliza ahora no es el mismo que se utilizó en los orígenes, porque el material también ha evolucionado significativamente; hay una diferencia considerable de características y de calidad entre los aceros actuales y el hierro fundido que se utilizó en un principio.

El rápido desarrollo a principios del siglo XIX de los puentes metálicos se debió básicamente a dos causas fundamentales.

- En primer lugar, el nuevo material tenía más posibilidades que los anteriores, porque su capacidad resistente era mucho más alta.

- En segundo lugar, se empezó a conocer con cierto rigor el comportamiento resistente de las estructuras, lo que permitió, a la hora de proyectar un puente, dimensionar sus distintos elementos cuantificando su grado de seguridad y con ello ajustar al máximo sus dimensiones.

Los materiales derivados del hierro que se han utilizado sucesivamente en la construcción han sido, la fundición, el hierro forjado y el acero.

- De hormigón
 - Armado. El hormigón armado es una colaboración del acero y el hormigón, adecuado especialmente para resistir esfuerzos de flexión.
 - Pretensado. El hormigón pretensado se puede considerar un nuevo material; su diferencia con el hormigón armado es que en éste la armadura es pasiva, es decir, entra en carga cuando las acciones exteriores actúan sobre la estructura; en el pretensado, en cambio, la armadura es activa; es decir, se tensa previamente a la actuación de las cargas que van a recibir la estructura (peso propio, carga muerta y cargas de tráfico), comprimiendo el hormigón, de forma que nunca tenga tracciones o que éstas tengan un valor reducido. La estructura se pone en tensión previamente a la actuación de las cargas que van a gravitar sobre ella y de ahí su nombre de hormigón pretensado.
- Mixtos. La estructura mixta es una nueva forma de colaboración del acero y el hormigón, en este caso yuxtapuestos, no mezclados como en el hormigón armado y pretensado, pero si conectados entre sí para que trabajen conjuntamente.

6.9 Centros educativos

Según Moreno (2008), la educación a través del tiempo ha tenido múltiples enfoques formulados en función de diversos puntos de vista filosóficos, biológicos, sociológicos y psicológicos; y bajo influencias de condiciones socioculturales de cada época. La

educación es la conservación de la cultura a fin de asegurar su continuidad; la educación de un individuo tiene su inicio desde la concepción de la vida, interrumpiéndose su aprendizaje al final de ésta. El proceso educativo se auxilia de varias especialidades para llevar a cabo su función.

6.9.1 La escuela

Serie de edificaciones que se diseñan de forma individual o en conjunto, para albergar las instalaciones necesarias que sirven de apoyo en las tareas educativas de individuos de todas las edades.

Se entiende por escuela, todo edificio diseñado o reacondicionado para realizar procesos de enseñanza y aprendizaje, desde el nivel preescolar hasta el superior, incluyendo procesos que no requieran autorización o registro. Las instituciones científicas son edificios diseñados o reacondicionados para realizar actividades asociadas a la producción de conocimientos o de productos útiles en experimentos físicos o biológicos en tratamientos experimentales. Cada centro educativo se equipa según los niveles de educación, los planes de estudio o carreras que se impartirán o del tipo de institución que la administre.

7. MARCO REFERENCIAL

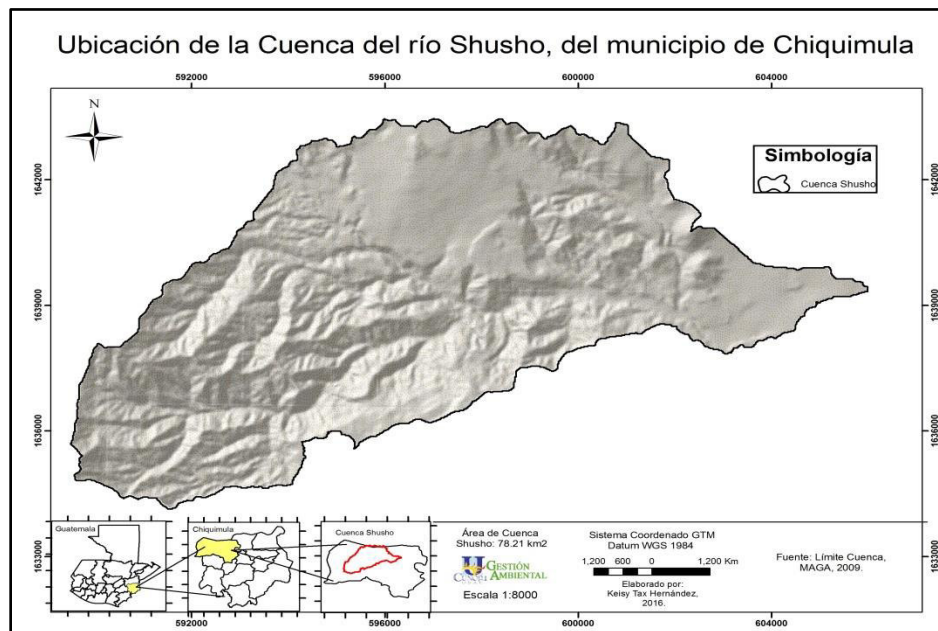
7.1 Ubicación administrativa y geográfica del área de estudio

Según Rodas (2010), el municipio de Chiquimula está ubicado a 169 km de la ciudad capital, sus colindancias son

- Norte: San José La Arada y San Jacinto, municipios del departamento de Chiquimula.
- Sur: Zacapa, municipio del departamento de Zacapa.
- Este: Jocotán y San Juan Ermita, municipios del departamento de Chiquimula.
- Oeste: Huité, Cabañas y San Diego, municipios del departamento de Zacapa.

El área de estudio lo constituye la cuenca del río Shusho, localizada en el municipio y departamento de Chiquimula, abarcando una extensión de 78.21 km². Figura 3.

Figura 3. Mapa de ubicación de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

7.2 Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende la cuenca del río Shusho, del municipio y departamento de Chiquimula. Chiquimula cuenta con una extensión territorial de 372 km². La ciudad se encuentra dividida en 7 zonas y cuenta con aproximadamente 10,802 viviendas y dentro de los servicios básicos cuenta con sistemas de drenajes, recolección de desechos sólidos y agua potable.

7.3 Características biofísicas del área de estudio

7.3.1 Zonas de vida

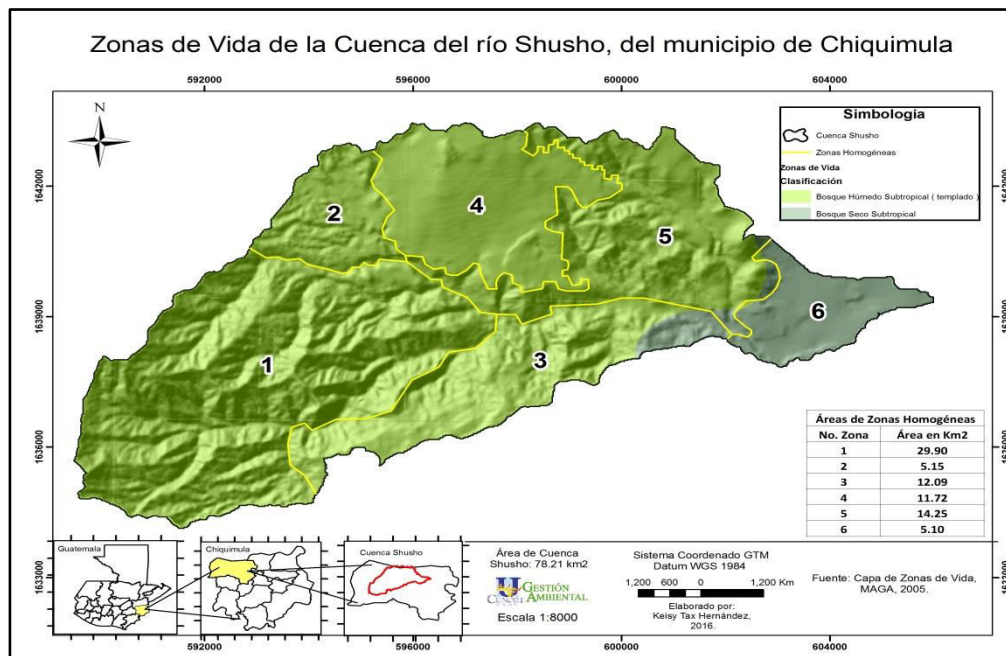
Según García (2009), el área de estudio comprende dos zonas de vida, el bosque seco subtropical -bs-S- y el bosque húmedo subtropical (templado) -bh-S (t)-.

Como es muy común en el territorio guatemalteco esto ocasiona que las condiciones climáticas y los ecosistemas que se desarrollan en un área, cambien drásticamente en una extensión relativamente pequeña de terreno.

El 8.373% pertenece al Bosque Seco Subtropical, el cual ocupa la parte baja de la cuenca. Esta zona se caracteriza por una precipitación entre 500 y 1000 mm/año; la biotemperatura varía entre los 19 y 24 °C. Además la relación de evapotranspiración potencial es de alrededor de 1.5.

Mientras que el 91.823% corresponde al Bosque Húmedo Subtropical (templado), el cual presenta una precipitación de entre los 1100 y los 1349 mm/año. La biotemperatura media anual varía entre los 20 y los 26 °C y una relación de evapotranspiración potencial de alrededor de 1.0. Figura 4.

Figura 4. Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

7.3.2 Clima

Según García (2009), aunque el área de estudio tiene una extensión relativamente pequeña, su rango altitudinal varía entre los 314 y los 1800 msnm, esto tiene como consecuencia que las condiciones climáticas a nivel local varíen de manera secuencial y marcada entre las partes baja, media y alta de la cuenca.

De acuerdo con los modelos climáticos generados por el MAGA (2006), la precipitación en el área de estudio varía entre 500 y los 800 mm anuales, aunque estas estimaciones no consideran ciertas situaciones microclimáticas que causan que los valores mencionados parezcan demasiados conservadores. Mientras que la temperatura media anual se encuentra entre los 20 y los 27 °C, siendo mayor la temperatura en la parte baja y cercana a la ciudad de Chiquimula, mientras que en la parte alta se registran valores de temperaturas más bajos según Rodas (2010).

Según García (2009), en cuanto a la evapotranspiración potencial, ésta se encuentra entre 1973 y 2000 mm por año, en donde el valor mayor ocurre en la parte más baja de la cuenca. Esto provoca que la parte baja de la cuenca presenta condiciones climáticas bastantes secas, mientras que la parte alta posee condiciones climáticas más favorables.

7.3.3 Aspectos sociales

De acuerdo a García (2009), el área de estudio comprende una zona urbana – la ciudad de Chiquimula – y varias zonas rurales – la mayor parte del territorio -. Está integrada por 31 centros poblados, excluyendo a la ciudad de Chiquimula, Cuadro 3. Por centro poblado, debe entenderse lo que en lenguaje común se conocen como ciudades, provincias, aldeas, caseríos, entre otros.

Con respecto a la ciudad de Chiquimula, cuenta con 31,808 habitantes, según censo del 2002, a esto debe sumarse una gran cantidad de personas que visitan o que se establecen temporalmente en la ciudad. Además, es en la ciudad de Chiquimula en la que se concentra la mayor densidad poblacional del departamento según García (2009).

Cuadro 3. Centros poblados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

No.	Centro Poblado	Categoría
1	Aguacate	Caserío
2	Cuesta San Antonio	Caserío
3	El Carrizal	Aldea
4	El Cerrón	Caserío
5	El Conacaste	Aldea
6	El Jute	Caserío
7	El Limonal	Caserío
8	El Morral	Caserío
9	El Otro Lado	Caserío
10	El Palmar	Aldea
11	El Paso de los Menéndez	Caserío
12	El Pericón	Finca
13	El Pinalito	Aldea
14	El Pital	Caserío
15	Guior	Aldea
16	Jabilla	Paraje
17	Las Mesas	Caserío
18	Los Felipe	Caserío
19	Los García	Caserío
20	Los Ramos	Caserío
21	Maraxcó	Aldea
22	Palo Verde	Caserío
23	Petapilla	Aldea
24	Plan del Guineo	Aldea
25	Quebrada Los Cangrejos	Caserío
26	Sabanetas	Caserío
27	San Andrés o Los Duarte	Finca
28	Shusho Arriba	Aldea
29	Shusho En medio	Caserío
30	Ticanlú	Caserío
31	Zompopero	Paraje

Fuente: García, 2009.

7.4 Investigaciones relacionadas

7.4.1 Diseño y aplicación de metodología para la determinación de un índice de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos, inundaciones y sequías en el municipio de San Pedro Zacapa, departamento de Santa Bárbara, Honduras.

Ángel Fernando Zepeda González en el año 2011 realizó un estudio que tiene como título: Diseño y aplicación de metodología para la determinación de un índice de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos, inundaciones y sequías en el municipio de San Pedro Zacapa, departamento de Santa Bárbara, Honduras.

Teniendo como objetivo evaluar el grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de la población del Municipio de San Pedro Zacapa, en el Departamento de Santa Bárbara, a través de la formulación y aplicación de la metodología Índice de susceptibilidad a Deslizamientos, Inundaciones y Sequías “ISDIS”.

Según el estudio se concluyó que la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos es común y ocasionan desastres naturales que cobran numerosas vidas, debido a que, por lo general, esta población está ubicada en zonas de alto riesgo, esto a su vez provocado por las condiciones económicas que los obligan a utilizar materiales no adecuados para la construcción de sus viviendas y a ubicarse en sitios no recomendados para dicho fin.

7.4.2 Aproximación y coincidencia entre la metodología ISDI y el mapeo participativo: parámetros cartográficos de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Tacó, municipio de Chiquimula.

Freddy Alexander Díaz Valdés en el año 2013 realizó un estudio que tiene como título: Aproximación y coincidencia entre la metodología ISDI y el mapeo participativo: parámetros cartográficos de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río tacó, municipio de Chiquimula.

Teniendo como objetivo contribuir al ordenamiento territorial del país; a través de información cartográfica de zonas con riesgo a deslizamientos e inundaciones en vías de elaborar planes de intervención en el departamento de Chiquimula.

Según el estudio se concluyó que en la época de lluvia el caudal de muchos ríos aumenta, provocando deslizamientos en la parte alta y media, e inundaciones en la parte baja de las cuencas. Por consiguiente, la amenaza física no es la lluvia sino las inundaciones y los deslizamientos que esta ocasiona. El estudio está relacionado a identificar las zonas con mayor potencial a los deslizamientos e inundaciones, considerando la cuenca del río Tacó por su alta influencia sobre la ciudad de Chiquimula.

7.4.3 Identificación de manera participativa de riesgos ambientales en finca El Cascajal, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2013.

Elmer Iván Reyes López en el año 2015 realizó un estudio que tiene como título: Identificación de manera participativa de riesgos ambientales en finca El Cascajal, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2013.

Teniendo como objetivo generar información que permita evaluar los riesgos ambientales en la finca El Cascajal, mediante la implementación de metodologías participativas con el propósito de prevenir y mitigar los impactos sobre los sistemas de producción.

Según el estudio se concluyó que el riesgo a deslizamientos es alta con un 77.78%, para las inundaciones, con un 76.54% en la parte baja del área de estudio y para la Sequías es alta con un 73.55%, debido a su condición topográfica y a la variabilidad climática en la región en donde se encuentra la finca.

De igual manera, el área de estudio presenta alta y muy alta susceptibilidad a riesgos ambientales debido a las condiciones edáficas y climáticas, pero que de acuerdo a las comunidades que se encuentra dentro de la finca y los trabajadores de la misma; no

hay mayor riesgo a sufrir daño debido a estos eventos; aunque, siempre es de importancia considerar planes de contingencia, sistemas de temprana alerta y capacitaciones para la rápida respuesta en caso de que ocurra o haya algún riesgo a desastres naturales.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 Delimitación de las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, mediante la metodología “ISDI”, de la cuenca del río Shusho

Para realizar este estudio es importante señalar que la metodología empleada fue la metodología “ISDI”, la cual permitió determinar por medio de porcentajes la vulnerabilidad que posee el área de estudio, en relación a los desastres como son los deslizamientos e inundaciones.

A continuación se describen los pasos en los que consiste la ejecución la metodología.

8.1.1 Delimitación de zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho

Para la delimitación de las zonas homogéneas el primer paso fue zonificar la cuenca del río Shusho. Este proceso se realizó tomando en cuenta las características geomorfológicas de la cuenca, los niveles de pendiente y el relieve, se procedió a delimitarlas con la herramienta *Cut polygon features*, luego con la herramienta *Editor* del software ArcGIS 9.3, que permitió realizar la digitalización de las zonas.

Para realizar este proceso se solicitó al SIG-CUNORI las siguientes capas de información geográfica:

- Lugares poblados (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Hidrología – ríos (MAGA 2005, escala 1:50,000)
- Cuencas nacionales (MAGA-2009, escala 1:50,000)
- Modelo de Elevación Digital –DEM- (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Hillshade – relieve a nivel nacional (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Uso del suelo (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Zonas de vida (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Series de suelo (MAGA-2005, escala 1:50,000)
- Geología (MAGA-2005, escala 1:50,000)

Todas estas capas se procesaron con el software ArcGIS 9.3, donde se realizó una selección por atributos de la capa de cuencas nacionales para obtener el límite de la cuenca del río Shusho. Con éste se delimitó el resto de capas, utilizando la herramienta: *Clip* que se encuentra en *Arc Toolbox: Analyst Tools, Extract, Clip*.

Con el fin de obtener las pendientes de la cuenca se utilizó la herramienta *Slope* de *Arc Toolbox* y luego *Reclassify*, para clasificar la pendiente en los rangos que propuso la metodología “ISDI”. Luego se sobrepusieron las capas de serie de suelo, geología, uso del suelo, zonas de vida y como capa base se utilizó el relieve para observar la geomorfología.

Una vez obtenidas todas estas capas, se realizó el procesamiento con el software ArcGIS 9.3 y se utilizó como tipo de dato principal para este procesamiento de la información el modelo *Raster* y los principios de *Algebra de Mapas*, para convertir las capas se utilizó la herramienta *Feature to raster*, en la que se eligieron cada una de las capas a convertir para luego poderlas procesar.

Para la delimitación de las zonas homogéneas se sobrepusieron las capas ya convertidas en *Raster*, con la herramienta *Arc Toolbox, Spatial Analyst, Raster Calculator*, y se llevó a cabo al aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Zonas homogéneas} = \text{Geología} + \text{Serie de suelo} + \text{Uso del suelo} + \text{Zonas de vida} + \text{Pendiente}$$

8.1.2 Descripción de la metodología “ISDI” a través de parámetros del mapeo sistemático de la cuenca del río Shusho

Debido a que los parámetros no sufren cambios significativos en períodos cortos de tiempo, fue factible utilizar algunos de los datos de la información generada en el estudio del Ing. Agr. M. A., García Álvarez (2009): “Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las cuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.”

En el cuadro 4, se presenta una tabla con las variables, fuentes y tipo de información y utilizada en la aplicación de los parámetros de la metodología "ISDI", a través del mapeo sistemático.

Cuadro 4. Fuentes y tipo de información para la realización del mapeo sistemático.

Variables metodología "ISDI"	Fuentes de información	Tipo de información
Pendiente	Procesamiento del Modelo de Elevación Digital -DEM-. (MAGA, 2005)	Pendiente
Estructura	La estructura de un suelo. Págs. 01-09. Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia, 2010. Capa de Serie de Suelos. (MAGA, 2005)	Estructura del suelo
Textura	Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las cuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. (M.G., García Álvarez, 2009)	Textura del suelo
Profundidad	La estructura de un suelo. Págs. 01-09. Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia, 2010. Capa de Serie de Suelos. (MAGA, 2005)	Profundidad del suelo no consolidado
Uso	Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las cuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. (M.G., García Álvarez, 2009)	Uso del suelo
Plasticidad	Introducción a la edafología. Uso y protección del suelo. Pág. 128. Departamento de medioambiente y ciencias del suelo, Universidad de Lleida, 2008. (L. Leytán Aguilar, 2016)	Plasticidad del suelo
Tipo	Capa de Serie de Suelos. (MAGA, 2005)	Serie de suelos
Geología	Capa de Geología. (MAGA, 2005)	Geología
Precipitación	Guía para el uso y manejo de estaciones meteorológicas y de generación de información climática. Elaboración de boletín climático mensual, Págs. 06-18. ASORECH, Junio, 2014. Capa de Geología. (MAGA, 2005)	Precipitación

Fuente: Elaboración propia, 2016.

8.1.3 Generación de matrices para el análisis de deslizamientos e inundaciones

Se elaboraron matrices por medio de las cuales se analizaron las amenazas anteriormente mencionadas, a las cuales la cuenca está sujeta, estas matrices consistieron en determinar por medio de las propiedades del suelo de la cuenca (pendiente, estructura del suelo, textura del suelo, profundidad, uso del suelo, plasticidad, entre otros), el rango de susceptibilidad que posee la cuenca.

8.1.4 Aplicación de la metodología “ISDI” con valores de mapeo sistemático en la cuenca del río Shusho

Para analizar los índices de susceptibilidad para cada desastre, se implementó el procedimiento conocido como número de índices.

Los parámetros que se utilizaron en la metodología están:

- a. **Pendiente.** Es uno de los factores de la topografía que más influye en las propiedades y características físicas del suelo y por consiguiente, lo hace menos o más susceptible a determinados factores externos que pueden provocar los eventos conocidos como desastres.

Cuadro 5. Índice de susceptibilidad según el rango de pendiente.

Rango de Pendiente	Índice de Susceptibilidad	
	Deslizamientos	Inundaciones
0° - 15°	1	4
15° - 30°	2	3
30° - 45°	3	2
> 45°	4	1

Fuente: Zepeda, 2011.

- b. **Estructura del suelo.** Esta característica edáfica se toma en cuenta en relación a su permeabilidad, considerando que ésta es la propiedad que permite el paso de agua a través de sus partículas.

Para Fitz Patrick 1984, citado por Zepeda (2011), la estructura influye de manera directa en la erosión potencial del suelo, ya que mientras más masiva sea la estructura del suelo, presenta más riesgo de erosión, ya que reduce la infiltración y por consiguiente hay más escorrentía superficial.

A continuación se describe cada una de las agrupaciones realizadas para las matrices, basada en la clasificación de estructura hecha por Brady 1996 citado por Díaz (2013):

- **Permeabilidad alta.** En esta clasificación se ubica la estructura esferoidal, dentro de la cual se encuentran los subtipos granular y grumosa, de las cuales la granular posee mayor infiltración. Este tipo de estructura posee una permeabilidad adecuada para el cultivo de alimentos.

Según Díaz (2013), estos tipos de suelo son característicos de las capas superficiales, especialmente aquellas que son ricas en materia orgánica y son comúnmente influenciados por acciones de laboreo para las prácticas agrícolas.

- **Permeabilidad moderada.** Se identifica la estructura blocosa (blocosa angular y subangular) en la cual sus características están vinculadas y definidas por el drenaje, la aireación y la penetración de las raíces de las plantas.
- **Permeabilidad mala.** Dentro de esta última categoría se ubica la estructura laminar, que posee una mala infiltración. Esta estructura compuesta de una serie de láminas o lengüetas distribuidas de forma horizontal. Según Zepeda (2011), por lo general se localizan en horizontes superiores y son producto de la compactación de estos horizontes.

Se considera con base a la capacidad de infiltración que posee cada estructura, o sea que a menor infiltración hay menor riesgo, debido a la poca agua que se puede encontrar en el suelo y por lo tanto reduce la posibilidad de que ocurra un deslizamiento.

A continuación se detalla la matriz de estructura del suelo para cada desastre y su índice de susceptibilidad correspondiente, según el grado de influencia hacia cada evento.

Cuadro 6. Índice de susceptibilidad por estructura del suelo para cada evento.

Estructura del suelo	Índice de Susceptibilidad	
	Deslizamientos	Inundaciones
Laminar y Material parental	1	4
Prismática	2	3
Blocosa	3	2
Esferoidal	4	1

Fuente: Zepeda, 2011.

c. Textura del suelo

La textura es importante porque por medio de ella se puede determinar cuándo un suelo puede absorber fácilmente el agua, el calor y el aire y así poder saber la susceptibilidad de este hacia algún fenómeno o influencia externa que puede provocar o iniciar un desastre.

La matriz considera el grado de retención de humedad de cada textura del suelo para el desarrollo de cada uno de los fenómenos. Esta característica se toma en cuenta debido a que de esta depende la cantidad de agua que puede almacenar el suelo y el efecto que provoca el peso del agua al quedar retenido por las partículas del suelo.

En los deslizamientos influye, debido a que el peso del agua en el suelo ejerce una fuerza que al superar a la ejercida por la gravedad, arrastra las capas superficiales del suelo provocándose así un deslizamiento.

Según Zepeda (2011), en el caso de las inundaciones el efecto de la textura es similar al de la estructura del suelo, en el sentido de que a mayor retención de agua, mayor escorrentía en los suelos saturados.

Cuadro 7. Índice de susceptibilidad según textura del suelo.

Textura del suelo	Índice de Susceptibilidad	
	Deslizamientos	Inundaciones
Arenosa	7	1
Arenosa Franca	6	2
Franco Arenosa	5	3
Franca		
Franco Arcilloso Limosa		
Franco Arcillosa		
Franco Limosa	4	4
Limosa		
Arcillo Arenosa	3	5
Arcillo Limosa	2	6
Arcillosa	1	7

Fuente: Zepeda, 2011.

d. Profundidad del suelo no consolidado

Se considera como suelo no consolidado a los horizontes del suelo más superficiales y que están antes del lecho rocoso del cual estos se han formado.

Esta capa del suelo al estar en contacto con la atmósfera, es la más influenciada por la acción transformadora del viento, del agua y de los cambios de temperatura, esto le da características propias que sirven para reconocer sus potenciales usos. La profundidad influye en los desastres en el aspecto de que estos horizontes son los que por lo general absorben el agua y son en los que se establece la vegetación.

Si las características seleccionadas en cuanto a los deslizamientos son si el suelo absorbe una gran cantidad de agua, y tiene una alta retención de humedad y una profundidad considerable, el peso del agua puede hacer que esta capa de suelo se desprenda y se produzca un deslizamiento. Sin embargo si el suelo es profundo y posee una buena infiltración, reduce el riesgo de ocurrencia de inundaciones según Zepeda (2011).

Cuadro 8. Índice de susceptibilidad según profundidad del suelo no consolidado.

Rango de Profundidad del suelo no consolidado (cm)	Índice de Susceptibilidad	
	Deslizamientos	Inundaciones
0 - 15	1	5
15 - 30	2	4
30 - 60	3	3
60 - 100	4	2
> 100	5	1

Fuente: Zepeda, 2011.

e. Uso del suelo

Entendido como cualquier tipo de utilización humana de un terreno, incluido el subsuelo y el vuelo que le correspondan, y en particular su urbanización y edificación según Díaz (2013).

Cuadro 9. Índice de susceptibilidad según el uso del suelo.

Uso del suelo	Índice de Susceptibilidad
	Deslizamientos e Inundaciones
Pino	1
Latifoliado	2
Café bajo sombra	2
Matorral	3
Pasto / Agricultura	4
Suelo desnudo	6

Fuente: Zepeda, 2011.

f. Plasticidad del suelo

Según Zepeda (2011), el grado de plasticidad determina la facilidad o dificultad de desprenderse en pedazos. La plasticidad de los suelos se relaciona con la ocurrencia de deslizamientos en sentido de que mientras más plasticidad posea un suelo, menos riesgo de deslizamiento va tener, ya que el suelo será menos propenso a erosionarse y a desprenderse del lecho rocoso.

Cuadro 10. Índice de susceptibilidad por índice de plasticidad para deslizamientos.

Término usado	Índice de Plasticidad	Índice de Susceptibilidad para Deslizamientos
No plástico	0 - 3	4
Ligeramente plástico	4 - 15	3
Medianamente plástico	15 - 30	2
Muy plástico	> 31	1

Fuente: Zepeda, 2011.

g. Tipo de suelo

Según Díaz (2013), el tipo de suelo se refiere a la serie, siendo un conjunto que presenta igual distribución de horizontes medibles a través de sus propiedades morfológicas.

En el área de estudio se identificaron 4 series de suelo:

- **Suelos aluviales no diferenciados.** Pertenecen a una clase de terreno en la cual están agrupados suelos aluviales jóvenes de características diferentes. En muchos lugares están bien drenados, son arenosos, de reacción neutra a alcalina y son sólo moderadamente oscuros. En otros lugares son pobremente drenados, son pesados y son oscuros. Únicamente en pocos lugares, como a lo largo de las partes bajas del río Motagua y del río Polochic, se encuentran áreas de suelos aluviales de tamaño suficiente y de características uniformes para estar mapificadas individualmente.

Las planicies de ambos ríos están en lo que parece ser valles sumergidos. En el plano costero del pacifico, los suelos Achiguate y los Tiquisate y Bucul tienen las características de los suelo aluviales, pero estos parecen haber sido influenciados por la acción del mar según Díaz (2013).

- **Suelos Altombrán.** Son profundos, bien drenados, desarrollados sobre granito gris, gneis y esquisto, típicos de clima seco. Ocupan un relieve de ondulado a escarpado a elevaciones medianas en la parte Este del país. Se asocian y se asemejan a los suelos Zacapa, Tahuainí y Gacho en ciertos aspectos. Son más profundos que los de Zacapa y se encuentran en un clima más seco que los Tahuainí y Gacho.

También estos últimos según Díaz (2013), están desarrollados sobre rocas de una textura más fina. Casi todas las áreas están cubiertas con grama y pinos esparcidos con maleza y algo de encino, se usan para potreros y tienen un perfil de suelo franco arcilloso arenoso fino.

- **Suelos Jigua.** Son poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre roca andesítica, de clima cálido y húmedo a húmedo – seco; ocupan pendientes inclinadas a altitudes medianas en el Sureste de Guatemala. están asociados con los suelos Zacapa y Chol, pero se distinguen porque estos últimos se han desarrollado sobre granito y esquisto respectivamente.

Según Díaz (2013), la cubierta vegetal consiste principalmente en maleza y matorrales con algo de cactus. Se cultiva muy poco de área de los Jigua y la mayor parte se usa para pastos naturales, tienen un perfil de suelo arcilla.

- **Suelos de Los Valles no diferenciados.** Pertenecen a una clase de terreno que describe los valles grandes, en los cuales ningún tipo de suelo es dominante, en lo que respecta al terreno o a la agricultura. Estas áreas mapificadas en la clasificación de reconocimiento de suelos, incluye una variedad amplia de clases de material madre, tipos de suelo y grados de inclinación. En casi todos lados el material ha sido transportado y depositado por el agua (al menos en parte). Gran parte del área es casi plana y conveniente para la agricultura mecanizada, pero también incluyen área de pendientes muy inclinadas en muchos lugares, por ejemplo al Sur de Chiquimula.

Según Díaz (2013), la única característica que estas áreas tienen en común, es que todas incluyen algo de tierra buena para la agricultura. En algunos lugares, sólo un porcentaje pequeño del área se cultiva y en otros, casi toda esta cultivada o es potencialmente arable. En muchos lugares los valles incluidos en esta clase de terreno, constituyen la parte principal del terreno arable de la región. Esto es particularmente cierto en algunos lugares del oriente de la república.

Este parámetro utiliza la clasificación del país por Simmons en 1959, en el cual se describen las clases de suelo que existen. El aspecto que se considera es el drenaje, ya que solo se utiliza en el análisis de susceptibilidad para inundaciones.

En la cuenca del río Shusho, según el mapa de suelos de Simmons, Tarano y Pinto 1959, citado por Díaz (2013), se encuentran cuatro tipos de suelos, Aluviales, Altombrán, Jigua, de Los Valles. Estos tipos de suelos poseen un drenaje considerado como bueno, por lo tanto, estos suelos tienen una susceptibilidad de 2 para la ocurrencia de inundaciones.

Cuadro 11. Índice de susceptibilidad según el tipo de suelo para inundaciones.

Serie de suelos	Índice de Susceptibilidad para Inundaciones
Suelos Altombrán	2
Suelos Jigua	
Suelos Aluviales	
Suelos de Los Valles	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

h. Geología

Según Zepeda (2011), las rocas que forman el suelo están hechas de minerales y se pueden agrupar en cuatro grandes grupos: ígneas, sedimentarias, metamórficas y rocas fragmentadas y sueltas. Esta clasificación se realiza a partir del proceso de formación que sufrieron esas rocas; en este estudio se tomaron en cuenta con

base a la estabilidad y a la resistencia de estas a los factores externos tales como la lluvia y temperatura.

En general las rocas por su origen se clasifican en:

- **Rocas ígneas.** Son el fruto de la solidificación del magma, fragmentado o compacto, sobre o en el interior de la corteza terrestre.

Las temperaturas de cristalización oscilan para los magmas riolíticos 1000 °C, para los andesíticos 1150 °C y para los basálticos 1250 °C. La composición mineralógica promedio de las rocas ígneas es 59% feldespatos, 12% cuarzo, 17% anfíboles y piroxenos, 4% micas y 8% otros minerales según García (2009).

De acuerdo a García (2009), las rocas ígneas pueden ser: volcánicas (efusivas), cuando han salido al medio exterior y endurecen como el basalto, la ceniza volcánica y el lapilli; plutónicas (intrusivas), se forman por enfriamiento lento, por esta razón forman cristales (minerales) de granos gruesos o texturas más gruesas; e hipoabisales, son las que se forman por enfriamiento rápido, son rocas que se cristalizan cerca de la superficie. A causa de este enfriamiento rápido, se presentan los cristales más finos.

- **Rocas sedimentarias.** Se originan a partir de la erosión, remoción y deposición (producto disuelto e hidrolizado) de fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, a través de procesos diagenéticos. Geológicamente, esto significa que ocurre transformación de los materiales depositados, lo cual produce rocas sedimentarias de características definidas que se consolidan y se compactan por desecamiento, presión y/o por cementación de sustancias en el medio.

Estas rocas se han formado por la consolidación o litificación de sedimentos. Los factores que determinan el tipo de roca son fundamentalmente la fuente de los sedimentos, el agente que los erosiona y transporta y el medio de deposición y forma de litificación según García (2009).

- **Rocas metamórficas.** Se originan a partir de rocas ígneas y rocas sedimentarias preexistentes, como consecuencia de altas presiones (termomorfismo) y altas temperaturas (dinamorfismo). Esos cambios dan el estado sólido como consecuencia de intensos cambios de presión, temperatura y ambiente químico, los cambios están asociados a las fuerzas que pliegan, fallan capas, inyectan magma y elevan o deprimen masas de roca.

Según García (2009), se restringe el metamorfismo a cambios de textura y composición de la roca porque existe recrystalización (aumento de tamaño de granos minerales), metasomatismo (cambio de un mineral en otro) y neocrystalización (formación de nuevos minerales).

Sólo se utiliza con base a la influencia que ejerce sobre la ocurrencia de deslizamientos, ya que de este depende la estabilidad de los suelos, principalmente a los localizados en las laderas de las montañas y cerros. Las rocas que forman el suelo están hechas de minerales y se pueden agrupar en cuatro grandes grupos, como se observan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Índice de susceptibilidad según la geología para deslizamientos.

Grupo de rocas	Índice de Susceptibilidad
Rocas ígneas	1
Rocas metamórficas	2
Rocas sedimentarias	3
Rocas fragmentadas y sueltas	4

Fuente: Zepeda, 2011.

i. Precipitación

De acuerdo a García (2009), la precipitación, es la cantidad de agua meteórica total, líquida o sólida, que cae sobre una superficie horizontal determinada, llamada sección pluviométrica. En general, es la superficie colectora del pluviómetro. Las precipitaciones agrupan todas las aguas meteóricas recogidas en una cuenca vertiente o una zona

determinada. Se presenta en forma líquida (lluvia, niebla, rocío) o sólida (nieve, granizo, escarcha).

Este factor climático se toma en cuenta con base a su efecto sobre las condiciones del suelo y de la vegetación, ya que este influye en los procesos de crecimiento de las plantas y en las características del suelo anteriormente mencionadas.

Cuadro 13. Índice de susceptibilidad según precipitación.

Precipitación (mm/día)	Índice de Susceptibilidad	
	Deslizamientos	Inundaciones
0 - 5	1	1
5 - 7	2	2
7 - 10	3	3
> 10	4	4

Fuente: Zepeda, 2011.

j. Rangos de susceptibilidad

Los rangos de los porcentajes de las probabilidades de ocurrencia de un desastre, se definen en baja, media y alta susceptibilidad.

Estos parámetros se aplican simultáneamente para la elaboración de los respectivos mapas de susceptibilidad a deslizamientos, e inundaciones. Estos rangos son establecidos previamente a la aplicación del “ISDI”, mediante la utilización de un proceso en el cual se suman todos los valores de las matrices que poseen una misma susceptibilidad, para posteriormente dividirlos entre la sumatoria de los índices, ya sean para deslizamientos o inundaciones.

Cuadro 14. Rangos de susceptibilidad.

Clasificación de Susceptibilidad		Rangos (%)
	Susceptibilidad baja	0 - 30
	Susceptibilidad media	31 - 65
	Susceptibilidad alta	66 - 100

Fuente: Zepeda, 2011.

Para la aplicación de la metodología “ISDI”, el procedimiento conocido como el número de índices consistió en que al tener un conjunto de rangos de valores (los cuales se han asignado con anterioridad) se calculara cuál es la probabilidad de que ese evento suceda.

- a. Paso 1.** Consistió en sacar la sumatoria de todos los índices de susceptibilidad por cada parámetro medido por cada evento, para posteriormente determinar el índice de riesgo de ocurrencia de ese evento.

Los parámetros que se utilizaron fueron:

- Pendiente
- Estructura del suelo
- Textura del suelo
- Profundidad del suelo no consolidado
- Uso del suelo
- Plasticidad del suelo
- Tipo de suelo
- Geología

- b. Paso 2.** Se cuantificaron cuáles son los máximos y mínimos valores que adquirieron los índices para cada amenaza.

c. **Paso 3.** Consistió en la implementación de la fórmula para determinar el Índice de Susceptibilidad de amenaza para esa zona homogénea:

$$ISDI = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum P_i \text{ max}} * 100$$

En donde

$\sum P_i$ = sumatoria de los Índices de Susceptibilidad de todos los parámetros para cada evento.

$\sum P_i \text{ max}$ = sumatoria de los valores máximos de los Índices de Susceptibilidad para todos los parámetros de cada evento.

8.1.5 Análisis de la información

Toda la información recabada sobre la cuenca, se analizó mediante el Sistema de Información Geográfica –SIG-, el cual permitió delimitar la cuenca en diversas zonas homogéneas.

8.2 Análisis de la vulnerabilidad física de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho

Dentro de la cuenca del río Shusho, se ubica importante infraestructura como caminos rurales, puentes y centros educativos, que al momento de la ocurrencia de fenómenos como lo son los deslizamientos e inundaciones, puede verse afectada por lo que se hizo un análisis de vulnerabilidad para:

- Caminos rurales, puentes y
- Centros educativos

8.2.1 Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales y puentes a deslizamientos

Para el análisis de los caminos rurales y puentes, se realizaron boletas de campo, Anexos 1 y 2, en la que se contemplaron aspectos encaminados en la vulnerabilidad a deslizamientos, tomando en cuenta tuberías transversales, tipos de caminos rurales, deslizamientos provocados por taludes, componentes de un puente, longitud y ancho del puente y otros.

8.2.2 Análisis de la vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones

Para el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones, se recabo información en la Dirección Departamental de Educación del departamento de Chiquimula, con la que se obtuvo un listado de todos los centros educativos; posteriormente se clasificaron según las 6 zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho.

- a. Muestreo estadístico.** Para la selección de los centros educativos se aplicó el muestreo estadístico, ya que permitió que los resultados fueran representativos y confiables.
- b. Tamaño de la muestra.** Según Recinos (2015), la muestra es una parte seleccionada de la población que deberá ser representativa; es decir, reflejar adecuadamente las características que desean analizar en el conjunto en estudio.

Teniendo la cantidad de centros educativos para cada zona homogénea, se realizó el levantamiento de la información a través de una boleta de campo, Anexo 3, en la que se contemplaron diferentes aspectos encaminados a analizar la vulnerabilidad de la infraestructura de los centros educativos.

Para determinar el tamaño de la muestra que se necesitaría para un total de 60 centros educativos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

En donde:

N es el número total de centros educativos de la cuenca del río Shusho.

k es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne.

e es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que se obtendría si se preguntara al total de ella.

p es la proporción de centros educativos que poseen en la cuenca la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q es la proporción de centros educativos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n es el número de centros educativos representativos a trabajar.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza se observan en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Nivel de confianza.

K	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2	2.5
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95.5%	99%

Fuente: Recinos, 2015.

Utilizando un nivel de confianza del 90%, se implementó la fórmula de la siguiente manera

$$n = \frac{(1.65)^2 (60) (0.5) (0.5)}{(0.1)^2 (60-1) + (1.65)^2 (0.5) (0.5)}$$

$$n = \frac{(2.7225) (60) (0.5) (0.5)}{0.59 + (2.7225) (0.5) (0.5)}$$

$$n = \frac{40.8375}{0.59 + 0.680625}$$

$$n = \frac{42.19875}{1.270625}$$

$$n = 33.21$$

$$n = 33$$

c. Tipo de muestreo. Para conocer que centros educativos se trabajarían se utilizó el método de muestreo estratificado, el cual es una técnica de muestreo probabilístico en donde se divide a toda la cuenca en diferentes subgrupos o estratos (Recinos 2015). Seleccionando aleatoriamente a los centros educativos de las diferentes zonas homogéneas que se delimitaron dentro del software ArcGIS, en forma proporcional.

Teniendo en cuenta que el número de la muestra es de 33, el número de centros educativos que se eligieron de cada zona homogénea se decidió mediante el criterio de “Elección proporcional al tamaño del estrato”, esto se hizo por cada zona homogénea, mediante la siguiente fórmula:

$$n_i = n * \frac{N_i}{N}$$

Siendo:

N el número total de centros educativos de la cuenca del río Shusho.

n el número de la muestra.

N_i el número de centros educativos que hay por zona homogénea.

- Zona Homogénea 1 $n_i = 33 * \frac{15}{60} = 8.25 = 8$
- Zona Homogénea 2 $n_i = 33 * \frac{21}{60} = 11.55 = 12$
- Zona Homogénea 3 $n_i = 33 * \frac{2}{60} = 1.1 = 1$
- Zona Homogénea 4 $n_i = 33 * \frac{11}{60} = 6.05 = 6$
- Zona Homogénea 5 $n_i = 33 * \frac{3}{60} = 1.65 = 2$
- Zona Homogénea 6 $n_i = 33 * \frac{8}{60} = 4.4 = 4$

8.2.3 Levantamiento de información del área de estudio

a. Diseño de las boletas de campo

Las boletas de campo fueron diseñadas con el fin de conocer la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones, también se diseñaron preguntas específicas para obtener mayor información; en donde se utilizó como índice 1 en el caso de que cumpliera con esa condición, aspecto, estado o término (cual sea el caso) y 0, espacio en blanco o vacío para el caso contrario, es decir, que no cumpliera con la condición evaluada.

Las boletas de campo se dividieron en dos partes.

- Observación directa. En las boletas de campo se diseñaron preguntas que el encuestador podía responderse así mismo, al momento de llegar a evaluar la infraestructura.
- Encuesta. En esta parte de las boletas de campo el entrevistado (líder comunitario o director del centro educativo, según sea el caso), respondió una serie de preguntas directas que realizó el encuestador.

8.3 Determinación del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho

Para realizar el análisis combinando del Índice de Susceptibilidad según “ISDI” con la vulnerabilidad física de los centros educativos, se tomó en cuenta la información generada con anterioridad para conocer y poder determinar cuáles son los centros educativos que se encuentran dentro de los diferentes rangos de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones.

Para ello se elaboró una matriz de doble entrada, que permitió visualizar los 33 centros educativos evaluados representativos, con sus respectivos índices de susceptibilidad,

así como, su clasificación de vulnerabilidad según los niveles de daño encontrados en sus componentes de acuerdo a la boleta de campo.

La cuál permitió elaborar dos listas, una para deslizamientos y otra para inundaciones en los cuales se visualizan los nombres de los centros educativos que se encuentran en una vulnerabilidad combinada alta, media y baja, Anexos 4 y 5.

Esto con el fin de que los encargados en educación y entidades interesadas, conozcan que aspectos de la infraestructura evaluados, se encuentran susceptibles ante los deslizamientos e inundaciones y puedan tomar acciones para prevenir futuras pérdidas tanto humanas como económicas.

8.4 Análisis de la información

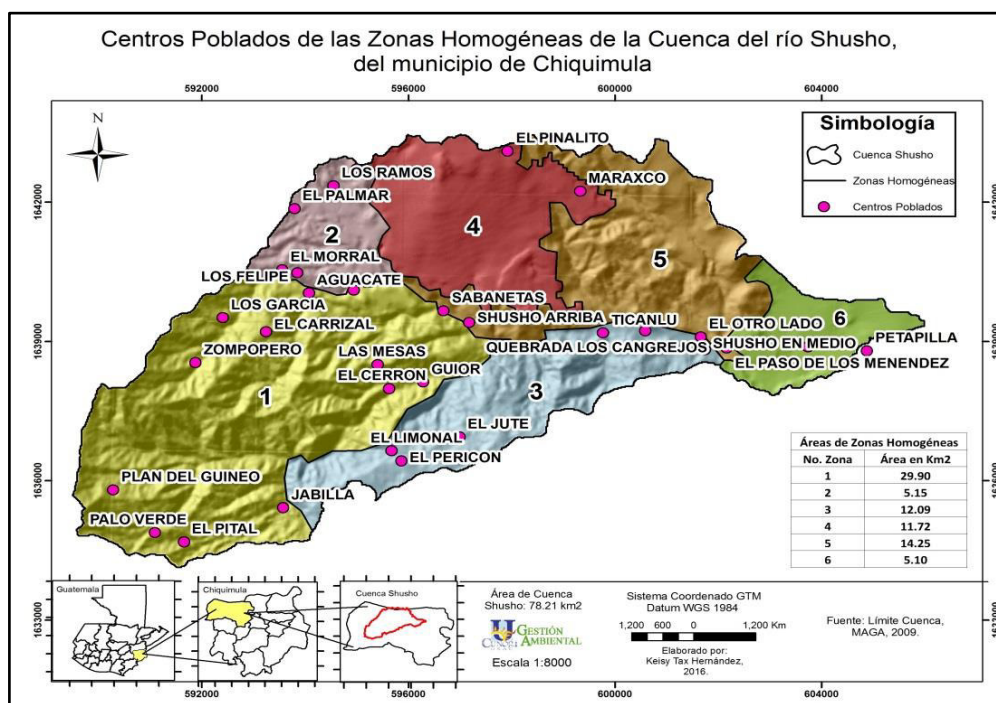
Toda la información recabada de los caminos rurales, puentes y centros educativos, se analizó y digitalizo mediante el Sistema de Información Geográfica – SIG – y Microsoft Excel; los cuales permitieron conocer la vulnerabilidad física ante deslizamientos e inundaciones a la que se encuentran expuestos.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Delimitación de las zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Shusho, mediante la metodología “ISDI”

Luego de la aplicación de la metodología “ISDI”, se obtuvieron 6 zonas homogéneas dentro de la cuenca del río Shusho. En la figura 5 y cuadro 16, se observan las 6 zonas homogéneas y sus centros poblados; de acuerdo a esta delimitación, la zona homogénea 1 es la que presentó una mayor área con un total de 29.90 Km² (38.23% del área de la cuenca) y la zona homogénea 6 es la de menor área con un total de 5.10 Km² (6.52% del área de la cuenca), el área total de la cuenca es de 78.21 Km².

Figura 5. Delimitación de las zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 16. Zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Centros poblados	Área (Km²)	Área (%)
1	Palo Verde, Jabilla, Guior, El Carrizal, Los García, Aguacate, El Pital, Plan del Guineo, Zompopero, El Cerrón, Las Mesas.	29.90	38.23
2	Los Ramos, Los Felipe, Cuesta San Antonio, El Conacaste, El Palmar, El Morral.	5.15	6.58
3	El Limonal, El Jute, El Otro Lado, El Pericón, Quebrada Los Cangrejos, Ticanlú, Shusho En Medio.	12.09	15.46
4	El Pinalito, Maraxcó.	11.72	14.99
5	Sabanetas, Shusho Arriba, El Paso de Los Menéndez.	14.25	18.22
6	San Andrés o Los Duarte, Petapilla.	5.10	6.52
Total		78.21	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En los cuadros 17 y 18 se muestran cada una de las características del suelo (estructura, textura, profundidad, uso, plasticidad, tipo), los niveles de pendiente y la precipitación, analizados con la metodología “ISDI” para determinar el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos e Inundaciones; los cuales se determinaron para cada una de las zonas homogéneas para su análisis.

Con esta información se crearon mapas temáticos de acuerdo a cada variable necesaria para la aplicación de la metodología “ISDI”. Anexos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Cuadro 17. Parámetros que inciden de manera directa en la susceptibilidad a deslizamientos.

Zona homogénea	Pendiente	Estructura	Textura	Profundidad	Uso	Plasticidad	Geología	Precipitación
1	30° - 45°	Laminar y Material Parental	Franco arcilloso arenosa	>100 cm	Matorral	Ligeramente plástico	Rocas ígneas	7 - 10 mm / día
2	15° - 30°	Prismática	Arcillo limosa	30 - 60 cm	Matorral	Muy plástico	Rocas ígneas	5 - 7 mm / día
3	15° - 30°	Laminar y Material Parental	Franco arcilloso arenosa	30 - 60 cm	Matorral	Ligeramente plástico	Rocas ígneas	5 - 7 mm / día
4	0° - 15°	Prismática	Arcillo limosa	30 - 60 cm	Pasto / Agricultura	Muy plástico	Rocas ígneas	0 - 5 mm / día
5	15° - 30°	Esferoidal	Franco arenosa	30 - 60 cm	Matorral	Ligeramente plástico	Rocas ígneas	5 - 7 mm / día
6	0° - 15°	Esferoidal	Franco arenosa	15 - 30 cm	Pasto / Agricultura	Ligeramente plástico	Rocas sedimentarias	5 - 7 mm / día

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 18. Parámetros que inciden de manera directa en la susceptibilidad a inundaciones.

Zona homogénea	Pendiente	Estructura	Textura	Profundidad	Uso	Tipo	Precipitación
1	30° - 45°	Laminar y Material Parental	Franco arcilloso arenosa	> 100 cm	Matorral	Suelos Altombrán	7 - 10 mm / día
2	15° - 30°	Prismática	Arcillo limosa	30 - 60 cm	Matorral	Suelos Jigua	5 - 7 mm / día
3	15° - 30°	Laminar y Material Parental	Franco arcilloso arenosa	30 - 60 cm	Matorral	Suelos Jigua	5 - 7 mm / día
4	0° - 15°	Prismática	Arcillo limosa	30 - 60 cm	Pasto / Agricultura	Suelos Jigua	0 - 5 mm / día
5	15° - 30°	Esferoidal	Franco arenosa	30 - 60 cm	Matorral	Suelos Jigua	5 - 7 mm / día
6	0° - 15°	Esferoidal	Franco arenosa	15 - 30 cm	Pasto / Agricultura	Suelos de Los Valles	5 - 7 mm / día

Fuente: Elaboración propia, 2016.

9.1.1 Susceptibilidad a deslizamientos

Luego de operar estos valores se obtuvo el índice de susceptibilidad a deslizamientos para cada zona homogénea.

Cuadro 19. Matriz “ISDI” de susceptibilidad a deslizamientos con valores de mapeo sistemático de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Pendiente	Estructura	Textura	Profundidad	Uso	Plasticidad	Geología	Precipitación	Total
1	3	1	5	5	3	3	1	3	24
2	2	2	2	3	3	1	1	2	16
3	2	1	5	3	3	3	1	2	20
4	1	2	2	3	4	1	1	1	15
5	2	4	5	3	3	3	1	2	23
6	1	4	5	2	4	3	3	2	24

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como resultado de la sumatoria de las variables se obtuvieron los valores máximos que adquirieron los índices para los deslizamientos. Cuadro 20.

Cuadro 20. Valores máximos de susceptibilidad a deslizamientos.

Parámetro	Números Máximos
Pendiente	3
Estructura	4
Textura	5
Profundidad	5
Uso	4
Plasticidad	3
Geología	3
Precipitación	3
Total	30

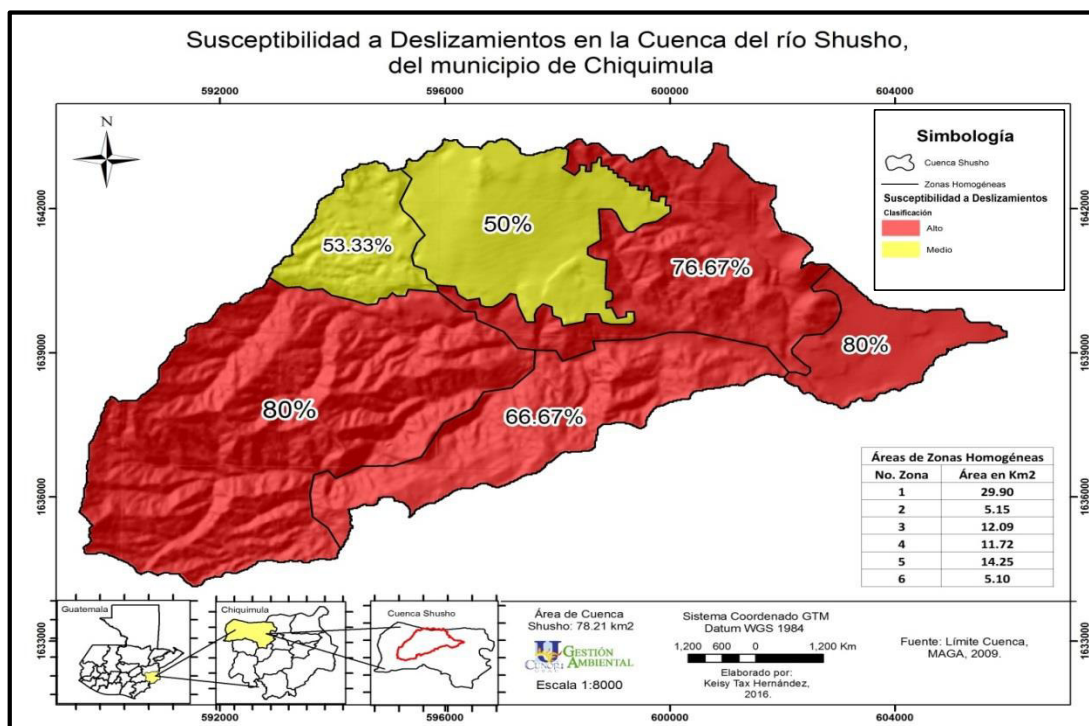
Fuente: Elaboración propia (2016).

La fórmula para determinar el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos en cada una de las zonas homogéneas delimitadas con anterioridad, generó los resultados siguientes:

- Zona Homogénea 1: Fórmula "ISDI" = $\frac{24}{30} * 100 = 80.00\%$
- Zona Homogénea 2: Fórmula "ISDI" = $\frac{16}{30} * 100 = 53.33\%$
- Zona Homogénea 3: Fórmula "ISDI" = $\frac{20}{30} * 100 = 66.67\%$
- Zona Homogénea 4: Fórmula "ISDI" = $\frac{15}{30} * 100 = 50.00\%$
- Zona Homogénea 5: Fórmula "ISDI" = $\frac{23}{30} * 100 = 76.67\%$
- Zona Homogénea 6: Fórmula "ISDI" = $\frac{24}{30} * 100 = 80.00\%$

En la figura 6 y cuadro 21, se presenta la ponderación obtenida a partir de la aplicación de la metodología "ISDI" y del mapeo sistemático para cada una de las zonas homogéneas delimitadas de la cuenca del río Shusho; de igual manera, se presenta el índice de susceptibilidad a deslizamientos, en el que se observa que las zonas homogéneas 1, 3, 5 y 6 se encuentran en la clasificación de "Susceptibilidad Alta"; mientras que las zonas homogéneas 2 y 4 se encuentran dentro de la clasificación de "Susceptibilidad Media" a deslizamientos.

Figura 6. Zonas susceptibles a deslizamientos en la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 21. Índice de susceptibilidad a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Centros poblados	Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad
1	Palo Verde, Jabilla, Guior, El Carrizal, Los García, Aguacate, El Pital, Plan del Guineo, Zompopero, El Cerrón, Las Mesas.	80.00%	Susceptibilidad Alta
2	Los Ramos, Los Felipe, Cuesta San Antonio, El Conacaste, El Palmar, El Morral.	53.33%	Susceptibilidad Media
3	El Limonal, El Jute, El Otro Lado, El Pericón, Quebrada Los Cangrejos, Ticanlú, Shusho En Medio.	66.67%	Susceptibilidad Alta
4	El Pinalito, Maraxcó.	50.00%	Susceptibilidad Media
5	Sabanetas, Shusho Arriba, El Paso de Los Menéndez.	76.67%	Susceptibilidad Alta
6	San Andrés o Los Duarte, Petapilla.	80.00%	Susceptibilidad Alta

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Las zonas homogéneas 1 y 6, presentan una clasificación de “Susceptibilidad Alta” a deslizamientos de la cuenca, debido a que la sumatoria de todas las variables que inciden directamente en ésta, es la misma, aunque los índices de acuerdo a la metodología “ISDI” de cada variable es diferente, excepto por la plasticidad. Cuadros 22 y 23.

Cuadro 22. Índices de las variables de las zonas homogéneas 1 y 6, susceptibles a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Variables	Zona homogénea 1	Índice de susceptibilidad	Zona homogénea 6	Índice de susceptibilidad
Pendiente	30° - 45°	3	0° - 15°	1
Estructura	Laminar y Material Parental	1	Esferoidal	4
Textura	Franco arcilloso arenosa	5	Franco arenoso	5
Profundidad	> 100 cm	5	15 - 30 cm	2
Uso	Matorral	3	Pasto / Agricultura	4
Plasticidad	Ligeramente plástico	3	Ligeramente Plástico	3
Geología	Rocas ígneas	1	Rocas sedimentarias	3
Precipitación	7 / 10 mm/día	3	5 - 7 mm/día	2
Total		24	Total	24
Índice de susceptibilidad		80.00%	Índice de susceptibilidad	80.00%

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 23. Descripción de los índices de las variables de las zonas homogéneas 1 y 6, susceptibles a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Variables		Zona homogénea 1	Descripción	Zona homogénea 6	Descripción
	Pendiente	30° - 45°	Posee una pendiente relativamente alta, lo que hace que la zona sea más susceptible a la ocurrencia de un deslizamiento.	0° - 15°	Posee una pendiente baja.
	Estructura	Laminar y Material Parental	Este tipo de estructura posee una mala permeabilidad e infiltración por lo cual hay menor riesgo a que las capas de los suelos se desprendan.	Esferoidal	Este tipo de estructura posee una buena infiltración lo que significa mayor riesgo a la posibilidad de que ocurra un deslizamiento, por el desprendimiento de capas de suelo.
	Textura	Franco arcilloso arenosa	Poseen mala absorción de agua, lo que significa que presenta mayor riesgo a que los suelos se laven y provoquen deslizamientos.	Franco arenosa	Debido a que no tienen buena retención de agua, presentan mayor riesgo para la ocurrencia de deslizamientos.
	Profundidad	> 100 cm	Debido a que el suelo absorbe una buena cantidad de agua, su profundidad es considerable y tiene alta retención de humedad; el peso del agua puede hacer que esta capa de suelo se desprenda y produzca un deslizamiento.	15 - 30 cm	Son suelos pocos profundos por lo que absorbe mejor la cantidad de agua y tienen menor grado de humedad; por lo que la ocurrencia de un deslizamiento es menor.
	Uso	Matorral	Debido a que su uso es para matorrales y estos tienen las raíces poco profundas no ayudan en la retención del agua, exponiendo al suelo a desprendimientos.	Pasto / Agricultura	El uso es adecuado para las plantas porque ayuda a retener nutrientes, pero sus raíces son poco profundas lo que hace que la retención del agua sea baja y provoque desprendimiento de las capas de los suelos.
	Plasticidad	Ligeramente plástico	Por la textura que posee la zona, presenta mayor riesgo a que hay desprendimientos de las capas del suelo.	Ligeramente Plástico	Por la textura que posee la zona, presenta mayor riesgo a que hay desprendimientos de las capas del suelo.
	Geología	Rocas ígneas	Son rocas estables, lo que ayuda a que haya menor ocurrencia a deslizamientos.	Rocas sedimentarias	Son producto de la erosión, remoción y deposición de fragmentos de las rocas ígneas, lo que significa que ya hubo una transformación de estas, por lo que presentan mayor riesgo a la ocurrencia de deslizamientos.
	Precipitación	7/10 mm/día	Debido a la ubicación de la zona presenta un riesgo alto, por la pendiente que posee, ya que hay más probabilidades de que alguna de las capas del suelo se desprenda.	5 - 7 mm/día	Debido a la ubicación de la zona no presenta un riesgo alto, ya que la pendiente es relativamente baja lo que ayuda a que el agua drene con mayor facilidad, antes de que suceda algún desprendimiento de las capas del suelo.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La zona homogénea 4, presenta una clasificación de “Susceptibilidad Media” a deslizamientos, debido a que tiene una pendiente (0° - 15°) y precipitación (0 – 5 mm/día) que son bajas, su estructura es prismática con textura arcillo limosa,

tiene una geología de rocas ígneas, son suelos muy plásticos y medianamente profundos, lo que significa que poseen una permeabilidad adecuada, una buena infiltración y por consiguiente presenta menor riesgo a que los suelos se erosionen, o haya desprendiendo de alguna capa del suelo.

9.1.2 Susceptibilidad a inundaciones

Luego de operar estos valores se obtuvo el índice de susceptibilidad a inundaciones para cada zona homogénea.

Cuadro 24. Matriz “ISDI” de susceptibilidad a inundaciones con valores de mapeo sistemático de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Pendiente	Estructura	Textura	Profundidad	Uso	Tipo	Precipitación	Total
1	2	4	3	1	3	2	3	18
2	3	3	6	3	3	2	2	22
3	3	4	3	3	3	2	2	20
4	4	3	6	3	4	2	1	23
5	3	1	3	3	3	2	2	17
6	4	1	3	4	4	2	2	20

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como resultado de la sumatoria de las variables se obtuvieron los valores máximos que adquirieron los índices para inundaciones. Cuadro 25.

Cuadro 25. Valores máximos de susceptibilidad a inundaciones.

Parámetro	Números Máximos
Pendiente	4
Estructura	4
Textura	6
Profundidad	4
Uso	4
Tipo	2
Precipitación	3
Total	27

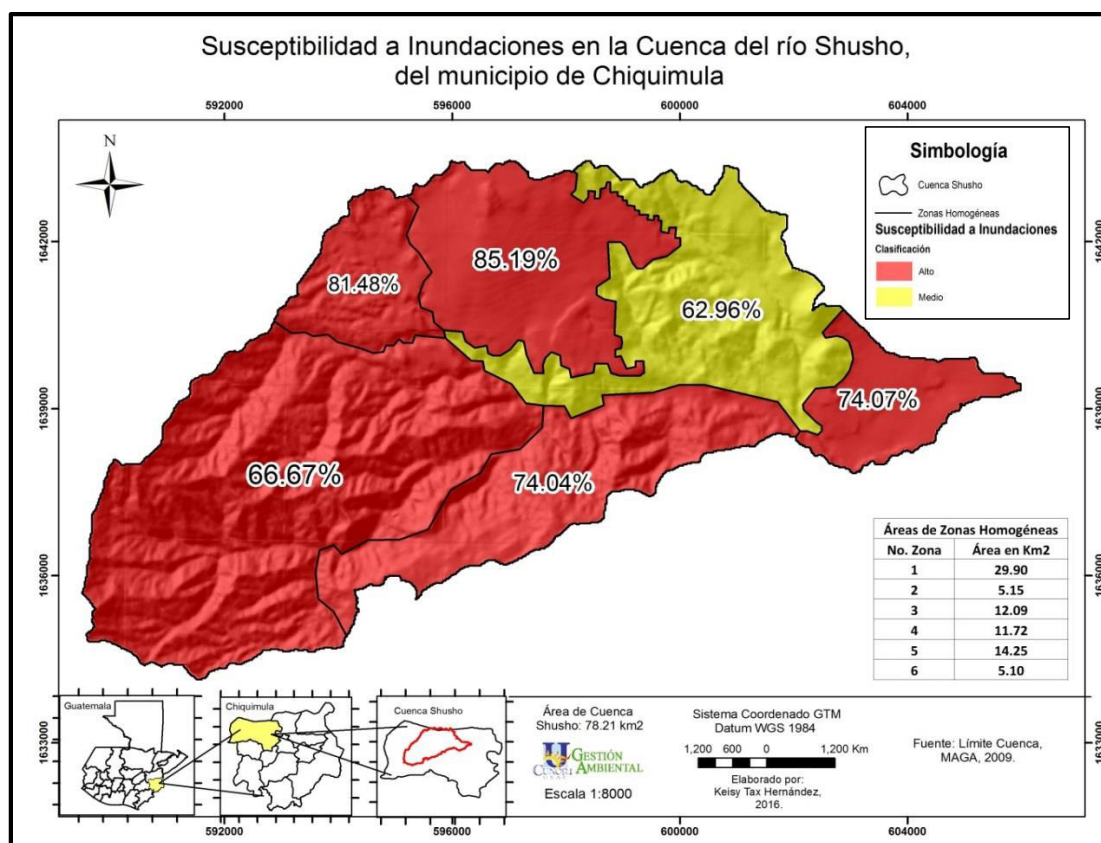
Fuente: Elaboración propia, 2016.

La fórmula para determinar el Índice de Susceptibilidad a Inundaciones en cada una de las zonas homogéneas delimitadas con anterioridad, generó los datos siguientes:

- Zona Homogénea 1: Fórmula "ISDI" = $\frac{18}{27} * 100 = 66.67\%$
- Zona Homogénea 2: Fórmula "ISDI" = $\frac{22}{27} * 100 = 81.48\%$
- Zona Homogénea 3: Fórmula "ISDI" = $\frac{20}{27} * 100 = 74.07\%$
- Zona Homogénea 4: Fórmula "ISDI" = $\frac{23}{27} * 100 = 85.19\%$
- Zona Homogénea 5: Fórmula "ISDI" = $\frac{17}{27} * 100 = 62.96\%$
- Zona Homogénea 6: Fórmula "ISDI" = $\frac{20}{27} * 100 = 74.07\%$

En la figura 7 y cuadro 26, se presenta la ponderación obtenida a partir de la aplicación de la metodología “ISDI” y del mapeo sistemático para cada una de las zonas homogéneas delimitadas de la cuenca del río Shusho; de igual manera, se presenta el índice de susceptibilidad a inundaciones, en el que se observa que las zonas homogéneas 1, 2, 3, 4, y 6 se encuentran en la clasificación de “Susceptibilidad Alta”; mientras que la zona homogénea 5, se encuentra dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Media” a inundaciones.

Figura 7. Zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 26. Índice de susceptibilidad a inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Centros poblados	Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad
1	Palo Verde, Jabilla, Guior, El Carrizal, Los García, Aguacate, El Pital, Plan del Guineo, Zompopero, El Cerrón, Las Mesas.	66.67%	Susceptibilidad Alta
2	Los Ramos, Los Felipe, Cuesta San Antonio, El Conacaste, El Palmar, El Morral.	81.48%	Susceptibilidad Alta
3	El Limonal, El Jute, El Otro Lado, El Pericón, Quebrada Los Cangrejos, Ticanlú, Shusho En Medio.	74.07%	Susceptibilidad Alta
4	El Pinalito, Maraxcó.	85.19%	Susceptibilidad Alta
5	Sabanetas, Shusho Arriba, El Paso de Los Menéndez.	62.96%	Susceptibilidad Media
6	San Andrés o Los Duarte, Petapilla.	74.07%	Susceptibilidad Alta

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La zona homogénea 4, presenta una clasificación de “Susceptibilidad Alta” a inundaciones de la cuenca, debido a que aunque tenga una pendiente (0° - 15°), y precipitación (0 – 5 mm/día) que son bajas, su estructura es prismática con textura arcillo limosa, lo que significa que tiene buena retención de agua, posee suelos jigua, que son poco profundos; su uso son pastos / agricultura, lo que aumenta el riesgo a inundaciones debido a que las raíces son poco profundas lo que influye de manera directa reduciendo la capacidad de infiltración del agua y por consiguiente hay más acumulación de agua superficial.

La zona homogénea 5, presenta una clasificación de “Susceptibilidad Media” a inundaciones de la cuenca, debido a que aunque posee una pendiente (15° - 30°) y una precipitación (5 – 7 mm/día), que son altas, tiene una estructura esferoidal, con textura franco arenosa, lo que significa que la zona posee una buena infiltración y no retiene el agua debido a que los suelos jigua son poco profundos, bien drenados y su uso consiste principalmente en maleza y matorrales con algo de cactus; lo cual ayuda a que los suelos se encuentren menos vulnerables a la ocurrencia de inundaciones.

9.1.3 Susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones.

En el cuadro 27, se presentan los resultados de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de cada una de las zonas homogéneas delimitadas de la cuenca del río Shusho; en donde se observa el índice de susceptibilidad que posee cada una de las zonas homogéneas y la clasificación en la que se encuentran establecidas según la metodología “ISDI” y el mapeo sistemático, determinando que la cuenca del río Shusho posee altos rangos de susceptibilidad en cuanto a las amenazas analizadas anteriormente.

Cuadro 27. Resultado de la susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de las zonas homogéneas de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Centros poblados	Deslizamientos		Inundaciones	
		Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad	Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad
1	Palo Verde, Jabilla, Guior, El Carrizal, Los García, Aguacate, El Pital, Plan del Guineo, Zompopero, El Cerrón, Las Mesas.	80.00%	Susceptibilidad Alta	66.67%	Susceptibilidad Alta
2	Los Ramos, Los Felipe, Cuesta San Antonio, El Conacaste, El Palmar, El Morral.	53.33%	Susceptibilidad Media	81.48%	Susceptibilidad Alta
3	El Limonal, El Jute, El Otro Lado, El Pericón, Quebrada Los Cangrejos, Ticanlú, Shusho En Medio.	66.67%	Susceptibilidad Alta	74.04%	Susceptibilidad Alta
4	El Pinalito, Maraxcó.	50.00%	Susceptibilidad Media	85.19%	Susceptibilidad Alta
5	Sabanetas, Shusho Arriba, El Paso de Los Menéndez.	76.67%	Susceptibilidad Alta	62.96%	Susceptibilidad Media
6	San Andrés o Los Duarte, Petapilla.	80.00%	Susceptibilidad Alta	74.07%	Susceptibilidad Alta

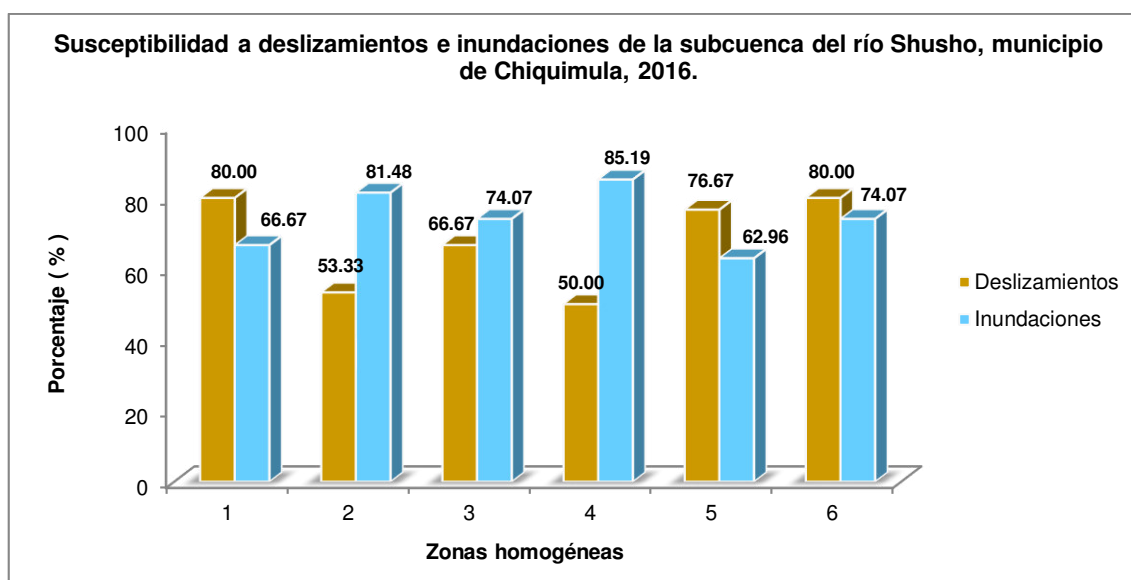
Fuente: Elaboración propia, 2016.

De los 31 centros poblados que se encuentran dentro de la cuenca del río Shusho en cuanto a deslizamientos; 23 se encuentra en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” y 8 en la clasificación de “Susceptibilidad Media”. En lo que se refiere a inundaciones; 28 se encuentran en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” y 3 en la clasificación de “Susceptibilidad Media”.

De las 6 zonas homogéneas, 4 están en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” y 2 en la clasificación de “Susceptibilidad Media” para deslizamientos; y 5 zonas homogéneas se encuentran en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” y 1 se encuentra en la clasificación de “Susceptibilidad Media” para inundaciones.

En la gráfica 1, se puede observar el promedio de los índices de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de la cuenca, y se pudo determinar que la zona homogénea 4 se encuentra en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” a inundaciones de la cuenca; mientras que las zonas homogéneas 1 y 6 se encuentran en la clasificación de “Susceptibilidad Alta” a deslizamientos.

Gráfica 1. Susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a susceptibilidades combinadas, es la zona homogénea 6 que presentó una mayor vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres, ya que presenta una alta susceptibilidad a deslizamientos (80.00%) y alta susceptibilidad a inundaciones (74.07%). En cuanto a la zona homogénea 2 es la que presentó una menor vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres, debido a que posee una susceptibilidad media a deslizamientos (53.33%) y posee una alta susceptibilidad a inundaciones (85.19%) y esto debido a las características geomorfológicas, los niveles de pendiente y el relieve que dichas zonas poseen.

9.2 Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales, puentes y centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho

9.2.1 Análisis de la vulnerabilidad de los caminos rurales y puentes a deslizamientos

a. Caminos rurales

Dentro de la cuenca se delimitaron 3 tramos carreteros de la principal red vial: (1) Pinalon – Shusho En Medio, (2) El Jute – Canaán, (3) Petapilla – Centro Comercial Pradera, (Cuadros 28, 29 y 30) a manera de abarcar los centros poblados que se encuentran en la cuenca del río Shusho (Anexos 15 y 16).

Cuadro 28. Centros poblados que se encuentran dentro de los tramos carreteros de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Centros poblados
1. El Pinalon - Shusho En Medio	El Pinalon, Cerro El Limar, Plan del Guineo, Palo Verde, El Pital, El Durazno, El Limón II, Zompopero, Los Sagastume, Los García, El Carrizal, El Morral, Los Felipe, El Nanzal, Guayabillas, El Palmar, El Conacaste, Los Ramos, El Pinalito, Plan del Jocote, Maraxcó, El Paso de Los Menéndez, Shusho En Medio, Sabanetas, Shusho Arriba, Ticanlú, Quebrada Los Cangrejos, Cuesta San Antonio, Aguacate, El Otro Lado, Jabilla.
2. El Jute – Canaán	Las Mesas, El Cerrón, Guior, El Jute, Bella Vista, El Limonal, El Pericón, Canaán.
3. Petapilla – Centro Comercial Pradera	San Andrés o Los Duarte.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 29. Longitud de la principal red vial por tipo de camino rural de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Tipo de camino rural	Longitud (Km)	Longitud (%)
1. El Pinalon - Shusho En Medio	Asfaltado	11.12	44.65
	Concreto	6.44	25.87
	Adoquinado	0.04	0.14
	Terracería	6.01	24.15
	Empedrado	1.29	5.19
Total		24.90	100.00
2. El Jute – Canaán	Asfaltado	5.50	100
Total		5.50	100.00
3. Petapilla – Centro Comercial Pradera	Asfaltado	5.37	100
Total		5.37	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 30. Condiciones generales de los caminos rurales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Tipo de cuneta		Nivel del daño			Razones por las que se encontró dañado el tramo carretero		
	Revestida	No revestida	A	M	B	Falta de mantenimiento	Lluvias	Carga vehicular
1. Pinalon - Shusho En Medio	55.56%	44.44%	--	22.22%	77.80%	66.67%	33.33%	--
2. El Jute - Canaán	100%	--	--	66.67%	33.33%	100%	--	--
3. Petapilla - Centro Comercial Pradera	100%	--	--		100%	100%	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2017.

- Tuberías transversales

En la cuenca del río Shusho, se encontró un total de 81 tuberías transversales.

En el cuadro 31, se observan los centros poblados donde están ubicadas las tuberías transversales, el estado en el que se encuentran y su diámetro (Anexos 17 y 18).

Cuadro 31. Tuberías transversales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Nombre del centro poblado	Diámetro			Estado		
		10 - 20"	20 - 30"	30 - 40"	No obstruida	Obstruida parcialmente	Obstruida totalmente
1. Pinalon - Shusho En Medio	Cerro El Limar		5		1	3	1
	El Limón II		8		5	2	1
	El Mojón		4		1	2	1
	Los Sagastume		5		4	0	1
	El Palmar		9		5	2	2
	El Conacaste	4	6		7	3	0
	El Pinalito		5		3	1	1
	Plan del Jocote		3		3	0	0
	Maraxcó		11		9	1	1
	El Otro Lado			2	2	0	0
	Shusho En Medio			2	2	0	0
	Total	4	56	4	42	14	8
Total de tuberías transversales en el tramo: 64							
2. El Jute - Canaán	El Jute			10	8	2	0
	Bella Vista			7	6	1	0
	Total	0	0	17	14	3	0
Total de tuberías transversales en el tramo: 17							
3. Petapilla Centro Comercial Pradera	--	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0
Total de tuberías transversales en el tramo: 0							
Total tramos		4	56	21	56	17	8

Fuente: Elaboración propia, 2017.

- Deslizamientos provocados por taludes

Dentro de la cuenca del río Shusho, se encontraron un total de 89 deslizamientos provocados por taludes. En los cuadros 32 y 33 se muestran las características analizadas de los deslizamientos por tramos carreteros (Anexos 19 y 20).

Cuadro 32. Características de los deslizamientos por tramos carreteros de la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Nombre del centro poblado	Se encuentra revestido el talud		Tipo de revestimiento				Se le da mantenimiento	
		Si	No	Concreto	Electromalla	Material vegetativo	Otro	Si	No
1. El Pinalon - Shusho En Medio	Cerro El Limar	8				8			8
	El Limón II	7	4			7			7
	El Mojón	1				1			1
	El Conacaste	9	4			9			9
	El Pinalito		1						
	Maraxcó	15	20			15			15
	Quebrada Los Cangrejos	2				2			2
	Total	42	29	0	0	42	0	0	42
	Total de deslizamientos en el tramo: 71								
2. El Jute - Canaán	El Jute	7				7			7
	Bella Vista	3	5			3			3
	Canaán	1	2			1			1
	Total	11	7	0	0	11	0	0	11
	Total de deslizamientos en el tramo: 18								
3. Petapilla - Centro Comercial Pradera	--	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total de deslizamientos en el tramo: 0								
Total tramos		53	36	0	0	53	0	0	53

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cuadro 33. Condiciones generales de los deslizamientos por tramos carreteros de la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Tramo carretero	Longitud de la zona afectada				Frecuencia con que ocurre en un año			Frecuencia con que se le da mantenimiento a la zona afectada			
	0 - 10 Mts.	10 - 20 Mts.	20 - 40 Mts.	Más de 40 Mts.	1 - 3 Veces	3 - 5 Veces	Más de 5 veces	1 - 2 Veces	2 - 3 Veces	3 - 4 Veces	Más de 4 veces
Pinalon – Shusho En Medio	29.58%	28.17%	40.85%	1.41%	14.08%	53.52%	32.39%	30.99%	36.62%	18.31%	14.08%
El Jute - Canaán	22.22%	33.33%	38.89%	5.56%	44.44%	55.56%	--	44.44%	44.44%	11.11%	--
Petapilla – Centro Comercial Pradera	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2017.

- Condiciones generales de los caminos rurales
1. Tramo carretero Pinalon – Shusho En Medio. Tiene una longitud de 24.90 Km. (entre asfalto, concreto, adoquinado, terracería y empedrado) y es el tramo que se encuentra más vulnerable debido a que tiene cunetas revestidas (55.66%) y no revestidas (44.44%), el camino se encuentra dañado por falta de mantenimiento (66.67%) y por las lluvias (33.33%) y de los 71 deslizamientos provocados por taludes que se encontraron en el tramo, 21 (29.58%) afectan una longitud entre 0 – 10 Mts., 20 (28.71) entre 10 – 20 Mts., 29 (40.85%) entre 20 – 40 Mts. y 1 (1.41%) más de 40 Mts.
 2. Tramo carretero El Jute – Canaán. Tiene una longitud de 5.50 Km. (solamente asfalto); todas las cunetas están revestidas y solo tiene daños medios por la falta de mantenimiento. De los 18 deslizamientos provocados por taludes que se encontraron, 4 (22.22%) afectan una longitud entre el rango de 0 – 10 Mts., 6 (33.33%) entre 10 – 20 Mts., 7 (38.89%) entre 20 – 40 Mts. y 1 (5.56%) más de 40 Mts.
 3. Tramo carretero Petapilla – Centro Comercial Pradera. Cuenta con una longitud de 5.37 Km (totalmente asfaltado) y es el tramo que se encontró menos vulnerable debido a que todas las cunetas se encuentran revestidas, tiene un nivel bajo en daños a pesar de la falta de mantenimiento, no se encontraron deslizamientos debido a la inexistencia de taludes y tampoco se encontraron tuberías transversales.
 4. El ente encargado de darles mantenimiento a los caminos rurales de la cuenca del río Shusho, del municipio de Chiquimula; es COVIAL.

b. Puentes

En la cuenca del río Shusho, se encontraron 6 puentes de carretera, de los cuales 4 se encuentran ubicados en la principal red vial y 2 se encuentran sobre rutas secundarias (Anexos 21 y 22).

En el cuadro 34 se muestran datos generales de los puentes que se encuentran dentro de la cuenca del río Shusho, para analizar su vulnerabilidad.

Cuadro 34. Datos generales de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Nombre del puente	Años de construido que tiene el puente				Longitud del puente				Ancho del puente			
	0 - 5 años	5 - 10 años	10 - 20 años	Más de 20 años	0 - 10 Mts.	10 - 20 Mts.	20 - 40 Mts.	Más de 40 Mts.	0 - 5 Mts.	5 - 10 Mts.	10 - 20 Mts.	Más de 20 Mts.
Puente El Carrizal			1			1			1			
Puente Shusho				1			1			1		
Puente Shusho Arriba				1			1		1			
Puente Los Felipe			1			1			1			
Puente río Petapilla				1			1			1		
Puente río Shusho				1				1		1		
Total	0	0	2	4	0	2	3	1	3	3	0	0
Promedio (%)	0	0	33.33	66.67	0	33.33	50	16.67	50	50	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el cuadro 35 se muestran los elementos evaluados y el nivel de daño de los puentes.

Cuadro 35. Elementos evaluados de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Nombre del puente	Elementos del puente dañados									
	Tablero	Apoyo inicial	Apoyo medio	Apoyo final	Viga	Estribo inicial	Estribo final	Pila	Zapata	Barandal
Puente El Carrizal	1	1	1	1		1	1			
Puente Shusho	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Puente Shusho Arriba	1	1	1	1	1	1	1		1	
Puente Los Felipe	1	1	1	1		1	1			1
Puente río Petapilla	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Puente río Shusho	1	1	1	1	1	1	1	1		1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

De acuerdo al cuadro anterior, se realizó una clasificación por niveles “Alto”, para el puente que tuviera de 7 – 10 elementos con daño; “Medio”, para el que tuviera de 4 – 6 elementos con daño y “Bajo”, para el que tuviera de 1 – 3 elementos con daño.

Cuadro 36. Clasificación del nivel del daño de los elementos evaluados de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

No.	Nombre del puente	Componentes con daño	Nivel del daño (Promedio de 100%)	Clasificación del nivel del daño
1	Puente El Carrizal	6/10	60.00%	Medio
2	Puente Shusho	9/10	90.00%	Alto
3	Shusho Arriba	8/10	80.00%	Alto
4	Puente Los Felipe	7/10	70.00%	Alto
5	Puente río Petapilla	9/10	90.00%	Alto
6	Puente río Shusho	9/10	90.00%	Alto

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- Condiciones generales de los puentes

1. Los tipos de puente según la naturaleza de la vía soportada, los 6 (100%) son puentes de carretera.

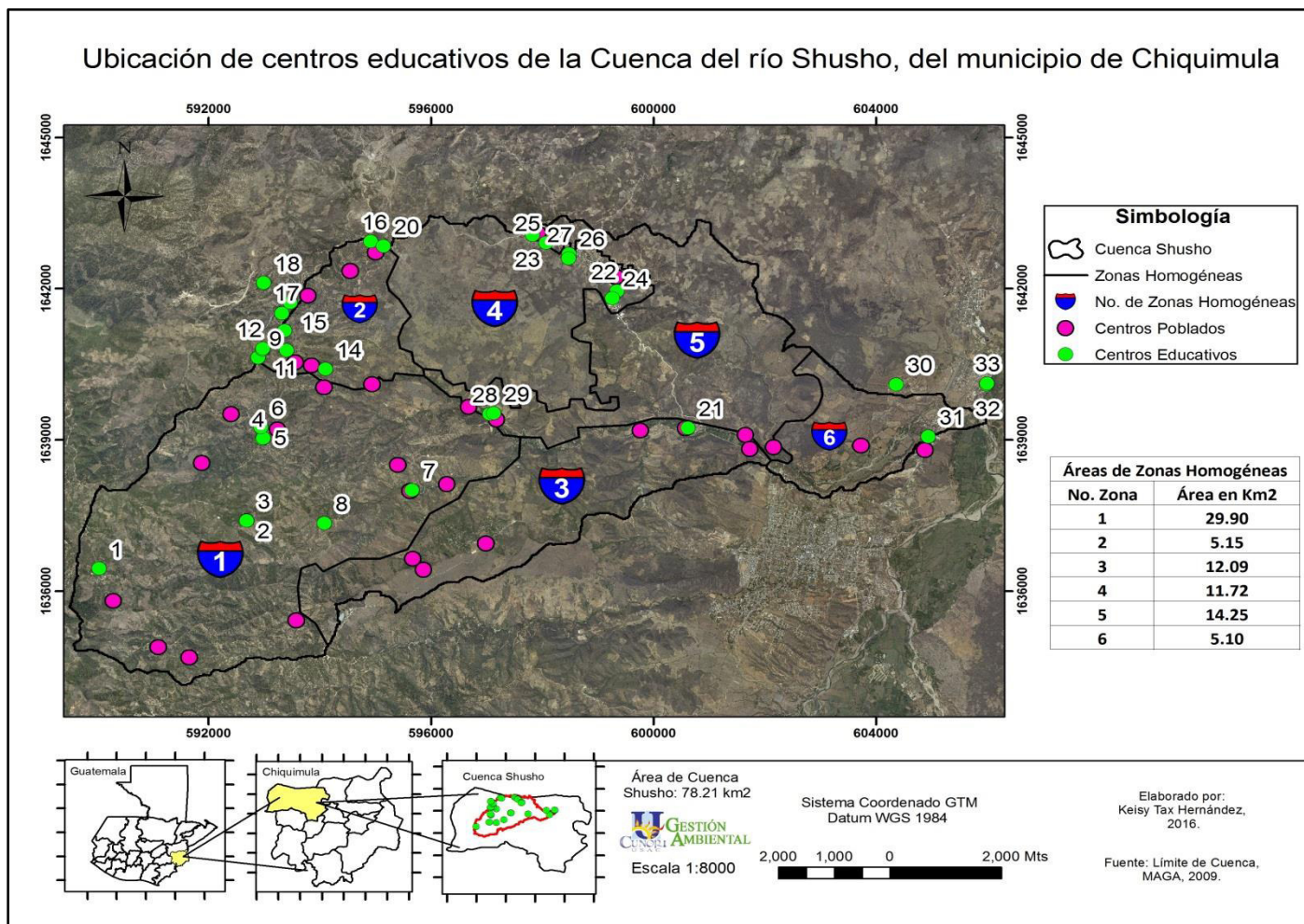
2. Los puentes “El Carrizal” y “Los Felipe” (33.33%), el ente encargado de darles mantenimiento es la Municipalidad de Chiquimula. Y los puentes “Shusho Arriba”, “Shusho”, “río Shusho”, “río Petapilla” (66.67%), el ente encargado de darles mantenimiento es COVIAL, a través de un contrato que se celebra con el Ministerio de Comunicaciones.

9.2.2 Análisis de la vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones

De acuerdo al listado brindado por la Dirección Departamental de Educación, el total de centros educativos de interés para el desarrollo de la presente investigación suman un total de 60, en el que se incluyen nivel primario (Escuela Oficial Rural Mixta -EORM-), párvulos (Escuela Oficial De Párvulos -EODP-) y básicos (Instituto Nacional de Educación Básica de Telesecundaria -INEB-).

De los cuales se muestrearon 33, distribuidos en zona homogénea 1 (8), zona homogénea 2 (12), zona homogénea 3 (1), zona homogénea 4 (6), zona homogénea 5 (2) y zona homogénea 6 (4) (Figura 8 y Cuadro 37).

Figura 8. Ubicación de los centros educativos evaluados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 37. Listado de los centros educativos evaluados de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

No.	Zona homogénea	Nombre del centro educativo	Coordenadas en X	Coordenadas en Y
1	1	EORM, aldea Plan del Guineo	590051	1636449
2		EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal	592687	1637403
3		EODP anexa a EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal	592684	1637404
4		EORM, aldea El Carrizal	592960	1639017
5		EORM, aldea El Carrizal	592988	1639048
6		EODP anexa a EORM, aldea El Carrizal	592587	1639303
7		EORM, caserío El Chucte, aldea Guior	595662	1638002
8		EORM, caserío El Cerrón, aldea Guior	594083	1637346
9	2	EORM, caserío El Limón II, aldea El Palmar	590634	1638636
10		EORM, caserío El Mojón, aldea El Palmar	591958	1639902
11		EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar	592972	1640806
12		EODP anexa a EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar	592973	1640810
13		EORM, caserío El Morral, aldea El Palmar	593409	1640769
14		EORM, caserío Los Felipe, aldea El Palmar	593963	1640070
15		INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar	593458	1641727
16		EORM, aldea El Conacaste	594908	1642946
17		EORM, caserío Guayabillas, aldea El Palmar	592981	1642100
18		EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar	592983	1642114
19		EORM (Jornada Matutina), aldea El Palmar	593295	1641503
20		EODP, aldea El Conacaste	595141	1642859
21	3	EORM "Elías Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Arriba	600616	1639249
22	4	EORM "Héctor Manuel Vásquez" (Jornada Vespertina), aldea Maraxcó	599355	1641961
23		EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito	597833	1643072
24		INEB de Telesecundaria, aldea Maraxcó	599250	1641798
25		EODP anexa a EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito	598054	1642926
26		EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó	598495	1642618
27		EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó	598458	1642700
28	5	EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba	597058	1639521
29		EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba	597121	1639539
30	6	EORM "AMISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla	604373	1640124
31		EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla	604964	1639065
32		EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla	605998	1640116
33		EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla	606002	1640131

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Los componentes evaluados de la infraestructura de los centros educativos fueron 6: paredes/muros, piso, techo, material de soporte del techo, ventanas y puertas (Anexos 23 y 24).

Se realizó la clasificación para la vulnerabilidad de acuerdo al total de los componentes evaluados de la infraestructura de los centros educativos por zona homogénea: “Vulnerabilidad Alta”, para los que se encuentran dentro del rango de 66% – 100%; “Vulnerabilidad Media”, para los que se encuentran entre 31% – 65% y “Vulnerabilidad Baja”, para los que están entre el rango de 0% – 30%.

Cuadro 38. Vulnerabilidad de la infraestructura, de acuerdo a los componentes evaluados de los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

No.	Zona homogénea	Nombre del centro educativo	Componentes evaluados												Cantidad de componentes con daño	Nivel del daño (Promedio del 100%)	Clasificación del nivel del daño
			Paredes / Muros		Piso		Techo		Soporte del techo		Ventanas		Puertas				
			Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No			
1	1	EORM, aldea Plan del Guineo		1		1	1		1		1		1		4	66.67	Alto
2		EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
3		EODP anexa a EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal		1	1		1		1		1			1	4	66.67	Alto
4		EORM, aldea El Carrizal		1	1		1		1		1			1	4	66.67	Alto
5		EORM, aldea El Carrizal		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
6		EODP anexa a EORM, aldea El Carrizal		1	1			1	1		1		1		4	66.67	Alto
7		EORM, caserío El Chucte, aldea Guior		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
8		EORM, caserío El Cerrón, aldea Guior		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
9	2	EORM, caserío El Limón II, aldea El Palmar		1	1		1		1			1		1	3	50.00	Medio
10		EORM, caserío El Mojón, aldea El Palmar		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
11		EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar		1	1		1			1		1	1		3	50.00	Medio
12		EODP anexa a EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar	1			1	1			1		1	1		3	50.00	Medio
13		EORM, caserío El Morral, aldea El Palmar		1		1	1		1		1		1		4	66.67	Alto
14		EORM, caserío Los Felipe, aldea El Palmar		1		1	1		1		1		1		4	66.67	Alto
15		INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
16		EORM, aldea El Conacaste		1	1		1			1	1		1		4	66.67	Alto
17		EORM, caserío Guayabillas, aldea. El Palmar		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
18		EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar	1		1		1		1			1		1	4	66.67	Alto
19		EORM (Jornada Matutina), aldea El Palmar		1	1		1		1			1	1		4	66.67	Alto
20		EODP, aldea El Conacaste	1		1		1			1		1	1		4	66.67	Alto

Continuación Cuadro 38

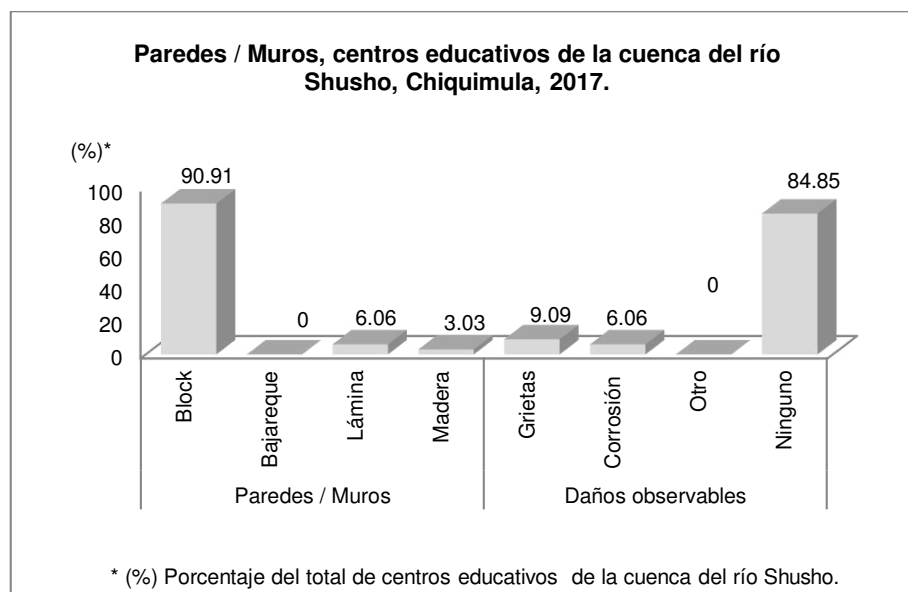
No.	Zona homogénea	Nombre del centro educativo	Componentes evaluados												Cantidad de componentes con daño	Nivel del daño (Promedio del 100%)	Clasificación del nivel del daño
			Paredes / Muros		Piso		Techo		Soporte del techo		Ventanas		Puertas				
Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No				
21	3	EORM "Elías Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Arriba		1		1	1		1			1	1		3	50.00	Medio
22	4	EORM "Héctor Manuel Vásquez" (Jornada Vespertina), aldea Maraxcó		1	1		1			1		1		1	2	33.33	Medio
23		EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
24		INEB de Telesecundaria, aldea Maraxcó		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
25		EODP anexa a EORM, aldea El Pinalito		1	1			1		1		1	1		2	33.33	Medio
26		EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
27		EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó		1	1		1		1		1		1		5	83.33	Alto
28	5	EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba		1		1	1		1		1		1		4	66.67	Alto
29		EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba		1		1	1		1		1		1		4	66.67	Alto
30	6	EORM "AMISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla		1		1	1		1			1	1		3	50.00	Medio
31		EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla		1		1	1		1			1		1	2	33.33	Medio
32		EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla		1		1		1		1	1			1	1	16.67	Bajo
33		EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla		1		1	1			1		1		1	1	16.67	Bajo

Fuente: Elaboración propia, 2017.

De acuerdo a la información anterior, 23 centros educativos se encuentran en el rango de “Vulnerabilidad Alta” en cuanto a los componentes evaluados de la infraestructura, 8 centros educativos se encuentran en el rango de “Vulnerabilidad Media” y 2 se encuentran en el rango de “Vulnerabilidad Baja”.

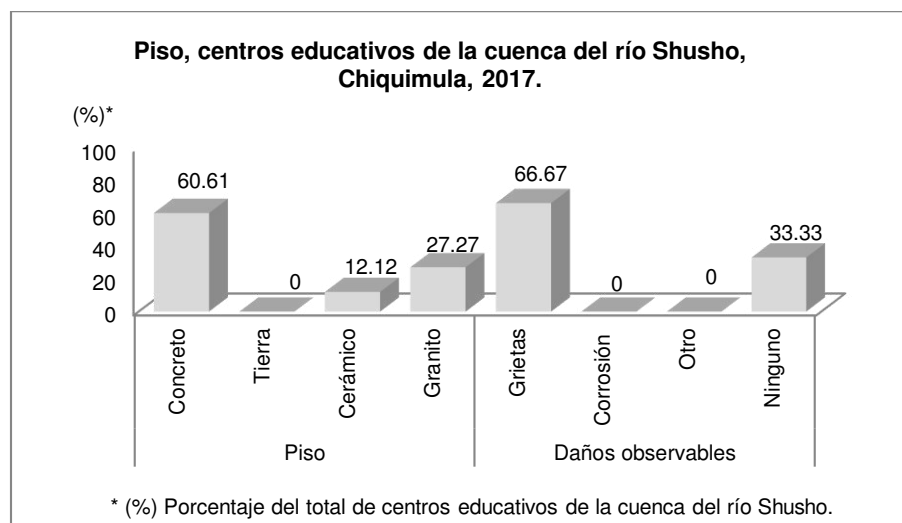
Los resultados obtenidos de la evaluación de los materiales de construcción y daños observables en los componentes se muestran en las gráficas 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Gráfica 2. Materiales de construcción y daños observables: Paredes/Muros, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



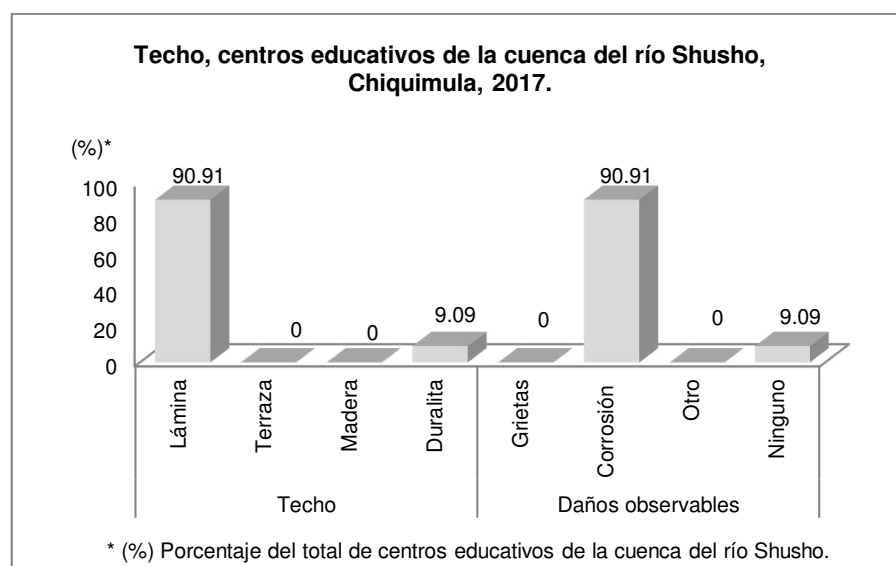
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfica 3. Materiales de construcción y daños observables: Piso, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



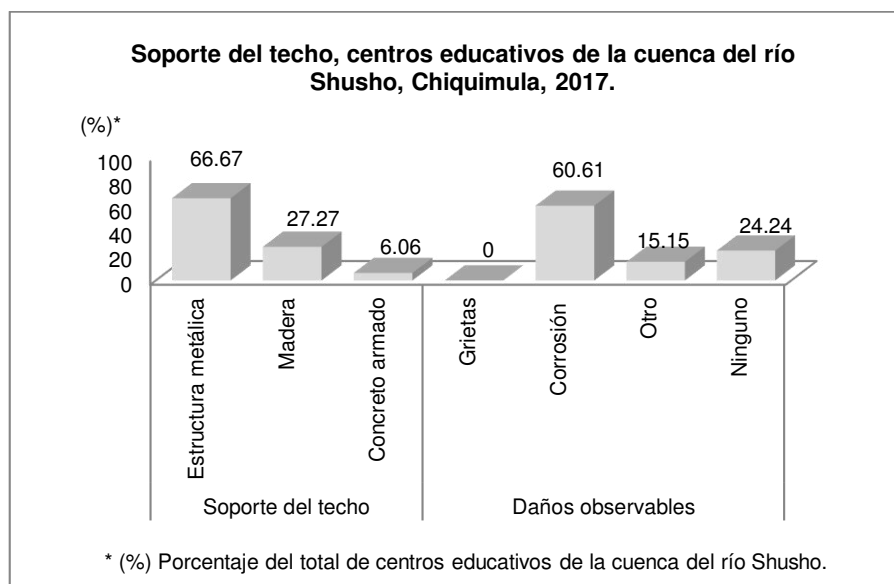
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfica 4. Materiales de construcción y daños observables: Techo, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



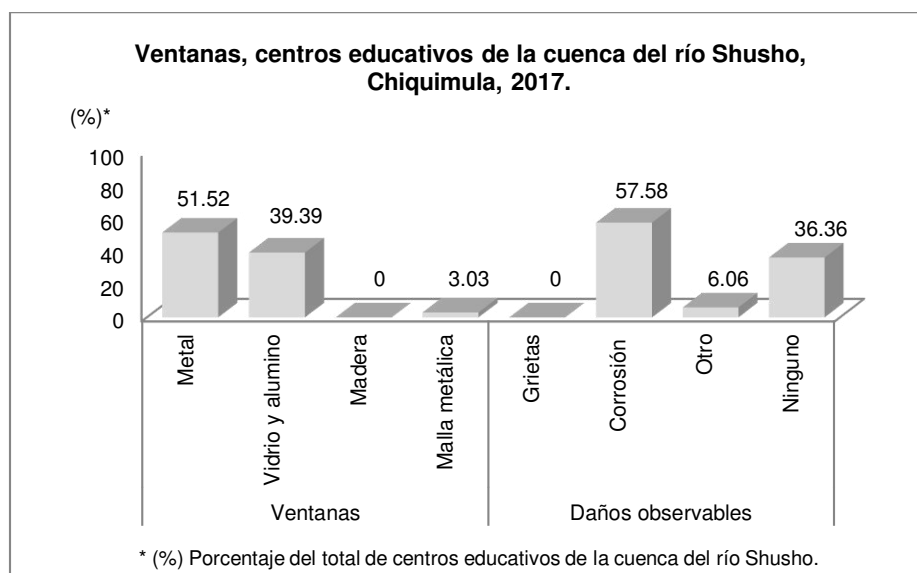
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfica 5. Materiales de construcción y daños observables: Soporte del techo, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



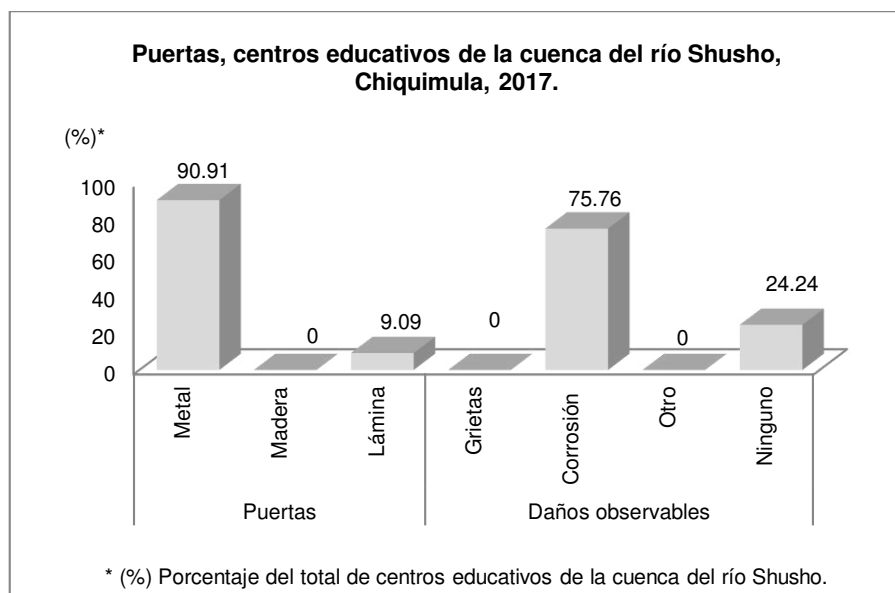
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfica 6. Materiales de construcción y daños observables: Ventanas, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfica 7. Materiales de construcción y daños observables: Puertas, centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

De acuerdo con los resultados mostrados en las gráficas, los principales daños observables se encuentran en:

1. Los techos de los centros educativos debido a la corrosión (90.91%), ya que el 90.91% tienen techo de lámina.
2. En las puertas por la corrosión (75.76%) de igual manera, debido a que tienen puertas de metal (90.91%).
3. En los pisos se debe a las grietas (66.67%), ya que son de concreto (60.61%).

Otros aspectos que se evaluaron fueron los cuerpos de agua próximos a los centros educativos y la distancia que hay entre ambos; también se evaluó si en los centros educativos hay acumulación de agua o humedad y su ubicación (Cuadros 39 y 40).

Cuadro 39. Existencia de cuerpos de agua próximos a los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Existencia de cuerpos de agua		Distancia entre el cuerpo de agua y el centro educativo			
	Si (%)	No (%)	0 Mts.	0 - 500 Mts.	500 - 1000 Mts.	> 1000 Mts.
1	62.50%	37.50%	--	37.50%	--	25%
2	33.33%	66.67%	--	16.67%	8.33%	41.67%
3	100%	--	--	--	100%	--
4	66.67%	33.33%	16.70%	16.70%	16.70%	--
5	50%	50%	--	100%	--	--
6	--	100%	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 40. Acumulación de agua o humedad en los centros educativos, de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Acumulación de agua o humedad en el centro educativo		Ubicación de la acumulación del agua o humedad en el centro educativo						
	Si (%)	No (%)	Aulas	Cocina	Patio	Baños	Cancha	Corredores	Muro perimetral
1	62.50%	37.50%	--	--	12.50%	25%	--	25%	--
2	66.67%	33.33%	8.33%	--	8.33%	--	--	8.33%	8.33%
3	100%	--	--	--	--	--	--	--	--
4	50%	50%	--	--	33.33%	--	--	--	33.33%
5	100%	--	--	--	--	50%	--	--	--
6	--	100%	--	--	--	--	25%	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En los cuadros 41, 42, 43 y 44 se muestran datos con relación a la topografía del predio en donde están ubicados los centros educativos dentro de la cuenca del río Shusho.

Cuadro 41. Topografía del predio de los centros educativos (Parte de enfrente), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Parte de enfrente								
	Talud	Barranco	Área recreativa	Vivienda	Terreno baldío	Puesto de salud	Cultivo / siembra	Camino / carretera	Otro
1				2				6	
2		1						11	
3								1	
4								6	
5								2	
6								4	
Total	0	1	0	2	0	0	0	30	0

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 42. Topografía del predio de los centros educativos (Parte de atrás), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Parte de atrás								
	Talud	Barranco	Área recreativa	Vivienda	Terreno baldío	Puesto de salud	Cultivo / siembra	Camino / carretera	Otro
1	2	1		4	1				
2		2		6	2		1		1 (Iglesia)
3									1 (Finca)
4				3	2		1		
5				2					
6				1	1			2	
Total	2	3	0	16	6	0	2	2	2

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 43. Topografía del predio de los centros educativos (Lado izquierdo), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Lado izquierdo								
	Talud	Barranco	Área recreativa	Vivienda	Terreno baldío	Puesto de salud	Cultivo / siembra	Camino / carretera	Otro
1		1		2	2		1	2	
2	1	2		6				3	
3				1					
4				2	2			2	
5	1							1	
6								4	
Total	2	3	0	11	4	0	1	12	0

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cuadro 44. Topografía del predio de los centros educativos (Lado derecho), de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Lado derecho								
	Talud	Barranco	Área recreativa	Vivienda	Terreno baldío	Puesto de salud	Cultivo / siembra	Camino / carretera	Otro
1	1			4				3	
2	2			6	1			2	1 (Iglesia)
3				1					
4				5	1				
5								2	
6				3	1				
Total	3	0	0	19	3	0	0	7	1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

De acuerdo a la metodología “ISDI” y toda la información levantada en campo, se muestran los resultados de acuerdo a la vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones

Cuadro 45. Resultado de la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones de los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zona homogénea	Centros educativos	Deslizamientos		Inundaciones	
		Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad	Índice de Susceptibilidad	Clasificación de Susceptibilidad
1	EORM, aldea Plan del Guineo; EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EORM, aldea El Carrizal; EORM, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, aldea El Carrizal; EORM, caserío El Chucte, aldea Guior; EORM, caserío El Cerrón, aldea Guior.	80.00%	Susceptibilidad Alta	66.67%	Susceptibilidad Alta
2	EORM, caserío El Limón II, aldea El Palmar; EORM, caserío El Mojón, aldea El Palmar; EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EODP anexa a EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EORM, caserío El Morral, aldea El Palmar; EORM, caserío Los Felipe, aldea El Palmar; INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar; EORM, aldea El Conacaste; EORM, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EORM (Jornada Matutina), aldea El Palmar; EODP, aldea El Conacaste.	53.33%	Susceptibilidad Media	81.48%	Susceptibilidad Alta
3	EORM "Elías Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Arriba.	66.67%	Susceptibilidad Alta	74.04%	Susceptibilidad Alta
4	EORM "Héctor Manuel Vásquez" (Jornada Vespertina), aldea Maraxcó; EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito; INEB de Telesecundaria, aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito, EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó.	50.00%	Susceptibilidad Media	85.19%	Susceptibilidad Alta
5	EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba; EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba.	76.67%	Susceptibilidad Alta	62.96%	Susceptibilidad Media
6	EORM "AMISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla; EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla; EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla; EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla.	80.00%	Susceptibilidad Alta	74.07%	Susceptibilidad Alta

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Los centros educativos de las zonas homogéneas 1, 3 y 6 se encuentran dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Alta” para deslizamientos y para inundaciones; los centros educativos de las zonas homogéneas 2 y 4 presentan una clasificación de “Susceptibilidad Media” para deslizamientos y una “Susceptibilidad Alta” para inundaciones; por el contrario los centros educativos de la zona homogénea 5 se encuentran dentro de la clasificación de “Susceptibilidad Alta” para deslizamientos y “Susceptibilidad Media” para inundaciones.

- Condiciones generales de los centros educativos:
 1. De los 33 centros educativos que se evaluaron, 7 (21.21%), de ellos están cercanos a un talud, de los cuales 3 están ubicados en la zona homogénea 1, específicamente en los centros educativos: EORM Caserío El Chucte, EORM Caserío El Cerrón y EORM Aldea Plan del Guineo; 3 están ubicados en la zona homogénea 2, en los centros educativos: EORM Caserío El Limón II, EORM Caserío Guayabillas y EODP Caserío Guayabillas; y 1 se encuentra en la zona homogénea 5, en la EODP anexa a EORM “Lucas Antonio Cuevas”.
 2. Los 7 taludes, tienen revestimiento de material vegetativo, pero solo 1 (3.03%), que está ubicado en la zona homogénea 5, se le da mantenimiento al revestimiento del talud de 2 – 3 veces al año. Los 7 taludes, tienen una largo entre el rango de 0 – 50 Mts., y un alto entre el rango de 0 – 25 Mts.

9.3 Determinación del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Shusho

El análisis combinado del Índice de Susceptibilidad según “ISDI”, así como, de la vulnerabilidad de acuerdo a la boleta de campo, dieron los resultados siguientes.

Cuadro 46. Resultado del análisis combinado de la susceptibilidad según “ISDI” y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Vulnerabilidad	Alta (66 – 100%)	Susceptibilidad	
		Alta (66 – 100%)	Media (31 – 65%)
		EORM, aldea Plan del Guineo; EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EORM, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, aldea El Carrizal; EORM, caserío El Chucte, aldea Guior; EORM, caserío El Cerrón, aldea Guior; EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba; EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba. 10 de 33 centros educativos evaluados.	EORM, caserío El Mojón, aldea El Palmar; EORM caserío El Morral, aldea El Palmar; EORM, caserío Los Felipe, aldea El Palmar; INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar; EORM, aldea El Conacaste; EORM, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EORM (Jornada Matutina), aldea El Palmar; EODP, aldea El Conacaste; EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito; INEB de Telesecundaria, aldea Maraxcó; EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó. 13 de 33 centros educativos evaluados.
	Media (31 – 65%)	EORM "Elías Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Arriba; EORM "AMISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla; EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla. 3 de 33 centros educativos evaluados.	EORM, caserío El Limón II, aldea El Palmar; EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EODP anexa a EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EORM "Héctor Manuel Vásquez" (Jornada Vespertina), aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito. 5 de 33 centros educativos evaluados.
Baja (0 – 30%)		EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla; EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla. 2 de 33 centros educativos evaluados.	---

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cuadro 48. Resultado del análisis combinado de la susceptibilidad según “ISDI” y vulnerabilidad de los centros educativos a inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Vulnerabilidad		Susceptibilidad	
		Alta (66 – 100%)	Media (31 – 65%)
	Alta (66 – 100%)	EORM, aldea Plan del Guineo; EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, caserío Roble Amarillo, aldea El Carrizal; EORM, aldea El Carrizal; EORM, aldea El Carrizal; EODP anexa a EORM, aldea El Carrizal; EORM, caserío El Chucte, aldea Guior; EORM, caserío El Cerrón, aldea Guior; EORM, caserío El Mojón, aldea El Palmar; EORM caserío El Morral, aldea El Palmar; EORM, caserío Los Felipe, aldea El Palmar; INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar; EORM, aldea El Conacaste; EORM, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar; EORM (Jornada Matutina), aldea El Palmar; EODP, aldea El Conacaste; EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito; INEB de Telesecundaria, aldea Maraxcó; EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maraxcó. 21 de 33 centros educativos evaluados.	EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba; EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Arriba. 2 de 33 centros educativos evaluados.
	Media (31 – 65%)	EORM, caserío El Limón II, aldea El Palmar; EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EODP anexa a EORM, caserío El Nanzal, aldea El Palmar; EORM "Héctor Manuel Vásquez" (Jornada Vespertina), aldea Maraxcó; EODP anexa a EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito; EORM "Elías Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Arriba; EORM "AMISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla; EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla. 8 de 33 centros educativos evaluados.	---
	Baja (0 – 30%)	EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla; EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla. 2 de 33 centros educativos evaluados.	---

Fuente: Elaboración propia, 2017.

De los 60 centros educativos de la cuenca del río Shusho, se muestrearon 33, y conforme al análisis de la vulnerabilidad física de estos se pudo determinar:

- 18 (30.33%) de 60 centros educativos se encuentran dentro de la susceptibilidad alta en relación a la vulnerabilidad alta; 24 (39.39%), se encuentran dentro de la vulnerabilidad alta en relación a la susceptibilidad media; 5 (9.09%), en la vulnerabilidad media y alta en susceptibilidad; 9 (15.15%), dentro de la susceptibilidad como en vulnerabilidad media y 4 (6.06%), se encuentran dentro de vulnerabilidad baja y alta en susceptibilidad a deslizamientos.
- 38 (63.63%), de 60 centros educativos se encuentran dentro de la susceptibilidad alta en relación a la vulnerabilidad alta; 4 (6.06%), se encuentran dentro de la vulnerabilidad alta en relación a la susceptibilidad media; 14 (24.24%), en la vulnerabilidad media y alta en susceptibilidad y 4 (6.06%), se encuentran dentro de la clasificación baja en vulnerabilidad y alta en susceptibilidad a inundaciones.

CONCLUSIONES

1. Con base al estudio realizado en la cuenca del río Shusho, se identificaron 6 zonas homogéneas, de las cuales las zonas homogéneas 1 y 6 presentaron la susceptibilidad más alta a deslizamientos con un índice del 80.00% y la zona homogénea 5 es la que presentó la menor susceptibilidad a inundaciones con un índice del 62.96%.
2. La zona homogénea 5, es la que presenta una menor susceptibilidad, encontrándose en la clasificación de “Susceptibilidad Media” a inundaciones, de acuerdo a la metodología “ISDI” y del mapeo sistemático, con un índice del 62.96%, los centros poblados que se encuentran dentro de esta zona homogénea son: Sabanetas, Shusho Arriba y El Paso de Los Menéndez.
3. En relación a susceptibilidades combinadas, la zona homogénea 6 presentó mayor vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres, debido a que posee alta susceptibilidad a deslizamientos y alta susceptibilidad a inundaciones y la zona homogénea 2, es la que presentó menor vulnerabilidad, debido a que mostró una media susceptibilidad a deslizamientos y una alta susceptibilidad a inundaciones.
4. De acuerdo a la información obtenida en la presente investigación el camino rural comprendido entre la aldea Pinalon y caserío Shusho En Medio, es el que presentó mayor vulnerabilidad a deslizamientos en relación a su infraestructura y el camino rural menos vulnerable fue el comprendido entre la aldea Petapilla y Centro Comercial Pradera.
5. En la cuenca del río Shusho, se encontró un total de 6 puentes de los cuales 5 de ellos presentaron una alta vulnerabilidad en su infraestructura a deslizamientos, siendo puente Shusho, puente Shusho Arriba, puente Los Felipe, puente río Petapilla y puente río Shusho y el restante presentó una vulnerabilidad media siendo este el puente El Carrizal.

6. Los centros educativos ubicados en las zonas homogéneas 1, 3 y 6 presentaron una vulnerabilidad alta en su infraestructura a deslizamientos e inundaciones; ubicándose en los centros poblados, aldea Plan del Guineo; aldea El Carrizal; aldea Guior; caserío Shusho En Medio y aldea Petapilla; mientras que los centros educativos de las zonas homogéneas 2 y 4, presentan una vulnerabilidad media a deslizamientos y vulnerabilidad alta a inundaciones; ubicándose en los centros poblados, aldea El Palmar; aldea Maraxcó y aldea El Pinalito; mientras los centros educativos de la zona homogénea 5 presentan una vulnerabilidad alta a deslizamientos y vulnerabilidad media a inundaciones; ubicándose en la aldea Shusho Arriba.
7. Con base a la determinación del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos resultó que 18 (30.33%), presentaron una vulnerabilidad alta a deslizamientos; 38 (63.63%), presentaron vulnerabilidad Media y 4 (6.06%) se presentaron vulnerabilidad baja para deslizamientos; mientras que 38 (63.63%), mostraron una vulnerabilidad alta; 18 (30.30%), una vulnerabilidad media y 4 (6.06%), presentaron vulnerabilidad baja para inundaciones.

RECOMENDACIONES

1. Implementar sistemas de alerta temprana dentro de las zonas homogéneas con mayor vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones, para la prevención de desastres naturales dentro de la cuenca del río Shusho.
2. Se recomienda a la Unidad de Conservación Vial – COVIAL – realizar 2 mantenimientos al año, uno en época de verano y otra en época de invierno, a los caminos rurales de la cuenca del río Shusho para que éstos sean transitables y por su parte el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN – a través de la gobernación departamental, organizar a los actores locales y comunales para la siembra de árboles en los taludes muy pronunciados para evitar deslizamientos, asimismo velar por el manejo adecuado de los desechos sólidos, con el objetivo de evitar acumulación de basura, especialmente en los cabezales de las tuberías transversales.
3. Se recomienda a la Unidad de Conservación Vial – COVIAL – realizar una evaluación en todas las infraestructuras de los 6 puentes que se encuentran dentro de la cuenca del río Shusho con el objeto de realizar todas aquellas reparaciones necesarias en cada una de las mismas; además, realizar los drogados correspondientes producto de los deslizamientos de taludes, evitando de esta manera un posible colapso de un puente.
4. Se recomienda a la Dirección Departamental de Educación del departamento de Chiquimula, realizar el mantenimiento de los centros educativos, construidos dentro de la cuenca del río Shusho. Por otro lado, es importante considerar que los centros educativos que se encuentran en alta susceptibilidad a deslizamientos, hacer las predicciones correspondientes en cuanto a construcción de muros de contención y reforestación de los taludes; en el caso de los centros educativos que se encuentran en alta susceptibilidad a inundaciones construir canales de desfogue de aguas pluviales y tomar las precauciones necesarias en época de lluvia.

5. Realizar estudios para determinar la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones de las viviendas en los centros poblados que se encuentran dentro de las zonas homogéneas con mayor susceptibilidad.
6. Socializar la información generada con los diferentes actores que intervienen dentro de la cuenca del río Shusho.

BIBLIOGRAFÍA

- Bañón Blázquez, L; Beviá García, JF. 2000. Manual de carreteras (en línea). Valencia, España, Universidad de Alicante. v. 1, 409 p. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1788/1/MC_Tomo_1.pdf
- Buch, M; Turcios, M, comp. 2003. Vulnerabilidad socio ambiental: aplicaciones para Guatemala (en línea). Guatemala, IARNA-URL. 23 p. Consultado 03 sep. 2015. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/9.pdf>
- Cardona A, OD; Hurtado Gómez, JE; Chardon, AC; Duque Escobar, G; Velásquez Barrero, LS; Moreno Rivas, AM; Prieto Ramírez, SD. 2003. La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres: marco conceptual para su gestión integral (en línea). Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, IDEA. 41 p. Consultado 16 sep. 2015. Disponible en: <http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/01%20Marco%20Conceptual%20BID-IDEA%20Fase%20I.pdf>
- Cerón Elías, VC. 2015. Línea base para la determinación de la presencia de arsénico en el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula, municipio, departamento de Chiquimula, Guatemala 2015. Seminario I Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI, Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local. 50 p.
- CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guatemala). s.f. Marco conceptual de la gestión del riesgo. Guatemala. 45 diapositivas.
- De Matteis, AF; Angelone, S; Garibay, MT. 2003. Geología y geotecnia: estabilidad de taludes (en línea). Rosario, Santa Fe, Argentina, Universidad Nacional de Rosario. 42 p. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

- Díaz Valdés, FA. 2013. Aproximación y coincidencia entre la metodología ISDI y el mapeo participativo: parámetros cartográficos de susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Tacó, municipio de Chiquimula. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI, Carrera Ingeniería en Administración de Tierras. 90 p.
- García Álvarez, MG. 2009. Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las cuencas de los ríos Taco y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI, Carrera de Agronomía. 117 p. Consultado 19 ago. 2015. Disponible en: http://cunori.edu.gt/descargas/Determinacion_Zonas_de_Recarga_hdrica_Tac_y_Shusho_2009.pdf
- Keller, G; Sherar, J. 2004. Ingeniería de caminos rurales: guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales (en línea). México, SCT; IMT; Forest Service. 258 p. Consultado 13 dic. 2016. Disponible en: <http://zietlow.com/docs/ingenieria%20de%20caminos%20rurales.pdf>
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2009. Mapa de cuencas hidrográficas a escala 1:50,000, república de Guatemala método de Pfafstetter (primera aproximación): memoria técnica y descripción de resultados (en línea). Guatemala, UPGGR. 63 p. Consultado 23 abr. 2017. Disponible en: http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/memoria_cuencas_50000.pdf
- Moreno Arriaga, JN. 2008. Instituto en educación básica y diversificado, con orientación ocupacional, para el municipio de Los Amates, departamento de Izabal (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Carrera de Arquitectura. 168 p. Consultado 25 abr. 2017. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2056.pdf

- Recinos Ayala, SL. 2015. Línea base de gestión comunitaria del agua y saneamiento en el área rural del departamento de Chiquimula, 2015. Seminario I Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI, Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local. 73 p.
- Reyes López, El. 2015. Identificación de manera participativa de riesgos ambientales en finca El Cascajal, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, 2013. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI, Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local. 112 p.
- Rodas Arzet, AM. 2010. Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua de pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 70 p.
- SE-CONRED (Secretaria Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guatemala). 2012. La vulnerabilidad asociada a los desastres: un marco conceptual para Guatemala. Guatemala. 15 p.
- Villarino Otero, A. 2010. Breve resumen de la ingeniería civil (en línea). Ávila, España, USAL. 282 p. Consultado 12 dic. 2016. Disponible en: <https://erods.files.wordpress.com/2012/03/breve-resumen-de-la-ingenieria-civil.pdf>
- Zepeda Gonzales, AF. 2011. Diseño y aplicación de metodología para la determinación de un índice de susceptibilidad a deslizamientos, inundaciones y sequías (en línea). Siguatepeque, Honduras, CONIFOP. Disponible en: http://siguatepeque.org/sinfor_imag/4_dam.ppt



ANEXOS

Anexo 1. Boleta de campo. Caminos rurales.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



BOLETA DE CAMPO PARA EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

Fecha: _____

1. Nombre del centro poblado:

2. Categoría:

Aldea ☐ Caserío ☐

3. Tipo de camino rural:

Asfalto ☐ Concreto ☐ Adoquinado ☐
Terracería ☐ Otro ☐ _____

4. Nivel de daño del camino rural:

Alto ☐ Medio ☐ Bajo ☐

5. Razones por las que se encuentra dañado el camino rural:

Lluvias ☐ Falta de mantenimiento ☐
Carga vehicular ☐ Otros ☐ _____

Continuación Anexo 1

6. Tipo de cunetas:

Revestidas ☐ No revestidas ☐

7. Tuberías transversales, incluidas en el camino rural:

No.	Coordenadas		Diámetro			Estado		
	X	Y	10 - 20"	20 - 30"	30 - 40"	No obstruidas	Obstruidas parcialmente	Obstruidas totalmente
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Continuación Anexo 1

8. Ubicación de deslizamientos, debido a taludes:

No.	Ubicación		Se encuentra revestido el talud		Tipo de revestimiento del talud				Se le da mantenimiento al revestimiento del talud		Cada cuánto se le da mantenimiento al revestimiento del talud (al año)			
	X	Y	Si	No	Concreto	Electromalla	Material vegetativo	Otro	Si	No	1 - 2 veces	2 - 3 veces	3 - 4 veces	Más de 4 veces
1														
2														
3														
4														
5														

Continuación cuadro 8

Longitud de la zona afectada				Frecuencia con que ocurre (en un año)			Se le da mantenimiento a la zona afectada		Cada cuánto se le da mantenimiento a la zona afectada (al año)			
0 - 10 Mts.	10 - 20 Mts.	20 - 40 Mts.	Más de 40 Mts.	1 - 3 veces	3 - 5 veces	Más de 5 veces	Si	No	1 - 2 veces	2 - 3 veces	3 - 4 veces	Más de 4 veces

9. Responsable de darle mantenimiento al camino rural:

COVIAL	☐	COCODE	☐	Municipalidad	☐
Vecinos	☐	Otro	☐		

Observaciones:

Anexo 2. Boleta de campo. Puentes.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



BOLETA DE CAMPO PARA EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

Fecha: _____

1. Nombre del puente:

2. Coordenadas:

X	Y

3. Tipología de puentes.

a. Según el material constitutivo:

Madera	☐	Hormigón	☐
Metálico	☐	Mixto	☐

b. Según la naturaleza de la vía soportada:

De carretera	☐	De ferrocarril	☐
Puentes-canal	☐	Puentes-acueductos	☐

Continuación Anexo 2

4. Años de construido que tiene el puente:

0 - 5 años	☐	5 - 10 años	☐
10 - 20 años	☐	Más de 20 años	☐

5. Longitud del puente:

0 - 10 Mts.	☐	10 - 20 Mts.	☐	20 - 40 Mts.	☐
>40 Mts.	☐				

6. Ancho del puente:

0 - 5 Mts.	☐	5 - 10 Mts.	☐	10 - 20 Mts.	☐
>20 Mts.	☐				

7. Elementos que tiene el puente:

Tablero	☐	Apoyo inicial	☐	Apoyo medio	☐
Apoyo final	☐	Viga	☐	Estribo inicial	☐
Estribo final	☐	Pila	☐	Zapata	☐
Barandal	☐	Otro	☐	_____	

Continuación Anexo 2

Elementos del puente	Se encuentra dañado		Nivel del daño		
	Si	No	Alto	Medio	Bajo
Tablero					
Apoyo inicial					
Apoyo medio					
Apoyo final					
Viga					
Estribo inicial					
Estribo final					
Pila					
Zapata					
Barandal					
Otros, Especificar					

8. Responsable de darle mantenimiento al puente:

COVIAL ☐ COCODE ☐ Vecinos ☐
Municipalidad ☐ Otro ☐ _____

Observaciones:

Anexo 3. Boleta de campo. Centros educativos.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



BOLETA DE CAMPO PARA EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

Fecha: _____

1. Nombre del centro poblado:

2. Categoría:

Aldea ☐ Caserío ☐

3. Nombre del centro educativo:

4. Coordenadas:

X	Y

5. Jornada:

Matutina ☐ Vespertina ☐

Continuación Anexo 3

6. Años de construcción que tiene el centro educativo:

0 – 4 años ☐ 5 – 9 años ☐ 10 – 20 años ☐ > 21 años ☐

7. Materiales de construcción del centro educativo.

a. Paredes/Muros:

Block ☐ Bajareque ☐ Lámina ☐
Madera ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

b. Piso:

Concreto ☐ Tierra ☐ Cerámico ☐
Granito ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

Continuación Anexo 3

c. Techo:

Lámina ☐ Terraza ☐ Madera ☐
 Duralita ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

d. Soporte del techo:

Estructura metálica ☐ Madera ☐
 Concreto armado ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

Continuación Anexo 3

e. Ventanas:

Malla metálica ☐ Vidrio y aluminio ☐ Metal ☐
Madera ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

f. Puertas:

Metal ☐ Madera ☐
Lámina ☐ Otro ☐ _____

Daños observables	Nivel de susceptibilidad de la amenaza			
	No existe	Alto	Medio	Bajo
Grietas				
Corrosión				
Otros				
Especificar				

8. Existencia de cuerpos de agua (río, quebrada, ojo de agua, nacimiento, etc.) próximos al centro educativo:

Sí ☐ No ☐

Continuación Anexo 3

9. Distancia que hay entre el centro educativo y el cuerpo de agua:

0 Mts. ☐ 0 – 500 Mts. ☐ 500 – 1000 Mts. ☐
>1000 Mts. ☐

10. En el centro educativo hay acumulación de agua o humedad:

Sí ☐ No ☐

a. Ubicación:

Aulas	☐	Cocina	☐	Corredores	☐
Patio	☐	Baños	☐	Muro perimetral	☐
Cancha	☐	Otro	☐		

11. Topografía del predio en donde está ubicado el centro educativo:

a. Parte de enfrente (descripción):

Camino/carretera	☐	Barranco	☐	Área recreativa	☐
Cultivo/siembra	☐	Vivienda	☐	Terreno baldío	☐
Puesto de salud	☐	Talud	☐		
Otro	☐				

• Distancia al centro educativo:

0 Mts.	☐	0 – 10 Mts.	☐	10 – 20 Mts.	☐
20 – 30 Mts.	☐	30 – 40 Mts.	☐	40 – 50 Mts.	☐
>50 Mts.	☐				

Continuación Anexo 3

b. Parte de atrás (descripción):

Camino/carretera	☐	Barranco	☐	Área recreativa	☐
Cultivo/siembra	☐	Vivienda	☐	Terreno baldío	☐
Puesto de salud	☐	Talud	☐		
Otro	☐				

• Distancia al centro educativo:

0 Mts.	☐	0 – 10 Mts.	☐	10 – 20 Mts.	☐
20 – 30 Mts.	☐	30 – 40 Mts.	☐	40 – 50 Mts.	☐
>50 Mts.	☐				

c. Lado izquierdo (descripción):

Camino/carretera	☐	Barranco	☐	Área recreativa	☐
Cultivo/siembra	☐	Vivienda	☐	Terreno baldío	☐
Puesto de salud	☐	Talud	☐		
Otro	☐				

• Distancia al centro educativo:

0 Mts.	☐	0 – 10 Mts.	☐	10 – 20 Mts.	☐
20 – 30 Mts.	☐	30 – 40 Mts.	☐	40 – 50 Mts.	☐
>50 Mts.	☐				

Continuación Anexo 3

d. Lado derecho (descripción):

Camino/carretera	☐	Barranco	☐	Área recreativa	☐
Cultivo/siembra	☐	Vivienda	☐	Terreno baldío	☐
Puesto de salud	☐	Talud	☐		
Otro	☐				

e. Distancia al centro educativo:

0 Mts.	☐	0 – 10 Mts.	☐	10 – 20 Mts.	☐
20 – 30 Mts.	☐	30 – 40 Mts.	☐	40 – 50 Mts.	☐
>50 Mts.	☐				

12. En caso de la existencia de TALUDES cerca al centro educativo:

a. Se encuentra revestido el talud:

Sí ☐ No ☐

b. Tipo de revestimiento del talud:

Concreto	☐	Electromalla	☐	Material vegetativo	☐
Plástico	☐	Otro	☐		

c. Se le da mantenimiento al revestimiento del talud:

Sí ☐ No ☐

Continuación Anexo 3

d. Cada cuánto se le da mantenimiento al revestimiento del talud:

1 – 2 veces al año	☐	2 – 3 veces al año	☐
3 – 4 veces al año	☐	Más de 4 veces al año	☐

e. Largo del talud:

0 – 50 Mts.	☐	50 – 100 Mts.	☐	100 – 200 Mts.	☐
> 200 Mts.	☐				

f. Alto del talud:

0 – 25 Mts.	☐	25 – 50 Mts.	☐	50 – 75 Mts.	☐
75 – 100 Mts.	☐	> 100 Mts.	☐		

2000– 5000 Mts. ²	> 5000 Mts. ²
------------------------------	--------------------------

Observaciones:

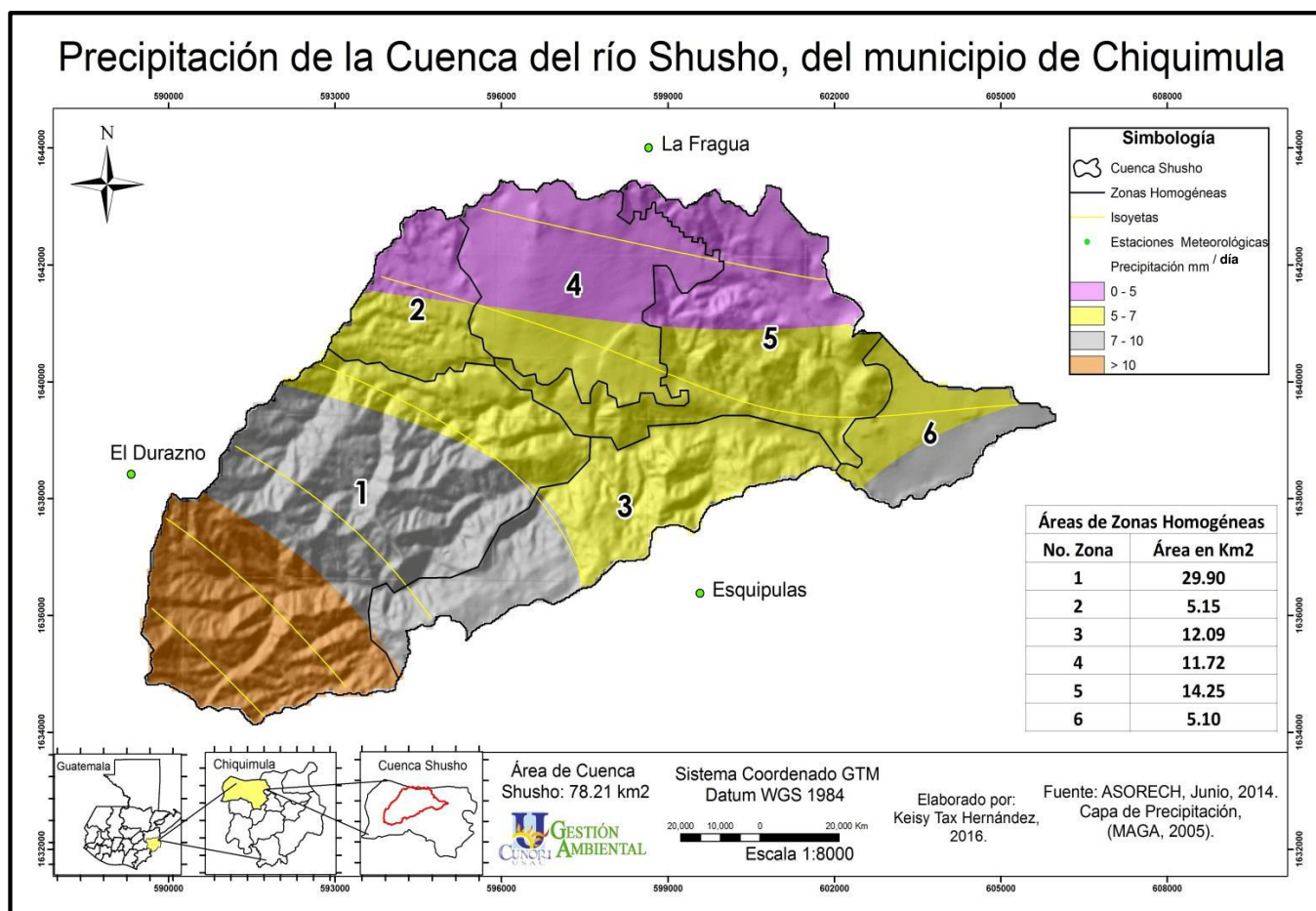
Anexo 4. Matriz para el análisis del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a deslizamientos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Vulnerabilidad	Alta (66 - 100%)	Susceptibilidad	
		Alta (66 - 100%)	Media (31 - 65%)
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 28, 29.	10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 27.
		21, 30, 31.	9, 11, 12, 22, 25.
Vulnerabilidad	Media (31 - 65%)	21, 30, 31.	9, 11, 12, 22, 25.
	Baja (0 - 30%)	32, 33.	

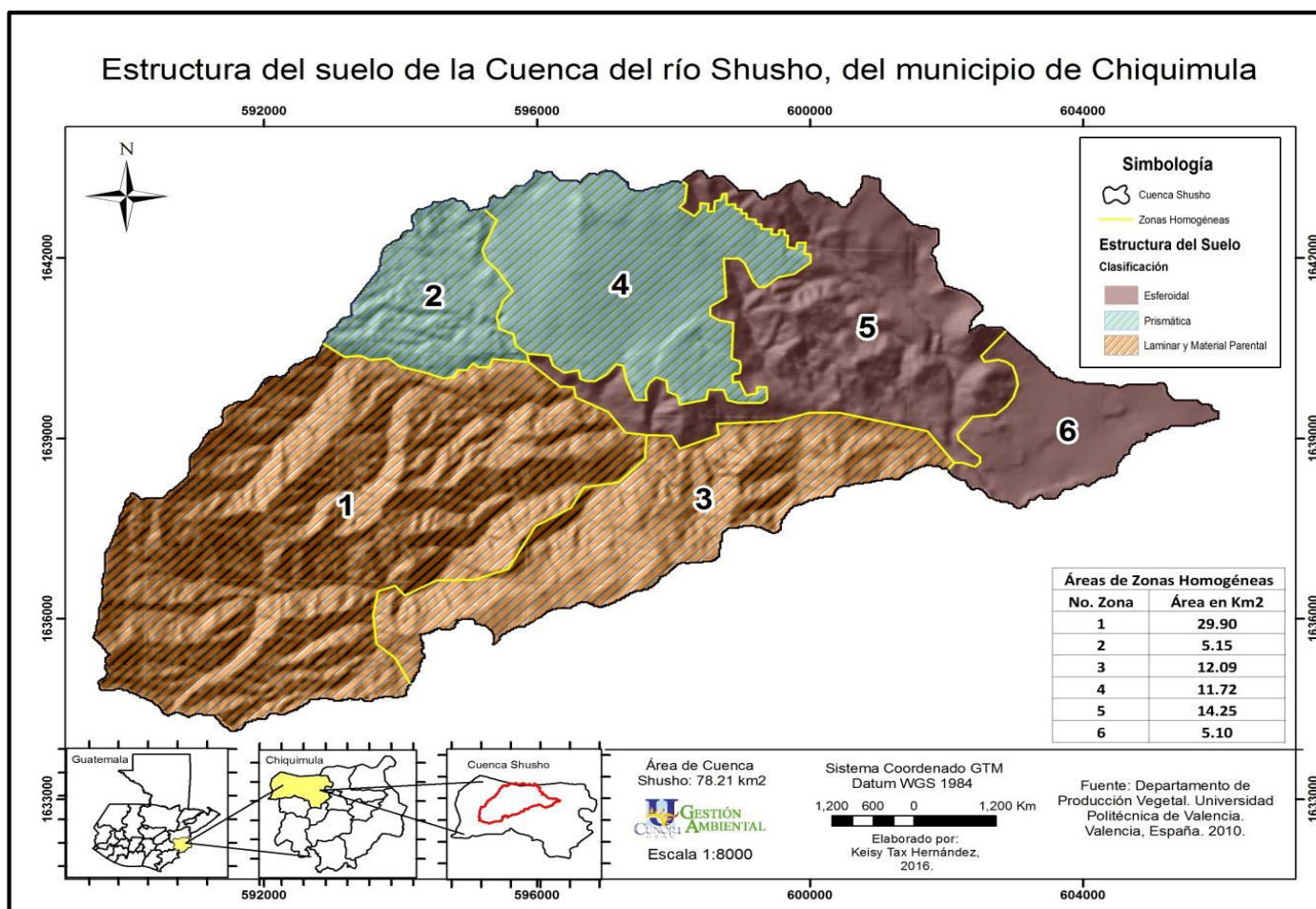
Anexo 5. Matriz para el análisis del grado de susceptibilidad y vulnerabilidad de los centros educativos a inundaciones de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Vulnerabilidad	Alta (66 - 100%)	Susceptibilidad	
		Alta (66 - 100%)	Media (31 - 65%)
		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 27.	28, 29.
		9, 11, 12, 21, 22, 25, 30, 31.	
Vulnerabilidad	Media (31 - 65%)	9, 11, 12, 21, 22, 25, 30, 31.	
	Baja (0 - 30%)	32, 33.	

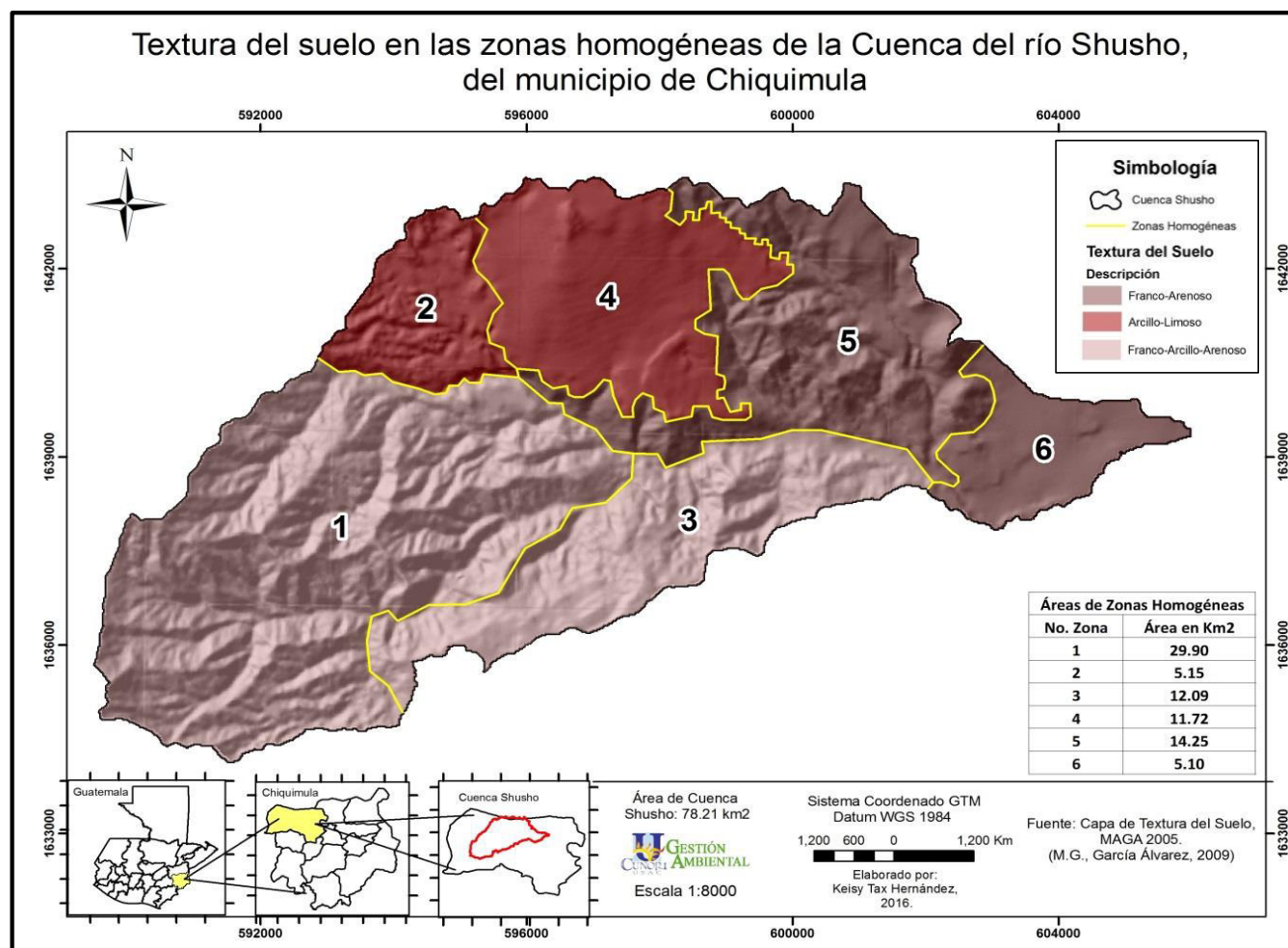
Anexo 6. Mapa de precipitación de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



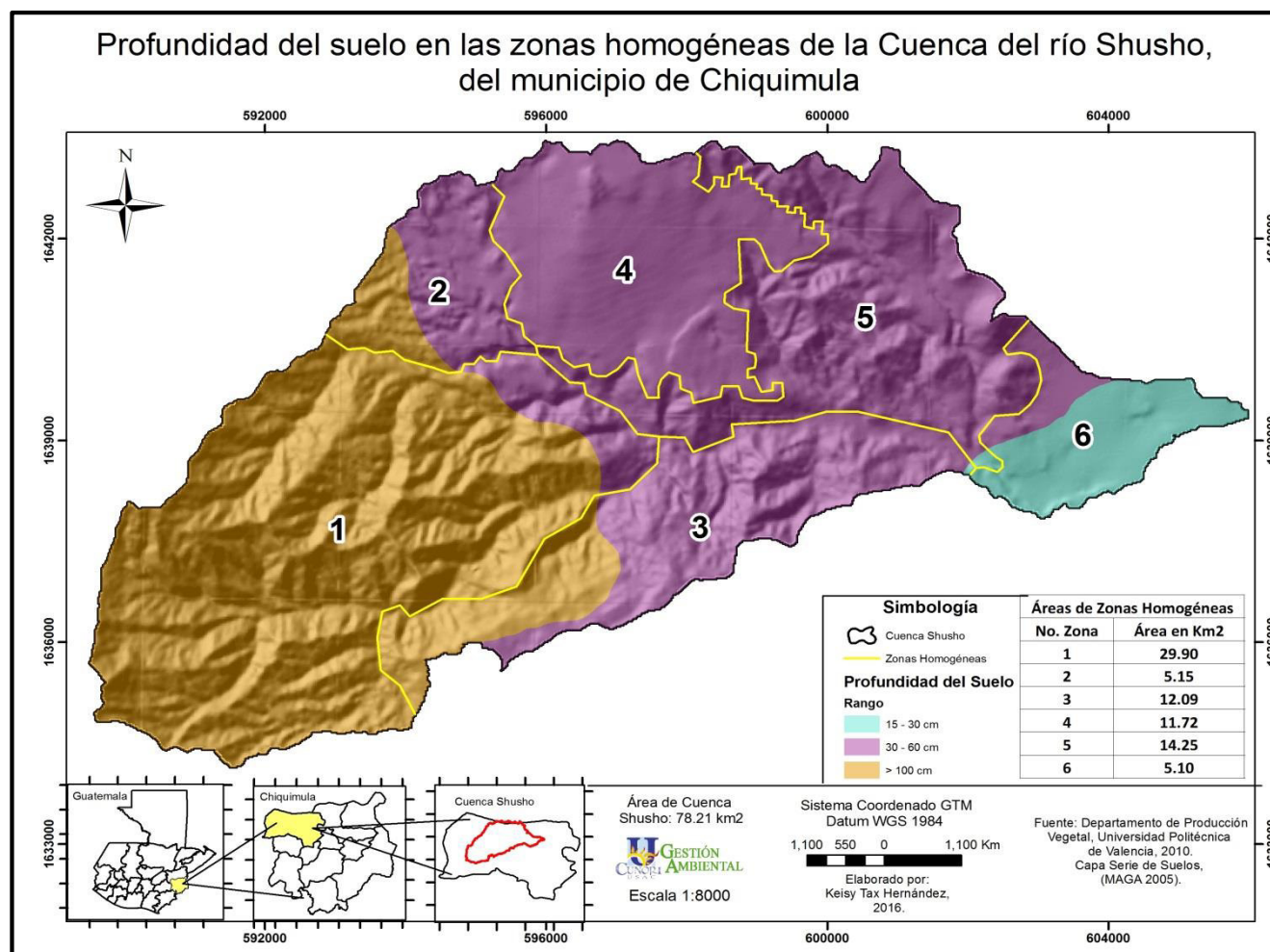
Anexo 7. Mapa de estructura del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



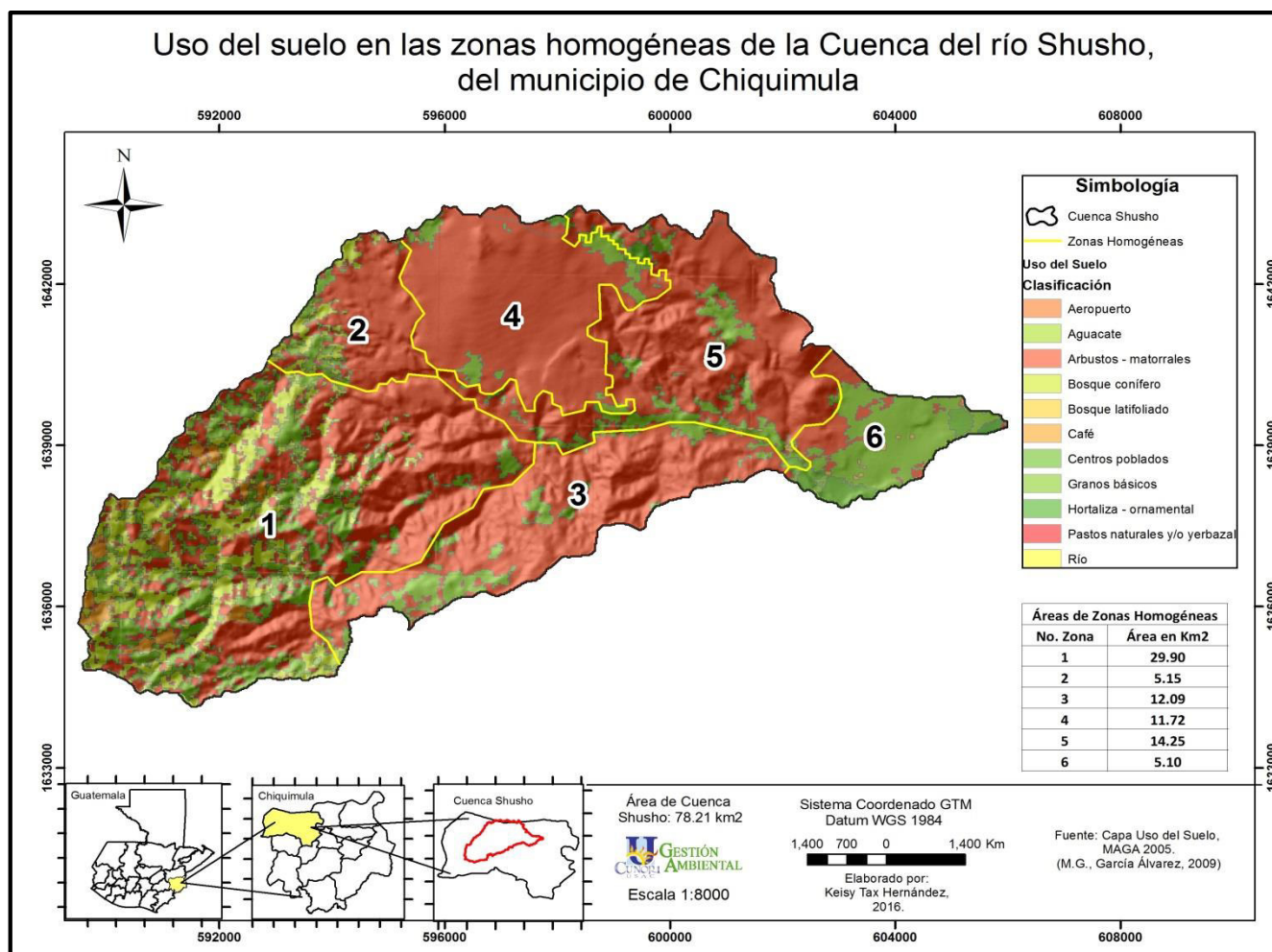
Anexo 8. Mapa de textura del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



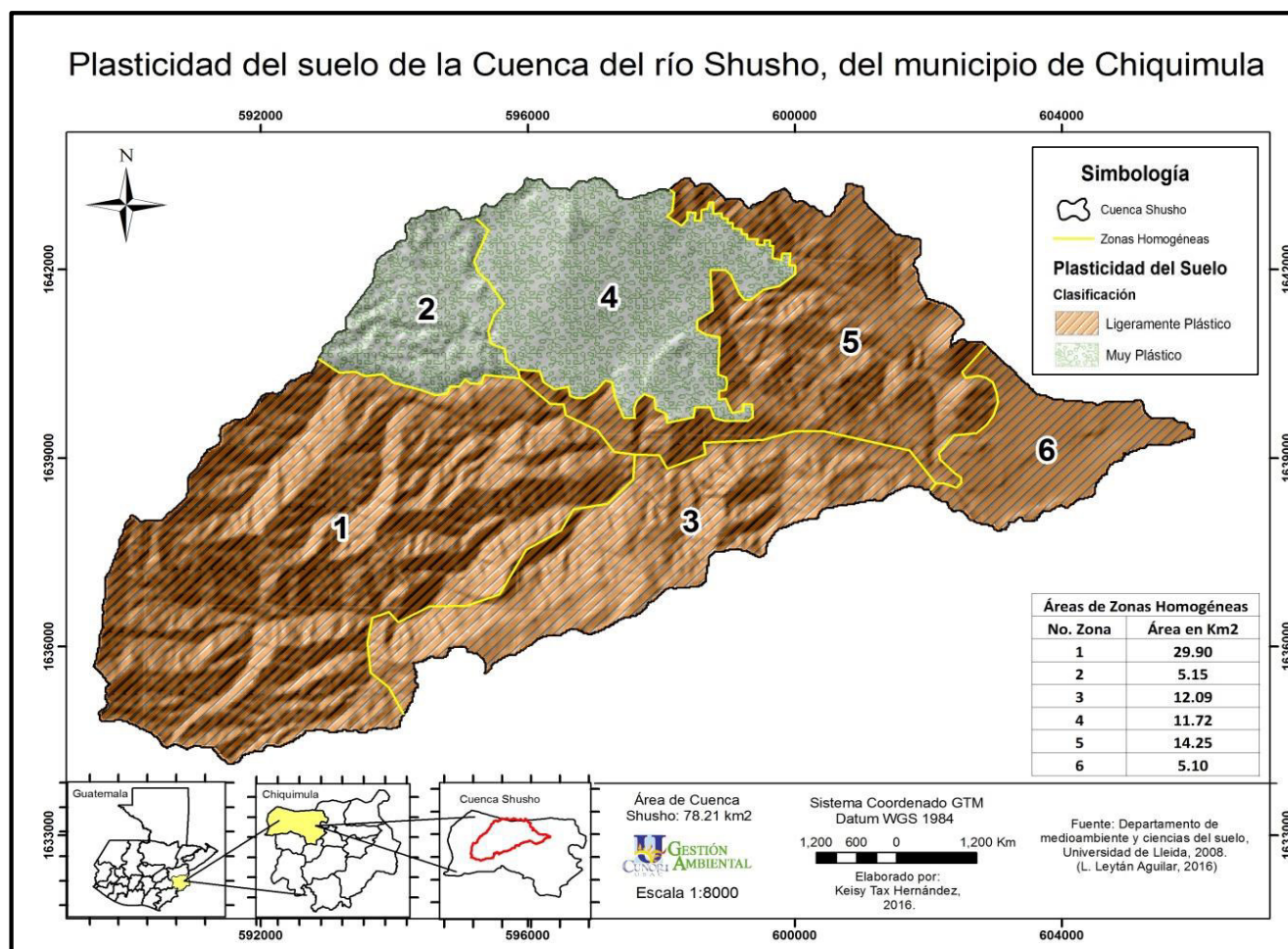
Anexo 9. Mapa de profundidad del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



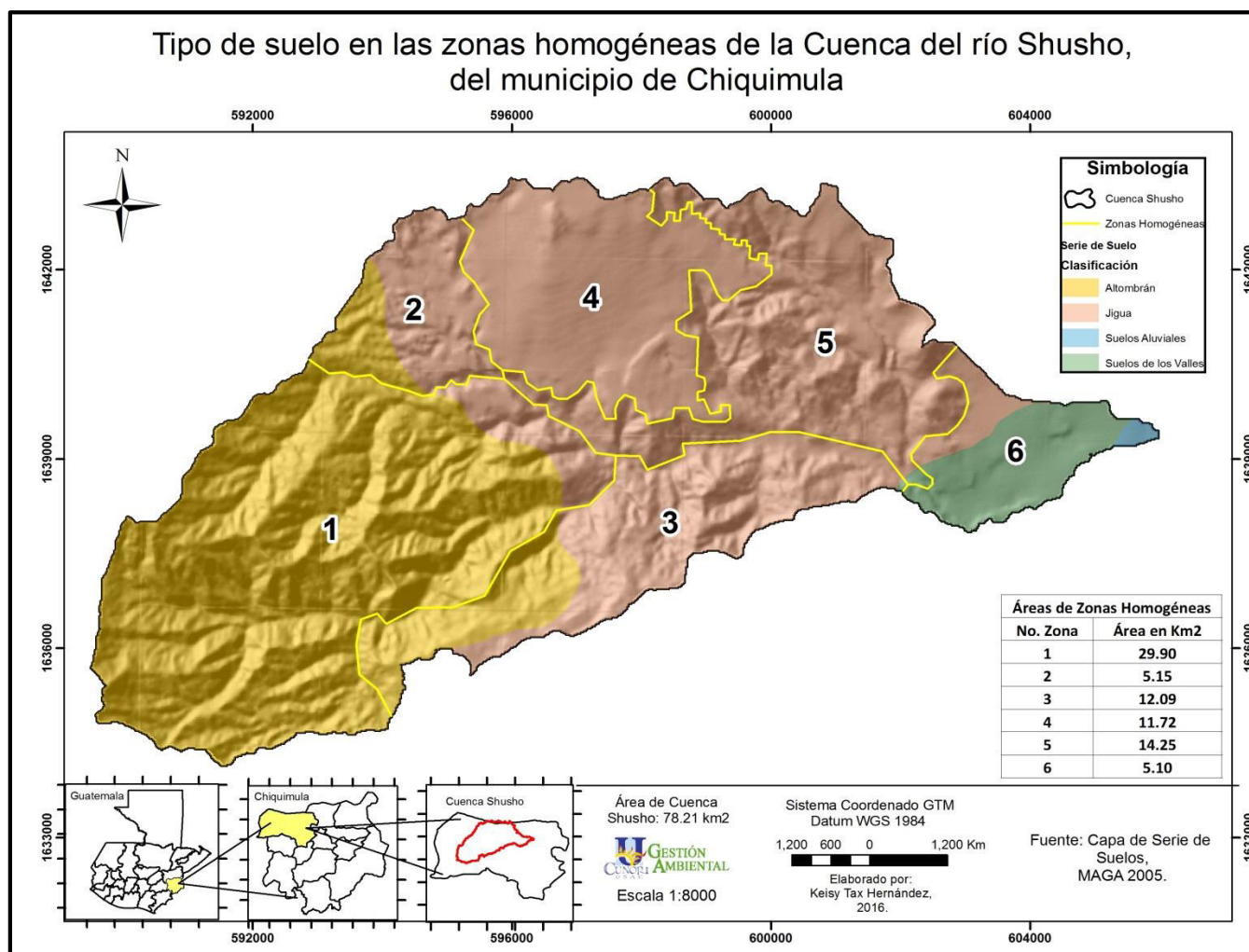
Anexo 10. Mapa de uso del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



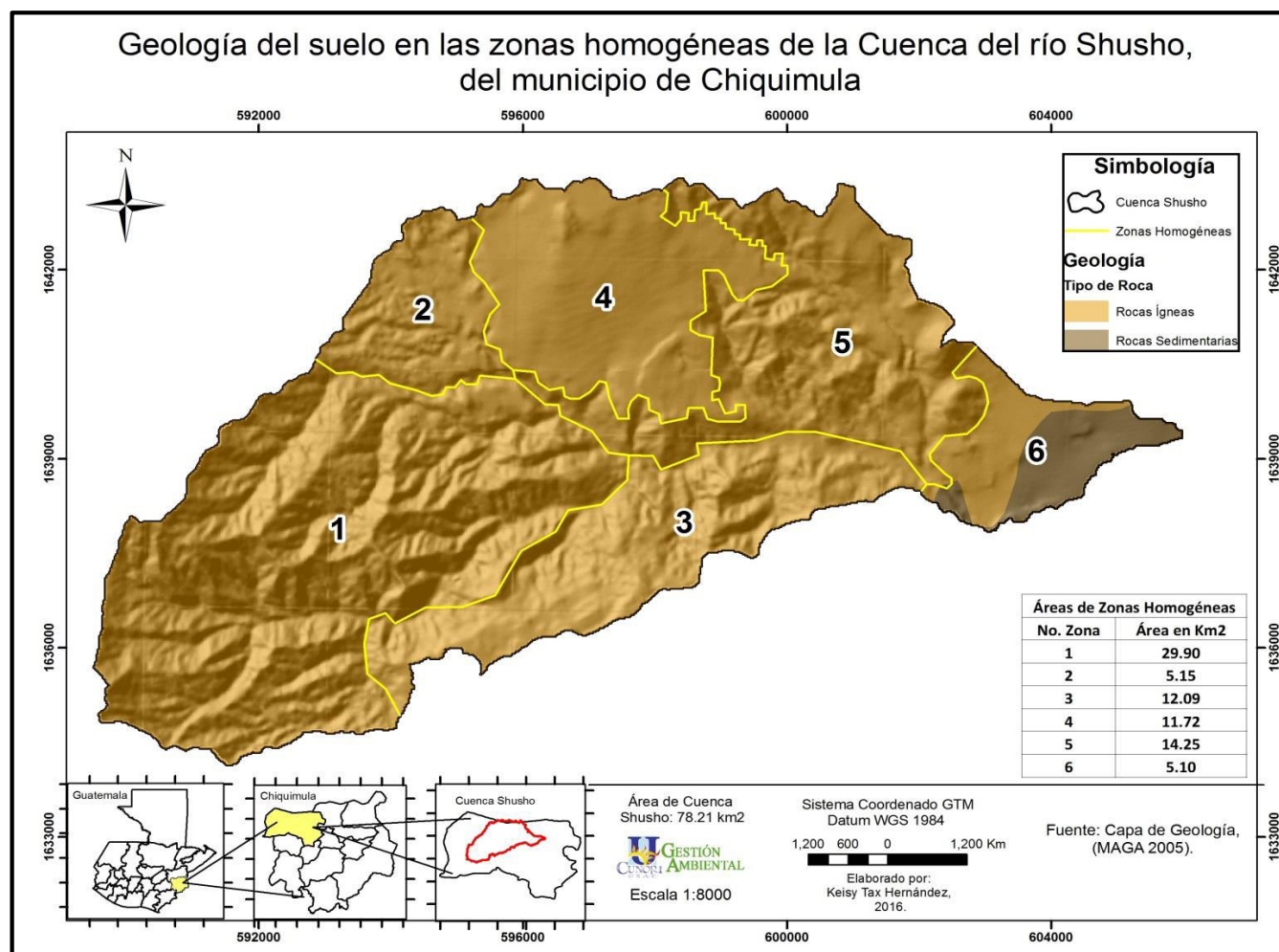
Anexo 11. Mapa de plasticidad del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



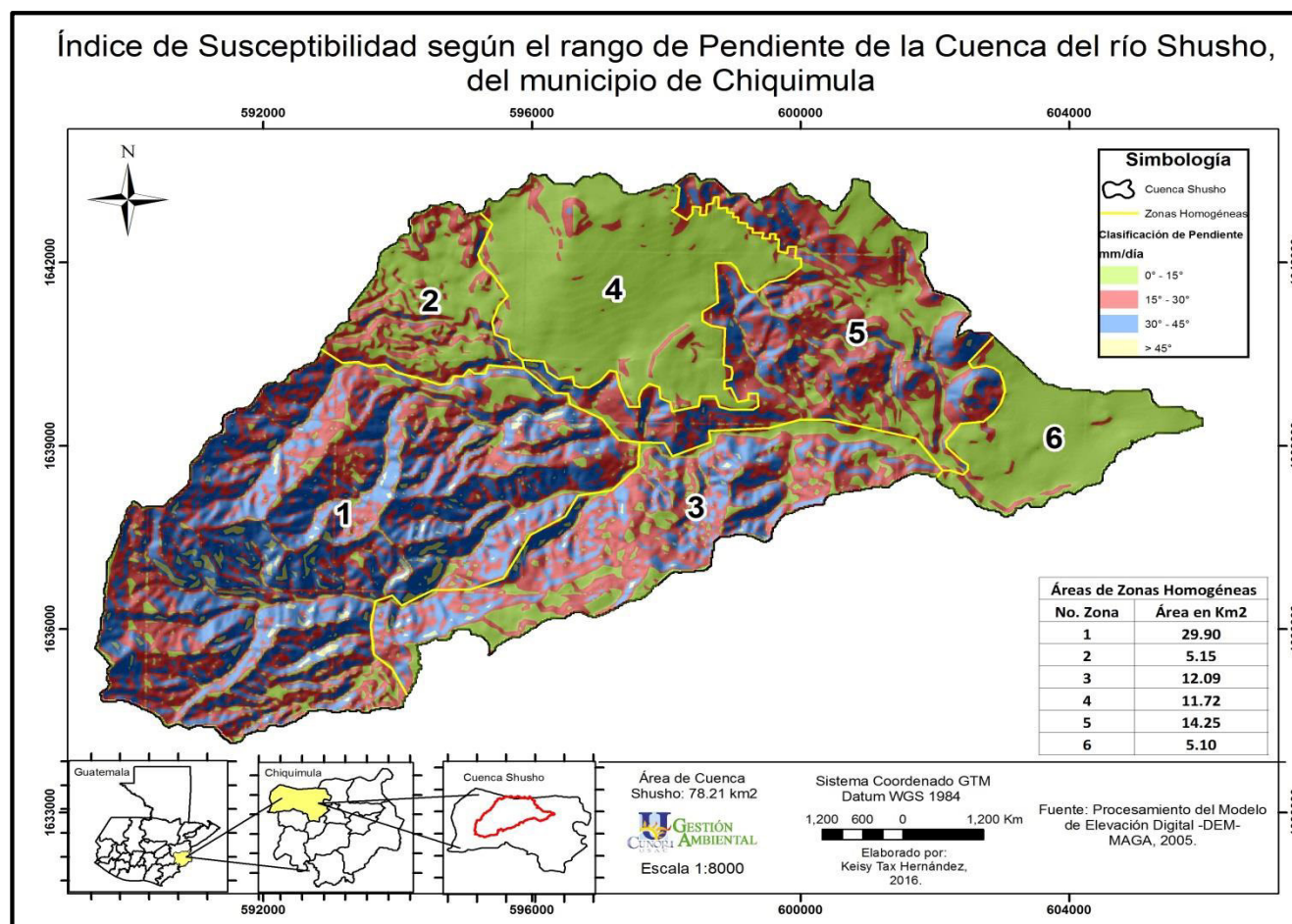
Anexo 12. Mapa de tipo del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



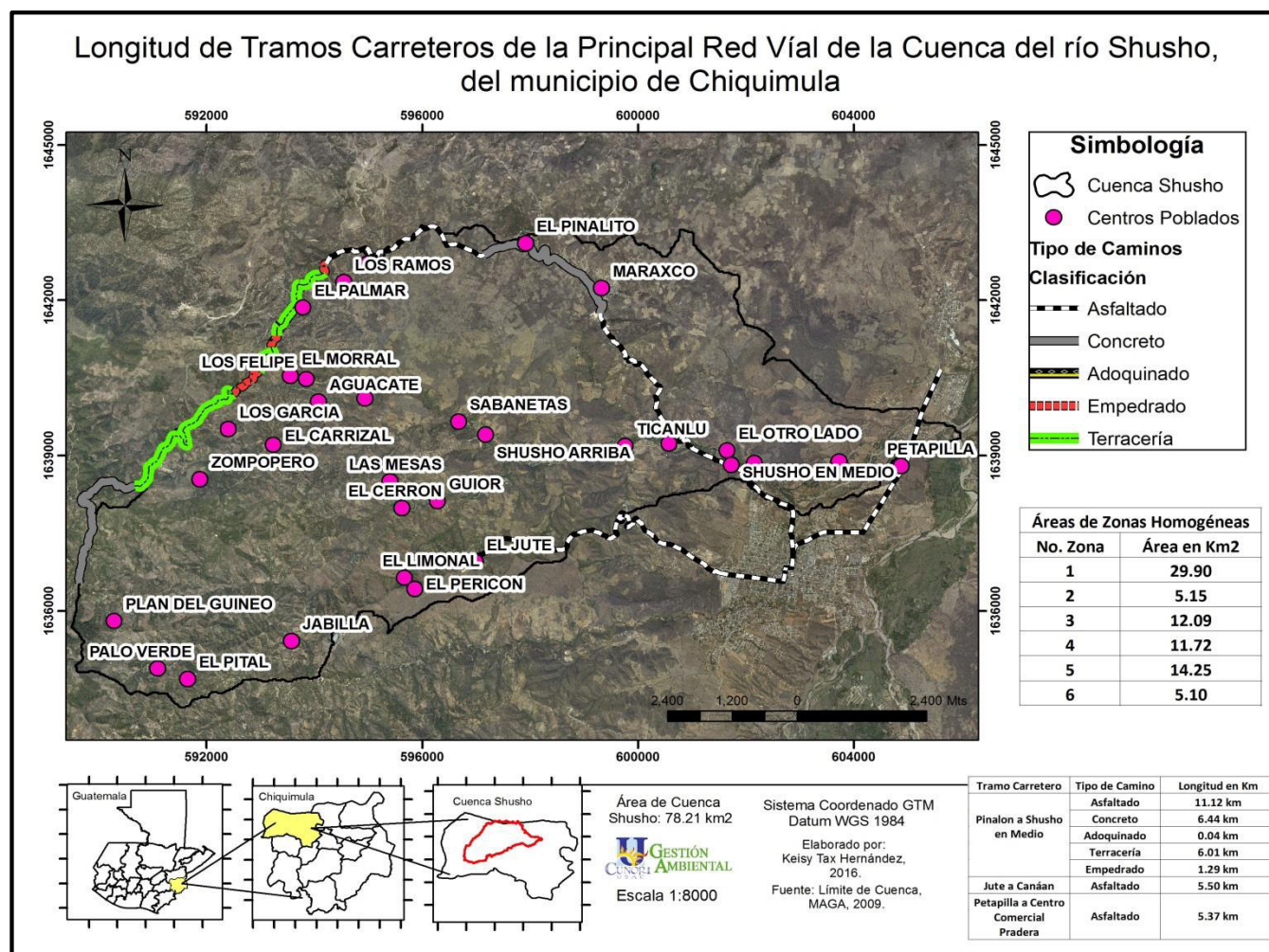
Anexo 13. Mapa de geología del suelo de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 14. Mapa de pendiente de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 15. Mapa de los tramos carreteros de la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 16. Fotografías de los diferentes tipos de caminos rurales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fotografía 1

Tipo de camino: Adoquinado; El Palmar, Chiquimula, 2016.



Fotografía 2

Tipo de camino: Asfaltado; El Pinalito Chiquimula, 2016.



Fotografía 3

Tipo de camino: Empedrado; Los Sagastume, El Palmar, Chiquimula, 2016.

Continuación Anexo 16

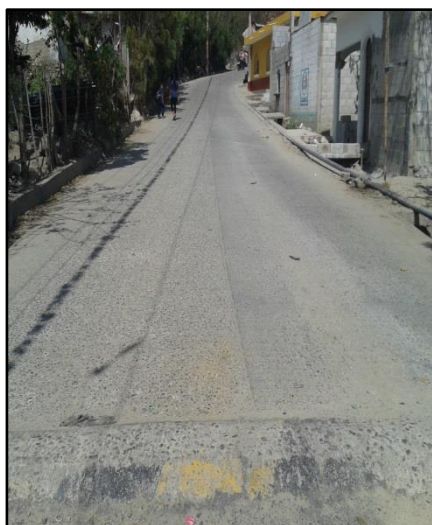


Fotografía 4

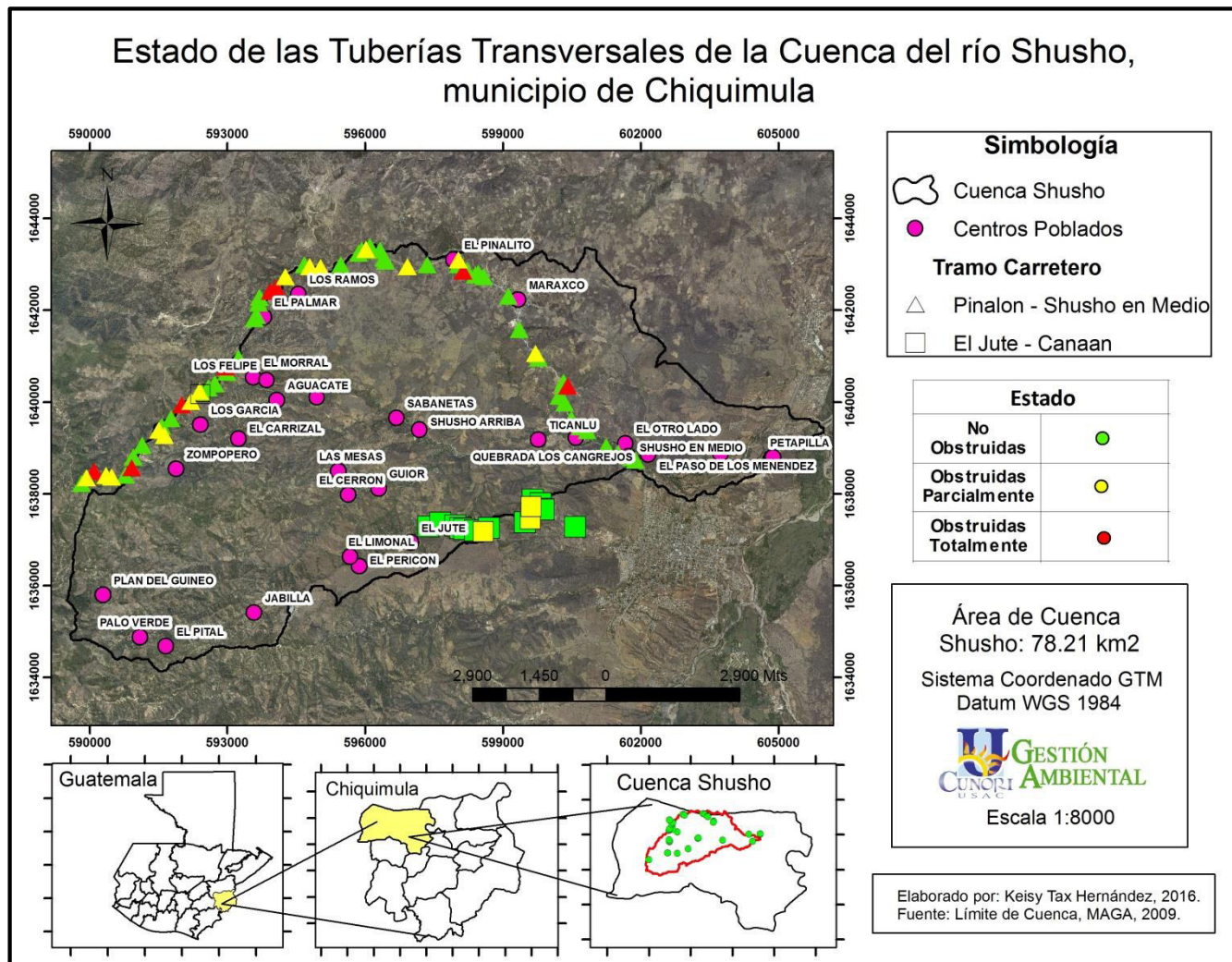
Tipo de camino: Terracería; El Palmar,
Chiquimula, 2016.

Fotografía 5

Tipo de camino: Concreto; Plan del Jocote
Maraxcó, Chiquimula, 2016.



Anexo 17. Mapa del estado de las tuberías transversales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 18. Fotografías donde se observa el estado de las tuberías transversales de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fotografía 6

Estado: No Obstruida

Diámetro: 30" – 40"

Caserío El Jute, aldea La Laguna

Fotografía 7

Estado: Obstruida Parcialmente

Diámetro: > 20"

Aldea El Conacaste



Fotografía 8

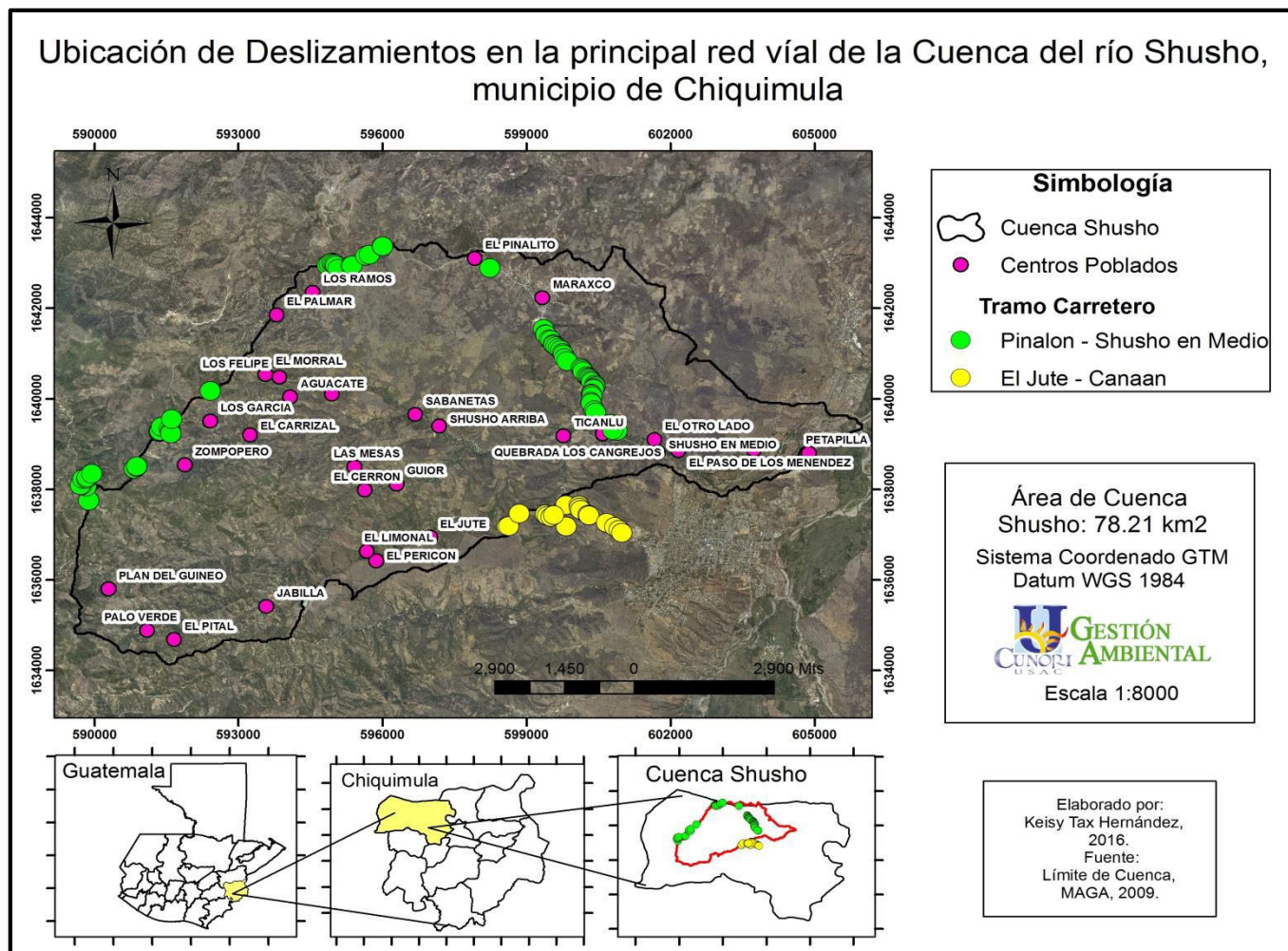
Estado: Totalmente Obstruida

Diámetro: 20" – 30"

Caserío El Limón II, aldea El Palmar



Anexo 19. Mapa de ubicación de deslizamientos provocados por taludes en la principal red vial de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 20. Fotografías donde se muestran los deslizamientos provocados por taludes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fotografía 9

Tipo de revestimiento: Material vegetativo
Longitud de la zona afectada: 10 – 20 Mts.
Frecuencia de ocurrencia: 1 – 3 veces al año
Caserío El Jute, aldea La Laguna, Chiquimula, 2016.



Fotografía 10

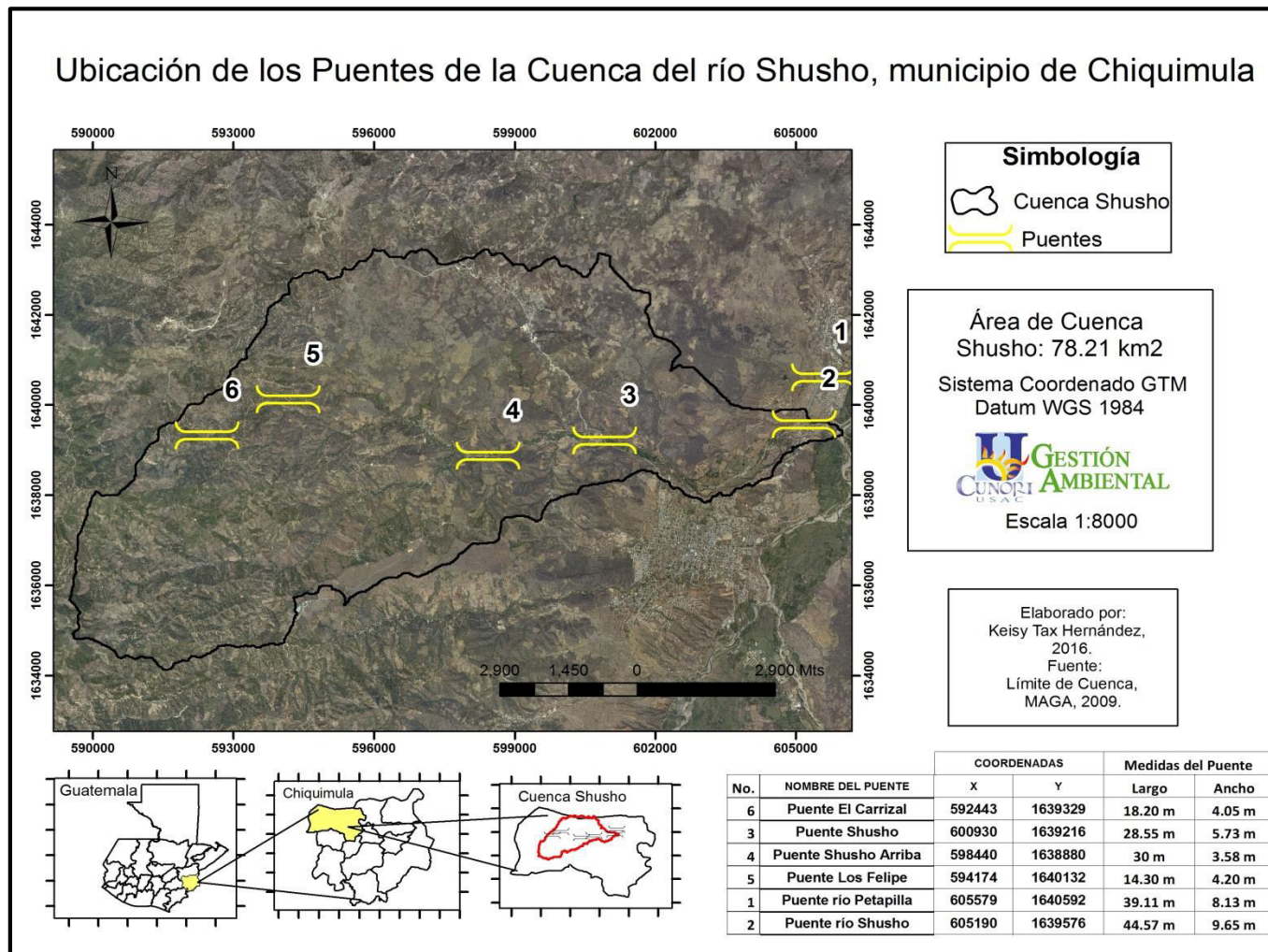
Tipo de revestimiento: Material vegetativo
Longitud de la zona afectada: 10 – 20 Mts.
Frecuencia de ocurrencia: 1 – 3 veces al año
Aldea El Conacaste, Chiquimula, 2016.



Fotografía 11

Tipo de revestimiento: Ninguno
Longitud de la zona afectada: Más de 40 Mts.
Frecuencia de ocurrencia: 3 – 5 veces al año
Aldea Maraxcó, Chiquimula, 2016.

Anexo 21. Mapa de ubicación de los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Anexo 22. Fotografías donde se observan los puentes de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fotografía 12:
Puente río Shusho, aldea Petapilla, 2016.
Longitud: > 40 Mts.
Ancho: 5 – 10 Mts.



Fotografía 13:
Material constitutivo: Mixto
Años de construido: Más de 20 años
Puente río Shusho, aldea Petapilla, 2016.



Fotografía 14:
Puente río Petapilla, aldea Petapilla, 2016.
Longitud: 20 – 40 Mts.
Ancho: 5 – 10 Mts



Fotografía 15:
Material constitutivo: Hormigón
Años de construido: Más de 20 años
Puente río Petapilla, aldea Petapilla, 2016.

Continuación Anexo 22



Fotografía 16
Puente Los Felipe, aldea El Palmar, 2016.
Longitud: 10 – 20 Mts.
Ancho: 0 – 5 Mts.



Fotografía 17
Material constitutivo: Hormigón
Años de construido: 10 – 20 años
Puente Los Felipe, aldea El Palmar, 2016.



Fotografía 18
Puente Shusho Arriba, aldea Shusho Arriba, 2016.
Longitud: 20 - 40 Mts.
Ancho: 0 – 5 Mts



Fotografía 19
Material constitutivo: Hormigón
Años de construido: Más de 20 años
Puente Shusho Arriba, aldea Shusho Arriba, 2016.

Continuación Anexo 22



Fotografía 20
Puente Shusho, aldea Shusho Arriba, 2016.
Longitud: 20 – 40 Mts.
Ancho: 5 – 10 Mts.



Fotografía 21
Material constitutivo: Hormigón
Años de construido: Más de 20 años
Puente Shusho, aldea Shusho Arriba, 2016.



Fotografía 22
Puente El Carrizal, aldea El Carrizal, 2016.
Longitud: 10 - 20 Mts.
Ancho: 0 – 5 Mts



Fotografía 23
Material constitutivo: Hormigón
Años de construido: 10 – 20 años
Puente El Carrizal, aldea El Carrizal, 2016.

Anexo 23. Componentes evaluados de la infraestructura de los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.

Zonas homogéneas 1 y 2 (Parte 1/3)

Zona homogénea	No.	Nombre del centro educativo	Paredes / Muros				Daños observables				Piso				Daños observables			
			Block	Bajareque	Lámina	Madera	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Concreto	Tierra	Cerámico	Granito	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
1	1	EORM , aldea Plan del Guineo	1							1	1							1
	2	EORM , caserío Roble Amarillo, aldea El Canizal	1								1				1			
	3	EODP anexa a EORM , caserío Roble Amarillo, aldea El Canizal.	1								1				1			
	4	EORM , aldea El Canizal	1							1				1	1			
	5	EORM , aldea El Canizal	1								1				1			
	6	EODP anexa a EORM , aldea El Canizal	1								1				1			
	7	EORM , caserío El Chucte, aldea Guior				1				1	1				1			
	8	EODP anexa a EORM , caserío El Cenón, aldea Guior	1								1				1			
2	9	EORM , caserío El Limón II, aldea El Palmar	1							1	1				1			
	10	EORM , caserío El Mojón, aldea El Palmar	1										1		1			
	11	EORM , caserío El Nanzal, aldea El Palmar	1							1	1				1			
	12	EODP anexa a EORM , caserío El Nanzal, aldea El Palmar			1			1			1							1
	13	EORM , caserío El Monal, aldea El Palmar	1							1			1					1
	14	EORM , caserío Los Felipe, aldea El Palmar	1										1					1
	15	INEB de Telesecundaria, aldea El Palmar	1											1	1			
	16	EORM , aldea El Conacaste	1								1				1			
	17	EORM , caserío Guayabillas, aldea El Palmar	1								1				1			
	18	EODP, caserío Guayabillas, aldea El Palmar			1			1			1				1			
	19	EORM (Jomada Matutina), aldea El Palmar	1								1				1			
	20	EODP, aldea El Conacaste	1					1			1				1			

Continuación Anexo 23

Zonas homogéneas 1 y 2 (Parte 2/3)

Techo				Daños observables				Soporte del techo			Daños observables			
Lámina	Terraza	Madera	Duralita	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Estructura metálica	Madera	Concreto armado	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1				1				1	
1					1			1				1		
			1				1	1				1		
1					1				1				1	
1					1				1				1	
1					1			1				1		
1					1			1				1		
			1		1					1				1
1					1				1					1
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1				1					1
1					1			1				1		
1					1				1				1	
1					1			1				1		
1					1				1					1

Continuación Anexo 23

Zonas homogéneas 1 y 2 (Parte 3/3)

Ventanas				Daños observables				Puertas			Daños observables			
Metal	Vidrio y aluminio	Madera	Malla metálica	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Metal	Madera	Lámina	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
	1					1		1				1		
1					1			1				1		
	1					1		1						1
1					1			1						1
	1				1			1				1		
	1				1			1				1		
			1		1					1		1		
1					1			1				1		
	1						1	1						1
1					1			1				1		
	1						1	1				1		
							1			1		1		
1					1			1				1		
	1				1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
							1			1				1
1							1	1				1		
1							1	1				1		

Continuación Anexo 23

Zonas homogéneas 3, 4, 5 y 6 (Parte 1/3)

Zona homogénea	No.	Nombre del centro educativo	Paredes / Muros				Daños observables				Piso				Daños observables			
			Block	Bajareque	Lámina	Madera	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Concreto	Tierra	Cerámico	Granito	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
3	21	EORM "Elias Valdés Sandoval", caserío Shusho En Medio, aldea Shusho Amba	1											1				1
4	22	EORM "Héctor Manuel Vázquez" (Jornada Vespertina), aldea Maracó	1											1	1			
	23	EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito	1											1	1			
	24	INEB de Telesecundaria, aldea Maracó	1								1				1			
	25	EODP anexa a EORM "Manuel Vicente Castañeda", aldea El Pinalito	1				1				1				1			
	26	EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maracó	1								1				1			
	27	EODP anexa a EORM, caserío Plan del Jocote, aldea Maracó	1							1	1				1			
5	28	EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Amba	1										1					1
	29	EODP anexa a EORM "Lucas Antonio Cuevas", aldea Shusho Amba	1											1				1
6	30	EORM "AM ISRAEL", colonia Alta Mira, aldea Petapilla	1				1							1				1
	31	EORM "María Chinchilla", aldea Petapilla	1							1				1				1
	32	EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla	1							1				1				1
	33	EODP anexa a EORM, colonia Planes de San José, aldea Petapilla	1							1	1							1
Total			30	0	2	1	3	2	0	10	20	0	4	9	22	0	0	11

Continuación Anexo 23

Zonas homogéneas 3, 4, 5 y 6 (Parte 2/3)

Techo				Daños observables				Soporte del techo			Daños observables			
Lámina	Terraza	Madera	Duralita	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Estructura metálica	Madera	Concreto armado	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
1					1			1				1		
			1		1					1				1
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1							1		1					1
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1			1				1		
1					1				1				1	
1							1	1						1
1					1			1						1
30	0	0	3	0	30	0	3	22	9	2	0	20	5	8

Continuación Anexo 23

Zonas homogéneas 3, 4, 5 y 6 (Parte 3/3)

Ventanas				Daños observables				Puertas			Daños observables			
Metal	Vidrio y aluminio	Madera	Malla metálica	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno	Metal	Madera	Lámina	Grietas	Corrosión	Otro	Ninguno
	1						1	1				1		
1							1	1						1
1					1			1				1		
	1				1			1				1		
1							1	1				1		
	1				1			1				1		
1					1			1				1		
	1				1			1				1		
1					1			1				1		
	1				1			1				1		
	1						1	1				1		
	1						1	1						1
1					1			1						1
1							1	1						1
17	13	0	1	0	19	2	12	30	0	3	0	25	0	8

Anexo 24. Fotografías de los daños observables en los componentes evaluados de la infraestructura de los centros educativos de la cuenca del río Shusho, municipio de Chiquimula.



Fotografía 24
Daño observable en Paredes/Muros: Corrosión
EODP caserío El Nanzal, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 25
Daño observable en Paredes/Muros: Corrosión
EORM caserío Guayabillas, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 26
Daño observable en Paredes/Muros: Grietas
EORM caserío El Chucte, aldea Guior.
Zona homogénea 1
Chiquimula, 2016.



Fotografía 27
Daño observable en Paredes/Muros: Grietas
EODP "Manuel Vicente Castañeda"
Aldea El Pinalito.
Zona homogénea 4
Chiquimula, 2016.

Continuación Anexo 24



Fotografía 28

Daño observable en Piso: Grietas
EODP "Manuel Vicente Castañeda"
Aldea El Pinalito.
Zona homogénea 4
Chiquimula, 2016.



Fotografía 29

Daño observable en Piso: Grietas
EORM caserío El Cerrón, aldea Guior.
Zona homogénea 1
Chiquimula, 2016.



Fotografía 30

Daño observable en Techo: Corrosión
EORM "Elías Valdés Sandoval"
Caserío El Chucte, aldea Guior.
Zona homogénea 3
Chiquimula, 2016.



Fotografía 31

Daño observable en Techo: Corrosión
EORM caserío Guayabillas, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.

Continuación Anexo 24



Fotografía 32

Daño observable en Soporte del techo: Corrosión
EORM "María Chinchilla"
Aldea Petapilla.
Zona homogénea 6
Chiquimula, 2016.



Fotografía 33

Daño observable en Soporte del Techo: Corrosión
EORM caserío El Limón II, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 34

Daño observable en Soporte del techo:
Otro: Madera podrida
EORM aldea El Carrizal.
Zona homogénea 1
Chiquimula, 2016.



Fotografía 35

Daño observable en Soporte del techo:
Otro: Madera podrida
EODP caserío Guayabillas, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 36

Daño observable en Ventanas: Corrosión
EORM Colonia Planes de San José
Aldea Petapilla.
Zona homogénea 6
Chiquimula, 2016.



Fotografía 37

Daño observable en Ventanas: Corrosión
EORM caserío El Chucte, aldea Guior.
Zona homogénea 1
Chiquimula, 2016.



Fotografía 38

Daño observable en Ventanas:
Otro: Ventanas quebradas
EORM aldea Conacaste.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 39

Daño observable en Ventanas:
Otro: Ventanas quebradas
EORM "Manuel Vicente Castañeda"
Aldea El Pinalito.
Zona homogénea 4
Chiquimula, 2016.



Fotografía 40
Daño observable en Puertas: Corrosión
EODP caserío El Nanzal, aldea El Palmar.
Zona homogénea 2
Chiquimula, 2016.



Fotografía 41
Daño observable en Puertas: Corrosión
EORM aldea Plan del Guineo.
Zona homogénea 1
Chiquimula, 2016.