

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA
EMPRESA ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S.**

YEISON ANDRÉS GARCÉS ORTEGA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2015

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA
EMPRESA ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S.**

YEISON ANDRÉS GARCÉS ORTEGA

**Trabajo de Grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título
de Ingeniero Civil**

Director

HEBENLY CELIS LEGUIZAMO

Ingeniera Civil

Tutor

EDWARD FABIÁN QUINTANILLA DÍAZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecerle a Dios por darme la oportunidad de realizar este sueño, a mi familia por estar día a día apoyándome, en especial a mi señora madre, también agradecerle a la empresa ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S., por aceptarme en su empresa, a mi directora de proyecto por guiarme en este proceso y a todos aquellos que han participado de una u otra manera en la consecución de este logro personal.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
1.2 MISIÓN	14
1.3 VISIÓN	15
1.4 PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA	15
2. ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.	16
2.1 ESTRUCTURA DE UN ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, REALIZADO POR LA EMPRESA ALICON & ING. S.A.S.	16
2.2 FASE DE APRESTAMIENTO	17
2.3 FASE DE CAMPO	17
2.4 FASE DE OFICINA	17
3. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	19
3.1 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA GENERAL [2]	19
3.2 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA [2]	20
3.2.1 Identificación de las laderas críticas	23
3.2.2 Modelamiento geológico geotécnico de las laderas identificadas, mediante el software Slide de la firma Roscience	23
3.2.3 Calculo de los factores de seguridad determinísticos y probabilísticos, con su respectiva probabilidad de falla, utilizando el método de Monte Carlo	25
3.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA [5]	26

3.2.1 Generalidades de la vulnerabilidad física	27
3.2.2 Evaluación de la vulnerabilidad	27
3.2.3 Tipo de pérdidas	28
3.2.4 Definición de escenarios de interés	28
3.2.5 Metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad	30
3.2.6 Definición del índice de vulnerabilidad para el modelo de estudio	33
3.2.7 Procedimiento para el cálculo del índice de vulnerabilidad	34
3.3 ANÁLISIS DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA [5]	39
3.3.1 Análisis cuantitativo del riesgo	40
3.3.2 Categorización del índice de riesgo cualitativo	41
4. CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura. 1 Categorización de la amenaza. NSR-10, titulo H, tabla H.2.4-1	22
Figura 2. Modelo sección transversal, perfil 7, municipio de Curití. Método equilibrio limite	24
Figura 3. Modelo sección transversal, perfil 7, municipio de Curití. Método talud infinito	24
Figura. 4. Zonas de deslizamiento, Leone F., 1999	34
Figura. 5 Comportamiento de la manzana, Alicon & Ing. S.A.S.	38
Figura. 6 Probabilidad en función del factor de seguridad, utilizada en el estudio de San Gil - Santander.	42

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla. 1 Categorización de la amenaza, Resolución 227 de 2006.	22
Tabla. 2 Parámetros pseudo estáticos, utilizado en el estudio del municipio de Curití - Santander.	23
Tabla. 3 Resultados modelamiento en Slide, perfil 7, municipio de Curití. Método Equilibrio limite	25
Tabla. 4 Resultados modelamiento en Slide, perfil 7, municipio de Curití. Método Talud infinito	25
Tabla. 5 Categorización de la Vulnerabilidad física	30
Tabla. 6 Rango de deslizamientos laterales, Cruden y Varnes (Cruden, 1991)	35
Tabla. 7 Rango de presiones laterales, Cruden y Varnes (Cruden, 1991)	36
Tabla. 8 Matriz de daño utilizada en la encuesta de vulnerabilidad física, ALICON & ING. S.A.S.	38
Tabla. 9 Categorización del índice de vulnerabilidad física.	39
Tabla. 10 Categorización de la amenaza por probabilidad de falla, utilizada en el estudio del municipio de San Gil - Santander.	42

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Estructura de informe	48
ANEXO B Exploración geotécnica	49
ANEXO C Amenaza por fenómenos de remoción en masa.	61
ANEXO D. Vulnerabilidad física por fenómenos de remoción en masa.	65
ANEXO E Análisis del riesgo	71

RESUMEN

TITULO: PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA EMPRESA ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S.¹

AUTOR: YEISON ANDRÉS GARCÉS ORTEGA²

PALABRAS CLAVES: Remoción en masa, amenaza, vulnerabilidad, riesgo.

DESCRIPCIÓN:

El presente documento expone la práctica empresarial realizada en la empresa Alianza consultora & ingeniería S.A.S.; desarrollando el informe respectivo de las diferentes actividades realizadas durante el tiempo de la práctica, el cual se presenta como documento válido de trabajo de grado. El tema central de esta práctica tiene por nombre, estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos por fenómenos de remoción en masa. Tema que será desarrollado en el contenido de este artículo, además de desglosar las actividades que se llevaron a cabo por parte del practicante.

La actividad principal del auxiliar de ingeniería en la empresa, era la de apoyar la realización de estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, se participó activamente en la realización de los estudios hechos en los municipios de el Carmen de Chucuri, Curití y San Gil, todos municipios del departamento de Santander, así como la participación del estudio realizado en la ciudad de Bogotá, para la construcción de viviendas de interés social. Las actividades desarrolladas fueron: visitas de campo, coordinación de la fase de campo, acompañamiento en la fase de laboratorio, desarrollo de los capítulos de exploración geotécnica, amenaza por remoción en masa, vulnerabilidad física por remoción en masa y cálculo del índice de riesgo, todo lo anteriormente consignado en un informe final integrado a los demás capítulos de la estructura del respectivo informe de entrega.

¹ Proyecto de grado

² Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Director: Hebenly Celis Leguizamo; Ingeniera Civil. Tutor: Edward Fabián Quintanilla Díaz: Ingeniero Civil

ABSTRACT

TITLE: MANAGERIAL AS AUXILIARY PRACTICE OF ENGINEERING IN THE COMPANY CONSULTING ALLIANCE & ENGINEERING S.A.S.³

AUTHOR: YEISON ANDRES GARCES ORTEGA⁴

KEYWORDS: Removal in mass, Threat, vulnerability, risk.

DESCRIPTION:

The present document exposes the managerial practice realized in the company Consulting Alliance & Engineering S.A.S.; Developing the respective report of the different activities realized during the time of the practice, who appears as valid document of work of degree.

The central topic of this practice has for name, studies of threat, vulnerability and risks for phenomena of removal in mass. Be afraid that it will be developed in the content of this article, besides removing the activities that were carried out on the part of the medical instructor.

The principal activity of the auxiliary one of engineering in the company, it was her of supporting the accomplishment of studies of threat, vulnerability and risk for phenomena of removal in mass, it was informed actively in the accomplishment of the studies done in the municipality of the Carmen the Chucuri, Curití and San Gil, all municipalities of the department of Santander, as well as the participation of the study realized in the city of Bogotá, for the construction of housings of social interest. the developed activities were: field visits, coordination of the field phase, accompaniment in the laboratory phase, development of the chapters of geotechnical exploration, it threatens for removal in mass, physical vulnerability for removal in mass and calculation of the index of risk, everything previously recorded in a formless end integrated to other chapters of the structure of the respective report of delivery.

³ Bachelor Thesis

⁴ Faculty of Physical Engineering - Mechanical. School of Civil Engineering. Director: Director: Hebenly Celis Leguizamo; Civil Engineer. Tutor: Edward Fabian Diaz Quintanilla: Civil Engineer

INTRODUCCIÓN

La Universidad industrial de Santander permite a sus estudiantes diferentes modalidades de trabajo de grado, las cuales permitirán fortalecer o desarrollar habilidades o competencias específicas de acuerdo a sus interés, sus potenciales, o su proyección profesional. La práctica empresarial es una experiencia académica en la cual el estudiante entra en contacto e interactúa a través de proyectos específicos, en los cuales aplican y fortalecen competencias personales y profesionales.

ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S., en convenio con la Universidad industrial de Santander, ofrecen a los estudiantes de últimos niveles desarrollar su práctica empresarial. Siendo los practicantes un aporte importante en el desarrollo de los proyectos de la empresa, y obteniendo el estudiante la capacidad de fortalecer sus competencias profesionales y personales.

Mediante esta práctica empresarial se realizó el apoyo al grupo de ingeniería de la empresa en la realización de varios proyectos importantes sobre estudios de amenazas, vulnerabilidad y riesgos por fenómenos de remoción en masa, para los municipios del Carmen de Chucuri, Curití y San Gil, del departamento de Santander.

1. GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

ALIANZA CONSULTORA & INGENIERÍA S.A.S., brinda servicios profesionales en las diferentes áreas de la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica y en procesos de ordenamiento territorial, y está comprometida con la satisfacción de nuestros clientes a través del cumplimiento de sus requisitos, ofreciéndoles servicios ágiles, confiables, oportunos y de calidad, sustentados en la utilización eficiente y productiva de cada recurso de la empresa, el equipo técnico de trabajo con que cuenta la organización están en constante crecimiento profesional, ético e innovador, y de esta forma mejorar continuamente nuestros procesos y garantizar la calidad de nuestros servicios prestados.

Contamos con un excelente grupo de personas entre administrativos, profesionales y de apoyo, quienes hacen parte de la concepción, desarrollo y entrega de nuestros proyectos. El grupo de profesionales se divide en varias ramas: la rama ingenieril, la rama geológica, la rama topográfica, la rama ambiental. [1]

1.2 MISIÓN

ALICON & ING. S.A.S., es una empresa que presta servicios profesionales en las diferentes áreas de la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica, Gestión del riesgo, Gestión Territorial, en los sectores de la minería, Construcción

y diseño de obras civiles, proporcionando a nuestros clientes tanto a nivel privado como público, soluciones y alternativas en cada uno de nuestros servicios propuestos, asegurándonos de que sus proyectos sean exitosos desde la perspectiva económica y ambiental. Generar satisfacción y confianza para obtener relaciones comerciales de largo plazo con nuestros clientes. [1]

1.3 VISIÓN

ALICON & ING. S.A.S., es una empresa que proyecta consolidarse para el año 2018 como una empresa líder en servicios de competitividad a nivel nacional en la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica, gestión de riesgos, gestión territorial, construcción y diseño de obras civiles, destacándonos por proporcionar soluciones económicas y sostenibles; a nuestros clientes además del cumplimiento de la normatividad y la confiabilidad y solidez de un equipo técnico interdisciplinario. [1]

1.4 PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA

El papel desarrollado en la práctica empresarial, estuvo encaminada al apoyo del grupo de ingeniería, en los proyectos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, en los municipios del Carmen de Chucuri, Curití y San Gil, del departamento de Santander. Desarrollando principalmente los capítulos de exploración, amenaza por movimientos en masa, análisis de vulnerabilidad física y análisis de riesgo.

2. ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

Tienen como fin el de salvar vidas y prevenir la ocurrencia de daños que afecten la habitabilidad, funcionalidad y confiabilidad estructural de nuevas edificaciones o de las existentes, así como de la funcionabilidad y permanencia de la infraestructura nueva y existente de servicios públicos de vías, etc., que pueda verse afectada por la reactivación de fenómenos de remoción en masa existentes o el desencadenamiento de otros nuevos.

Con la identificación de los sitios con determinado riesgo medio y alto, se propondrá un plan de medidas de prevención y mitigación, complementadas con la formulación de planes de seguimiento y monitoreo, de acuerdo con las características de los fenómenos.

2.1 ESTRUCTURA DE UN ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, REALIZADO POR LA EMPRESA ALICON & ING. S.A.S.

Se inicia con la solicitud de los términos de referencia para la presentación de informes de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a la autoridad competente.

El estudio se subdivide en tres fases, todas igual de importantes para el desarrollo de un trabajo de calidad, cada una de estas fases tiene un listado de actividades que debe ser seguido acorde con los procedimientos internos, con el fin de tener el control de calidad de cada una de ellas.

2.2 FASE DE APRESTAMIENTO

Consiste en elaborar los fundamentos para la elaboración del estudio amenaza, vulnerabilidad y riesgo, partiendo de la consulta científica o técnica de estudios puntuales, recopilando información y datos que contribuyan con el desarrollo de la fase de diagnóstico y formulación del estudio.

2.3 FASE DE CAMPO

Se realiza una visita de campo, para el reconocimiento del terreno, se realiza la programación de las actividades que contienen esta fase. Actividades tales como el levantamiento topográfico, la exploración geotécnica que contiene la realización de sondeos SPT, apiques, refracciones sísmicas entre otras. Además del reconocimiento geológico regional y local.

2.4 FASE DE OFICINA

Esta es la fase más extensa de las tres que componen el estudio, se divide en siete actividades o capítulos, cada una igual de extensa que la anterior.

Cada uno de los capítulos deberá contener un informe y planos si es correspondiente.

- **Topografía:** generar un plano y un informe
- **Ensayos de laboratorio:** granulometría, humedad natural del suelo, pesos específicos, límites de consistencia, compresión inconfiada y corte directo.
- **Geología:** geología regional, unidades geológicas superficiales, geomorfología y procesos morfodinámicos
- **Modelamiento geológico geotécnico:** distribución de los materiales en profundidad, determinación de las propiedades geotécnicas de los diferentes suelos identificados, escenarios planteados, categorización de la amenaza, zonificación de la amenaza.
- **Análisis de la vulnerabilidad física por fenómenos de remoción en masa:** tipificación, tipología y criterios de resistencia de estructuras puntuales, sollicitaciones de amenaza, criterios de intensidad, índice de vulnerabilidad física, plano vulnerabilidad.
- **Análisis del riesgo por fenómenos de remoción en masas:** análisis cuantitativos del riesgo, categoría del riesgo, evaluación del riesgo, planos de riesgo.
- **Plan de medidas de mitigación y pre diseño de obras geotécnicas:** cantidades y presupuestos.

La estructura de los proyectos desarrollados en la empresa se encuentra en el ANEXO A.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Las actividades realizadas en la empresa, fueron las de desarrollar las actividades del capítulo de exploración, amenaza por remoción en masa, vulnerabilidad física y análisis del riesgo.

A continuación se hará la descripción de cada una de las actividades en la que se tuvo participación.

3.1 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA GENERAL [2]

El contenido de esta capítulo se inicia con una localización del área de estudio junto con una descripción del mismo, con los datos de la fase de aprestamiento y lo que se encontró en la visita de campo que se realizó.

Se debe de ubicar sobre planos del área de estudio el sitio donde se realizaron los sondeos SPT, los apiques y las líneas de refracción, con lo cual se genera un plano de zonificación geotécnica, se deben anexar los registros fotográficos de los sondeos SPT y apiques realizados en campo.

Se analizan los resultados de los ensayos de granulometría, humedad natural, pesos específicos y límites de consistencia aplicados a las muestras. Se determinan los tipos y espesores de los materiales encontrados en el área de

estudio. Con esta información preliminar generamos en el software AutoCAD⁵ los perfiles estratigráficos a usar en los modelos de SLIDE⁶.

Con los datos obtenidos en los ensayos de corte directo, estos ensayos pueden ser drenados o no drenados según criterio del ingeniero coordinador del proyecto y su experiencia. Se obtiene un ángulo de fricción y una cohesión. Ampliamos el número de datos usando el programa DINAMYC PROBING⁷ para la correlación de suelos, programa que usando los datos de los resultados obtenidos en campo para los sondeos SPT, nos proporcionara un numero de datos considerables de ángulo de fricción, cohesión y peso específico. Con estos datos trabajamos con la herramienta Excel de forma estadística para obtener un promedio y una desviación estándar de cada uno de los parámetros.

En el ANEXO B, se encuentran consignados algunos de los formatos que se utiliza en el desarrollo del capítulo de exploración.

3.2 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA [2]

En este capítulo se presentan los trabajos realizados para determinar la amenaza por fenómenos de remoción en masa de las laderas situadas en los proyectos, implantándose metodologías determinísticas y probabilísticas para obtención de las probabilidades de falla, con estas se efectúa un tratamiento estadístico para la determinación del riesgo específico.

⁵ Software AUTOCAD, herramienta de dibujo, utilizado para dibujos en 2D y modelos en 3D.

⁶ Software SLIDE, utilizado para la generar los modelos geológicos geotécnicos.

⁷ Software DINAMYC PROBING, usado para obtener propiedades geotecnicas a través de la correlación de los datos de los sondeos SPT.

Las metodologías determinísticas, consisten en la modelación geológica geotécnica de la ladera con parámetros únicos obtenidos de los ensayos de laboratorio, para la determinación determinística de la amenaza.

En cambio en las metodologías probabilísticas, se tiene en cuenta la posible variación de las propiedades de los materiales debido a la heterogeneidad de estos y las condiciones puntuales, por medio de la desviación estándar de cada material, el modelo probabilístico utilizado pertenece al modelo de Monte Carlo⁸, este método toma en cuenta la dispersión de las propiedades del suelo y realiza iteraciones variando las propiedades geotécnicas de acuerdo a las desviación estándar de estos datos.

Las metodologías usadas para la obtención de los factores de seguridad pueden ser la de Equilibrio límite o Talud Infinito.

El método de equilibrio limite están basados en asumir una superficie de falla circular en la cual se presentan condiciones críticas de estabilidad que puedan clasificarse mediante el factor de seguridad y el método de talud infinito asume una superficie de falla entre el contacto de roca y suelo. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo pero no requiere en general información sobre la relación esfuerzo – deformación.

Se proponen dos escenarios en los cuales categorizaremos los factores de seguridad hallados.

Escenario 1: Terreno natural con ascenso máximo del nivel freático y aceleración pseudo estática (2/3Aa).

Escenario 2: Terreno intervenido con obras de mitigación.

⁸ Método Monte Carlo, método numérico que permite resolver problemas físicos y matemáticos, mediante la simulación de variables aleatorias.

Para la categorización de la amenaza tenemos dos fuentes, la Norma Sismo Resistente NSR-10⁹ [3]. En su título H, encontramos la tabla H2.4.-1 y la resolución 227 de 2006¹⁰ [4]. En su artículo segundo en el numeral 3.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD – EVOLUCIÓN DE AMENAZA.

Figura. 1 Categorización de la amenaza. NSR-10, título H, tabla H.2.4-1

Condición	F _{SIM}		F _{SBLM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

Tabla. 1 Categorización de la amenaza, Resolución 227 de 2006.

Amenaza	Fs.	
	Condición Extrema	Condición Actual
Alta	Fs.>1,3	Fs.>1,9
Media	1,0<Fs.<1,3	1,2<Fs.<1,9
Baja	Fs.<1,0	Fs.<1,2

Para la realización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, en la empresa se asume la categorización de la amenaza con los parámetros dados por la Norma Sismo Resistente NSR-10. Se definen los parámetros pseudo estáticos para el área de estudio.

⁹ Norma técnica Colombiana Sismo Resistente, en vigencia. NSR-10

¹⁰ Resolución 227 de 2006, Secretaría Distrital de Gobierno - Dirección de Prevención y Atención de Emergencias -DPAE-

Tabla. 2 Parámetros pseudo estáticos, utilizado en el estudio del municipio de Curití - Santander.

Aa	Av	Ae	Ad	Pf	Gp	Cl	Fa	Fv
0.2	0.25	0.09	0.05	D	I	1	1.4	1.9

Donde,

Aa: coeficiente de la aceleración horizontal pico efectiva

Av: coeficiente de la velocidad horizontal pico efectiva

Pf: perfil del suelo

Gp: grupo de importancia

Cl: coeficiente de importancia

Fa: coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debida a los efectos de sitio

Fv: coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debida a los efectos de sitio

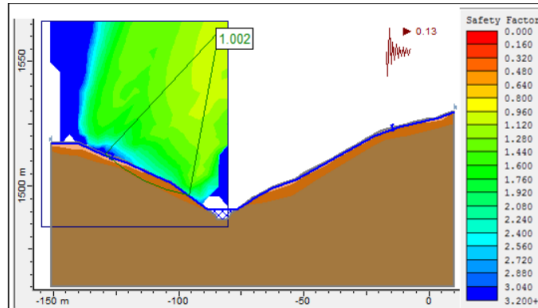
Siguiendo con el desarrollo del capítulo de amenaza y habiendo definido los parámetros de categorización, se definen las siguientes actividades.

3.2.1 Identificación de las laderas críticas. Previamente se trazaron las secciones transversales y se definieron los espesores de suelos y se asignaron las propiedades geotécnicas de los estratos.

3.2.2 Modelamiento geológico geotécnico de las laderas identificadas, mediante el software Slide de la firma Roscience. El modelamiento de las secciones transversales escogidas para ser analizadas mediante el software Slide, se hace teniendo en cuenta los sitios de mayor pendiente y aquellos donde se han presentado movimientos recientes.

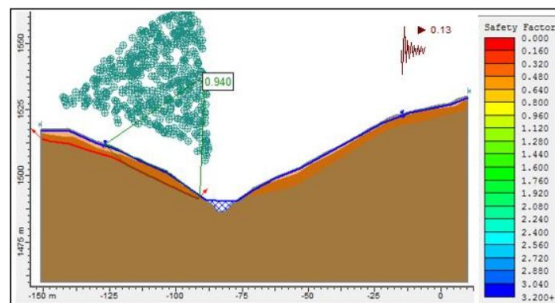
A continuación observamos una de las secciones transversales modeladas dentro del estudio realizado al municipio de Curití.

Figura 2. Modelo sección transversal, perfil 7, municipio de Curití. Método equilibrio limite



Se tienen la distribución de los materiales encontramos en el área de estudio y se modelo la condición 1, terreno actual con ascenso máximo del nivel freático y la aceleración pseudo estática. Los resultados arrojados por el software muestran un radio de falla en la ladera izquierda de la sección, analizado mediante el método de equilibrio límite.

Figura 3. Modelo sección transversal, perfil 7, municipio de Curití. Método talud infinito



Esta es la misma sección transversal anterior, pero analizada con el método de talud infinito.

3.2.3 Calculo de los factores de seguridad determinísticos y probabilísticos, con su respectiva probabilidad de falla, utilizando el método de Monte Carlo.

Se muestran los resultados obtenidos en la modelación de la sección transversal mostrada en la Tabla 3., en la primera columna encontramos el método utilizado por el software Slide, en la segunda columna el factor de seguridad detonante (Fs. Det), en la siguiente columna el factor de seguridad probabilístico (Fs. Prob), y en la columna final el factor de probabilidad de ocurrencia de la inestabilidad (PF).

**Tabla. 3 Resultados modelamiento en Slide, perfil 7, municipio de Curití.
Método Equilibrio limite**

Método	Fs. Det	Fs. Prob	PF
Bishop	1.061	1.210	43.5%
Jambu	1.069	1.013	51.2%
Spencer	1.062	1.012	26.4%
Morgenstern-Price	1.063	1.011	51.0%

**Tabla. 4 Resultados modelamiento en Slide, perfil 7, municipio de Curití.
Método Talud infinito**

Método	Fs. Det	Fs. Prob	PF
Bishop	0.940	0.992	55.2%
Jambu	0.933	2.650	4.3%
Spencer	1.567	1.000	53.7%
Morgenstern-Price	0.934	0.996	54.7%

Para cada una de las secciones transversales modeladas en Slide obtenemos estos datos para la categorización de los factores de seguridad. Pasamos del perfil al plano en planta las distancias de los radios de falla, de cada categoría. Y así tenemos el plano de amenazas.

En el ANEXO C, se encuentran ejemplificados los resultados de dos perfiles representativos del proyecto desarrollado en el municipio de San Gil, Santander y el plano de amenazas por fenómenos de remoción en masa que se obtiene como resultado de la modelación de todos los perfiles propuestos.

3.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA [5]

El estudio de vulnerabilidad física permite valorar los daños estructurales que pueden presentarse en caso de ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico, que genere un evento crítico. El resultado de esta investigación contribuye con la determinación del tipo de obras que se requieren en los diferentes sectores, para el control de las zonas en amenaza, que no se encuentran en capacidad de soportar y sufrir daños considerables, o en casos extremos, el colapso total de esta. Por otro lado, este estudio también permite identificar las estructuras que se encuentran en peligro, debido a problemas de erosión de taludes y laderas.

Se utilizó un formato para el análisis de estructuras, donde se tomaron en cuenta los siguientes parámetros de las estructuras: uso, altura, conservación de la estructura, tipo de cubierta, proceso constructivo, sistema estructural, material usado en la construcción y la ubicación de la estructura dentro de la manzana y respecto a una posible amenaza, posteriormente se realiza la evaluación de vulnerabilidad física tomando como solicitación un evento crítico de origen telúrico.

3.2.1 Generalidades de la vulnerabilidad física. La vulnerabilidad se define como el grado de pérdida o nivel de daño potencial de un elemento o conjunto de elementos en riesgo en el área afectada por la amenaza. Para que exista algún grado de vulnerabilidad, debe existir un elemento en riesgo potencial, donde estos elementos pueden ser vidas humanas, propiedades, actividades económicas, servicios públicos, condiciones ambientales etc., y deben encontrarse expuestos a una amenaza por fenómenos naturales o inducidos con magnitud determinada y en un área específica.

Existen diversas definiciones de vulnerabilidad de diversos autores, pero en general definen la vulnerabilidad como un índice de daño que se ve reflejado en las consecuencias que se pueden llegar a presentar ante la ocurrencia de un fenómeno. El riesgo es una forma de medir la probabilidad y severidad de un evento, la forma más común de cuantificar este valor es: $\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad por la Amenaza}$. Es decir la vulnerabilidad es directamente proporcional al Riesgo.

3.2.2 Evaluación de la vulnerabilidad. Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad se debe considerar los siguientes aspectos:

- Criterio de evaluación
- Tipo de pérdidas
- Escenarios principales de pérdidas

Criterio de evaluación

El criterio de evaluación se refiere al concepto que se utilizará como referencia para definir la vulnerabilidad. A continuación se presentan los criterios más comunes para la evaluación de la vulnerabilidad:

- **Resistencia:** capacidad del sistema para mantener su integridad.
- **Forma:** capacidad del sistema para mantener su funcionamiento (conectividad).

- **Adaptabilidad:** capacidad del sistema para adaptarse y cambiar ante las diferentes condiciones internas o externas.
- **Soporte:** fundamentos conceptuales sobre los cuales se construyó la estructura general del sistema.
- **Otros:** dependen del criterio de estudio.

3.2.3 Tipo de pérdidas. Ningún sistema es vulnerable por sí mismo, la vulnerabilidad está íntimamente ligada a algún tipo de pérdidas. Puesto que la caracterización y evaluación de pérdidas son esenciales, es necesario definir con claridad el tipo de pérdidas. Las pérdidas de un sistema pueden estar relacionadas con:

Reducción en la capacidad para prestar un servicio.

- Número de muertos.
- Número de heridos o tipo de heridas.
- Reducción en las oportunidades de inversión.
- Reducción en los ingresos.
- Sobrecostos de producción o inversión.
- Costos de reparación.
- Disminución de la calidad de vida.
- Efectos psicológicos.
- Deterioro estético.
- Daños sobre el medio ambiente.

3.2.4 Definición de escenarios de interés. Los escenarios son “un ambiente o conjunto de circunstancias que rodean a una persona o a un suceso”. Las circunstancias pueden definirse utilizando diferentes criterios. Por ejemplo, un escenario potencial puede estar definido por la geometría y las características físicas; pero también en función de la probabilidad de ocurrencia, de la frecuencia

o de las consecuencias. Algunos escenarios relevantes para el análisis de riesgos son los siguientes:

- Evento máximo posible.
- Evento más probable.
- Evento más frecuente.
- Máximas pérdidas económicas.
- Máximas consecuencias sociales.
- Máximas pérdidas de vidas humanas
- Mínimo tiempo de recuperación.
- Otros definidos según el criterio de estudio.

En Colombia se desarrolló una normativa llamada la Norma Sismo Resistente Colombiana (Actualmente se encuentra en rigor la NSR-10) en la cual se exigen los requerimientos mínimos que deben cumplir las construcciones dentro del territorio nacional, con el fin de que las estructuras sean capaces de soportar (además de las cargas para las cuales fueron diseñadas), las fuerzas sísmicas, y a su vez, disipar la energía con el fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones.

El grado o categorización de vulnerabilidad física se debe expresar en términos cualitativos y se clasifica en:

Vulnerabilidad alta: entiéndase por vulnerabilidad alta, edificaciones que en caso de un evento crítico de origen telúrico, presenten pérdidas estructurales entre el 76 y 100%. Generalmente esta vulnerabilidad se presenta en edificaciones incapaces de disipar fuerzas dinámicas horizontales, como fuerzas sísmicas, fuerzas de viento, presiones laterales etc.

Vulnerabilidad media: esta vulnerabilidad se presenta en edificaciones, que en caso de la presencia de un evento crítico de diseño, presenten pérdidas estructurales entre el 26 y 75%.

Vulnerabilidad baja: se presenta en edificaciones donde las pérdidas estructurales, en caso de ocurrencia de un evento esperado, son entre el 0 y 25%. Las estructuras que presentan esta vulnerabilidad, se pueden identificar normalmente en edificaciones realizadas por ingenieros, donde se sigue la norma de construcción sismo resistente colombiana NSR-10.

Tabla. 5 Categorización de la Vulnerabilidad física

Categorización de la vulnerabilidad física	
ALTA	V.F. =>76%
MEDIA	25% < V.F. < 76%
BAJA	V.F. <=25%

3.2.5 Metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad. La metodología comprende tres fases, una de aprestamiento, otra de campo y la ultima de oficina. De cada una se desprende una serie de actividades para concluir con un índice de vulnerabilidad física.

Fase de aprestamiento

La fase inicial corresponde a la identificación del área de estudio, donde para el presente proyecto, gracias a la numeración de las manzanas asignados por el IGAC¹¹ dentro del casco urbano, se revisara el estado físico cada edificación. También es indispensable consultar y recopilar la información secundaria disponible en la alcaldía de San Gil, durante la fase inicial para ampliar el

¹¹ IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

panorama durante el procesamiento de la información obtenida en el presente estudio.

Por último se selecciona el formato de encuesta que se adapte a las condiciones del estudio, dándole detalle a cada solicitud durante el procesamiento.

Fase de campo

Posteriormente de tener definido el área de influencia directa de estudio con las encuestas en formato físico, proseguimos a realizarlas, identificando sobre cada edificación el tipo de uso, altura, estado de conservación, tipo de cubierta, procedimiento constructivo, sistema estructural, tipo de cimentación y de material usado para su construcción.

Lo anterior se resume en la identificación de subíndices de exposición, resistencia y fragilidad, para las estructuras de cada manzana. Cabe resaltar que influyen directamente el entorno de cada edificación, identificando drenajes, escarpes, tipo de suelo, entre otros factores físicos que están directamente relacionados en la determinación del grado de vulnerabilidad.

Fase de oficina

Por último se prosigue al procesamiento de los datos obtenidos en campo, para calcular el índice de daño vivienda para posteriormente darle una valoración por manzanas. El resultado final es obtener la vulnerabilidad de las manzanas ante sollicitaciones sísmicas y movimientos de remoción en masa.

Se trabaja de la mano con la información obtenida en la fase campo.

Análisis de la tipificación de viviendas urbanas

Para determinar estas condiciones estructurales, se investigó la tipificación de las viviendas, según el método de Leone ¹², teniendo en cuenta los criterios de resistencia de la estructura.

¹² Leone F.,

La tipificación de la vivienda nos permite evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones, que dependen de la clase de vivienda y sus propiedades físicas principalmente, para lo cual se desarrolló un formato de encuesta, publicada en el libro Índice de vulnerabilidad sísmico en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos¹³, donde se consignaron los datos físicos de las estructuras y se otorgó una tipificación de las viviendas de acuerdo a estas características. Realizando una media aritmética de las características físicas de las viviendas dentro de la manzana, y finalmente realizar el plano de vulnerabilidad física. Para realizar esta tipificación, se le asignó una prioridad a las características de acuerdo a su aporte de resistencia sobre la estructura, también se tuvo en cuenta los factores negativos que pudieran tener estas características y tomando como prioridad las características más desfavorables.

Una vez determinado el trabajo de campo, se procede a realizar el análisis de los resultados para la determinación de la vulnerabilidad, tomando como base el método expuesto por Leone F., la cual depende del concepto dado de la observación de campo. El método se basa principalmente en una calificación subjetiva, es decir, es un método que se basa en el concepto del evaluador o la experiencia que permiten la asignación de valores o criterios. Leone pide realizar un detalle en campo para luego plantearse la evaluación de vulnerabilidad por movimientos del terreno que se puedan presentar, La vulnerabilidad de las estructuras dependerá de:

- Tipo de estructura.
- Sistema estructural.
- Naturaleza de los elementos estructurales.
- Tamaño de la estructura, número de pisos, espacio ocupado, etc.
- Regularidad vertical y horizontal.

¹³ Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos, Maldonado E., Chío G., Gómez I. (2007)

- Edad.
- Mantenimiento.
- Materiales.
- Prácticas constructivas.
- Calidad de la mano de obra.

Utilizando la teoría de Leone F., el cual propone una distribución de las edificaciones dependiendo de su tipo de construcción y capacidad de disipación de energía.

La tipología de las estructuras se agrupan en cuatro grupos: B1, B2, B3, B4. Donde B1 son las estructuras sencillas sin ningún proceso constructivo y las B4 son las estructuras que cuentan con sistemas de disipación de energía.

La clasificación de la tipología de la vivienda según Leone F., se encuentra en el ANEXO D.

3.2.6 Definición del índice de vulnerabilidad para el modelo de estudio. El método está basado en la opinión de expertos y permite estimar la vulnerabilidad en función de un cierto número de parámetros que representan la predisposición de una edificación a sufrir daño debido a una sollicitación, la vulnerabilidad de la edificación es asignada de modo convencional, usando un índice numérico que diferencie las edificaciones que se rigen por la normativa sísmica vigente.

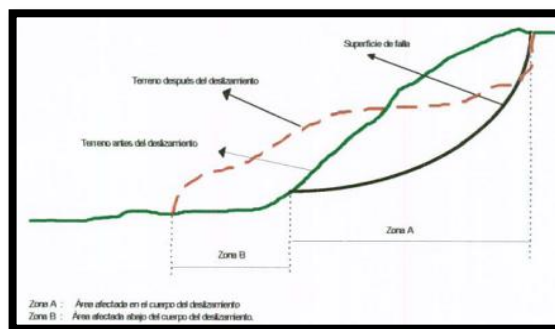
La vulnerabilidad en este estudio se define cuantitativamente como la susceptibilidad de los elementos a sufrir daños debido a los efectos de los fenómenos de remoción en masa, el método constituye una descripción de la información necesaria para la obtención de una expresión cuantitativa de la vulnerabilidad denominada índice de vulnerabilidad, el cual relaciona los grados de vulnerabilidad de los parámetros que más influyen en la vulnerabilidad de los

parámetros que más influyen en la vulnerabilidad de las edificaciones y sus valores de importancia dentro del estimativo total de vulnerabilidad. Los parámetros considerados se asocian de acuerdo a las características propias de las estructuras, de su ubicación y factores del entorno.

El modelo se basa en la estimación de un índice de vulnerabilidad total el cual es la contribución de los diferentes parámetros, estos se estiman a partir de las condiciones establecidas en los parámetros seleccionados.

3.2.7 Procedimiento para el cálculo del índice de vulnerabilidad. Para el análisis de esta variable, es necesario conocer dónde se encuentra la estructura al sitio donde ocurre el evento. El talud se divide en dos zonas, la zona A es la zona en la cual se presentan los movimientos de tierra de acuerdo a la superficie de falla, la zona B, será la zona en la cual se deposite el volumen de tierra que cae de la zona A, como se muestra en la siguiente figura:

Figura. 4. Zonas de deslizamiento, Leone F., 1999



Zona A: cualquier vivienda que se encuentre en esta zona, se verá afectada principalmente por Desplazamientos Laterales (DL)

Zona B: cualquier vivienda dentro de esta zona, se verá afectada por el volumen de tierra que se desplaza hacia ella, es decir por Presiones Laterales (PL).

Los criterios de evaluación de la vulnerabilidad física de las viviendas se clasifican de acuerdo a los siguientes escenarios:

Tabla. 6 Rango de deslizamientos laterales, Cruden y Varnes (Cruden, 1991)

Evento	Solicitud	Descripción	Velocidad Típica (S.I)	Clase
Deslizamiento	Rapidez del movimiento	Muy rápido	3 m/s – 0.3 m/min.	VM1
		Rápido	0.3 m/mín. – 1.5 m/día	VM2
		Moderado	1.5 m/día – 1.5 m/mes	VM3
		Lento	1.5 m/mes – 1.5 m/año	VM4
		Muy lento	1.5 m/año – 60 mm/año	VM5

De acuerdo a que se simulara la presencia de un evento sísmico (escenario 2), el cual es un factor detonante de deslizamientos, nos generaría para el presente caso una velocidad de movimiento Moderada (VM3) para las zonas planas (parte central del casco urbano) y sobre los escarpes o viviendas ubicadas sobre la corona de laderas se trabajara con una velocidad de movimiento rápida (VM2).

Tabla. 7 Rango de presiones laterales, Cruden y Varnes (Cruden, 1991)

Descripción	Clase	Característica
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

Para la clasificación de las presiones laterales, las cuales dependerán de la altura a la que se estime que el volumen de tierra desplazada cubrirá la casa medida desde la base de la estructura; se asumirá para las viviendas construidas directamente sobre el pie de las laderas como presión lateral media (PL2) y a medida que se aleja del pie de las laderas se asumen presión lateral baja (PL3).

PROCEDIMIENTO

El método tradicional para combinar información difusa con diferentes pesos o importancia es el llamado promedio ponderado difuso, utilizado en este modelo para calcular el índice de vulnerabilidad física de edificaciones, que se expresa como:

Se realiza una categorización del comportamiento de la manzana, se realiza una tipificación de cada vivienda.

Ver ANEXO D, en el cual se consignó el registro fotográfico de que ejemplifica la lo que el equipo en campo encontró al momento de efectuar las encuestas.

En la encuesta de vulnerabilidad que se aplica a cada manzana fueron definidos, una serie de parámetros como: el estado de conservación, tipo de cubierta, proceso constructivo, sistema estructural, entre otros. Fue asignado un peso a cada parámetro, definiendo unos subíndices. Con esta información cuantitativa se procede a realizar una sumatoria del valor obtenido para cada vivienda, donde:

- Si la sumatoria total de los parámetros es menor o igual a 1, la vivienda se le asigna una categorización de la vivienda como B4, vivienda sismo resistente.
- Si la sumatoria total de los parámetros es mayor que 1 y menor o igual a 2, la vivienda tendrá una categorización tipo B3, vivienda confinada de buena calidad.
- Si la sumatoria total de los parámetros es mayor que 2 y menor o igual a 3, la vivienda tendrá una categorización tipo B2, vivienda no confinada de mala calidad.
- Si la sumatoria total de los parámetros es mayor que 3, la vivienda tendrá una categorización tipo B1, vivienda no confinada de muy mala calidad.
- Si existe un predio en medio de una manzana que no esté construido, se le asignara una categorización de lote vacío LV.

La descripción de cada una de las tipificaciones usadas en esta metodología, las encuentran en la tabla. Clasificación de la tipología de la vivienda.

En el ANEXO D, se puede observar el formato de encuesta que se utilizó para la toma de datos en campo.

Teniendo la tipificación de cada vivienda se observa cual es el comportamiento de todas las viviendas que conforman la manzana y se define el comportamiento de la manzana según la tipificación que predomina.

Figura. 5 Comportamiento de la manzana, Alicon & Ing. S.A.S.

ESTADO DE	NÚMERO DE VIVIENDA
LV	0
B1	0
B2	1
B3	10
B4	0
TOTAL	11

COMPORTAMIENTO DE LA MANZANA	
B3	

Teniendo la tipificación de la manzana analizada, procedemos a identificar el tipo y la clase de sollicitación, ya sea deslizamiento lateral o presión lateral con la ayuda de las tablas 6 y 7 de este artículo. Con estos dos criterios establecidos, realizamos un cruce en la tabla Matriz de daño y obtenemos el índice de daño.

Tabla. 8 Matriz de daño utilizada en la encuesta de vulnerabilidad física, ALICON & ING. S.A.S.

MATRIZ DE DANO				
VUL/IND	B1	B2	B3	B4
VM1	V	V	V	IV
VM2	V	V	IV	IV
VM3	V	IV	IV	III
VM4	IV	III	II	II
VM5	IV	III	II	I
PL1	V	IV	III	III
PL2	V	IV	III	II
PL3	IV	III	II	I

Para realizar el cálculo del Índice de Vulnerabilidad se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Mediante la Metodología de Leone F., se integra un análisis de la fragilidad de las características de las variables de calificación de las condiciones de calidad de los parámetros
- Transformación del Índice de vulnerabilidad a una variable lingüística.

Se transforma el resultado del índice de daño de una variable cualitativa a una variable cuantitativa y una categorización del índice de vulnerabilidad física.

Tabla. 9 Categorización del índice de vulnerabilidad física.

Índice de daño	I.V.F.	Categorización
I	0.1	BAJA
II	0.3	BAJA
III	0.5	MEDIA
IV	0.8	ALTA
V	1	ALTA

Ver ANEXO D, para visualizar un ejemplo de la tabla resumen del cálculo del índice de vulnerabilidad física y el plano final.

3.3 ANÁLISIS DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA [5]

Riesgo es el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad y pérdidas económicas y ambientales, relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno (Varnes 1984). En la práctica, el riesgo

está definido por la magnitud de las consecuencias de la amenaza. El concepto de riesgo involucra dos variables muy importantes: Amenaza y Vulnerabilidad.

El riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos. Los municipios pueden implementar medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección y la intervención de la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo, y medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias pueden reducir las consecuencias de un evento sobre una región o una población.

Para la determinación del riesgo específico fueron implementados análisis de carácter determinístico y probabilístico, basados en los datos de entrada de cartografía geológica, geomorfológica, pendiente del terreno natural, inventario de fenómenos de movimientos en masa y encuestas realizadas a los pobladores para la caracterización del índice de vulnerabilidad.

Los resultados del estudio constituyen una fuente para la planificación de obras de mitigación de fenómenos de movimientos en masa por parte de los organismos territoriales, la priorización de las localidades bajo riesgo y la tipificación de las medidas encaminadas al mejoramiento de la estabilidad de terrenos y, en consecuencia, de la calidad de vida de los habitantes.

3.3.1 Análisis cuantitativo del riesgo. El riesgo, como ya se mencionó, se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Por lo tanto, el riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico o,

también, tecnológico, dependiendo de la naturaleza de la amenaza a la cual está referido.

Es común que el riesgo sea estimado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos, no con esto queriendo decir que no sea posible estimar, para estos casos, en forma relativa o mediante indicadores "riesgos relativos", que igualmente permiten tomar decisiones y definir prioridades de prevención y mitigación.

Una vez determinad los Índices de Vulnerabilidad Física del elemento expuesto, el riesgo se calculará como la multiplicación de la probabilidad de falla obtenida de los análisis de amenaza por el IVF.

El riesgo puede calcularse a partir de la expresión:

$$IR = PF * IVF \quad (1)$$

Dónde:

IR: Índice de Riego

PF: Probabilidad de falla

IVF: Índice de Vulnerabilidad Física

3.3.2 Categorización del índice de riesgo cualitativo. Con el fin de evaluar la magnitud del índice de riesgo y el riesgo específico, es necesario contar con las probabilidades de falla de la ladera, para las diferentes categorizaciones de amenaza con el fin de correlacionarla con la vulnerabilidad, para la determinación del índice de riesgo. Una vez se identifica el índice de riesgo, se evalúa los riesgos específicos con el avalúo catastral.

Para la categorización del riesgo, se efectuó un análisis de datos probabilísticos de amenaza y vulnerabilidad, donde se determinaron las máximas combinaciones posibles para la determinación de los intervalos de índice de riesgo, de acuerdo a estos resultados, se determinó la clasificación del índice de riesgo para cada escenario.

Figura. 6 Probabilidad en función del factor de seguridad, utilizada en el estudio de San Gil - Santander.

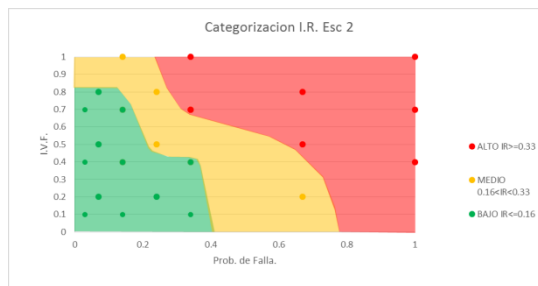


Tabla. 10 Categorización de la amenaza por probabilidad de falla, utilizada en el estudio del municipio de San Gil - Santander.

Categorización del riesgo	
Clasificación	Prob (%)
Bajo	<0.16
Medio	0.16 < IR < 0.33
Alto	>0.33

Con la categorización del riesgo, procedemos a realizar el cruce entre las probabilidades de falla y el índice de vulnerabilidad física, para obtener como resultado el índice de riesgo.

4. CONCLUSIONES

El reconocimiento de campo y la realización de un plan de trabajo ordenado y con tiempos óptimos, nos permiten obtener los resultados en los tiempos completados de los proyectos.

Es importante una buena toma de muestras en campo que permitan tener una clara distribución de los materiales del área de estudio, para obtener buenos resultados en la fase de laboratorio.

La fase de laboratorio junto con la fase de campo son las actividades más complejas y largas del proceso de los estudios, con una buena coordinación del equipo de trabajo por parte del ingeniero auxiliar, se logró cumplir con los tiempos estimados en los procesos.

La categorización de la vulnerabilidad física permite obtener una clara idea de los sitios donde estarían concentrados los mayores daños estructurales que tendrían las edificaciones en caso de un eventual fenómeno de remoción en masa.

Con el desarrollo de los modelos geológico geotécnicos, determinamos los niveles de amenaza que nos permitirán identificar las zonas de posibles eventos de remoción en masa.

La realización del informe de cada capítulo junto al desarrollo del informe final permite al practicante abrirse en una rama de la ingeniería civil que le servirá para su crecimiento profesional.

La realización de prácticas empresariales como modalidad de trabajo de grado, permite al estudiante entrar en contacto e interactuar con la realidad del profesional, la cual permite tener una idea clara del contexto y empresarial en el cual se desempeñara en su vida.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de ingeniería sísmica (AIS) “Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10”, Bogotá, Colombia, 2010.

Gallardo J., Aplicación del método de los factores de evaluación en los fenómenos de remoción en masa del barrio San Fermín, municipio de Ocaña, y selección de obras de mitigación. [Maestría] Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2014.

Maldonado E., Chío G., Gómez I. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos, Ingeniería y Universidad., 2007, Volumen 11, no. 2, 149-168.

Orduz L. Ramírez A., Determinación de la amenaza, riesgos por fenómenos de remoción en masa y diseño de las obras de mitigación en el sector occidental de granjas de Provenza municipio de Bucaramanga. [Pregrado] Universidad Pontificia Bolivariana. Piedecuesta 2011.

Suarez J. Deslizamientos, Técnicas de remediación., 2009, Volumen 2, División de Publicaciones UIS, Bucaramanga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] www.aliconingenieria.com [citado el 15 de Diciembre de 2014]

[2] Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa del área urbana del municipio de Curití, Santander. Bucaramanga, Colombia, 2014. p. 11 – 280.

[3] Norma técnica Sismo resistente NSR-10, Título H, capítulo 2. Bogotá, Colombia, 2010. p. H-7.

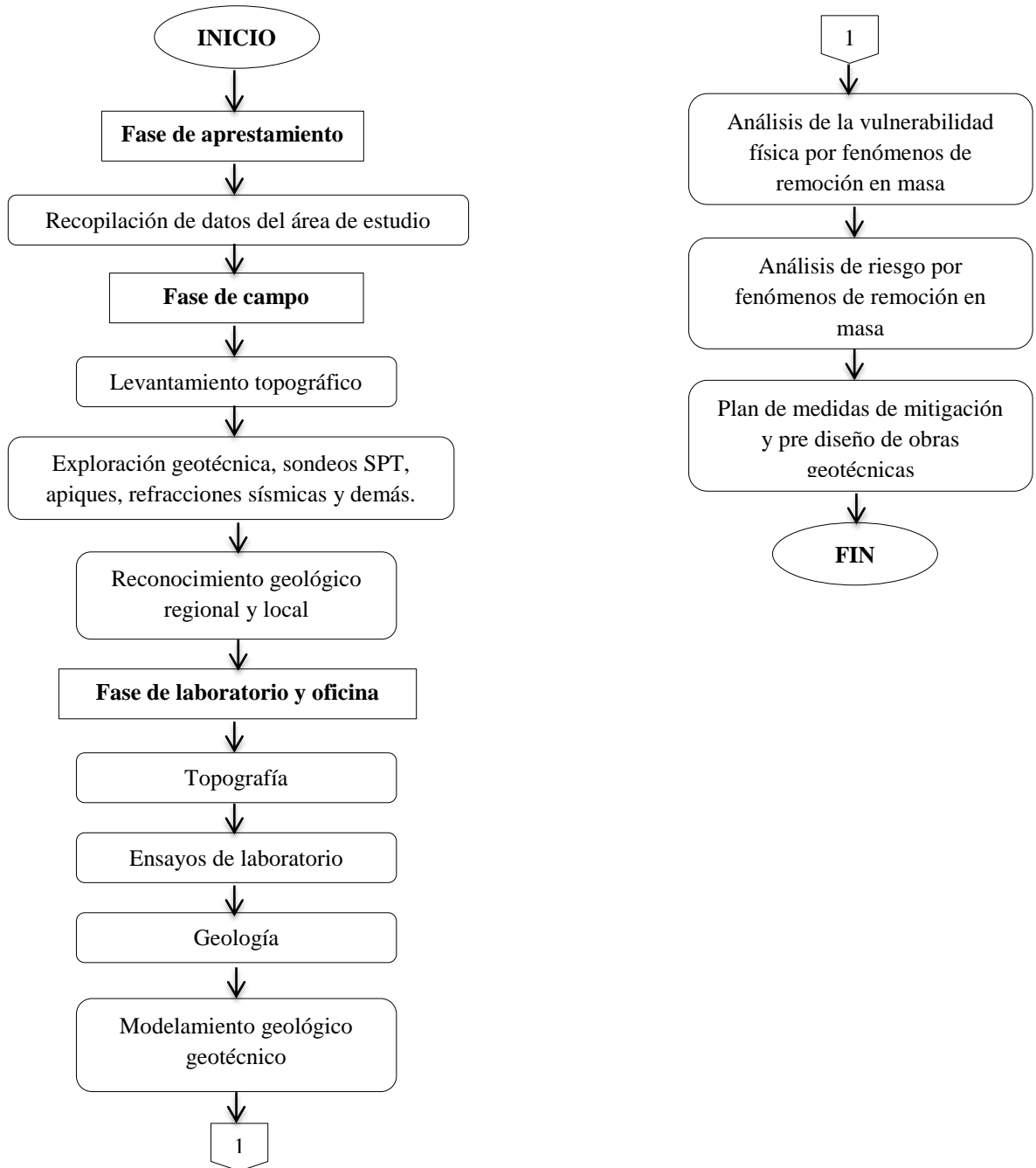
[4] Resolución 227 de 2006, Secretaría Distrital de Gobierno. "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para proyectos urbanísticos y de construcción de edificaciones en Bogotá D.C.": <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20845> [citado el 5 de Enero de 2015]

[5] Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa del área urbana del municipio de San Gil, Santander. Bucaramanga, Colombia, 2014. p. 11 – 280.

ANEXOS

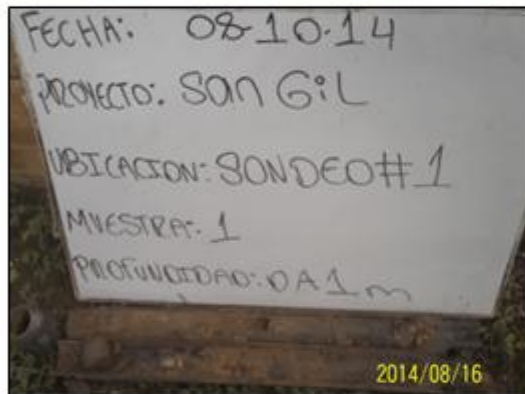
ANEXO A Estructura de informe

ALICON & ING. S.A.S






ANEXO B Exploración geotécnica

Registro fotográfico de los sondeos, estudio del área urbana de San Gil



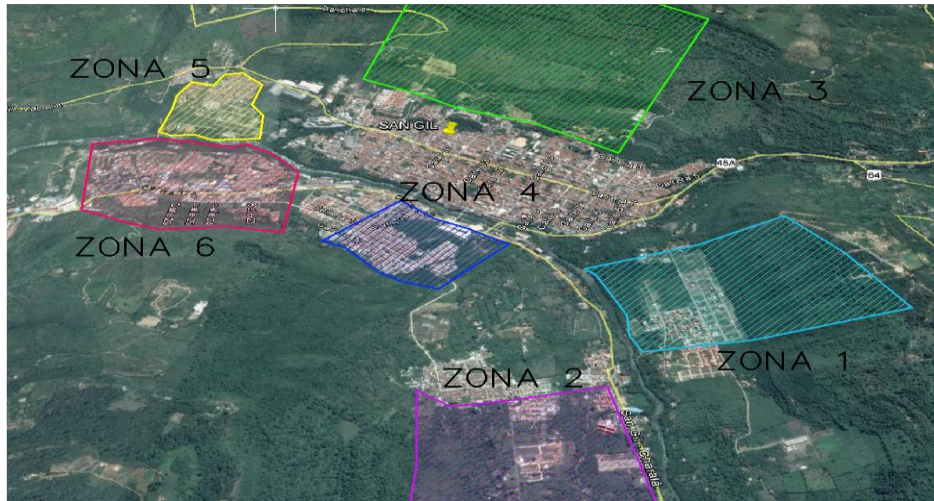
Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Registro perforación SPT

 <p style="font-size: small;">ALICÓN & ING. S.A.S. ALMAYZA CONSULTORIA & INGENIERÍA NIT: 900305485-3</p>	REGISTRO DE PERFORACIÓN SPT					CÓDIGO	ALICON - FO - 39		
						VERSION	0		
						FECHA	18-feb-13		
						PÁGINA	1 de 1		
PROCESO:	GEOLOGIA Y DISEÑO GEOTECNICO					FECHA: 14-11-2014			
PROYECTO:	SAN GIL								
SONDEO	1								
						NORMA			
						I.N.V.E 111-07			
MUESTRA	PROF (m)	6"	12"	18"	N	DESCRIPCION			
1	0.5	3	4	5	9	Suelo de color gris oscuro de textura limoarenosa, con fragmentos de roca de aproximadamente 2 - 3 cm			
	1	4	5	6	11				
2	1.5	10	14	6	20				
	2	6	5	6	11				
3	2.5	8	8	10	18			suelo de color café claro de textura limoarenosa, con fragmentos de roca de aproximadamente 2 - 3 cm	
	3	10	11	10	21				
4	3.5	15	20	25	45	suelo de color café claro de textura limoarenosa, con fragmentos de roca de aproximadamente 2 - 3 cm			
	4	30	40	55	95				
5		RECHAZO ROCA			0	----			
					0				
Laboratorista:	 Juan Carlos Lopéz			Reviso:	 Ing. Edward Fabian Quintanilla Diaz Tp 68202217733 STD				

Fuente. ALICON & ING. S.A.S

Zonificación estudio Municipio de San Gil



Fuente. ALICON & ING. S.A.S

Resumen de N de los sondeos aplicados en la zona 6 de San Gil

		ZONA 6																		
Mt	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S40A	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S38A
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
0.5	16	7	3	3	10	5	7	25	12	11	9	9	19	31	16	67	9	20	3	22
1	30	12	8	7	10	8	10	35	5	19	13	23	36	31	19	55	4	14	7	35
1.5	18	13	12	9	2	20	9	49	18	14	37	38	42	22	36	42	4	18	13	32
2	17	16	12	11	12	30	5	47	21	22	53	46	71	10	48	47	8	12	15	59
2.5	24	14	13	14	13	26	7	56	17	28	57	57	42	13	48	74	10	18	21	61
3	26	17	14	18	13	25	11	61	21	30	55	59	42	18	53	71	24	39	22	59
3.5	32	18	17	19	13	31	11	66	27	37	60	62	70	16	73	56	29	50	27	69
4	33	19	23	21	18	35	11	111	13	34	73	67	58	14	130	56	108	52	35	76
4.5	38	26	27	19	19	35	13	R	15	47	77	59	66	12	R	65	R	63	79	64
5	44	92	30	23	20	44	17		19	46	82	72	57	14		71		30	108	62
5.5	71	S	39	30	27	4	23		15	58	143	102	98	15		R		R	R	83
6	58		60	66	42	R	28		18	68	R	63	63	28						146
6.5	R		R	R	62		40		RELL	76		S	R	45						S
7					R		33			105				76						
7.5							24			70				R						
8							77			R										
8.5							R													

Fuente. ALICON & ING. S.A.S

Registro fotográfico apiques



Fuente. ALICON & ING. S.A.S - Autor

Resumen resultados de laboratorio

ZONA 1									
SONDEO	PROF (m)	USCS	WN %	LIMITES DE ATTERBERG			GRADACION		
				LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %
S1 - M1	0-2	ML	16.77	28.81	23.47	5.34	0.00	17.51	82.49
S1 - M2	2-4	ML	9.70	25.76	22.04	3.72	0.00	13.66	86.34
S2 - M1	0-2	CL	15.86	27.18	21.23	5.95	0.00	34.24	65.76
S2 - M2	2-4	ML	14.32	29.64	22.01	7.62	0.00	22.96	77.04
S2 - M3	4-5	CL	14.59	35.63	19.57	16.06	0.00	21.04	78.96
S3 - M1	0-2	CL	13.93	25.76	22.04	9.87	0.00	13.66	86.34
S3 - M2	2-4	ML	8.86	39.33	17.49	21.84	0.00	24.40	75.60
S3 - M3	4-5	ML	10.18	26.35	22.51	3.85	0.00	23.40	76.60
S4 - M1	0-1	ML	17.01	33.76	24.42	9.34	0.00	27.96	72.04
S4 - M2	1-2	CL	15.78	37.45	23.83	13.62	0.00	16.04	83.96
S4 - M3	2-4	CL	13.22	31.26	22.62	8.64	0.00	33.08	66.92
S5 - M1	0-2	ML	24.68	36.88	30.52	6.36	0.00	7.24	92.76
S5 - M2	2-4	ML	20.66	41.62	30.61	11.01	0.00	5.84	94.16
S5 - M3	4-5	ML	11.28	37.78	24.45	13.33	0.00	10.72	89.28
S6 - M1	0-2	ML	10.39	37.78	28.24	9.54	0.00	7.92	92.08
S6 - M2	2-4	ML	8.95	33.89	25.05	8.84	0.00	3.44	96.56
Valores Máximos			24.68	41.62	30.61	21.84	0.00	34.24	96.56
Valores Promedios			14.14	33.05	23.76	9.68	0.00	17.69	82.31
Valores Mínimos			8.86	25.76	17.49	3.72	0.00	3.44	65.76

Fuente. ALICON & ING. S.A.S

Resumen ensayos de corte directo

ZONA	APIQUE		C No drenada (KN/m2)	phi (°)		APIQUE	C drenada (KN/m2)	phi (°)
APIQUES								
ZONA 1	AP1	No Drenada	101.50	8.00	Drenada	AP1	36.50	4.10
	AP2		38.50	21.90				
	AP3		56.20	17.20				
	AP4		27.00	3.00				
	AP5					AP5	14.10	10.40
	AP6					AP6	16.20	10.30
	MAX		101.50	21.90	MAX		36.50	10.40
	PROM		55.80	12.53	PROM		22.27	8.27
	MIN		27.00	3.00	MIN		14.10	4.10
	DESV		32.75	8.58	DESV		12.37	3.61
ZONA 2	AP7	No Drenada	32.50	5.10	Drenada			
	AP8		37.60	14.00				
	AP9		21.50	15.40				
	AP10		20.06	0.80				
	AP11		74.30	6.50		AP11	35.60	1.00
	AP12		26.90	0.90				
	MAX		37.60	15.40	MAX		35.60	1.00
	PROM		27.71	7.12	PROM		35.60	1.00
	MIN		20.06	0.80	MIN		35.60	1.00
	DESV		7.39	6.31	DESV		NP	NP
ZONA 3	AP13	Drenada	10.30	14.60	No Drenada			
	AP14		18.20	20.70				
	AP15		32.70	17.70				
	AP16							
	AP17		19.30	12.10				
	AP18		16.10	8.32				
	MAX		32.70	20.70	MAX		NP	NP
	PROM		19.32	14.68	PROM		NP	NP
	MIN		10.30	8.32	MIN		NP	NP
	DESV		8.25	4.81	DESV		NP	NP

Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Correlación en el Software DINAMYC PROBING

Nº de golpes
Nº de golpes Revestimiento

Prof. (m)	Nº de golpes	Cálculo coef. reducción sonda Chi	Resistencia dinámica RD Coefic. Reducción	Resistencia dinámica (Kg/cm ²)
0.50	9	0.849	31.34	36.92
1.00	11	0.840	34.65	41.26
1.50	20	0.781	58.60	75.02
2.00	11	0.823	31.28	38.00
2.50	18	0.766	47.62	62.19
3.00	21	0.709	47.66	67.25
3.50	45	0.602	86.77	144.10
4.00	95	0.596	168.96	283.48

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

Estratigrafía Estratigrafía según intervalo equipo

Prof. Estrato (m)	N DPM	Rd (Kg/cm ²)	Cohesivo	Sin cohesión	Peso específico (t/m ³)	Peso específico saturado (t/m ³)	Coefic. de correlación con Nspt	N
4	28.75	93.53	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.81	1.89	0.7	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Redondear NSPT

 No redondear
 Hacia abajo
 Hacia arriba

(N1)100 (Er/100=1)

Tipo de elaboración: M

Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

**Análisis estadístico de la combinación de los datos de los cortes directos
con las correlaciones arrojadas por el software DINAMYC PROBING**

APIQUE		C No drenada (KN/m2)	phi (°)	Peso Esp. (t/m2)	Peso Esp. Sat. (t/m2)			C drenada (KN/m2)	phi (°)	Peso Esp. (t/m2)	Peso Esp. Sat. (t/m2)			
APIQUES														
AP1	No Drenada	101.5	8					36.5	4.1					
AP2		38.5	21.9											
AP3		56.2	17.2											
AP4		27	3											
AP5								14.1	10.4					
AP6								16.2	10.3					
MAX		101.5	21.9	0.0	0.0	MAX		36.5	10.4	0.0	0.0			
PROM		55.8	12.5	NP	NP	PROM		22.3	8.3	NP	NP			
MIN		27.0	3.0	0.0	0.0	MIN		14.1	4.1	0.0	0.0			
DESV		32.7	8.6	NP	NP	DESV		12.4	3.6	NP	NP			
CORRELACIONES														
Sondeo	Cu no drenada (Kg/cm2)	Cu no drenada (KN/m2)	60% Cu no drenada (KN/m2)	Phi (°)	Peso Esp. (t/m2)	Peso Esp. Sat. (t/m2)	Módulo de Young (Kg/cm2)		60% Cu no drenada (KN/m2)	Phi (°)	60 % phi (°)	Peso Esp. (t/m2)	Peso Esp. Sat. (t/m2)	Módulo de Young (Kg/cm2)
S1	1.4	136.0	81.6	25.8	2.1	2.3	211.0		81.6	25.8	15.5	2.1	2.3	211.0
	2.5	252.0	151.2				201.2		46.8	27.1	16.2	2.1	2.2	201.2
	1.0	100.0	60.0						56.4	27.7	16.6	2.1	2.3	263.8
	0.8	78.0	46.8						57.6	27.2	16.3	2.1	2.2	247.1
	2.0	199.0	119.4						58.8	27.4	16.4	2.1	2.3	291.1
	2.8	281.0	168.6						60.0	29.6	17.8	2.2	2.5	270.9
	1.7	171.0	102.6						60.0					269.4
	2.1	209.0	125.4						60.0					252.0
	1.0	101.0	60.6						60.0					275.8
	3.1	308.0	184.8						60.0					257.6
2.5	252.0	151.2						60.6					336.0	
S2	1.7	167.0	100.2	27.1	2.1	2.2	263.8		61.8					336.0
	3.1	309.0	185.4				247.1		74.4					
	1.0	100.0	60.0						75.0					
	0.9	94.0	56.4						75.6					
	2.5	245.0	147.0						77.4					

	3.3	332.0	199.2					81.6					
	2.1	205.0	123.0										
	2.5	254.0	152.4										
	1.2	124.0	74.4										
	3.7	366.0	219.6										
	3.1	309.0	185.4										
S3	1.8	183.0	109.8	27.7	2.1	2.3	291.1						
	3.4	339.0	203.4				270.9						
	1.0	100.0	60.0										
	1.0	103.0	61.8										
	2.7	269.0	161.4										
	3.7	366.0	219.6										
	2.2	223.0	133.8										
	2.8	278.0	166.8										
	1.4	136.0	81.6										
	4.2	417.0	250.2										
3.4	339.0	203.4											
S4	1.7	170.0	102.0	27.2	2.1	2.2	269.4						
	3.2	315.0	189.0				252.0						
	1.0	100.0	60.0										
	1.0	96.0	57.6										
	2.5	250.0	150.0										
	3.6	355.0	213.0										
	2.1	209.0	125.4										
	2.6	259.0	155.4										
	1.3	126.0	75.6										
	3.9	394.0	236.4										
3.2	315.0	189.0											
S5	1.7	174.0	104.4	27.4	2.1	2.3	275.8						
	3.2	322.0	193.2				257.6						
	1.0	100.0	60.0										
	1.0	98.0	58.8										
	2.6	256.0	153.6										
	3.4	341.0	204.6										
	2.1	213.0	127.8										
	2.7	265.0	159.0										
	1.3	129.0	77.4										
	3.9	385.0	231.0										
3.2	322.0	193.2											
S6	2.3	227.0	136.2	29.6	2.2	2.5	336.0						
	4.2	420.0	252.0				336.0						
	1.3	125.0	75.0										

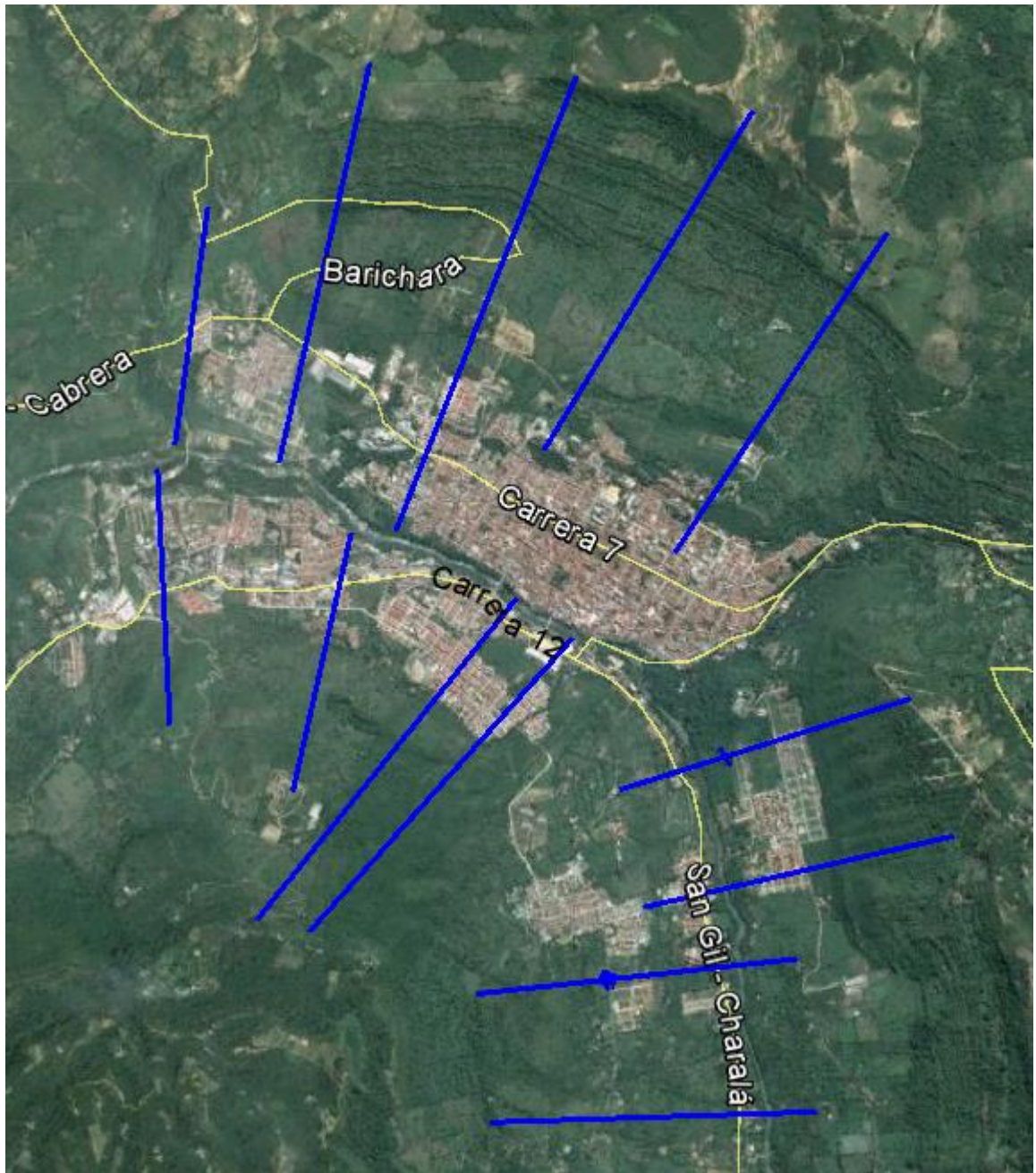
	3.4	335.0	201.0											
	4.8	483.0	289.8											
	2.7	268.0	160.8											
	3.5	348.0	208.8											
	1.7	168.0	100.8											
	5.4	539.0	323.4											
	4.2	420.0	252.0											
MAX		539.0	323.4	29.6	2.2	2.5	336.0	MAX	81.6	29.6	17.8	2.2	2.5	336.0
PROM		244.2	146.5	27.5	2.1	2.3	267.7	PROM	65.2	27.5	16.5	2.1	2.3	267.7
MIN		78.0	46.8	25.8	2.1	2.2	201.2	MIN	46.8	25.8	15.5	2.1	2.2	201.2
DESV		109.7	65.8	1.3	0.1	0.1	40.9	DESV	10.2	1.3	0.8	0.1	0.1	40.9

PÁRAMETROS ASUMIDOS			
	COHESIO N (Kpa)	FRICCIO N (°)	PESO ESP (KN/m)
	27.00	17.00	17.11
DESV EST.	11.00	1.00	1.00

Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

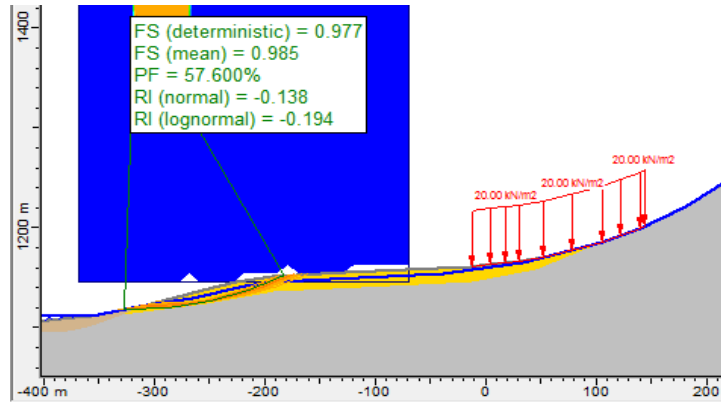
ANEXO C Amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Perfiles En planta que serán modelas en el Software SLIDE

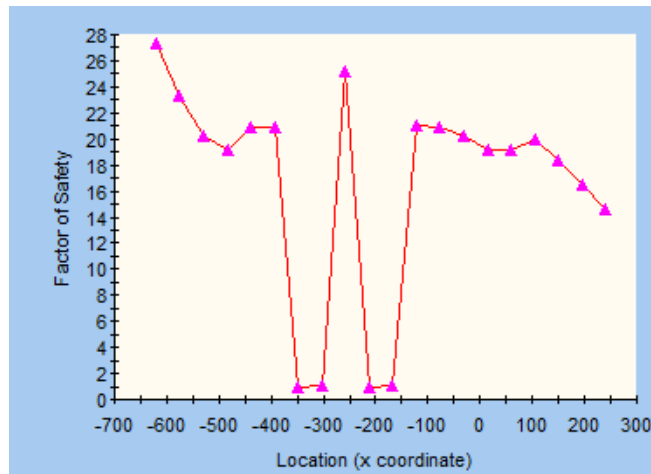


Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Resultados del modelamiento en el software SLIDE

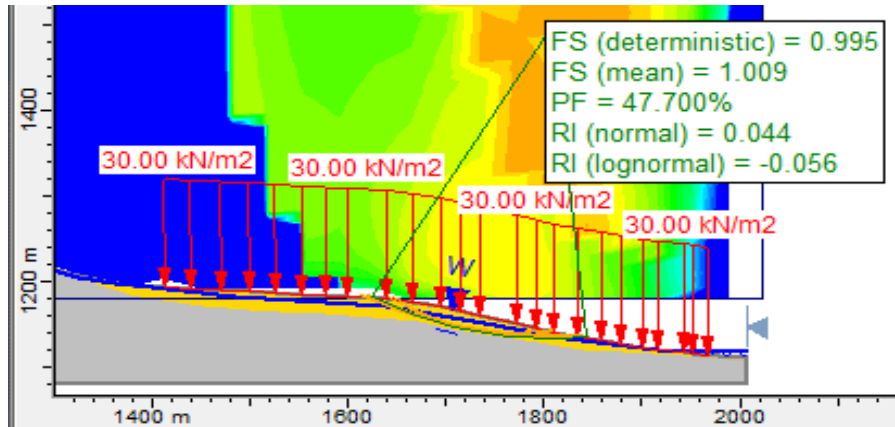


METODO	FS DET	FS PROB	PF
BISHOP	0.977	0.985	57.6%
JANBU	0.993	0.983	57.8%
SPENCER	0.977	0.982	58.4%
MORGENSTERN-PRICE	0.975	1	51.3%

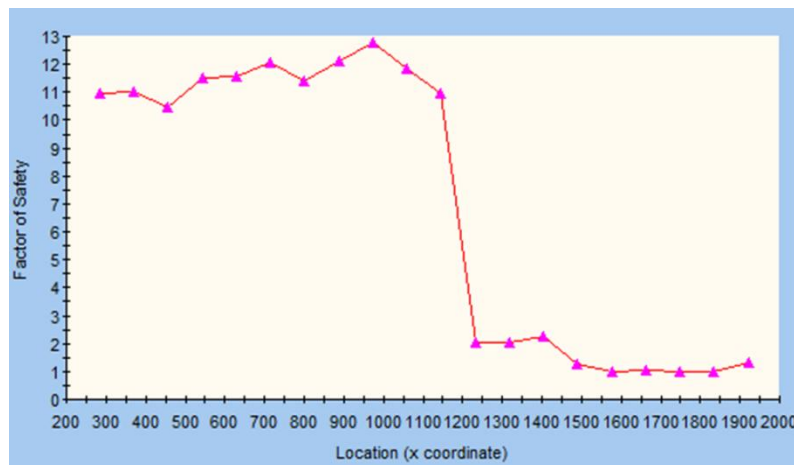


Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Resultados del modelamiento en el software SLIDE

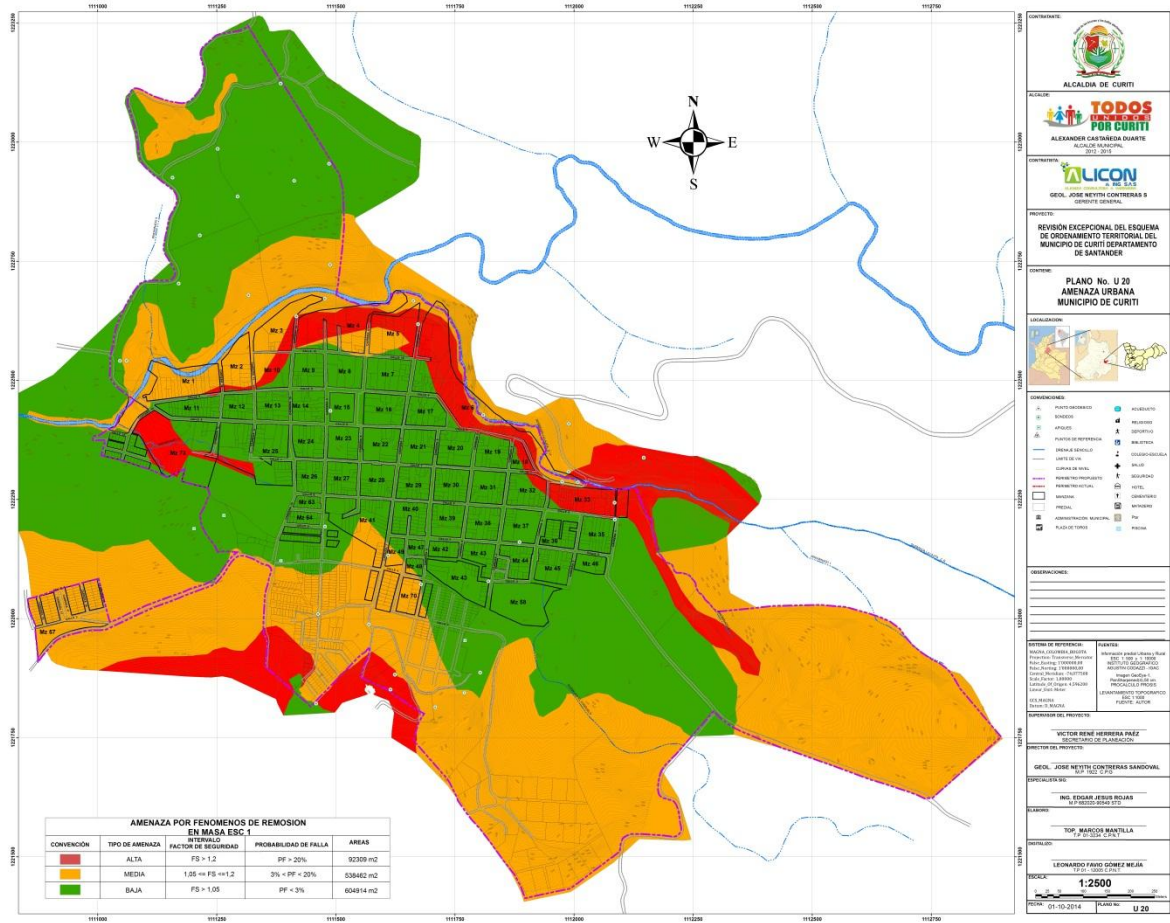


METODO	FS DET	FS PROB	PF
BISHOP	1	1	47.7%
JANBU	1	1	47.5%
SPENCER	1	1	47.6%
MORGENSTERN-PRICE	1	1.02	44.9%



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Plano de amenaza por fenómenos de remoción en masa Curití, Santander.



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

ANEXO D. Vulnerabilidad física por fenómenos de remoción en masa.

Registro fotográfico de los sistemas estructurales encontrados en el área de estudio

<p>Sistema pórtico</p> 	<p>Muros confinados</p> 
<p>Muros no confinados</p> 	<p>Mamposteria en tapia o adobe</p> 

Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Proceso constructivo

Autoconstruccion



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Estado de conservación

Estado de conservacion bueno



Estado de conservacion regular



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

TIPOS DE TEJAS

Teja en barro



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

Formato de encuesta, vulnerabilidad física, manzana 37 San Gil

Características	Fecha:	05/11/2014																												
Municipio: SANGIL	Dpto: Santander	Comuna																												
Barrio: altos de san carlos	Manzana: 37	Predio:																												
Caracterización																														
Número de Viviendas por Manzana.																														
a. Estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Construido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
5. No construido																														
b. Usos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Residencial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																				
2. Comercial										X																				
3. Industrial																														
4. Dotacional																														
II. Altura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Número de pisos	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																			
2. Semisotano	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S																			
3. No. de Viviendas por Predio																														
4. Lote																														
IV. Estado de Conservación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Bueno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
2. Regular																														
3. Malo																														
V. Tipo de Cubierta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Liviana											X																			
2. Teja de Barro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																				
3. Laja de Hormigón																														
VI. Proceso Constructivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Autoconstrucción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
2. Proyecto de Urbanización																														
3. Dirigido por Ing. o Arq.																														
VII. Sistema Estructural	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Pórtico																														
2. Muros confinados		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
3. Muros no confinado	X																													
4. Muros Estructurales																														
3. No ingenieril																														
X. Material	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Tapia y adobe																														
2. Mampostería de Ladrillo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
3. Hormigón armado																														
4. Acero y Hormigón																														
5. Madera																														
6. Metálica Liviana																														
7. Cartón, Teja de Zinc, material reciclable, etc.																														
XI. Ubicación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Esquina	X	X								X	X																			
2. Intermedia																														
3. Aislada																														
Tipificación	B2	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3																			
Observaciones:																														

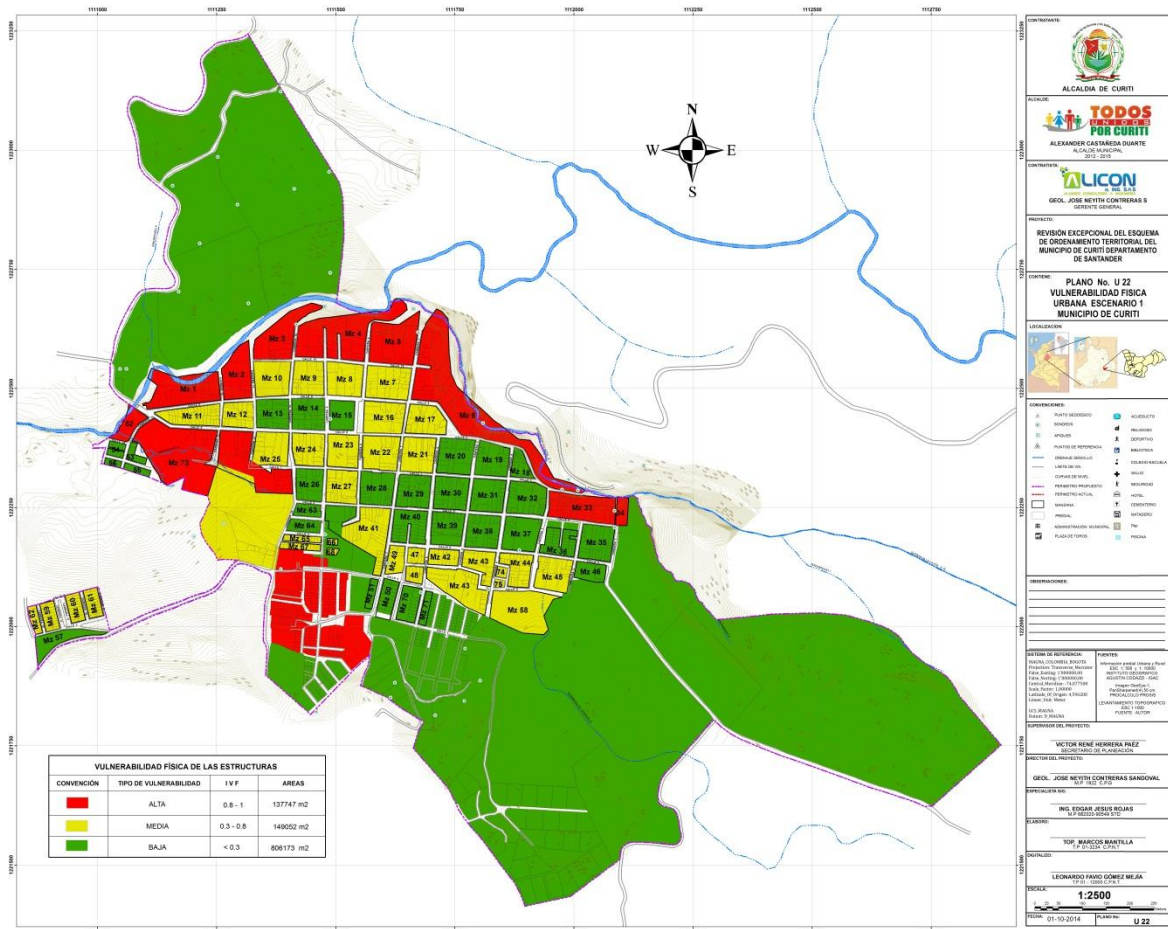
Fuente. Libro UIS, Maldonado – Chío Cho, modificada por ALICON & ING. S.A.S

Cálculo del índice de vulnerabilidad física

	COMPORTAMIENTO DE LA MANZANA	ANALISIS	VEL. DESP	VEL. PRES	IND. DAÑO	I.V.F.	CATEGORIZACION
1	B3	PRESIONES		PL1	III	0.5	MEDIA
2	B4	PRESIONES		PL1	IV	0.8	ALTA
3	B2	PRESIONES		PL1	IV	0.8	ALTA
4	B3	PRESIONES		PL2	III	0.5	MEDIA
5	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
6	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
8	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
9	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
10	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
11	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.1	BAJA
15	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
16	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		I	0.1	BAJA
17	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		I	0.1	BAJA
18	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
19	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
20	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
21	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
26	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
27	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
28	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
29	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
30	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
31	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
32	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
33	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.3	BAJA
34	B3	DESPLAZAMIENTO	VM5		III	0.5	MEDIA
35	B4	DESPLAZAMIENTO	VM5		I	0.1	BAJA
36	B2	DESPLAZAMIENTO	VM5		II	0.5	MEDIA
37	B3	PRESIONES		PL2	III	0.5	MEDIA
38	B2	PRESIONES		PL3	III	0.5	MEDIA
39	B2	PRESIONES		PL3	III	0.5	MEDIA

Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

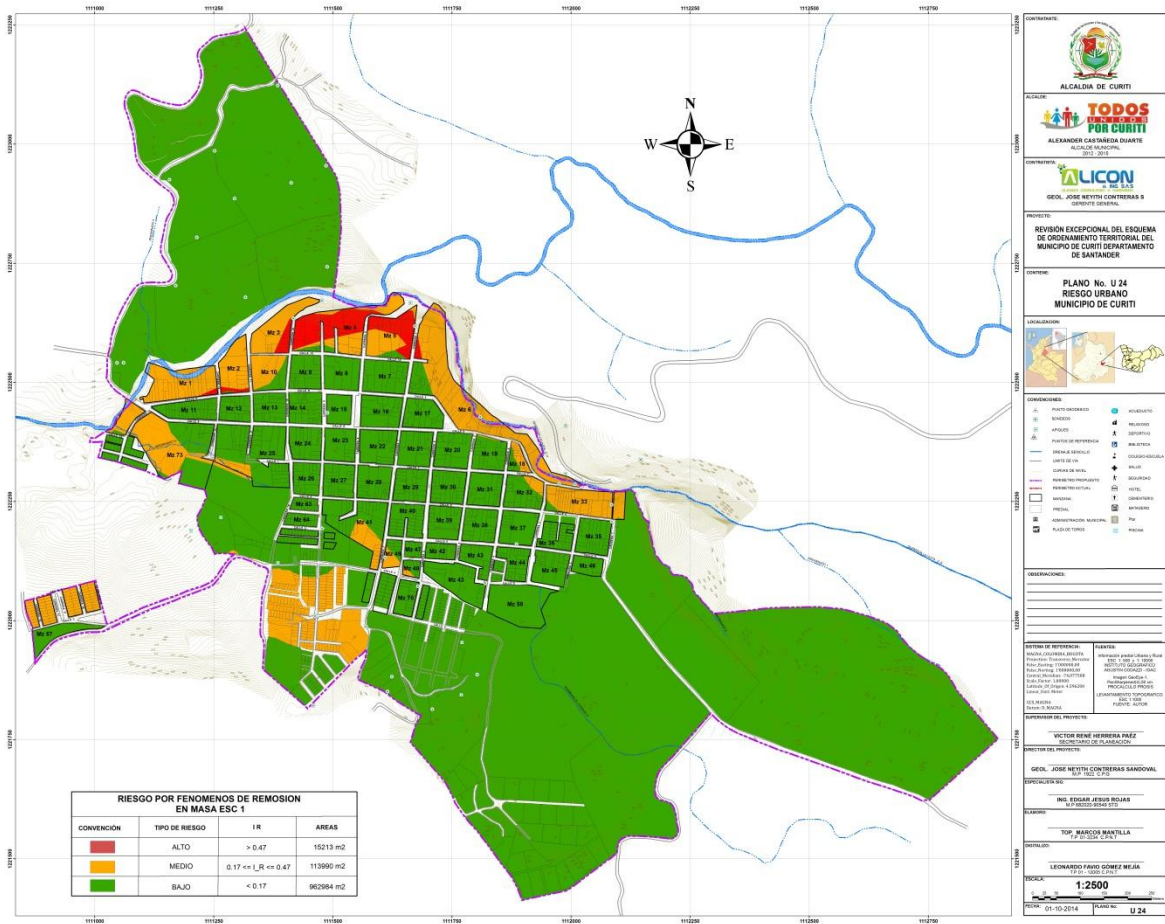
Plano vulnerabilidad física municipio de Curití, Santander.



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.

ANEXO E Análisis del riesgo

Plano índice del riesgo municipio de Curití, Santander.



Fuente. ALICON & ING. S.A.S.