

**CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DEL
PROBLEMA DE INESTABILIDAD EN EL BARRIO EL ZULIA “SECTOR
URBANIZACIÓN VALLE DEL ESPÍRITU SANTO”. CASO DE ESTUDIO DEL
MUNICIPIO DE PAMPLONA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

OSCAR JAVIER JAIMES CACUA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2018

**CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
DE INESTABILIDAD EN EL BARRIO EL ZULIA “SECTOR URBANIZACIÓN VALLE
DEL ESPÍRITU SANTO”. CASO DE ESTUDIO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA,
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

OSCAR JAVIER JAIMES CACUA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Magíster en Geotecnia**

Director:

JOSÉ ALBERTO RONDÓN

Ing. Civil U.I. S, M. Sc. Geotecnia U.I.S.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA.

En mi FE, que es el punto vital de mi vida doy gracias a Dios a Jesús, al Espíritu Santo y la Virgen María, por ser el motor inspirador que da sentido a mi vida cada día y junto Con mi familia, me da la fuerza para continuar en el logro de mis metas, entendiendo que cada obstáculo es una oportunidad para aprender más y crecer como hijo, como persona y como ingeniero civil.

A mis padres, por su amor, trabajo y dedicación en mi formación que me ha permitido lograr esta invaluable meta en mi formación profesional, que hará sentir orgulloso a mi familia. A mis hermanos, A mis sobrinos y A mis amigos, los cuales siempre me apoyaron y creyeron en mis capacidades.

A mi esposa Janeth, a mi Hija Laura y mi Hijo Oscar, que siempre han estado a mi lado, apoyándome de forma incondicional y junto con mi fe, entender que siempre hay una razón de ser y que voy por el camino indicado.

Agradezco a mis docentes, por haber compartido sus conocimientos y haberme dado las bases de mi preparación como Magister en Geotecnia, que me permitirán ejercer con decoro, grandeza y honestidad, esta nueva fase de mi profesión como ingeniero civil.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. MARCO TEÓRICO	21
3.1 AMENAZA	21
3.2 MARCO LEGAL.....	23
3.3 MARCO CONTEXTUAL.	23
3.4 MARCO HISTÓRICO.	23
4. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	28
4.1 UBICACIÓN ESPACIAL DEL SITIO OBJETO DE EVALUACIÓN.....	29
5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	30
5.1 ALCANCES	30
5.2 DELIMITACIONES.	30
5.2.1 Delimitación Espacial.....	30
5.2.2 Delimitación Temporal.	30
5.2.3 Delimitación Conceptual.	31
6. DISEÑO METODOLÓGICO.	32
6.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
6.2 INSTRUMENTOS DE CAPTACIÓN DE DATOS.....	32
6.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	34
7. FOTO INTERPRETACION	36
8. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO URBANIZACIÓN VALLE DEL ESPÍRITU SANTO.	40
9. ENCUADRE GEOLÓGICO.....	47
9.1 ENCUADRE GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA.....	47

9.2 RASGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS LOCALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	50
10. AMENAZAS NATURALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	61
10.1 GRIETAS DE DESECACIÓN.	61
10.2 PROCESOS DE REPTACIÓN	62
10.3 PROCESOS DE EROSIÓN.....	65
10.4 DESLIZAMIENTOS	67
11. AMENAZAS GEOLÓGICAS RELEVANTES EN LOS SITIOS EVALUADOS.....	72
12. ASPECTOS SISMOLÓGICOS	73
12.1 ANÁLISIS SISMOLÓGICO TECTONISMO Y ACTIVIDAD SÍSMICA ZONAS DE ESTUDIO.....	74
13. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO.	78
13.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	78
13.1.1 Análisis de Sondeos.	79
13.1.2 Clasificación de los Suelos Basado en los Límites de Atterberg.	83
13.1.2.1 Consistencia.	83
13.1.3. Análisis de valores de SPT, obtenidos en los sondeos realizados.	86
13.2 CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS REALIZADO A LA INFORMACION SECUNDARIA.	91
14. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	94
14.1 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS.....	96
14.2 LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO.....	97
14.3 PERFILES DE TRABAJO.....	99
14.4 CÁLCULOS DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD	100
14.4.1. Condiciones estáticas.....	100
14.4.2. Condiciones dinámicas.....	101
14.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	103
15. CONCLUSIONES.....	111
16. RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	120

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. C 2238-08 1992 IGAC	17
Figura 2. Estado Actual Urbanización Valle del Espíritu Santo Barrio el Zulia	18
Figura 3. Corte e incendio forestal, como mecanismo antrópico de explotación de recursos vegetales y expansión de la frontera agrícola sector de Ulaga.....	26
Figura 4. Incendio forestal, como mecanismo antrópico de explotación de recursos vegetales y expansión de la frontera agrícola, sector del cerro del barrio el progreso, que hace parte del macizo del barrio Chíchira.	26
Figura 5. Proceso de remoción en masa en el talud superior de la vía Pamplona-Bucaramanga y pérdida de banca vial debido al represamiento de Quebrada Navarro.	27
Figura 6. Localización de las zonas de estudio en la ciudad de Pamplona.	28
Figura 7. Localización de los Barrios El Zulia Municipio de Pamplona, objetos físicos de estudio.	29
Figura 8. Escenarios del trabajo investigativo adelantado.	35
Figura 9. Imagen satelital Google Earth del casco Urbano del Municipio de Pamplona	36
Figura 10. Imagen satelital Google Earth del perímetro del casco Urbano del Municipio de Pamplona, sobre la cual se han situado algunos descriptores.	39
Figura 11. Urbanización Valle del Espiritusanto.	40
Figura 12. Morfología área de trabajo Fuente. Google Earth.	41
Figura 13. Perfiles topográficos evaluados (P3-P6) sobre la ladera de la urbanización	42
Figura 14. Perfiles topográficos evaluados (P2-P7) sobre la ladera de la urbanización	43
Figura 15. Perfiles topográficos evaluados (P3A-P7) sobre la ladera de la urbanización	43
Figura 16. Perfiles topográficos evaluados (P3-P8) sobre la ladera de la urbanización	44
Figura 17. Ilustración 2 Sección del Cuadrángulo Geológico H13. Fuente: Servicio Geológico Colombiano	50
Figura 18. Sección del Cuadrángulo Geológico H13. Fuente: Servicio Geológico Colombiano	51

Figura 19. Relieve procesos de remoción de tierras. Urbanización Valle de Espíritu Santo	57
Figura 20. Relieve. Urbanización Valle de Espíritu Santo	58
Figura 21. Relieve. Urbanización Valle de Espíritu Santo	59
Figura 22. Relieve, Urbanización Valle de Espíritu Santo	59
Figura 23. Grietas de desecación, Urbanización Valle de Espíritu Santo.....	62
Figura 24. Escalonamientos y Bloques de roca.....	63
Figura 25. Bloques de roca, sector intermedio del talud Urbanización Valle del Espíritu Santo.	64
Figura 26. Cauce de la Quebrada “La Toma”. Parte superior Urbanización.....	66
Figura 27. Presencia de Diques Quebrada Jurado.....	66
Figura 28. Se Presenta Deslizamiento de Tipo Planar	67
Figura 29. Se Presenta Deslizamiento de Tipo Planar.	68
Figura 30. Se presenta deslizamiento en forma de cuña.	68
Figura 31. Derrumbe rotacional	70
Figura 32. Derrumbe rotacional.	71
Figura 33. Mapa de amenaza sísmica colombiano. Fuente: Título A, NSR2010.....	73
Figura 34. Tabla para determinar el valor de la PGA	75
Figura 35. Tabla para determinar el valor de K_{ST}/a_{MAX}	75
Figura 36. Predio Urbanización Valle del Espíritu Santo”, Pamplona, estudiado geotécnicamente.	79
Figura 37. Perfil de suelos hallados en el predio de Estudio Urbanización Valle del Espíritu Santo.....	82
Figura 38. Parámetros para clasificación de suelos por Consistencia.....	83
Figura 39. Secuencia de Fases Realizadas en la Determinación de la Estabilidad de las Laderas.....	95
Figura 40. Se observa la Parte Baja Y Alta de la Urbanización.....	97
Figura 41. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2	97
Figura 42. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2	98
Figura 43. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2	98
Figura 44. Plano de Planta de la Urbanización.....	99

Figura 45. Perfil del Talud Analizar Urbanización Valle del Espíritu Santo.....	99
Figura 46. Condición Estática Con nivel Freático y sin Carga.....	100
Figura 47. Condición Estática Con nivel Freático y Carga	101
Figura 48. Condición Dinámica Con nivel Freático y sin Carga.....	101
Figura 49. Condición Dinámica Con nivel Freático y Carga	102
Figura 50. Perfil Para Modelación de Solución.....	105
Figura 51. Condición Estática Con nivel Freático y sin Carga.....	105
Figura 52. Condición Estática Con nivel Freático y Carga	106
Figura 53. Condición Dinámica Con nivel Freático y sin Carga.....	106
Figura 54. Condición Dinámica Con nivel Freático y Carga	107
Figura 55. Tabla de Factores de seguridad.....	108
Figura 56. Factores de seguridad NSR - 2010	109
Figura 57. Tabla de Factores de seguridad NSR - 2010	109

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Procesos de remoción en masa en las zonas objeto de estudio	21
Tabla 2. Algunos procesos geológicos naturales ocurridos en Pamplona en la ventana de tiempo 1644 -2016.....	24
Tabla 3. Documentos de interés geotécnico evaluado, en el marco del presente trabajo. Registra una relación de documentos y fuentes consultadas.....	33
Tabla 4. Puntos de referencia de la Urbanización Valle del Espiritusanto.....	41
Tabla 5. Comparación de los perfiles de elevación evaluados.....	44
Tabla 6. Formaciones Geológicas que conforman el Valle del Espíritu Santo.	47
Tabla 7. Procesos naturales que constituyen amenaza de origen geológico para el Barrios El Zulia.	72
Tabla 8. Valores del Coeficiente P-seudoestatico	77
Tabla 9. Clasificación de los Suelos según Consistencia.....	84
Tabla 10. Clasificación según la Expansibilidad	85
Tabla 11. Clasificación de los suelos de los sondeos según la Compresibilidad.....	86
Tabla 12. Valores de Angulo de Fricción obtenidos.	88
Tabla 13. Valores de Consistencia de Arcilla relacionadas con NSPT	89
Tabla 14. Consolidación de Valores de Resistencia del suelo en porcentaje.....	90
Tabla 15. Variables para el uso del programa Geoslope para evaluar la estabilidad del talud - (Perfil de suelos del Sondeo N2).	96
Tabla 16. Valores de Coeficiente de Seguridad condición Estatica.....	102
Tabla 17. Valores de Coeficiente de Seguridad condición Dinámica.	103
Tabla 18. Valores de Coeficiente de Seguridad Estática.....	107
Tabla 19. Valores de Coeficiente de Seguridad Dinámica.	107

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Plano y presupuesto de alternativa de solución.....	121
ANEXO B. Tabla 9. Clasificación de suelos de los sondeos	125
ANEXO C. Tabla 12 Clasificación de suelos de los sondeos con parámetros de consistencia – Contracción - Compresibilidad	132
ANEXO D. Valores de NSPT Corregidos Tabla N° 15	139
ANEXO E. Clasificación de suelos basados en el NSPT Tabla N°14.....	145

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE INESTABILIDAD EN EL BARRIO EL ZULIA “SECTOR URBANIZACIÓN VALLE DEL ESPÍRITU SANTO”. CASO DE ESTUDIO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.*

AUTOR: OSCAR JAVIER JAIMES CACUA**

PALABRAS CLAVE: CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS, INESTABILIDAD, VALLE DEL ESPIRITU SANTO, PAMPLONA.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo está orientado a analizar los estudios de suelos existentes en el barrio objeto de estudio y establecer desde la información primaria las posibles causas que pudieron ocasionar el proceso de remoción en masa en la urbanización valle del espíritu santo, sector del barrio el Zulía, en el municipio de Pamplona, departamento norte de Santander, Colombia y con la información secundaria disponible plantear una posible alternativa de solución.

El problema, expuesto, se materializó en eventos naturales que han conllevado riesgos de diferentes tipos y magnitudes comprometiendo vidas humanas, infraestructura, bienes, actividades y servicios, en el cual existen registros de ocurrencia de eventos desastrosos, asociados a procesos de remoción natural de tierras.

En el proceso constructivo de la urbanización ocasionó una seria modificación del relieve, por operaciones de corte y terraplén, asociadas al acondicionamiento del terreno para la construcción de viviendas.

Se realizaron jornadas de reconocimiento y levantamiento de datos in situ, revisión de estudios de suelos realizados y lectura crítica de antecedentes documentales descriptivos de la zona evaluada, diagnóstico de la infraestructura urbana a la luz de la normatividad nsr10, estudio de la cartografía geológica y las figuras aéreas existentes del desarrollo del casco urbano del municipio de Pamplona, identificación de geomateriales, clasificación del macizo rocoso, entre otros desarrollos, mediante el uso adecuado del software especializado y de métodos de análisis.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Maestría en Geotecnia. Director: José Alberto Rondón. Ing. Civil U.I. S, M. Sc. Geotecnia U.I.S.

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION, ANALYSIS AND ALTERNATIVE OF SOLUTION OF THE PROBLEM OF INSTABILITY IN THE NEIGHBORHOOD EL ZULIA "URBANIZATION SECTOR VALLE DEL ESPÍRITU SANTO". CASE STUDY OF THE MUNICIPALITY OF PAMPLONA, DEPARTMENT OF NORTH OF SANTANDER.*

AUTHOR: OSCAR JAVIER JAIMES CACUA **

KEY WORDS: CHARACTERIZATION, ANALYSIS, INSTABILITY, VALLE DEL ESPIRITU SANTO, PAMPLONA.

DESCRIPTION:

This work is intended to analyze studies of existing soils in the neighborhood objected by study and establish from the primary information the possible causes that could cause the mass removal process in the urbanization Valle del Espíritu Santo, sector of el Zulia district, in the municipality of Pamplona, Northern department of Santander, Colombia and with the secondary information available to raise a possible alternative solution.

The problem, exposed, was materialized in natural events that have contained risks of different types and magnitudes committing human lives, infrastructure, goods, activities and services, in which there are records of occurrence of disastrous events, associated with processes of natural removal of lands.

In the construction process of the urbanization caused a serious modification of the relief, by cutting and ferry operations, associated with the conditioning of the land for the construction of housing.

Sessions of recognition and survey of data in situ, revision of soil studies realized and critical reading of descriptive documentary background of the evaluated area, diagnosis of the urban infrastructure in the light of the normativity nsr10, study of the geological cartography and the existing aerial figures of the development of the urban hull of the municipality of pamplona, identification of geomaterials, classification of the rocky mass, among other developments, through the adequate use of the specialized software and methods of analysis.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Civil Engineering, Master's Degree in Geotechnics. Director: José Alberto Rondón. Ing. Civil U.I. S, M. Sc. Geotecnia U.I.S.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está orientado a analizar los estudios de suelos existentes en el Barrio objeto de estudio y establecer desde la información primaria las posibles causas que pudieron ocasionar el proceso de remoción en masa en la urbanización Valle del Espíritu Santo, Sector del Barrio el Zulia, en el municipio de Pamplona, Departamento Norte de Santander, Colombia y con la información secundaria disponible plantear una posible alternativa de solución.

Es fundamental entender que la construcción de obras de infraestructura implica el análisis previo de la información geológica y geotécnica del área de proyecto y la obtención de los parámetros físicos y mecánicos de los suelos del sitio específico donde se realizan las obras para su posterior modelación. Tales análisis deben involucrar la identificación y evaluación de las amenazas naturales que potencialmente podrían afectar las obras del proyecto civil, cuyo desarrollo afecta seriamente los bienes materiales y aún a las personas mismas, de modo que los niveles de riesgo por pérdidas físicas y humanas sean bajos.

Se realizaron jornadas de reconocimiento y levantamiento de datos in situ, revisión de estudios de suelos realizados y lectura crítica de antecedentes documentales descriptivos de la zona evaluada, diagnóstico de la infraestructura urbana a la luz de la normatividad NSR10, estudio de la cartografía geológica y las Figuras aéreas existentes del desarrollo del casco urbano del Municipio de Pamplona, identificación de geomateriales, clasificación del macizo rocoso, entre otros desarrollos, mediante el uso adecuado del software especializado y de métodos de análisis.

Fruto del trabajo realizado, se presentan recomendaciones sobre manejo de las zonas de inestabilidad y de prevención para futuros desarrollos urbanos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Pese a existir en el municipio de Pamplona estudios de suelos en diferentes sectores de la ciudad, hace falta énfasis en que este tipo de documentos se deben complementar con estudios geotécnicos, lo cual posibilita un mejor conocimiento del medio natural de modo que se puedan realizar desarrollos urbanos estables.

En el municipio de Pamplona, las entidades municipales encargadas de vigilar el cumplimiento de las normas constructivas, desconocen la importancia de solicitar la realización de estudios geotécnicos, que permitan entender el comportamiento del suelo de fundación o sus orígenes, estableciendo qué tan apropiado puede ser un sitio para su desarrollo urbanístico.

El problema, expuesto, se materializó en eventos naturales que han conllevado riesgos de diferentes tipos y magnitudes comprometiendo vidas humanas, infraestructura, bienes, actividades y servicios, como es el caso del asentamiento humano conocido como Urbanización Valle del Espíritu Santo”, en el Barrio El Zulia”, en el cual existen registros de ocurrencia de eventos desastrosos, asociados a procesos de remoción natural de tierras.

La ladera en la cual se emplaza la Urbanización Valle del Espíritu Santo del Barrio el Zulia, está delimitado por las coordenadas Norte $7^{\circ} 21'52,27''$ y Este $72^{\circ}39'48.03''$, la cual es un continuo geológico, buzando aproximadamente 45° ; en el proceso constructivo de la urbanización ocasionó una seria modificación del relieve, por operaciones de corte y terraplén, asociadas al acondicionamiento del terreno para la construcción de viviendas. Con base a la Figura 1, imagen aérea de la zona, captada por el IGAC, 1992, se posibilita hacer un análisis multitemporal del relieve antes y después de la urbanización.

Figura 1. C 2238-08 1992 IGAC



DESCRIPTORES.

1. Urbanización Romeritos.
2. Urbanización el Pinar.
3. Urbanización Valle del Espíritu Santo.
4. Zona del Barrio el Zulia; para el año 1.992, los sectores de ubicación de las mencionadas urbanizaciones, eran zonas destinadas a cultivos.
5. Zona de ubicación Actual Urbanización: En la Figura aérea, se pudo observar que en el sitio de ubicación de la urbanización valle del espíritu Santo, para la época de la Figura, presentaba una forma ondulada.
6. Quebrada la Toma: la quebrada, era un canal natural adecuado para que sirviera de medio de riego en las zonas de cultivo, y para mover los molinos de las empresas que existían en la zona de la actual avenida Santander y zona de la plazuela Almeйда.

En la Figura 1, se puede observar como el sector en el cual se ubicó la Urbanización “Valle del Espíritu Santo”, inicialmente era una zona destinada a cultivos de pancoger, como papa, cebolla etc. Además la vertiente de la quebrada jurado tenía un mayor cauce y había presencia de nacimientos y pequeños hilos de agua, como la denominada quebrada La Toma, la cual direccionaba su cauce por la parte alta del lote que se utilizó para el desarrollo de la urbanización.

Un análisis específico de antecedentes del sector del Barrio El Zulia, permitió determinar que en el año 2006, se desarrolló en un predio contiguo a la Urbanización Brisas del Pamplonita (situada en la parte baja del talud), un proyecto de vivienda de interés social que se concibió como Urbanización Valle del Espíritu Santo construido a media ladera, sobre la misma geoforma.

Se determinó que las condiciones de la estructura de la ladera del sitio en estudio, fueron modificadas en sus condiciones de estabilidad natural, lo que conllevó a la ocurrencia de la remoción en masa que afectó la urbanización, en la Figura 2, se aprecia el estado actual de las viviendas.

Figura 2. Estado Actual Urbanización Valle del Espíritu Santo Barrio el Zulia



Llama la atención que consultada la licencia de construcción otorgada para adelantar las obras de urbanismo, no se encontró registro alguno de estudios Geotécnicos específicos que respaldaran tal desarrollo del proyecto.

Se observó que la empresa encargada de ejecutar el nuevo proyecto de vivienda, inició labores de adecuación y explanación, en la parte media del talud, con el empleo de maquinaria pesada, que generó un volumen importante de material de corte en las operaciones de terrazo, el cual fue utilizado para nivelar las ondulaciones del terreno.

El hecho de que los trabajos de la nueva urbanización se realizaron en época de verano, ocasionaron un desconocimiento de la dinámica hidráulica del sector, por cuanto en el período de lluvias las aguas de escorrentía encontraron un régimen hídrico modificado en especial por el cambio de dirección y recorrido de la quebrada “La Toma”, la cual circulaba inicialmente por la parte baja de la ladera, este cambio de dirección ocasionó que las aguas de escorrentía saturaran el material en la parte alta del lote lo que modificó el comportamiento de los geomateriales, así mismo la carencia de estudios geotécnicos previos significó un desconocimiento de la composición del suelo de la geoforma.

En la Actualidad solo 15 viviendas de un total de 60 unidades construidas en dicha Urbanización, subsistieron y se encuentran habitadas, pese a presentar deterioro y grietas en los elementos de tabiquería y estructural, causados por tales movimientos de tierras. Ver Figura 2 “Estado de viviendas de la Urbanización “

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones de inestabilidad de laderas asociadas a los procesos de remoción en masa presentada en la urbanización Valle del Espíritu Santo, Sector del Barrio el Zulia, Municipio Pamplona, Departamento de Norte de Santander, Colombia y presentar propuesta de solución a la problemática encontrada y hacer recomendaciones para futuros desarrollos Urbanísticos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Análisis de la información existente (estudios de suelos, sondeos y Foto interpretación), de tal manera que se puedan establecer parámetros geotécnicos que permitan analizar el talud de estudio.

Proponer un modelo geotécnico que visualice las condiciones de estabilidad del talud y establecer una posible propuesta para la estabilización o mitigación de la problemática existente.

Analizar las causas que pudieron generar la remoción en masa en la zona de estudio.

Realizar una comparación y análisis de las causas que han ocasionado las remociones en masa y determinar si esta situación puede repetirse en otros sectores del casco urbano del municipio de Pamplona.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 AMENAZA

La amenaza natural corresponde a todo proceso dinamizado por fuerzas naturales cuya activación puede desencadenar impactos negativos sobre elementos (personas, semovientes, bienes, infraestructura, actividades) expuestos en el área de influencia del evento. (Ward, Goldsmith, Cruz, Jaramillo & Restrepo, 1973).

En la Tabla 1 se muestran los procesos geológicos identificados en la zona de estudio.

Tabla 1. Procesos de remoción en masa en las zonas objeto de estudio.

Lugar de observación	Procesos geológicos identificados	Rasgos observables in situ
Barrio El Zulia (Sector Urbanización valle del espíritu Santo)	Actividad tectónica	Pendiente variada (media a alta)
	Meteorización	
	Meteorización química	Depósitos coluviales meteorizados, con clastos de diferente origen (ígneo, metamórfico y sedimentario)
	Meteorización biológica	
	Meteorización mecánica	
	Procesos erosivos	
	Erosión hídrica	
	Erosión eólica	
	Erosión antrópica	

Lugar de observación	Procesos geológicos identificados	Rasgos observables in situ
Barrio El Zulia (Sector Urbanización valle del espíritu Santo)	Procesos de remoción en masa	
	Reptación	
	Caída de rocas	Salto de falla
	Falla por cuña	
	Falla planar	Escarpes de diferentes
	Flujo de detritos	magnitudes
	Deslizamientos (traslacional, rotacional)	
	Flujos	Escalonamiento
	Con geometría laminar, de surco y cárcava, con detona miento antrópico.	

Se incluyen aquí los procesos asociados a mecanismos naturales de orden geomorfológico, causados frecuentemente por las acciones geológicas e hidrometeorológicas, asociadas a fuerzas exógenas y endógenas que son catalizadas por la acción humana, estas situaciones generaron en la zona de estudio, procesos de remoción o movimiento en masa que han involucrado grandes desplazamientos de suelo regolito y roca en tiempos relativamente cortos y su movilización es direccionada por la gravedad.

Algunos tipos de remoción en masa son complejos e incluyen fluencia, deslizamientos, flujos y caídas de bloques, cada uno con sus propias características, que tiene lugar en escalas de tiempo. (Escobar y Duque, 2017).

Entre los factores modificadores de taludes y laderas, además de los señalados, se destacan: cambios en el ángulo de la pendiente, debilitamiento del material por procesos erosivos, ganancia del contenido de humedad, modificación de la cubierta vegetal, y sobrecargas indebidas en corona o cuerpo de los terrenos en pendiente.

3.2 MARCO LEGAL.

El presente proyecto tiene como marco jurídico las siguientes normas:

- Ley 1523 de 2012, la cual contiene los lineamientos que deben seguirse en el país sobre gestión del riesgo. (Arellano, Bielefeldt, y Correa, 2009; p.9).
- Norma Sismo Resistente Colombiana, NSR10. (AIS, 2010).
- Acuerdo 032 por el cual se adoptó el P.B.O.T del Municipio de Pamplona.

3.3 MARCO CONTEXTUAL.

El presente proyecto está direccionado al análisis de la información de estudios de suelo existente y a la evaluación de las causas de la inestabilidad de las laderas en una zona urbana del municipio de Pamplona, Norte de Santander, que está localizada en una zona de alto riesgo sísmico.

Teniendo como antecedente que su casco urbano es atravesado por al menos dos fallas geológicas, consideradas activas que posiblemente constituyen fuente sísmica causal de los movimientos telúricos que han tenido a dicha región como epicentro.

3.4 MARCO HISTÓRICO.

Distintos eventos de remoción en masa han ocurrido en el área urbana de Pamplona, en diferentes épocas, con impactos de importancia. Algunos de los cuales han afectado el sector de estudio. En la Tabla 2 se relacionan algunos de tales eventos.

Tabla 2. Algunos procesos geológicos naturales ocurridos en Pamplona en la ventana de tiempo 1644 -2016

Evento	Fecha	Lugar	Características del evento	Afectaciones	Fuente
Terremoto de Pamplona	16 de Enero de 1644			Dstrucción del 60% de las edificaciones existentes	Acero Clara, 2012, "Historia de Pamplona", 1 ^{ra} edición 2008
Inundación del Rio Monte dentro y Pamplonita	3 de Noviembre de 1963	Quebrara Monte dentro sector del Colegio la Normal	Se presentó un represamiento, en la parte alta dela cuenca de la quebrada Monte dentro, y esto genero un represamiento que arrastro material en grandes cantidades que afecto el colegio y llego hasta el sector de la Plazuela Almeida	Daño en muros de contención del rio Pamplonita y destrucción de Casas	Defensa Civil Colombiana. "Libro de Minutas". Acero Clara, 2012, "Historia de Pamplona", 1 ^{ra} edición 2008
Derrumbe Barrio Chíchira	16 de febrero de 1981	Barrio Chíchira	Remoción en masa de la parte media del talud, arrasó 2 viviendas con más de 4 victimas	Dstrucción de casas	Defensa Civil Colombiana. "Libro de Minutas". Acero Clara, 2012, "Historia de Pamplona", 1 ^{ra} edición 2008 La Opinión.
Inundación Quebrada Navarro y Pamplonita	23 de Abril de 2011	Avenida Santander, Barrios El Zulia , Barrio Santander	El avance de los procesos erosivos en la parte alta del Barrio Jurado, y el aumento en la intensidad de las lluvias, generaron un represamiento de las aguas de La Quebrada Navarro, que produjo un deslave y arrastre de	Pérdida de la calzada en la vía Bucaramanga, Pr 113+200. Se caracterizó por arrastre de material y daño en casas ubicadas en la ribera de la Quebrada	Defensa Civil Colombia. "Libro de Minutas". La Opinión

Evento	Fecha	Lugar	Características del evento	Afectaciones	Fuente
			material, iniciando en la parte alta del talud		
Inundación y Deslave Quebrada Brighton	8 de Octubre de 2010	Casco urbano del municipio	Inundación con arrastre de material	Arrastre de material y Daños en el colegio Brighton	La Opinión Comité Local de Emergencia (CLE), Pamplona
Remoción de talud. Sector de la Universidad de Pamplona	10 de Marzo de 2010	Barrio San Luis	Remoción en masa afectación del sector de la piscina y del barrio San Luis	Daños en la piscina de la Universidad y tres (3) casas barrio San Luis	
Derrumbe Sector El Paso del Burro. Sector El Buque - Barrio Santa Marta	15 de abril de 2011	Barrio Santa Marta, Sector Barrio El Buque	Remoción en masa de la parte Alta del talud, afectación de 15 viviendas	Afectación de viviendas	Defensa Civil Colombiana. y La Opinión
Derrumbe Barrio Chíchira	15 de abril de 2011	Barrio Chíchira	Remoción en masa de la parte media del talud con caída de bloques afectó 8 viviendas	Afectación de Viviendas y del Camino Peatonal	Defensa Civil Colombiana. y La Opinión y C.L.E.
Incendio Forestal	Lunes 4 de enero de 2010	SABANETA, PICAPIEDRA, LOS ANIMES, BRIGHON.			CLOPAC
Incendio Forestal	Viernes 15 de enero de 2010	Vereda SABANETA.			CLOPAC
Incendio Forestal	Sábado 23 de enero de 2010	Vereda MONTEADENTRO LOS TANQUES			CLOPAC

Pese a los eventos referenciados, no son copiosos los estudios geológicos y geotécnicos que den cuenta de los orígenes y detalles de tales procesos.

Puede colegirse de lo expuesto la incertidumbre existente en la predicción y evaluación de los fenómenos geológicos naturales y en especial los de remoción en masa, que de una u otra forma afecten la estructura de los cerros que bordean el casco urbano del

municipio, esto constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. Ver Figura 3 y 4.

Figura 3. Corte e incendio forestal, como mecanismo antrópico de explotación de recursos vegetales y expansión de la frontera agrícola sector de Ulaga.



Figura 4. Incendio forestal, como mecanismo antrópico de explotación de recursos vegetales y expansión de la frontera agrícola, sector del cerro del barrio el progreso, que hace parte del macizo del barrio Chíchira.



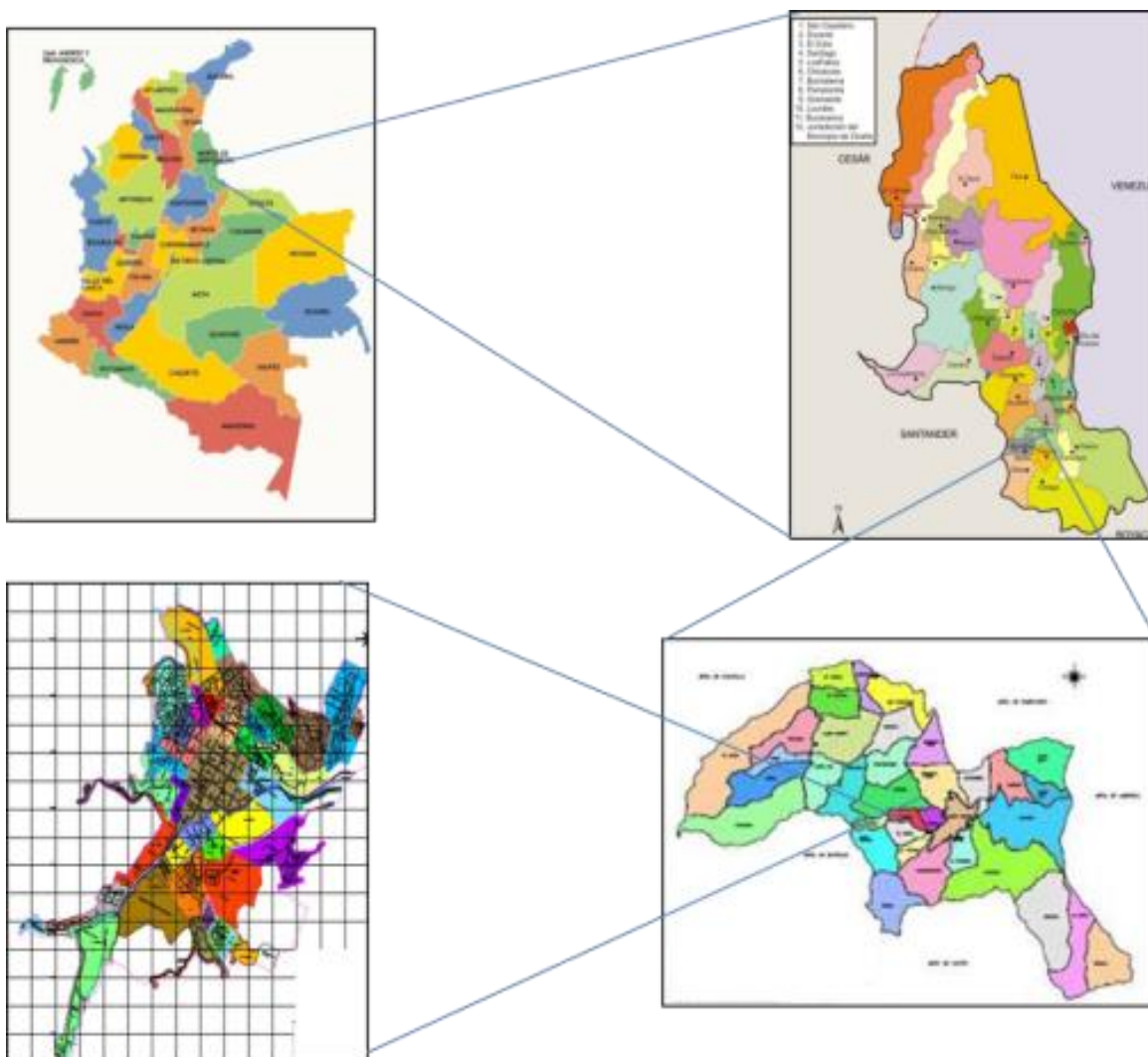
Por su parte, la Figura 5, se ilustra la pérdida de la banca vial de la carretera Pamplona-Bucaramanga, en el Pr 112+00, como consecuencia del represamiento de la Quebrada Navarro, que genero un deslave que afecto la parte céntrica de la ciudad.

Figura 5. Proceso de remoción en masa en el talud en la vía Pamplona-Bucaramanga con pérdida de banca por el represamiento de Quebrada Navarro.



4. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

Figura 6. Localización de las zonas de estudio en la ciudad de Pamplona.

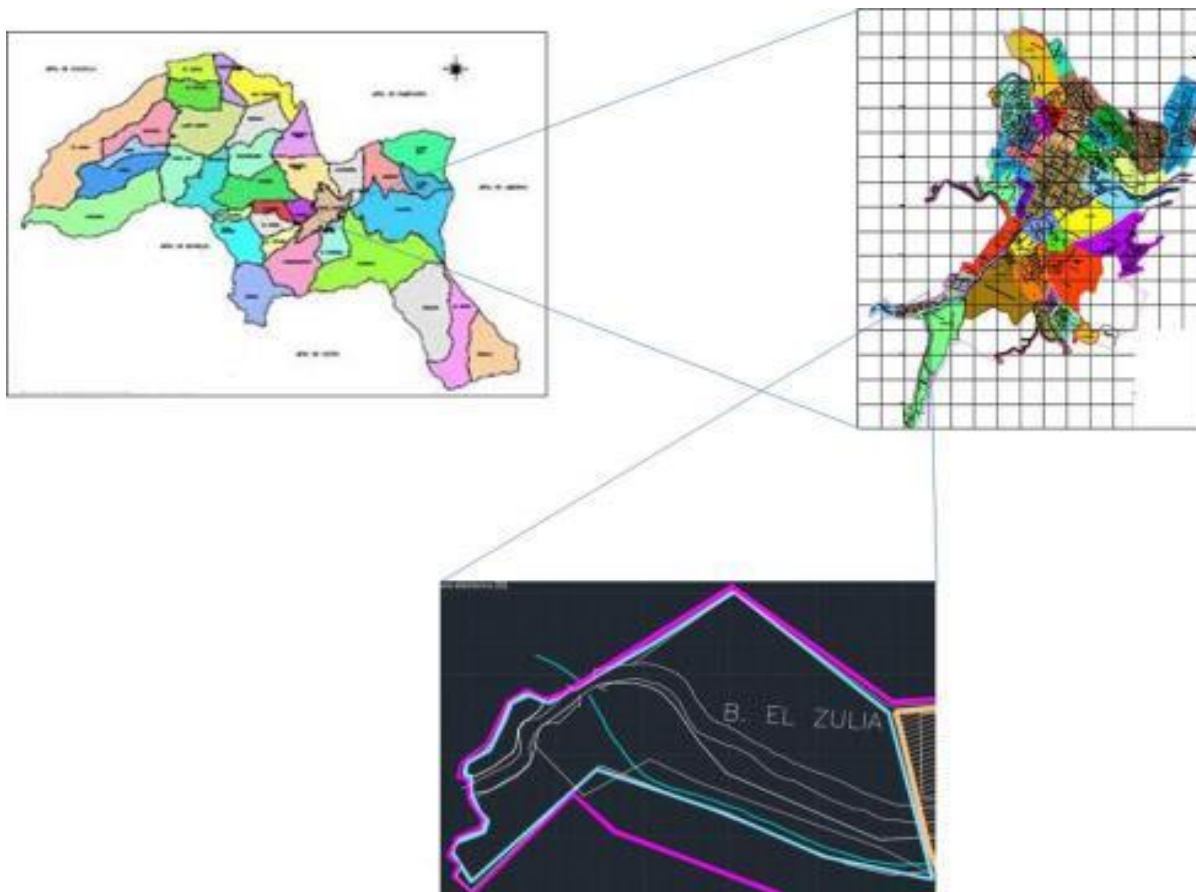


La ciudad de Pamplona está situada al nororiente del país y demarcada por las coordenadas 07° 22' 41" de latitud Norte y 72° 39' 09" de longitud Oeste. Se trata de un territorio situado a 2.300 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 15,4°C, perteneciente a la región sur-occidente del Departamento Norte de Santander. Ver Figura 6.

4.1 UBICACIÓN ESPACIAL DEL SITIO OBJETO DE EVALUACIÓN.

La Urbanización Valle del Espíritu Santo (Barrio el Zulia), es un asentamiento humano con origen formal, corresponden a un estrato socio económico 2 y 3, que se integró al desarrollo urbano de Pamplona, sobre terrenos situados en el costado izquierdo de la Quebrada Jurado, con un área de 5,03 hectáreas, en el cual se construyeron cien (100) unidades de vivienda, ubicadas en 10 manzanas: limita al Norte, Urbanización Brisas del Pamplonita; al Sur, Finca de Propiedad del señor Julio Ramírez; al Oriente, Vía el Zulia; al Occidente, Finca del señor Julio Ramírez. Ver Figura 3 Ubicación de la Urbanización.

Figura 7. Localización de los Barrios El Zulia Municipio de Pamplona, objetos físicos de estudio. Fuente: Adaptado de P.B.O.T. Pamplona 2001.



5. ALCANCES Y LIMITACIONES

5.1 ALCANCES

El presente trabajo es del tipo aplicado y descriptivo. Se basó esencialmente en análisis de la documentación existente, en jornadas de reconocimiento en campo, en Foto Interpretación y ejercicios de simulación computacional.

De tales recursos bibliográficos hacen parte los estudios de suelos y de geología facilitados por la administración pública de Pamplona y los conceptos geológicos y geotécnicos contenidos en trabajos académicos (ensayos, tesis, monografías) realizados en el sector por diferentes universidades colombianas.

5.2 DELIMITACIONES.

5.2.1 Delimitación Espacial.

Este trabajo de grado recopila, genera y analiza datos e información referente al problema de inestabilidad de una zona urbana del Municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

La zona de estudio evaluada; Urbanización Valle del Espíritu Santo (Barrio el Zulia), corresponden a un área de expansión urbana, en el cual se desarrolló un proyecto de viviendas de interés social de un piso.

5.2.2 Delimitación Temporal.

El trabajo de grado fue iniciado durante el segundo semestre académico de la Maestría en Geotecnia en el año 2014, fecha en la cual fue aprobado el plan de trabajo (anteproyecto) previa sustentación hecha por los jurados ante el Director del plan de

estudios de Ingeniera Civil. A partir de la aprobación del anteproyecto se realizó el desarrollo de la investigación.

5.2.3 Delimitación Conceptual.

Conforme fue señalado en líneas previas, la presente investigación está enmarcada en las áreas del conocimiento de la geología y la geotecnia, las cuales hicieron parte esencial del programa de maestría cursado. El proyecto está centrado en la temática de procesos de remoción en masa y sus causas, complementado por el análisis de estabilidad de laderas.

6. DISEÑO METODOLÓGICO.

6.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra en el presente proyecto fue intencionalmente seleccionada al corresponder a una zona con alto potencial poblacional que previamente ha experimentado eventos de remoción de tierras denominada Urbanización Valle del Espíritu Santo, Barrio el Zulia.

6.2 INSTRUMENTOS DE CAPTACIÓN DE DATOS

La toma de información fue implementada en formato libre, apoyada preferencialmente en jornadas de campo, análisis de galería Foto interpretación y lectura de documentos pre-existente.

Dos tipos de información fueron de vital importancia en el presente trabajo:

- De carácter primario, representada por los datos generados por el autor en las jornadas de campo realizadas y el análisis multitemporal de Fotografías.
- De orden secundario, a partir de información existente tomada de estudios de suelos realizados en el sector y documentos referenciales divulgados en la red, disponibles en organizaciones gubernamentales y apcequibles en bibliotecas y bases de datos.

Así mismo fueron consultados textos, periódicos, páginas web, trabajos de grados, revistas especializadas, enciclopedias y artículos científicos, a los cuales se les dio lectura crítica e interpretativa apropiada al objeto del proyecto.

En la Tabla 3 se muestra estado del arte investigado sobre trabajos similares realizados en la zona de estudio.

Tabla 3. Documentos de interés geotécnico evaluado, en el marco del presente trabajo.
Registra una relación de documentos y fuentes consultadas.

Alcance del Documento	Título	Autor	Fecha
Mapas	Cartografía topográfica y geológica de la municipalidad de Pamplona.	IGAC y SGC (anterior Ingeominas),	Diferentes épocas
Software Aplicado	Diseño de Una Estrategia para la Implementación de Software Aplicado a Ingeniería de Minas de la U.F.P.S.	Núñez Galeano Keila Paola	Año 2015
Estudio de suelos	Exploración Geofísica Urb. valle del Espíritu santo	ULLOA Y DIEZ PROFESIONALES ASOCIADOS & CIA LTDA.	Marzo 20 de 2012
Diseños de Obras de Estabilización	Diseño obras de Estabilización Urbanización Valles del Espíritu Santo	Alcaldía de Pamplona Departamento Norte de Santander	Octubre 2012.
Proyecto	Proyecto control de erosión y rehabilitación ambiental de los sectores veredales de Sabaneta, parte baja y Santa Marta	Convenio Corponor – Universidad de Pamplona, N.S	Febrero, 1987
Estudio de suelos	Para la construcción del Edificio de Laboratorio de Suelos Universidad de Pamplona	Perfoingeniería	Mayo, 2014-
Trabajo de Grado. Ingeniería Civil UFPS	Zona El Buque	Javier Duarte, Mario Díaz	Pamplona, 1987
(TESIS) Trabajo de grado como requisito para optar al título de: GEÓLOGO.	Caracterización Geotecnia de los Suelos del Campus de la Universidad de Pamplona y los barrios el Buque, Juan xxiii, Santa Marta, Tinto Redondo, Chíchira y el Progreso en el Municipio de Pamplona, Norte de Santander.	Alexander Rodríguez Blanco. Manuel Esteban Cantillo Navarro	Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico-Químicas Escuela de Geología, Bucaramanga Año 2006.

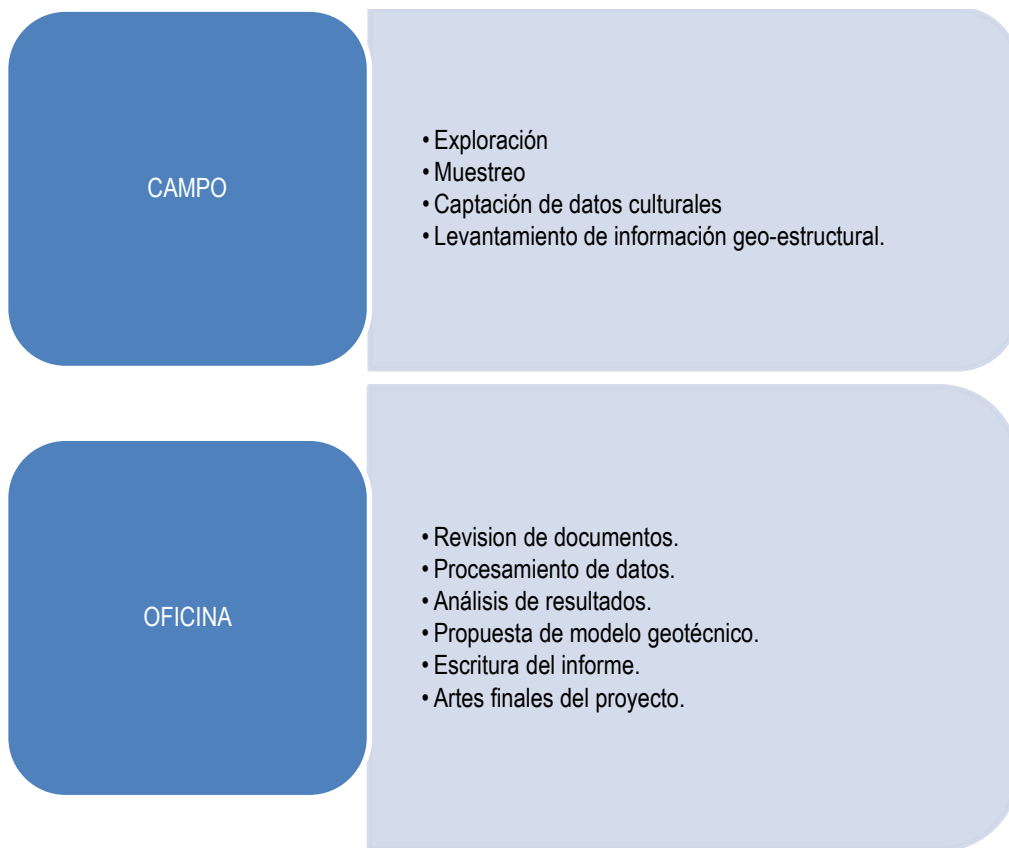
Alcance del Documento	Título	Autor	Fecha
Informe Geológico Ambiental.	Informe geológico ambiental. preliminar para el área de pamplona	Jesús Ramón Delgado Rodríguez Geólogo msc Geotecnia	Universidad de Pamplona Programa de Geología, Pamplona, mayo 1 de 2011.
Informe Geológico, Mapas, Desarrollo Urbano	P.B.O.T	Alcaldía Municipal de Pamplona	Acuerdo Municipal 030 de 2002

6.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

De conformidad con el tema central del trabajo de aplicación, se hizo énfasis en la evaluación de la estabilidad de las áreas estudiadas, dispuestas en pendiente, frente a procesos de remoción en masa.

Las diferentes actividades adelantadas pueden clasificarse como se ilustra en la Figura 8.

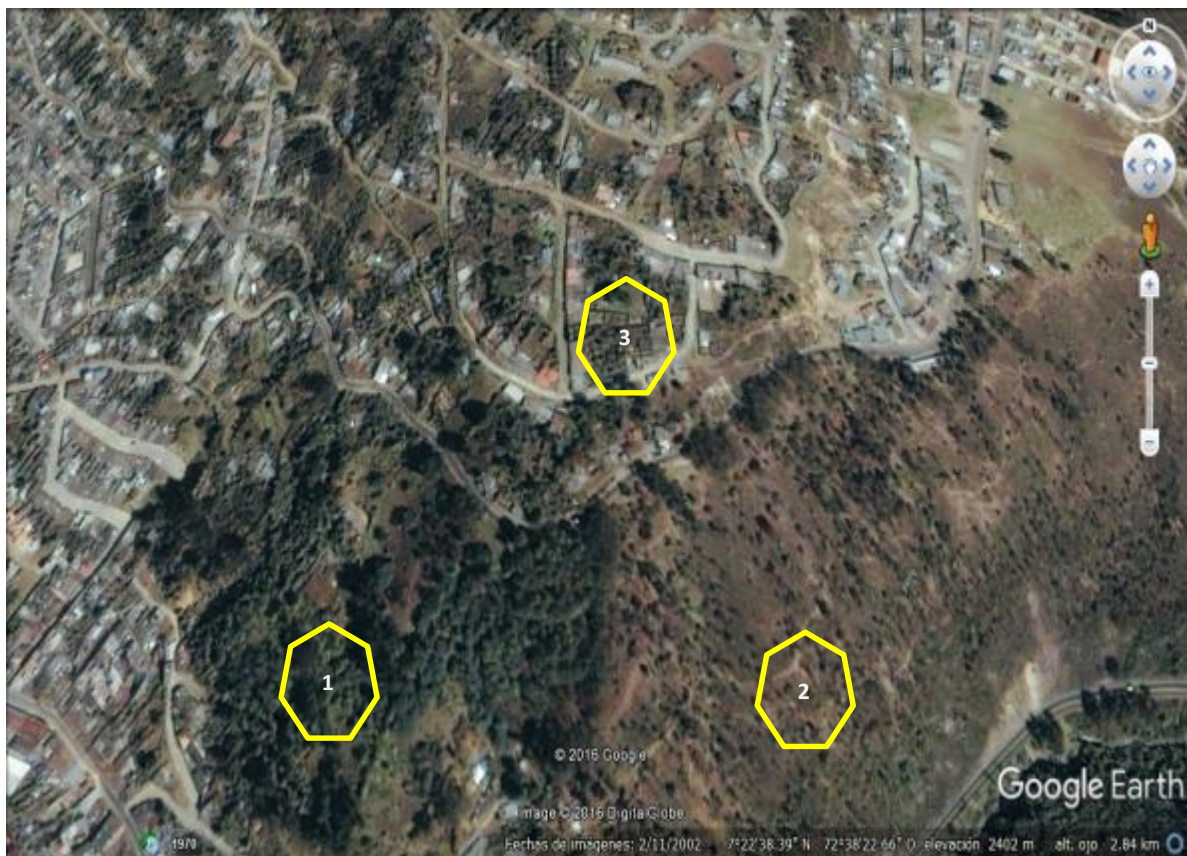
Figura 8. Escenarios del trabajo investigativo adelantado.



7. FOTO INTERPRETACION

Utilizando las herramientas tecnológicas a disposición, se utilizó el programa Google Earth, y en la Figura satelital del casco urbano de Pamplona, se ubicaron diferentes características hidrológicas, geológicas y sitios en los cuales se han presentado fenómenos de remoción masa que pueden estar relacionados con las causas que han ocasionado la problemática en el área de estudio, ver Figura 9. y Figura 10.

Figura 9. Imagen satelital Google Earth del casco Urbano del Municipio de Pamplona



Indicador	Descripción
1	Área arborizada en pino y Eucalipto silvestre; densamente revegetalizada en la parte superior de la ladera de alta pendiente. Barrio Los Cerezos
2	Manifestaciones de deslizamiento de tipo rotacional: escarpes, saltos de falla. Masa de suelo coluvial con presencia de sobre tamaños y gravas en matriz areno limo arcilloso
3	Registro de asentamiento humano caracterizado por edificaciones de bajas

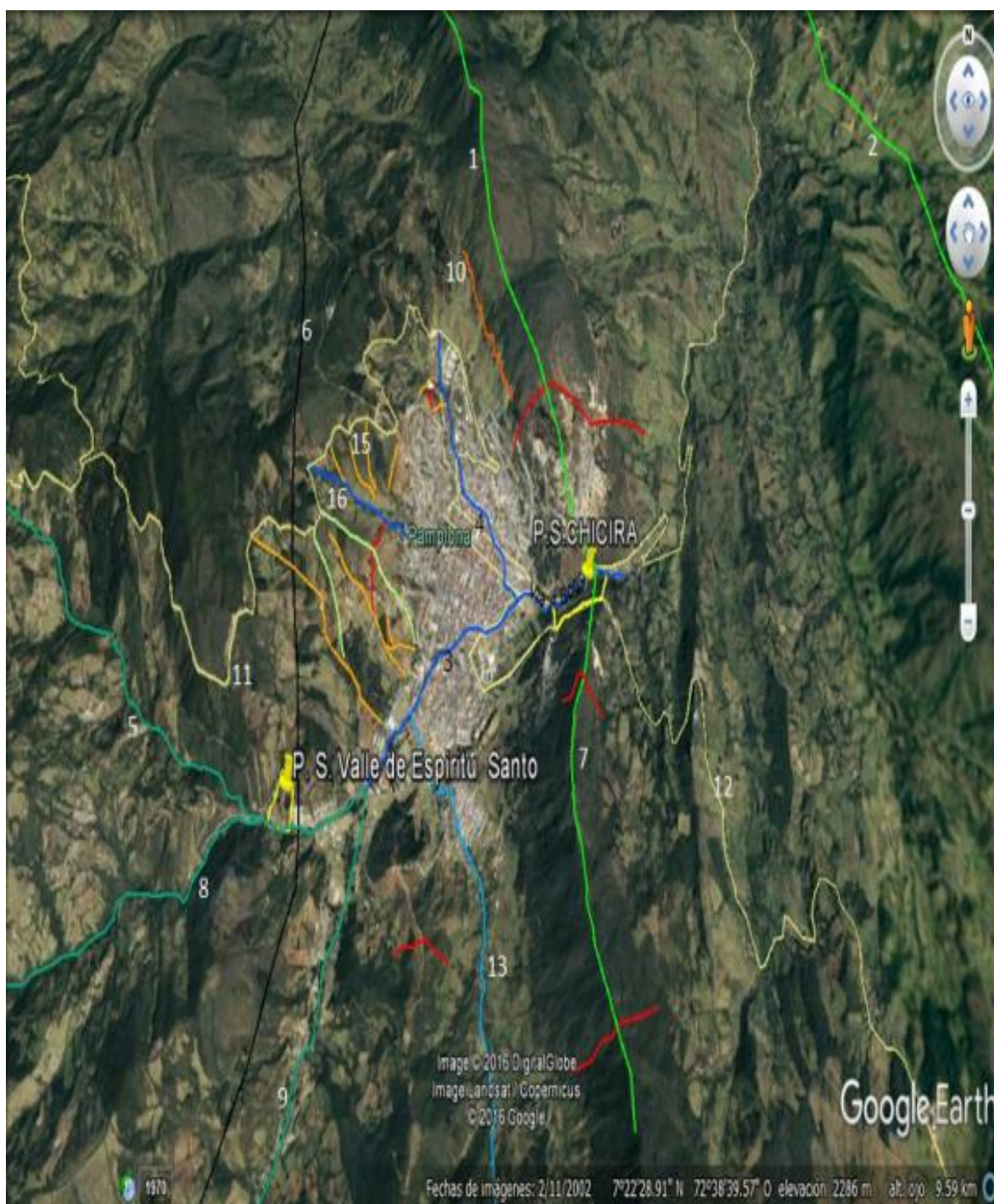
	especificaciones y situadas sobre terrazas artesanalmente esculpidas en la ladera. Barrio Cristo Rey-
Las áreas señaladas con los indicadores 1 y 2 muestran geometría de superficie corrugada con geometrías de montículos y depresiones adosadas en forma continua, lo cual sugiere existencia de fuerzas compresivas, y al tiempo la acción de aguas de escorrentías que se movilizan a velocidades relativamente altas debido al alta pendiente topográfica.	
La dinámica geológica en los sectores 1 y 2 afectan tanto los taludes superior e inferior, como la banca de la vía Pamplona-Bucaramanga. Sector del Barrio Santa Marta	

- Los macizos que circundan el Valle del Espíritu Santo, forman suelos de depósito producto de la meteorización de las rocas, y se presentan también suelos de depósito tipo aluvial, en la zona céntrica de la ciudad.
- La expansión de Pamplona, se ha realizado invadiendo la parte media de los taludes circundantes al vaso del Valle sin ningún manejo de las aguas superficiales.
- Las líneas de escorrentía natural han sido modificadas en algunos sectores, lo que puede estar ocasionando, que las aguas de infiltración se profundicen y saturen el material, ocasionando la pérdida de su capacidad de cohesión.
- La rotura del macizo rocoso, por el cual fluye un río pamplonita, evidencia que esta zona ha sufrido movimientos tectónicos de gran magnitud, por lo cual la presión a la que se ha sido sometido el material que compone el macizo rocoso, ha ocasionado el fracturamiento de la roca y posterior meteorización que se agudiza cada día por la intervención antrópica sin ningún control.
- Geomorfológicamente el municipio se desarrolla sobre unidades de origen fluvial, estructural y denudacional, con combinaciones de estas últimas.
- Es así como en la parte alta presenta un valle estrecho con numerosos afluentes en forma de v. recibiendo numerosos afluentes que corren por laderas de pendientes fuertes, en la parte alta y media de las cuencas están ubicadas sobre materiales

altamente deleznales como las lutitas y las arcillolitas en muchos casos cubiertas por coluviones y por terrazas.

- La falla de Pamplona Influencia Directamente el Suelo de Fundación de la zona de expansión del municipio ubicada al sur – Occidente del casco urbano.
- En el área seleccionada se refleja la intervención antrópica (cambio de vegetación, trazo de caminos de servidumbre, adecuación de potreros); así mismo, muestra procesos denudacional (erosión, deslave, meteorización) y de remoción en masa (reptación, Rotacionales, Desprendimiento de Bloques).
- La ubicación de un bosque productor de pinos en la parte alta del talud sobre la urbanización, han ocasionado un manejo inadecuado de la aguas de esorrentía, las cuales circulan por el relieve del macizo sin ningún control.
- Se pueden observar en la imagen satelital, la presencia de cuencas que aumentan su caudal en épocas de invierno, y sus direcciones naturales fueron modificadas y no se realizó ningún tipo de manejo o canalización que evitara la percolación del agua y por ende la sobre saturación del material de suelo del coluvión.

Figura 10. Imagen satelital Google Earth del perímetro del casco Urbano del Municipio de Pamplona, sobre la cual se han situado algunos descriptores.



8. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO URBANIZACIÓN VALLE DEL ESPÍRITU SANTO.

Teniendo como fundamento las Fotos satelitales del Casco urbano del municipio de Pamplona y las delimitaciones establecidas en el P.B.O.T, se enmarco el polígono de trabajo establecido tiene un área de 11,58 Hectáreas, pero en la jornadas de trabajo se pudo observar que la construcción de la urbanización es menor, por lo cual se tomaron nuevamente los datos de la poligonal restringiéndola solo al área construida y con la ayuda del programar ARGIS, se verificó que los datos estuvieran enmarcados dentro de la zona de estudio, en la cual se llevaron a cabo los trabajos de explanación y terraceo

Figura 11. Urbanización Valle del Espiritusanto.



DESCRIPTORES

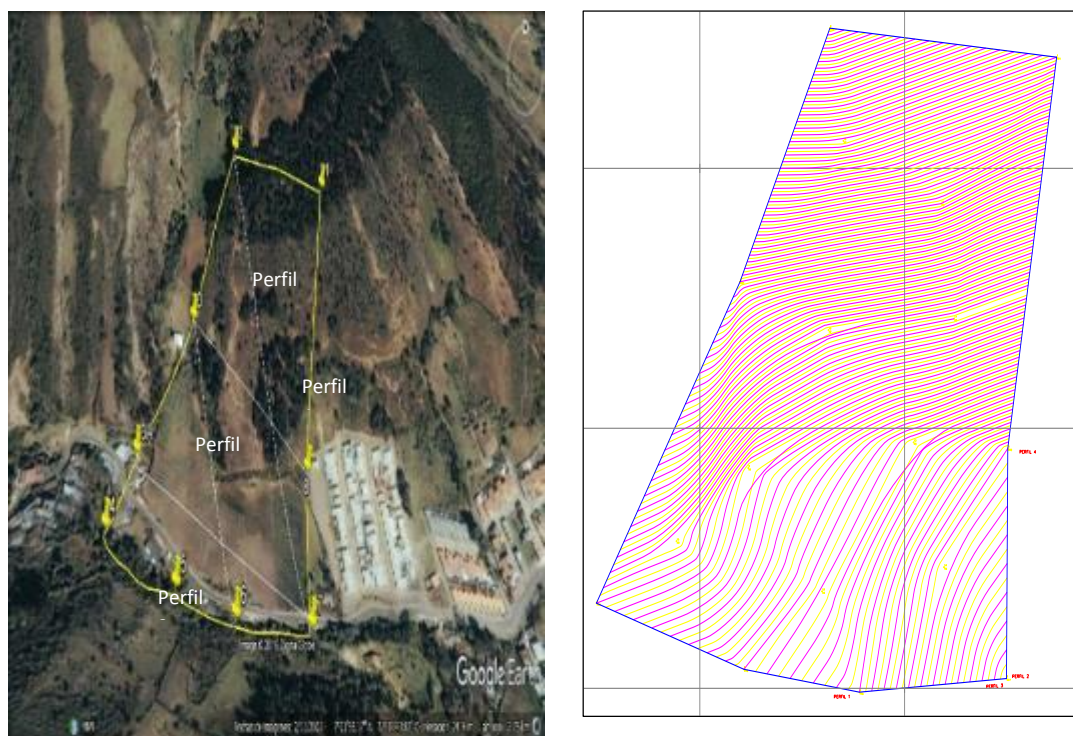
1. Poligonal de trabajo, para análisis sísmico y elaboración de perfiles.
2. Poligonal de la Urbanización Valle del Espiritusanto.

Tabla 4. Puntos de referencia de la Urbanización Valle del Espiritusanto

Punto de referencia poligonal	Coordenadas	
	N	O
PR1	7°21'59.17"	72°39'47.99"
PR2	7°21'51.68"	72°39'49.47"
PR3	7°21'50.67"	72°39'43.01"
PR4	7°21'53.35"	72°39'43.02"
PR5	7°21'58.56"	72°39'42.07"
PR6	7°21'53.79"	72°39'42.89"
PR7	7°21'55.63"	72°39'42.52"
PR8	7°21'58.57"	72°39'42.05"

Para la comparación de perfiles se determinaron Cinco (05) Líneas de Trabajo, con el fin de comparar las condiciones iniciales del terreno con las condiciones actuales, como se ilustra en la imagen satelital mostrada en la Figura12.

Figura 12. Morfología área de trabajo



Fuente. Google Earth.

En las Figuras 13, 14, 15 y 16, se muestran los perfiles elaborados por el autor, a fin de comparan temporalmente los cambios presentados en el talud de estudio, la escala de los perfiles no se ilustran en las figuras porque este insumo fue directamente sacado de Goo-glear.

Posteriormente se procedió a comparar de los perfiles topográficos con el fin de establecer que cambios se presentaron en el talud de la zona de estudio los resultados de este análisis y los datos establecidos se muestran en la Tabla 5.

Figura 13. Perfiles topográficos evaluados (P3-P6) sobre la ladera de la urbanización.

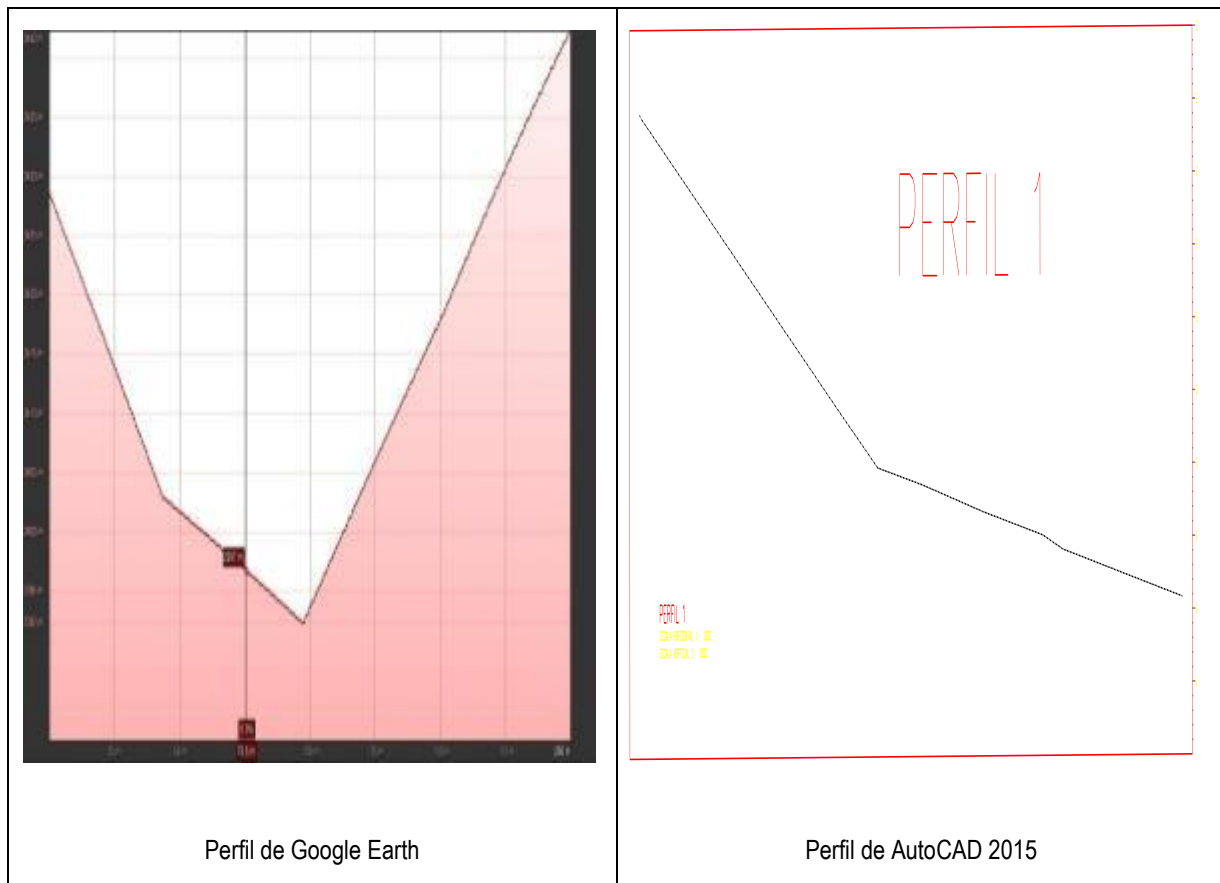


Figura 14. Perfiles topográficos evaluados (P2-P7) sobre la ladera de la urbanización

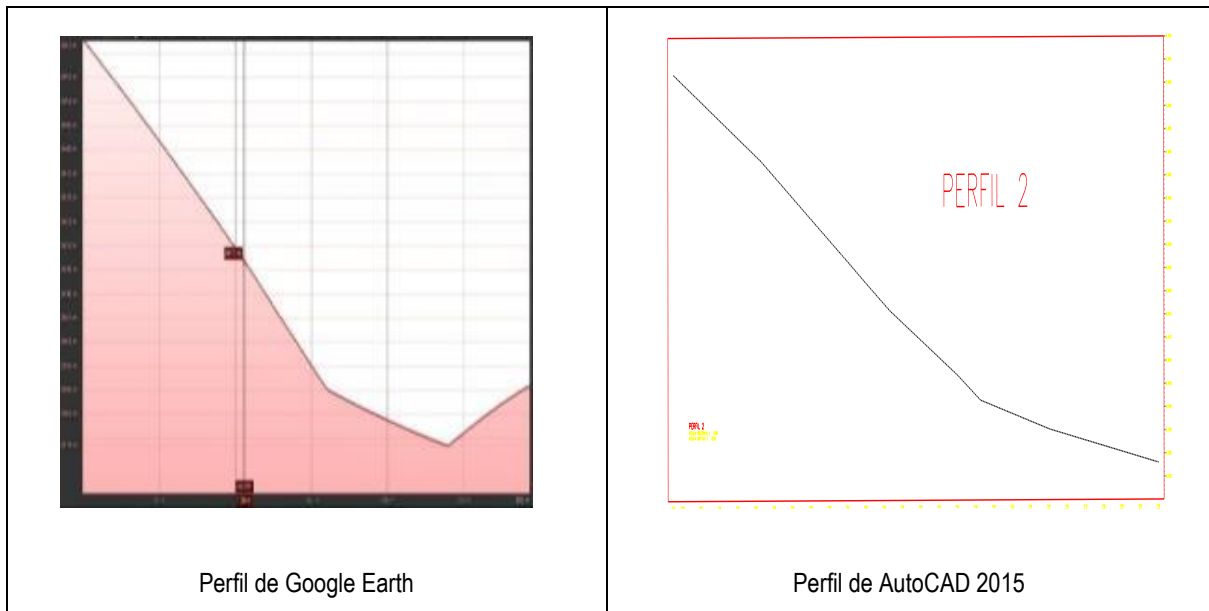


Figura 15. Perfiles topográficos evaluados (P3A-P7) sobre la ladera de la urbanización

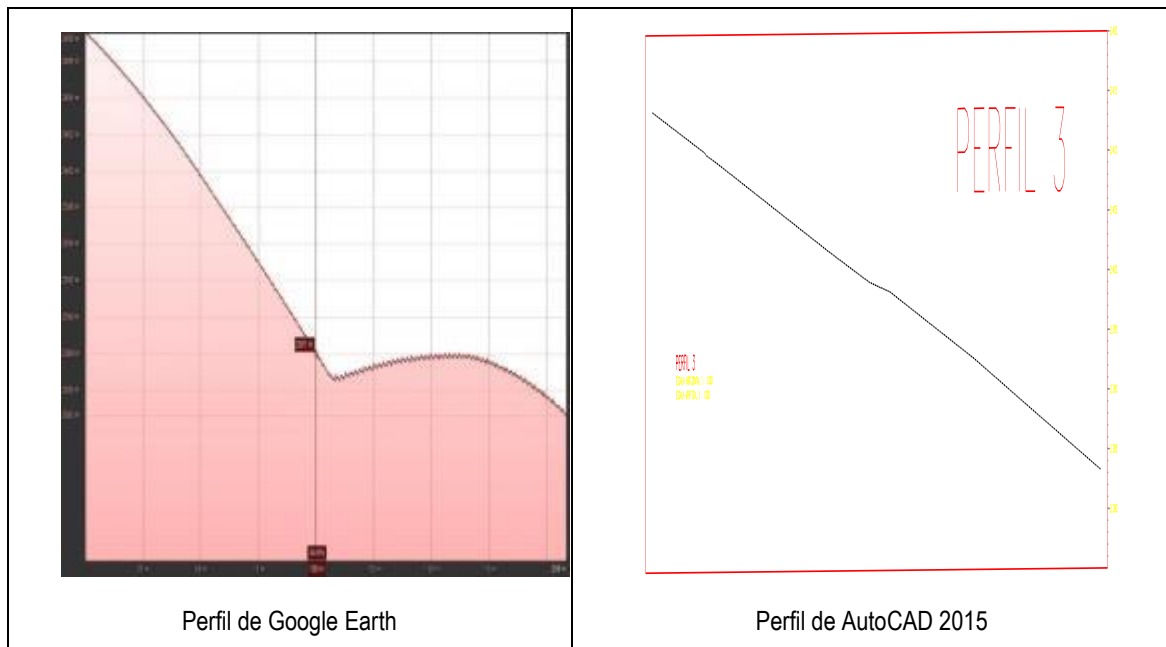


Figura 16. Perfiles topográficos evaluados (P3-P8) sobre la ladera de la urbanización

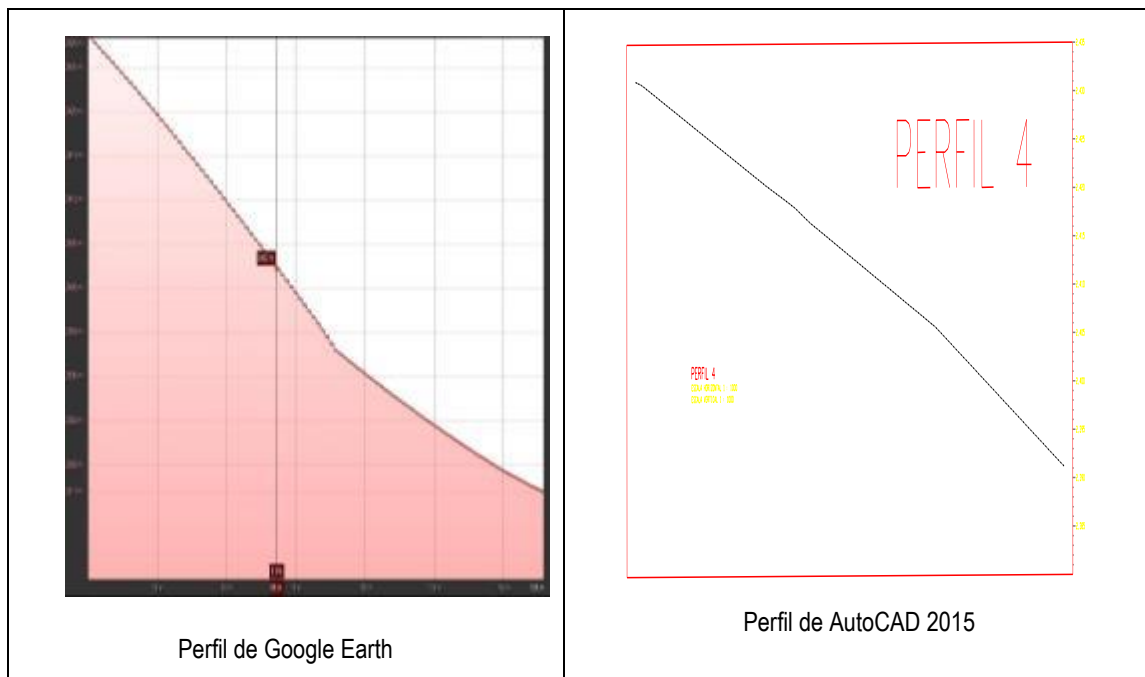


Tabla 5. Comparación de los perfiles de elevación evaluados.

DETALLE	TRAMO	LONGITUD (METROS)	PENDIENTE	CRITERIO	CONDICIONES INICIALES	CONDICIONES ACTUALES
PERFIL 1 (P3-P6)	1	52,6	45,63%	Pendiente Descendente	Se observa la presencia de vegetación no nativa y deforestación.	Se mantienen la construcción de árboles de especie no nativas " Eucalipto", algunos de los cuales se ven inclinados
	2	73,4	20,44%	Pendiente Descendente	No se observa ningún tipo de vegetación arbórea, se observan cultivos de pan comer	Se observa salto de falla, se observa parte de la remoción en masa, las casas construidas están totalmente destruidas

DETALLE	TRAMO	LONGITUD (METROS)	PENDIENTE	CRITERIO	CONDICIONES INICIALES	CONDICIONES ACTUALES
	3	47	-31,91%	Pendiente Ascendente	No se observa ningún tipo de vegetación arbórea, se observan cultivos de pan comer, y su pendiente es ascendente.	La pendiente es descendente, y las casas ubicadas en este sector presentan daños
PERFIL 2 (P2-P7)	1	162	44,44%	Pendiente Descendente	Se observa la presencia de vegetación no nativa y deforestación, se observan caminos y alto grado de erosión y escalas que evidencian la presencia de movimientos.	Se observa que la deforestación aumento, ya que la parte alta de la urbanización pertenece a un bosque productor. La tala de estos árboles a agudizado más la erosión y a interrumpido los canales naturales de drenaje en la parte alta.
PERFIL 2 (P2-P7)	2	82	15,85%	Pendiente Descendente	No se observa ningún tipo de vegetación arbórea, se observan cultivos de pan comer, en el cambio de pendiente se observa el sector de recorrido de la quebrada la toma	La pendiente del terreno original fue modificada y en la actualidad es totalmente descendente, las casas ubicadas en este sector están totalmente destruidas, se observa que la cuenca de la quebrada la toma fue modificada y se intentó colocar una tubería de PVC para su canalización, esta parte de la urbanización se encuentra saturada, el cambio de pendiente estanca, el agua.
	3	49	-26,53%	Pendiente Ascendente	No se observa ningún tipo de vegetación alborea, se observan cultivos de pan comer, y su pendiente es ascendente.	Las casa ubicadas en el último sector del perfil, aún están habitadas, presentan grietas de tipo horizontal y vertical.

DETALLE	TRAMO	LONGITUD (METROS)	PENDIENTE	CRITERIO	CONDICIONES INICIALES	CONDICIONES ACTUALES
PERFIL 3 (P3A-P7)	1	108	21,30%	Pendiente Descendente	No existe presencia de especies arbóreas, esta parte del lote estaba acondicionada para la siembra de cultivos de pan coger como papa.	Las casas ubicadas en esta parte del perfil están totalmente destruidas y se observan saltos de falla y reptación del material, que limita con la vía principal
	2	48	-2,08%	Pendiente Ascendente		Las condiciones originales de la pendiente del terreno, fueron modificadas, y en la actualidad la pendiente es totalmente descendente, las casas ubicadas en esta parte del perfil están totalmente destruidas y se observan saltos de falla y reptación del material, que limita con la vía principal
PERFIL 3 (P3A-P7)	3	52	3,85%	Pendiente Descendente	No existe presencia de especies arbóreas, esta parte del lote estaba acondicionada para la siembra de cultivos de pan coger como papa.	En la parte final del perfil donde se ubica la entrada de la urbanización se mantiene algunas casas con daños de agrietamiento, se observa aun la reptación del material.
PERFIL 4 (P3-P8)	1	108	31,48%	Pendiente Descendente	Se observan sectores con siembra de especies arbóreas " Eucalipto y Pino" y en partes deforestación y caminos, con suelo expuesto y meteorizado	Han sido talado parte de las especies arbóreas sembradas, y los fenómenos de erosión y reptación se han agudizado
	2	48	35,42%	Pendiente Descendente	Se observan siembra de especies arbóreas, no se observa capa de protección del suelo para evitar la erosión por arrastre de aguas de escorrentía	Los drenes naturales han sido modificados y el agua de escorrentía que proviene de la parte alta del talud, no tiene ninguna dirección y afecto la parte lateral izquierda de la urbanización

9. ENCUADRE GEOLÓGICO.

9.1 ENCUADRE GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA.

El valle del Espíritu Santo, está conformado por varias formaciones que afloran en diferentes sectores, las cuales influyen su conformación, las cuales se mencionan en la Tabla 6. (Alcaldía de Pamplona, 2002).

Tabla 6. Formaciones Geológicas que conforman el Valle del Espíritu Santo.

Formación Silgará (Símbolo en el mapa PDs).	Formación Aguardiente (Kia).
Formación Girón (Símbolo en el Mapa Jg).	Formación Capacho (Kic).
Formación La Luna (Ks1).	Formación Colón-Mito Juan (Kscm).
Formación Barco (Tpb): Distribución.	Formación Los Cuervos (Tpc).
Formación Tibú-Mercedes (Símbolo en el Mapa Kitm).	

Estas formaciones han generado un desarrollo geológico del Valle muy complejo, el cual está ligado a las etapas evolutivas de la Cordillera Oriental sobre la cual se presenta una variedad de litologías y estructuras importantes generadas por diversos fenómenos tanto endógenos como exógenos.

Las unidades geológicas tiene en común la presencia de materiales que en su mayoría son fácilmente meteorizables y que presentan muchas fracturas y discontinuidades, lo que vuelve muy vulnerable el suelo a procesos erosivos de remoción en masas o presencias de diferentes fallas que pueden ocasionar derrumbes, movimientos rotacionales en masa o caída de bloques. Atendiendo a la génesis de las geoformas, se han identificado diferentes unidades geomorfológicas en la cuenca, dentro de las más importantes y reconocidas durante el estudio figuran:

- Unidades de origen Denudacional.
- Unidades de origen Estructural desarrolladas sobre rocas sedimentarias, especialmente areniscas del Triásico, Cretácico y Terciario.
- Unidades de origen Estructural-sedimentarias, principalmente lutitas y arcillolitas, sobre remoción en masa y diferentes tipos y grados de erosión.
- Unidades de tipo fluvial y Coluvial, que corresponden a las geoformas desarrolladas sobre los depósitos cuaternarios de origen Fluviocoluvial que ocupan las laderas y valles de las antiguas y actuales planicies aluviales, asociadas a los ríos y quebradas principales que corren por la región estudiada.

En el casco urbano del municipio de Pamplona, afloran rocas metamórficas del proterozoico tardío al paleozoico (especialmente ortogneis con medio a alto grado de meteorización, el cual constituye parcialmente el basamento metamórfico del Macizo de Santander, aflorante en el área, que se ha estructurado a partir de una compleja historia geotectónica) y rocas sedimentarias del Cretáceo inferior, pertenecientes a la Cuenca de Maracaibo y sedimentos aluviales y coluviales cuaternarios, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en la zona cubriendo las litologías previamente mencionadas.(Alcaldía de Pamplona, 2002).

La zona centro del casco urbano de Pamplona, se ha desarrollado sobre depósitos cuaternarios de origen fluvio – lacustre, depositados discordantemente sobre rocas ígneas tipo gneis cuarzomonzonítico pertenecientes a la unidad Ortogneis.

El Valle del Espíritu Santo está cortado por el cauce del río Pamplonita y río Chiquito, bordeado por rocas sedimentarias pertenecientes a la formación Girón, Tibú-Mercedes y Aguardiente, lo cual realiza fuerte control estructural y da origen a un relieve de lomas y cuchillas.

Las geoformas básicas que dan geometría de vaso o artesa al casco urbano de Pamplona, son cadenas montañosas de alta pendiente, pertenecientes a la Cordillera Oriental y la masa de sedimentos que integran los coluviones y aluviones cuaternarios

son preferentemente clásticos de origen denudacional. En las partes bajas de las laderas y en el fondo del vaso natural (Valle del Espíritu Santo) se aprecian depósitos coluviales (conos de deyección, talus, pie de monte) y albardones, orillares y algunas micro terrazas de tipo aluvial cuaternario.

Sobre el basamento metamórfico yacen discordantemente rocas sedimentarias cretácicas [Formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente], las cuales integran el Grupo Uribante y la Formación Capacho. De igual manera, a menor escala se aprecian venas y filones hidrotermales que cortan las unidades aflorantes en dicha región, se identifican estructuras geológicas de deformación: fallas y plegamientos, que dan cuenta del carácter tectónico del área y del comportamiento frágil y/o dúctil de las rocas.

En el sentido de lo expuesto, son identificables zonas de falla, diaclasamiento, áreas de esquistosidad de la roca, lineaciones minerales, venas de cuarzo concordantes con la esquistosidad o cortantes de estas y, pliegues, entre otras estructuras, tal cuadro geológico en la zona objeto de estudio ha sido afectada por eventos tectónicos (Ejemplo: terremoto de Pamplona, 1644) que han generado intenso fracturamiento, plegamiento y en general grandes deformaciones.

Estructuralmente el casco urbano de Pamplona se encuentra enmarcado por dos fallas de tipo inverso, con rumbo norte-sur: La Falla de Pamplona y el sistema de fallas de Chitagá, el cual está cortado por fallas de tipo normal, en el Cerro Cristo Rey y en la Cuenca de la quebrada El Escorial. (Alcaldía de Pamplona, 2002).

A lo largo del trazo de la falla de pamplona, se evidencia que las rocas metamórficas de la Formación Ortoneis, en el bloque oriental, están en contacto con una faja delgada de rocas sedimentarias del Cretáceo en el bloque occidental, esta falla ejerce gran influencia en el Valle, por lo cual, en la parte baja del talud, se presentan suelos de depósito, producto de la meteorización de las rocas y de depósitos de tipo aluvial, proveniente de las fuentes hídricas existentes en el sector.

En la Figura 17. Se muestra una sección del Cuadrángulo Geológico H13, generado por Ingeominas (hoy Servicio Geológico Colombiano: SGC).

Figura 17. Ilustración 1 Sección del Cuadrángulo Geológico H13. Fuente: Servicio Geológico Colombiano



9.2 RASGOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS LOCALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Como resultado de la visita de campo realizada al área de estudio, se observó que las características superficiales del terreno en la Urbanización Valle del Espíritu Santo, Barrio el Zulia Municipio de Pamplona, Norte de Santander, y otras áreas aledañas, son actuantes sobre las rocas que han presentado procesos geológicos asociados a la actividad de fuerzas internas del campo gravimétrico y de la acción del agua, aire y el

hielo, asociados a la influencia de la falla de Pamplona que bordea la parte Inferior de la Urbanización, ver Figura 18.

Figura 18. Sección del Cuadrángulo Geológico H13. Fuente: Servicio Geológico Colombiano



Los geomateriales han sido sometidos a constantes cambios en la superficie del terreno, debido a la acción de agentes endógenos, exógenos y en especial a la actividad antrópica.

Los geomateriales observados son de naturaleza mixta: suelos arcillolíticos residuales derivados de rocas grano monzonitas y rocas metamórficas, (ortogneis, que ha sido datado como cámbrico a pre-cámbrico) que presentan diferentes grados de meteorización, según el sitio de afloramiento.

El sector revela metamorfismo regional y meteorización en distintos grados.

La zona de mayor pendiente de la Urbanización, en la parte alta de la ladera, está caracterizada por el afloramiento de una secuencia estratigráfica de suelo residual integrada principalmente por rocas de origen ígneo meteorizado y areniscas, propias de la formación aguardiente.

Las areniscas, tiene alta fracturación y alta meteorización, lo que establece que el material rocoso es altamente fracturado de poca cementación, con una matriz altamente fracturada, que podría clasificarse según las tablas de RM y GSI, con los siguientes valores;

- RM de 4 a 5.
- GSI de 25 a 30.

Lo que establece que el macizo presenta características de poca calidad.

En el sector aflora también suelo residual de color marrón oscuro y rojizo, con areniscas, lo que hace referencia a una zona de translocación de materiales o de contacto natural entre dos tipos de estrato diferente, que exhibe un perfil de suelos producto de procesos de meteorización media a alta, producto de la desintegración de rocas metamórficas de origen ígneo.

Los terrenos en pendiente, ubicados por la parte superior de la urbanización, registran superficialmente una capa orgánica de muy poco espesor que da soporte a una cubierta de gramíneas y revelan un alto grado de erosión y saltos característica propia de geomaterial en reptación.

La concentración forestal, al Occidente de la urbanización, está conformada por pinos, que en la parte baja del tallo revela deformación en “C o en S”, que es manifestación de procesos de reptación o creep.

En general, la mayor parte del área adyacente en la parte superior, luce afectada por procesos erosivos de tipo laminar, surco y cárcava, formados especialmente por acción hídrica.

Se presentan depresiones geomorfológicas y cárcavas (conducen agua en época de lluvias), que propicia que las aguas de escorrentías, se infiltren en las terrazas de la urbanización y saturen el suelo ocasionando; pérdida de capacidad de soporte y aumentando en la dinámica de la remoción en masa que se presenta por acción de las cargas existentes de las viviendas construidas.

El perfil del suelo regolítico es de poco espesor y está integrado por una capa variable de materia orgánica de color gris oscuro, seguida de una capa de color pardo, la cual revela alta concentración de raíces; este sedimento descansa sobre un estrato de material fino, limoso, con microclastos de color rojizo y visos blancos (suelo residual derivado por meteorización del ortogneis y dioritas).

Entre los minerales identificables in situ, por inspección ocular, se destacan:

- Moscovita altamente meteorizado.
- Bajo este estrato de espesor no definido en la exploración, pero teniendo en cuenta la información geológica yacen rocas metamórficas de origen ígneo.

El perfil descrito presenta condición seca en la parte alta de la urbanización y en la parte media se presenta baja humedad, lo que ha ocasionado la presencia de agrietamientos generalizados en el área de estudio y el nacimiento de especies gramíneas lo que indica que la capa orgánica tiene un alto contenido de materia orgánica.

Las redes eléctricas presentan fenómenos de reptación, producto de la remoción en masa, el desplazamiento afecta la orientación de los postes en direcciones diferentes y genera en las casas construidas fenómenos de vasculamiento que tienen como origen la geomorfología de vaso que presenta el sector.

Si se reactiva el movimiento de remoción en masa de grandes proporciones, puede ocasionar el taponamiento de la cuenca de la quebrada Jurado en el tramo colindante con la urbanización.

Es notable en el área la variabilidad geológica, tanto vertical como horizontal, reflejada en el espesor del regolito, la variación del grado de meteorización físico – química de la roca parental y la textura del geomaterial superficial observable.

Por ello en algunos sectores, donde la meteorización es más fuerte, los materiales metamórficos han degradado a arcillolitas mientras que en otros con menos grado de alteración, los sedimentos revelan condición conglomerática con predominio de limos y areniscas alteradas.

Se puede observar procesos denudacionales de remoción en masa, que han ocasionado que el terreno ubicado en el espaldar de las construcciones afecte la cimentación de las viviendas existentes, las cuales están simplemente apoyada con una cimentación superficial en ciclópeo.

La masa de suelo, ubicada en la parte superior esta rotada y hay bloques de arenisca que se supone provienen de la parte superior que se mezclaron con el resto de suelo residual, generando una masa de suelo de diferentes coloraciones dentro del cuerpo producto del proceso denudacional, lo que puede significar que la estructura de matriz en la parte superior se rompió y está totalmente removida.

Se encuentra en la parte media de la Urbanización un material con alto contenido de arcilla sólida in situ, con presencias de grietas de desecación, producto del fenómeno del niño.

Además del desplazamiento longitudinal, la masa de suelo trato de rotar, lo que sugiere un denudacional mixto complejo, que permite ver que en la parte superior la cubierta vegetal tiene una parte oscura y luego el horizonte V, se presentan grietas verticales de desecación de gran profundidad.

En el costado derecho como esta inconfinado, se presenta un esparcimiento de grietas en forma de flor, lo que ocasiona que la junta de dilatación se separe más.

Se realizó un recorrido por el cauce de la quebrada Jurado, que delimita la parte Oriental de la Urbanización Valle de Espíritu Santo, Este afluente es de tipo torrencial, que en épocas de lluvia aumenta su caudal y arrastra material, en su cauce se observa la presencia de bloques de gran tamaño, ubicados en el sector en un largo periodo de tiempo, se presentan suelos de depósito tipo coluvial, compuesto por arenas producto del desgaste de las rocas de los taludes del cauce.

Se observan horizontes de color gris ubicados horizontalmente, producto del depósito de material de deslizamientos proveniente de la parte superior de la cuenca.

En la parte superior del talud de la cuenca de la quebrada, existen bloques colgados cuyas puntas están más o menos redondeado, lo que puede significar que el cambio en su forma se debió al movimiento de translación sufrido o a que el nivel de la quebrada estaba en un cota superior a la existente y con el tiempo ha presentado un entallamiento, que se ha agudizado con los procesos de urbanismo, modificando el cauce de la quebrada, lo que permite observa un ortoneis compuesto de moscovita.

Los terrenos cerca de la rivera han sido movidos, lo que significa que esta zona ha sido muy expuesta a movimientos denudacionales de remoción en masa de diferente tipo.

Se puede observar que se realiza la práctica de construcción de diques para forzar la sedimentación de material de arrastre, compuesto por arenas con alta presencia de talco, el cual posteriormente es extraído de forma manual, generando socavones que debilitan las paredes del cauce de la quebrada, lo que puede estar ocasionando que el borde izquierdo la quebrada presente debilitamiento de sus paredes laterales.

Estas condiciones facilitan que el movimiento de remoción en masa que se presenta en la parte superior de la urbanización, se realice sin ninguna restricción, lo que se puede evidenciar en los hundimientos que presenta la vía de acceso al barrio.

Los procesos denudacionales de remoción en masa visibles en las áreas de estudio, se muestran en las Figuras 19, 20, 21 y 22, correspondientes a la Urbanización Valle del Espíritu Santo, Barrio el Zulia.

Figura 19. Relieve procesos de remoción de tierras. Urbanización Valle de Espíritu Santo



DESCRIPTORES

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Masa de Tierra Movilizada | 3. Inclinación de Postería Eléctrica. |
| 2. Cárcava Producida por Aguas de Escorrentía. | 4. Estado de Abandono de Viviendas |

Figura 20. Relieve. Urbanización Valle de Espíritu Santo



DESCRIPTORES

1. Parte Inicial de la Quebrada la toma parte alta de la Urbanización.
2. Horizonte A perfil regolítico, consistente en sedimento orgánico de color marrón con presencia de bloques.
3. 3. Cauce de la Quebrada la Toma.

Figura 21. Relieve. Urbanización Valle de Espíritu Santo



DESCRIPTORES

1. Inicio de la Reptación.
2. Parte final Del primer salto de reptación.
3. Cárcavas producidas por el mal manejo de las aguas de escorrentía y de la toma.
4. Horizonte A de perfil regolítico de material meteorizado con presencia de bloques color rojizo.
5. Horizonte B. del perfil regolítico pared vertical del talud removido, se observa matriz de suelo tipo arcilloso Pendiente superior a 45°

Figura 22. Relieve, Urbanización Valle de Espíritu Santo



DESCRIPTORES

1. Lente de Agua, cauce de la quebrada la Toma.
2. Estado de Viviendas averiadas por la Remoción en Masa.
3. Parte final del Deslizamiento.
4. Punta Inicial del Deslizamiento.

10. AMENAZAS NATURALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

10.1 GRIETAS DE DESECACIÓN.

Durante el prolongado período de sequía asociado al último fenómeno del niño, en la urbanización se presentaron grietas de contracción aleatorias de variadas dimensiones de; abertura, longitud y profundidad, las cuales, se convirtieron en fuente de vertimientos indeseados de aguas no controladas de escorrentía que circulan por las laderas, este fenómeno ocasiono cambios fuertes de presión hidráulica, lo que origina una constante infiltración del agua en los terrenos agrietados por desecación, lo cual causan daños irreparables en los suelos en general estén o no en pendiente, esta situación pueden estar relacionada con una o varias de las siguientes causas:

- Flujos de aguas de escorrentía no canalizados.
- Procesos de erosión eólica y antrópica.
- Cambios topográficos para adaptar los terrenos al proceso de urbanización
- Cambio de la vocación del terreno de agrícola a urbanizable.
- Tala de árboles nativos y no nativos existentes que cambian los cauces naturales existentes.
- Cambio de dirección de la fuente hídrica denominada la toma.
- Canalizaciones en zanjas en tierra, mal elaboradas.

Figura 23. Grietas de desecación, Urbanización Valle de Espíritu Santo.



10.2 PROCESOS DE REPTACIÓN

Como el espesor del coluvión es variable, se puede establecer que se trata de un coluvión eminentemente matriz soportado con abundancia de finos llenantes respecto de los clastos con tamaño de grava y sobre tamaños.

La alta permeabilidad del coluvión facilita que el agua lluvia y sobrantes que se infiltran, alcance el contacto entre el coluvión y el geomaterial basal natural presente en la zona, haciendo que la capa coluvial y/o los suelos residuales derivados de la descomposición del ortoneis, afloren en diferentes locaciones y se movilicen ladera abajo.

Entre los rasgos característicos de la reptación en el área evaluada se aprecia el terraceo (pequeños escalonamientos de la cubierta más superficial del terreno). Ver Figura 24.

Figura 24. Escalonamientos y Bloques de roca.



Pese al carácter predominante de coluvión matriz soportado, se registran a nivel de la superficie extensamente esparcido en las diferentes laderas, depósitos superficiales focales de cantos rodados (de arenisca y/o caliza, principalmente), procedentes de los afloramientos rocosos situados en la parte topográficamente más alta de la ladera.

La geomorfología de ladera con descansos (pulsos de energía) adosados en gran medida a la naturaleza arcillo limosa de la matriz de los suelos que integran el coluvión, facilita que los cantos rodados se aniden en ellos. (Ver Figura 25).

Figura 25. Bloques de roca, sector intermedio del talud Urbanización Valle del Espíritu Santo.



El proceso de reptación en la zona puede estar relacionado a una o varias de las siguientes causas:

- Cortes no convencionales que disminuyen los factores de seguridad del talud.
- Colocación de rellenos aumentando los niveles de esfuerzo a cortante del suelo.

- Cambios Topográficos para adaptar los terrenos al proceso de urbanización.
- Cambio de la vocación del terreno de agrícola a urbanizable.
- Tala de Árboles Nativos y no Nativos existentes y que daban estabilidad al terreno por su enraizamiento.

10.3 PROCESOS DE EROSIÓN.

Se observan severos procesos erosivos tanto en la parte media del macizo como en el sector aledaño a la urbanización, que ocasiona la acumulación de agua superficial o Sub-superficial que es una causa de inestabilidad del talud.

La erosión lateral que se presenta en el cauce de la Quebrada Jurado, ocasionado por los trabajos artesanales de extracción de material y construcción de diques para acumulación de arena y grava, las represas construidas con maderos ocasionan fenómenos de represamiento, que en épocas de verano por el bajo caudal, soportan las fuerzas de empuje, pero en épocas de invierno al no resistir estas construcciones artesanales, ocasionan deslaves con gran fuerza que afectan las paredes laterales del cauce tanto aguas abajo y arriba de su ubicación. Ver Figura 26 y Figura 27.

Figura 26. Cauce de la Quebrada “La Toma”. Parte superior Urbanización



Figura 27. Presencia de Diques Quebrada Jurado



10.4 DESLIZAMIENTOS

Usualmente en las etapas tempranas del deslizamiento se forman grietas de tensión, luego de la falla parcial se genera una serie de pequeños hundimientos y escarpes y al momento de la falla total, se pueden apreciar varios escarpes en la superficie además de grietas de tensión concéntrica y profunda, así como una gran masa de material incoherente al pie del talud.

➤ Deslizamiento Tipo Planar.

En la zona de estudio se observa un proceso de deslizamiento Tipo Planar, que aumentan su dinámica de movimiento en las épocas de invierno por las concentraciones de agua superficial o Sub-superficial.

Figura 28. Se Presenta Deslizamiento de Tipo Planar



Figura 29. Se Presenta Deslizamiento de Tipo Planar.



➤ Deslizamiento en Forma de Cuña.

En la parte alta de la Urbanización por la misma formación Geológica, se observan procesos de deslizamiento en Forma Cuña, causados por la pérdida de la matriz de suelo, que ocasiona el deslizamiento de los bloques existentes. Ver Figura 30. Se presenta deslizamiento en forma de cuña.

Figura 30. Se presenta deslizamiento en forma de cuña.



➤ Deslizamiento Rotacional.

Este tipo de movimiento natural de tierra es identificable en las masas coluviales colgadas sobre la pendiente de la Urbanización, según los siguientes rasgos: superficie de falla tipo “cuchara”, escarpes y saltos de falla.

El proceso de Deslizamiento, puede estar relacionado a una o varias de las siguientes causas:

- Topografía abrupta.
- Deforestación de capa vegetal nativa.
- Cambio de Uso del Suelo, de Bosque Protector a zona agrícola y de esta a zona de expansión Urbana.

- Ubicación de Obras de arte en la vía Panamericana a medio Ladera que concentran y descargan su caudal, sobre la parte del talud que esta sobre las viviendas, de forma directa y sin ningún manejo y direccionamiento.
- Cambio de la vocación del terreno, de Bosque a zona de vivienda y de camino real.
- Cambio de Vegetación Nativa de poca Raíz por especies invasoras como el Eucalipto y el Pino.
- Sobresaturación del Coluvión.
- Arrastre de Materia de suelo, por las aguas de escorrentía.

En las Figuras 31 y 32, se pueden evidenciar procesos de deslizamiento rotacional que se han presentado en la zona de estudio.

Figura 31. Derrumbe rotacional



Figura 32. Derrumbe rotacional.



11. AMENAZAS GEOLÓGICAS RELEVANTES EN LOS SITIOS EVALUADOS

En la Tabla 7. Se listan los procesos naturales que constituye amenaza de origen geológico y cuya ocurrencia podría impactar apreciablemente la Urbanización Valle del Espíritu Santo y en general al barrio el Zulia.

Tabla 7. Procesos naturales que constituyen amenaza de origen geológico para el Barrios El Zulia.

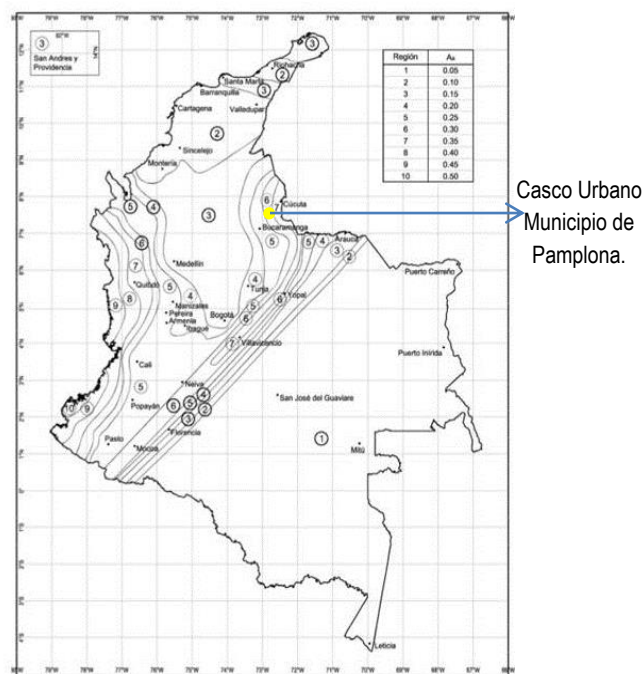
Grupo de proceso natural que constituye amenaza de origen geológico	Procesos	Barrio El Zulia (Urbanización Valle del Espíritu Santo)	Causas
Procesos denudacionales	Erosión y Deslave	SI	Hídrica, eólica Laminar, Surco y Carcavamiento
	Meteorización	SI	Mecánica, Química, Biológica
Procesos de remoción en masa	Deslizamientos trasnacionales	NO	En coluviones y suelos residuales
	Reptacion	SI	Toda el area
	Deslizamiento rotacional	SI	No aplica
	Caída de bloques	NO	Bloques individuales
	Flujos de detritos	NO	Desprendimiento y esparcimiento de masa de bloques
	Flujos y avalanchas	NO	
	Lahares	NO	No aplica
Inundación		NO	Dada la alta pendiente
Actividad sísmica		SI	Amenaza sísmica alta
Vulcanismo		NO	No aplica

12. ASPECTOS SISMOLÓGICOS

En el mapa de amenaza sísmica colombiano, la ciudad de Pamplona se localiza en zona de amenaza sísmica alta, correspondiéndole una intensidad de 7 en la escala de Mercalli para un periodo de retorno de 100 años.(Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Los coeficientes de aceleración pico para la definición de los espectros sísmicos, son respectivamente: $A_a = 0.30$ y $A_v = 0.25$. Lo que situada a pamplona en un ambiente tectónico activo en proximidad al punto de convergencia de las macro fallas “Bucaramanga - Santa Marta” y “Boconó”, las cuales configuran el punto vértice inferior (sur) de la microplaca del Lago Maracaibo, localmente el municipio está surcado y delimitado por trazas de fallas regionales conocidas: falla Chitagá, falla de Pamplona, falla de Pamplonita. Ver Figura 33

Figura 33. Mapa de amenaza sísmica colombiano.



Fuente: Título A, NSR2010

12.1 ANÁLISIS SISMOLÓGICO TECTONISMO Y ACTIVIDAD SÍSMICA ZONAS DE ESTUDIO.

El análisis sísmico se basa en determinar el valor del Coeficiente Pseudo Estático, insumo necesario para utilizar en el programa SLOPE/W, en el cual factor de seguridad de la estabilidad de taludes se determina por el método de equilibrio límite. (INGEAS, 2017).

Este Valor se utiliza el método de equilibrio límite de Bishop (1955), y fue implementado en el programa de cómputo SLOPE/W de Geoslope International (1998), que determina el valor de la aceleración de fluencia, que se emplea en el método de deformación permanente, utilizado para realizar el análisis de la estabilidad de los taludes en condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

Su valor generalmente corresponde a una aceleración horizontal, que no tienen en cuenta las aceleraciones verticales, por tanto, el coeficiente sísmico se representa como una fuerza horizontal. (Alva & Infantes, 1999).

Para la determinación del valor del coeficiente pseudo Estático, se tienen Cuatro (04) Criterios:

1^{er} Criterio: Tiene en cuenta el tipo de material que conforma el macizo y el coeficiente sísmico de diseño se estima como el 50% del valor del PGA.

Teniendo en cuenta el tipo de suelo y el estudio Tomografico, se determinó que el suelo de la zona de estudio tiene un valor de 5, "Depósitos Resientes". Lo que determina que el valor del P.G.A.= 0,50 de conformidad con la Figura N° 32.

Figura 34. Tabla para determinar el valor de la PGA

Zona No.	Nombre	UGS	PGA (g)
1	Roca	Rd, Ri, Rb, Sr, Sft3, Sft4, Sfl3	0.30
2	Suelo Rígido	Sal, Sat, Sft2, Sfl1, Sfl2	0.40
3	Llenos	Sla	0.65
4	Depósitos Antiguos	Sfe1, Sco2	0.45
5	Depósitos Recientes	Sfe2, Sco1	0.50
6	Ronda de Río	Sft1, Sft5	0.35

Por lo cual el coeficiente sísmico de diseño “Coeficiente Seudo Estático” se estima como el 50% del valor del PGA.

Coeficiente Pseudoestático por el 1^{er} Criterio es = $0,50 * 50\% = 0.25 \text{ g}$

2^{do} Criterio: Se determina fundamentado en la NSR- 2010, Capítulo 5, título H.5.2.5. Que se ilustra en la Figura 32.

Figura 35. Tabla para determinar el valor de K_{ST}/a_{MAX} .

Tabla H.5.2-1
Valores de K_{ST}/a_{max} Mínimos para Análisis Seudoestático de Taludes

Material	K_{ST}/a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales téreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales téreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

De la anterior tabla se determina el valor de $K = 0,67$ Y teniendo en cuenta el análisis sísmológico y la norma NSR-2010, que ubica a Pamplona en una Zona de amenaza sísmica: Alta entonces: $a_{max} = 0.25 \text{ g}$

Coeficiente Pseudoestático por el 2º Criterio es= $0.25 * 0.67$; $Kst = 0.1675 \text{ g}$

3º Criterio: Se determina según el criterio de Hynes – Griffin and Franklin, 1984, en el cual el coeficiente sísmico de diseño se estima como el 50% del valor de la aceleración máxima $a_{máx}$, que está dado por la aceleración máxima del espectro de diseño para el período cero.

$a_{máx}$: Aceleración del espectro para periodo cero = $Aa * Fa * I$

$Aa = 0,30$

$Fa = 1.3$

$a_{máx}$: $0.30 * 1.3 * 1 = 0.325$

Coeficiente Pseudoestático = $0,39 * 50\%$

Coeficiente Pseudoestático según el 3º Criterio es= $0,195$

4º Criterio: Para verificar y reducir las incertidumbres epistémicas y considerando un PGA en el subsuelo de 0.25 g y teniendo en cuenta la ecuación del Coeficiente horizontal = $(1/3 * (PGA)^{1/3})$ (Towhata, 2008),

Se obtiene por el 4º Criterio un coeficiente de aceleración horizontal de 0.20 g .

A continuación se consolidan en la Tabla 8. Los valores del Coeficiente Pseudoestático, calculado por cada uno de los Criterios Establecidos, con el fin de determinar cuál será el valor de coeficiente pseudoestático a utilizar en el programa SLOPE/W.

Tabla 8. Valores del Coeficiente P-seudoestatico

CRITERIO	PGA	COEFICIENTE SEUDOESTATICO
INGENOMINAS	0,50	0,25
NSR-10	0,25	0,1675
HYNNES – GRIFFIN AND FRANKLIN	0,39	0,195
TOWHATA		0,20

Como valor de referencia, para utilizar en el programa Slope/w, se toma un coeficiente Pseudoestatico de = 0,25

13. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Para el análisis de estabilidad de la zona de estudio se realizó el siguiente procedimiento;

- Análisis de la información secundaria del estudio de suelos realizado.
- Análisis Sismológico para determinar el valor del Coeficiente Pseudestatico.
- Uso de software: Programa de Geoslop/W, para el análisis de estabilidad del sitio de estudio.

13.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Con el fin de realizar la caracterización Geomecánica de los geomateriales del talud, se analizó la información contenida en el estudio realizado por la empresa del Ingeniero José Omar Torres “CONSULTORIA EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS LABORATORIOS DE ING. CIVIL”.

El estudio de suelos realizado se basó en los siguientes procedimientos:

- Exploración del subsuelo con elaboración de sondeos con equipo de perforación con ensayos de penetración estándar SPT.
- Sondeos eléctricos verticales (SEV).
- Líneas de refracción sísmica.

En la Figura 36, se puede detallar cual fue el área que se determinó para desarrollar el estudio contratado por la Administración Municipal.

Figura 36. Predio Urbanización Valle del Espíritu Santo”, Pamplona, estudiado geotécnicamente.



13.1.1 Análisis de Sondeos.

Los sondeos se realizaron por medio de sistema de doble tubo giratorio con extracción de muestra por medio de cuchara partida estandarizada, con recuperación de muestras en cada sondeo de ensayo de penetración; las cuales fueron objeto de caracterización geotécnica mediante ensayos de laboratorios.

A continuación, se destacan las características geo mecánicas más relevantes de cada sondeo.

Sondeo 1

Conformado por tres (3) estratos de suelos: una capa de arcillas tipo CL, con alto contenido de humedad y consistencia blanda de color café, un estrato de transición pobremente gradada, ML –CL arcilloso - Limoso, de color café con trazas grises, y presencia de fragmentos de roca saturada, y una arena pobremente gradada, arena limosa (SM), limos no plásticos.

Sondeo 2

Conformado por dos (2) estratos de suelos: una arcilla tipo CL, con alto contenido de humedad y consistencia blanda de color café y gris y un estrato arena arcillosa, SC de color gris con trazas café, con consistencia de blanda a media.

Sondeo 3

Conformado por cuatro (4) estratos; un suelo orgánico con pasto y raíces, una capa de arcillas tipo CL, con alto contenido de humedad y consistencia blanda de color café a marrón con consistencia media y una arenas arcillosas con mayor contenido de arena, (SC), de color café y gris con una densidad media y un estrato Grava Limo Arcillosa, de color café oscuro con trazas de color gris, con alto grado de humedad

Sondeo 4

Conformado por Tres (03) estratos; un MI-CL una arena arcillosa de color marrón y densidad media, y reposa sobre una arcilla de baja plasticidad

Sondeo 5

Conformado por una arcilla de baja plasticidad CL, de color marrón y de consistencia media a blanda.

Sondeo 6

Conformado por una Arena – Arcillosa (SC) de color marrón, presenta humedad y tiene una consistencia de media a dura.

Sondeo 7

Conformado por tres (03) Estratos; una capa Arcillo Arenosa (SC), un material Limo Arcilloso, que puede ser un MI y una Arena - Arcillosa (SM), de color marrón con betas de color gris con una consistencia media blanda.

Sondeo 8

Conformado por tres (03) estratos, una arcilla de baja plasticidad (CL), unas arenas – Arcillosas (SC) y un Arcilla Arenosa, (SC) de color Marrón con betas grises y consistencia media.

Sondeo 9

Conformado por tres (03) Estratos, un (ML), un material arcilloso de baja consistencia (CL) y una Arena- Limosa (SM).

Sondeo 10

Conformado por dos (2) estratos de suelos: una arcillas tipo CL, con alto contenido de humedad y consistencia blanda de color café y gris y un estrato arena arcillosa, SC de color gris con trazas café, con consistencia de blanda a media.

Sondeo 11

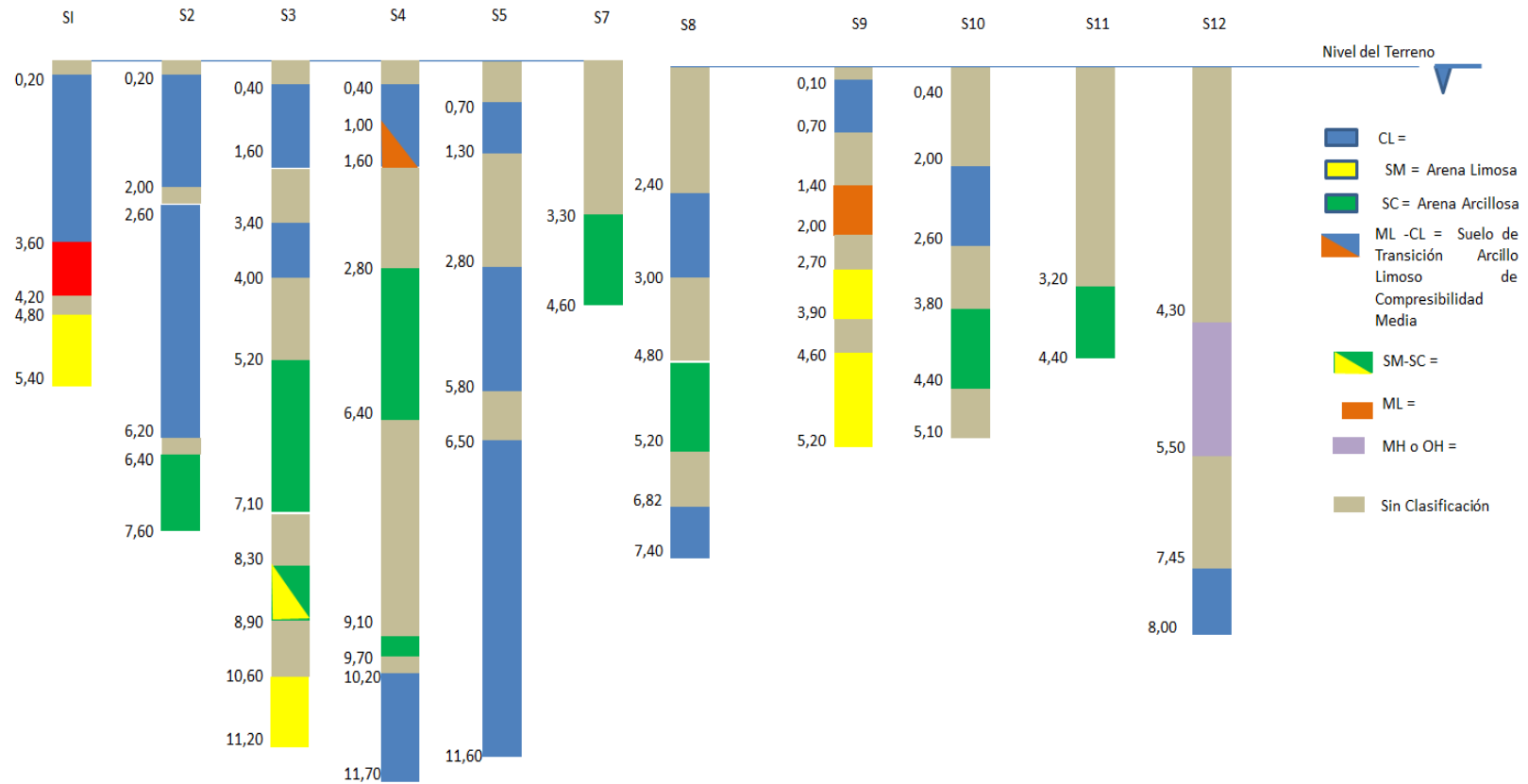
Conformado por un (1) estrato: una capa Arcillosa de Baja Plasticidad (CL).

Sondeo 12

Conformado por dos (02) estratos; una capa orgánica (MH o OH), y una Arcilla de Baja Plasticidad (CL) de color marrón oscuro con trazas de color negro y consistencia media.

A continuación se muestran los perfiles estratigráficos de los sondeos realizados. Ver Figura 13 y en el Anexo B la Tabla 9 en la cual están tabulados todos los valores que permitieron generar la figura.

Figura 37. Perfil de suelos hallados en el predio de Estudio Urbanización Valle del Espíritu Santo.



Teniendo en cuenta la Figura 37, se puede establecer que la mayoría de los suelos existentes en el área de estudio corresponden a arcillas de baja plasticidad CL y arenas arcillosas SC y arenas limosas SM.

13.1.2 Clasificación de los Suelos Basado en los Límites de Atterberg.

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras recuperadas se procesaron, teniendo en cuenta los contenidos de humedad, las propiedades físicas y índices de clasificación (granulometría y límites de Atterberg)].

Como producto, de esta revisión se elaboraron cuadros resumen que contienen las propiedades mecánicas de los suelos existentes en la zona de estudio, los cuales se muestran en el Anexo 3. Tabla 12.

Posteriormente al procesamiento de la información, se realizó una nueva clasificación de los suelos teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Consistencia,
- Contracción
- Compresibilidad

13.1.2.1 Consistencia.

La determinación de la consistencia de los suelos fue determinada teniendo en cuenta la Humedad y los parámetros representados en la Figura 38.

Figura 38. Parámetros para clasificación de suelos por Consistencia

0	Lc	Lp	LL	➤ W%
		0		
Solida (S)	Semi Solida (SS)	Plástica	Viscosa	

De acuerdo a la Figura 38:

Cuando la humedad natural se encuentra entre el límite de contracción y el límite plástico, el suelo presenta un estado semisólido.

$$LC \leq W_n < LP = \text{Semisólido.}$$

Cuando la humedad natural se encuentra entre el límite plástico y el límite líquido, el suelo presenta un estado plástico.

$$LP \leq W_n < LL = \text{Plástico}$$

Cuando la humedad natural sea superior al límite líquido, el suelo presenta un estado Viscoso.

$$W_n > LL = \text{Viscoso}$$

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos en la clasificación de los suelos según la consistencia

Tabla 9. Clasificación de los Suelos según Consistencia

NUMERO DE SONDEO	CONSISTENCIA
1	PLASTICA
2 – 4	PLASTICA - VISCOSA
9 - 10	PLASTICA – VISCOSA – PLASTICA.
3	PLASTICA - SEMI SOLIDIDAD – PLASTICA- VISCOSA - PLASTICA
5 - 8	PLASTICA- SEMISOLIDA - PLASTICA
7 - 12	SEMISOLIDA- PLASTICA
11	SEMISOLIDA

13.1.2.2 Contracción: Para clasificar los suelos según su contracción y de conformidad con lo establecidos en la NSR-10, se utilizaron los parámetros de expansión y Compresibilidad del suelo.

Para la Expansión se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

$LC < 8$ = Alta Expansión

$9 \leq LC < 12$ = Expansión Media.

$LC \geq 12$ = Baja Expansión.

Los resultados obtenidos se tabularon y se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación según la Expansibilidad

NUMERO DE SONDEO	TIPO DE CONTRACCION
1 - 9	Medianamente Expansivo – Baja Expansion
2	Medianamente Expansivo – Baja Expansion – Medianamente Expansivo – Baja Expansion
3 – 4 - 12	Altamente Expansivo- Baja Expansion
5	Altamente Expansivo
7 - 8	Medianamente Expansivo
10 -11	Baja Expansion

Para la Compresibilidad se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

$0 \leq LL < 30$ = Compresibilidad Baja

$30 < LL \leq 50$ = Compresibilidad Media.

$LL > 50$ = Compresibilidad Alta

Los resultados obtenidos se tabularon y se resumen en la Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de los suelos de los sondeos según la Compresibilidad

NUMERO DE SONDEO	TIPO DE COMPRESIBILIDAD
1 - 9	Media – Baja
2 – 5 – 7 – 8 -10 – 11 -12	Media
3 - 4	Media – Baja – Media

13.1.3. Análisis de valores de SPT, obtenidos en los sondeos realizados.

In situ fueron realizados ensayos de penetración estándar [SPT] en cada uno de los sondeos ejecutados los cuales fueron revisados y se pudo establecer que las condiciones de humedad y densidad del depósito al momento de la prueba pudieron afectar sus valores del NSPT, por lo cual fueron corregidos y correlacionados con las propiedades de resistencia al corte de los suelos.

- Los valores de NSPT, se ajustaron según la expresión N° 12, teniendo en cuenta los criterios de confinamiento del terreno y de eficiencia energética del equipo, de conformidad con la expresión de González (1999).

$$N_{corr} = N_c * [C_n * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4] \quad (12)$$

Esta ecuación puede escribirse de la forma

$$N_{corr} = f * N_c \quad (13)$$

Donde,

$$f = C_n * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 \quad (14)$$

Pietro De Marzo Z,1756-98 en concordancia con el estado del arte sobre la prueba SPT determinó que el factor de modificación (f) del valor N obtenido en campo, es

aproximadamente 0,70, el cual obtuvo utilizando criterios de confinamiento del terreno y eficiencia energética del equipo.

En la Tabla 14, se ha incluido una columna que contiene Valores corregidos del NSPT de los doce (12) sondeos realizados y los resultados obtenidos se pueden ver en el Anexo D

Por correlación con el número de golpes del ensayo de penetración estándar se obtuvieron los parámetros de:

- El Φ de Fricción.
- La resistencia del Suelo

13.1.3.1 Angulo de Fricción: Para los suelos clasificados como arcillas se aplicó la ecuación (15) de Stroud (1974), quien sugirió:

$$C_u = K * N \quad (15)$$

Donde K= constante, varía entre $(3.5 \leq K \leq 6.5)$ (KN/m²) y, N: número de penetración estándar obtenido en campo. Trabajando con un valor promedio de K=5 (KN/m²), la cohesión no drenada para las muestras arcillosas adquiere el valor ilustrado en la Tabla 15.

Así mismo, Braja Das (2002), y otros investigadores sugirieron que

$$C_u(KN / mt^2) = 29 * N^{0.72} \quad (16)$$

Similarmente, aplicando la expresión de Peck, Hanson y Thornburn (1974) se obtuvo el ángulo de fricción interna de los suelos que resultaron granulares, con la ecuación 17 y sus resultados se muestran en la Tabla 12.

$$\phi = 27.1 + 0.3 * N_{corr} - 0.00054 * N_{corr}^2 \quad (17)$$

Como insumo necesario para la modelación se determinaron los valores del ángulo ϕ de Fricción para los sondeos 1 y 2, los cuales se muestran en la tabla 12. Ya que es un insumo que se

Tabla 12. Valores de Angulo de Fricción obtenidos.

SODEO No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Cu(KN/mt2)	ϕ
S-1	SPT1	2,10	2,70	5	4	92,40	28
	SPT2	2,70	3,30	8	6	129,61	29
	SPT3	3,30	3,90	32	22	351,65	33
	SPT4	3,90	4,50	9	6	141,08	29
	SPT5	4,50	5,10	9	6	141,08	29
	SPT6	5,10	5,70	7	5	117,72	29
	SPT7	5,70	6,30	24	17	285,86	32
	SPT8	6,30	6,90	9	6	141,08	29
S-2	SPT1	0,05	0,50	8	6	129,61	29
	SPT2	0,50	1,00	9	6	141,08	29
	SPT4	1,60	2,20	14	10	193,91	30
	SPT5	2,20	2,70	13	9	183,84	30
	SPT7	2,70	3,90	13	9	183,84	30
	SPT8	3,90	4,50	14	10	193,91	30
	SPT10	4,50	5,70	14	10	193,91	30
	SPT11	5,70	6,30	11	8	163,00	29
	SPT13	6,30	7,50	16	11	213,48	30
	SPT14	7,50	7,80	47	33	463,78	36

13.1.3.2 Clasificación de la Resistencia del Suelo basado en el NSPT: La Tabla 13, se muestran los valores de consistencia de arcillas y su correlación aproximada con el numero N de penetración estándar, con el fin de tener un nuevo parámetro de clasificación de los suelos encontrados en la zona de estudio.

Tabla 13. Valores de Consistencia de Arcilla relacionadas con NSPT

Numero de penetración estándar, N.	Consistencia.	Resistencia a compresión no confinada, q_u (kN/m²)
0-2	Muy blanda	0-25
2-5	Blanda	25-50
5-10	Medio blanda	50-100
10-20	Firme	100-200
20-30	Muy firme	200-400
>30	Dura	>400

En la Tabla 15. Del Anexo E. Se relacionan la clasificación de los suelos de los sondeos, basada en los valores de NSPT para los parámetros de consistencia y resistencia.

En la Tabla 14, se realiza un consolidado de la clasificación de los suelos de los sondeos, realizada en valores de porcentaje para visualizar cual es la condición de resistencia que más predomina:

Tabla 14. Consolidación de Valores de Resistencia del suelo en porcentaje

PARAMETRO SONDEO	BLANDA		MEDIO BALNDA		FIRME		MUY FIRME		DURA	
	NSPT IN SITU	NSPT CORREGIDO	NSPT IN SITU	NSPT CORREGIDO	NSPT IN SITU	NSPT CORREGIDO	NSPT IN SITU	NSPT CORREGIDO	NSPT IN SITU	NSPT CORREGIDO
S-1	12,50%	12,50%	37,50%	50,00%	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%	37,50%	25,00%
S-2	8,33%	16,66%	25,00%	25,00%	16,66%	16,66%	8,33%	16,66%	4,66%	0,25%
S-3	0,00%	0,00%	5,55%	38,80%	44,44%	27,77%	16,66%	5,55%	33,33%	27,77%
S-4	0,00%	12,50%	12,50%	0,25%	37,50%	43,75%	31,23%	12,50%	18,75%	6,25%
S-5	0,00%	0,00%	18,75%	43,75%	50,00%	50,00%	25,00%	6,25%	6,25%	0,00%
S-6	0,00%	75,00%	25,00%	0,00%	75,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
S-7	0,00%	10,00%	10,00%	20,00%	30,00%	20,00%	20,00%	40,00%	40,00%	10,00%
S-8	0,00%	0,00%	12,50%	12,50%	0,00%	37,50%	37,50%	12,50%	50,00%	37,50%
S-9	0,00%	0,00%	0,00%	71,42%	71,42%	28,57%	14,28%	0,00%	14,28%	0,00%
S-10	8,33%	8,33%	8,33%	25,00%	25,00%	33,33%	25,00%	33,33%	33,33%	0,00%
S-11	42,85%	42,85%	0,00%	0,00%	14,28%	14,28%	0,00%	0,00%	28,57%	28,57%
S-12	15,38%	7,69%	7,69%	7,69%	7,69%	38,46%	30,76%	30,76%	38,40%	15,38%

13.2 CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS REALIZADO A LA INFORMACION SECUNDARIA.

- La zona corresponde a un depósito coluvial matriz soportado.
- La matriz es predominantemente arcillosa, el depósito se presenta saturado, por lo que su nivel freático se encuentra entre registrando profundidades entre 0.4 a 4,60m, lo que clasifica este terreno como un suelo blando.
- El depósito reposa sobre unidades de rocas cretácicas sedimentarias, con niveles freáticos de manera variable en cada uno de los sitios estudiados.
- La composición de material recuperado se clasifican como arenas limosas, arenas arcillosas arcillas inorgánicas de baja plasticidad y limos inorgánicos, por lo cual el talud en estudio se comporta como un suelo, por tanto, rigen las teorías de la mecánica de suelos.

Teniendo en cuenta los Tablas de resumen de los suelos clasificados según; la Consistencia, Contracción y Compresibilidad, se puede determinar:

- Los valores de la contracción en la mayoría de los sondeos suponen que el material de las terrazas tiene un alto contenido de arcilla, que genera cambios volumétricos por presencia del agua y esto genera asentamientos que afectaron las construcciones existentes, lo que permite establecer que este suelo de fundación se puede determinar cómo altamente expansivo.

Teniendo en cuenta los valores de NSPT corregidos y su clasificación de cuerdo a la Tabla 15, se puede determinar:

- Los resultados obtenidos sugieren que el depósito de sedimentos explorados es un coluvión y que los valores altos encontrados pueden corresponder a bloques de roca aleatorios embebidos en el material fino.
- De los valores de Cu y Angulo de Fricción se establece que los materiales que componen el regolítico en estudio son suelos en los cuales predominan las características de suelos Arenos – Limosos, blandos.
- Los porcentajes de suelos Blandos y Medio Blandos, son muy altos, lo que permite establecer que la mayoría del suelo encontrado en los sondeos tienen poca capacidad de soporte.
- La mayoría de las fundaciones de las edificaciones realizadas quedaron ubicadas en la zona Blanda y Medio Blanda.
- Se puede observar zonas intercaladas de suelos Firmes con Blandos, lo que permiten dilucidar que el nivel freático afecta las propiedades de los geomateriales.

Sin embargo al comparar los resultados obtenidos en el análisis de la información con los contenidos en el estudio se pueden evidenciar:

- Que los resultados tan variables en la clasificación de los suelos recuperados de los sondeos, no obedecen a un estrato homogenizado que pueda tener las mismas características, lo que puede generar también incertidumbres en su análisis e interpretación al momento de modelar el talud.
- Determinación de un RQD, que no tiene fundamento, ya que el material recuperado no es roca.

- Al comparar los valores del S_{PT} , del estudio contratado con el análisis realizado, se observan diferencias en su valor, lo que puede inferir en la clasificación del suelo realizado.

Esta diferencia de resultados puede generar incertidumbre sobre las propiedades que conforman el regolítico de la zona de estudio, lo que pudo haber inferido en el análisis de estabilidad realizado por la firma “CONSULTORIA EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS LABORATORIOS DE ING. CIVIL”, que se puede observar en la propuesta geotécnica presentada la cual, requiere la construcción de una infraestructura que incluye, caisson, anclajes activos, drenes y canales de concreto. Obras cuyo costo saldrían muy altos para su ejecución y además la zona no quedaría apta para su reconstrucción.

14. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

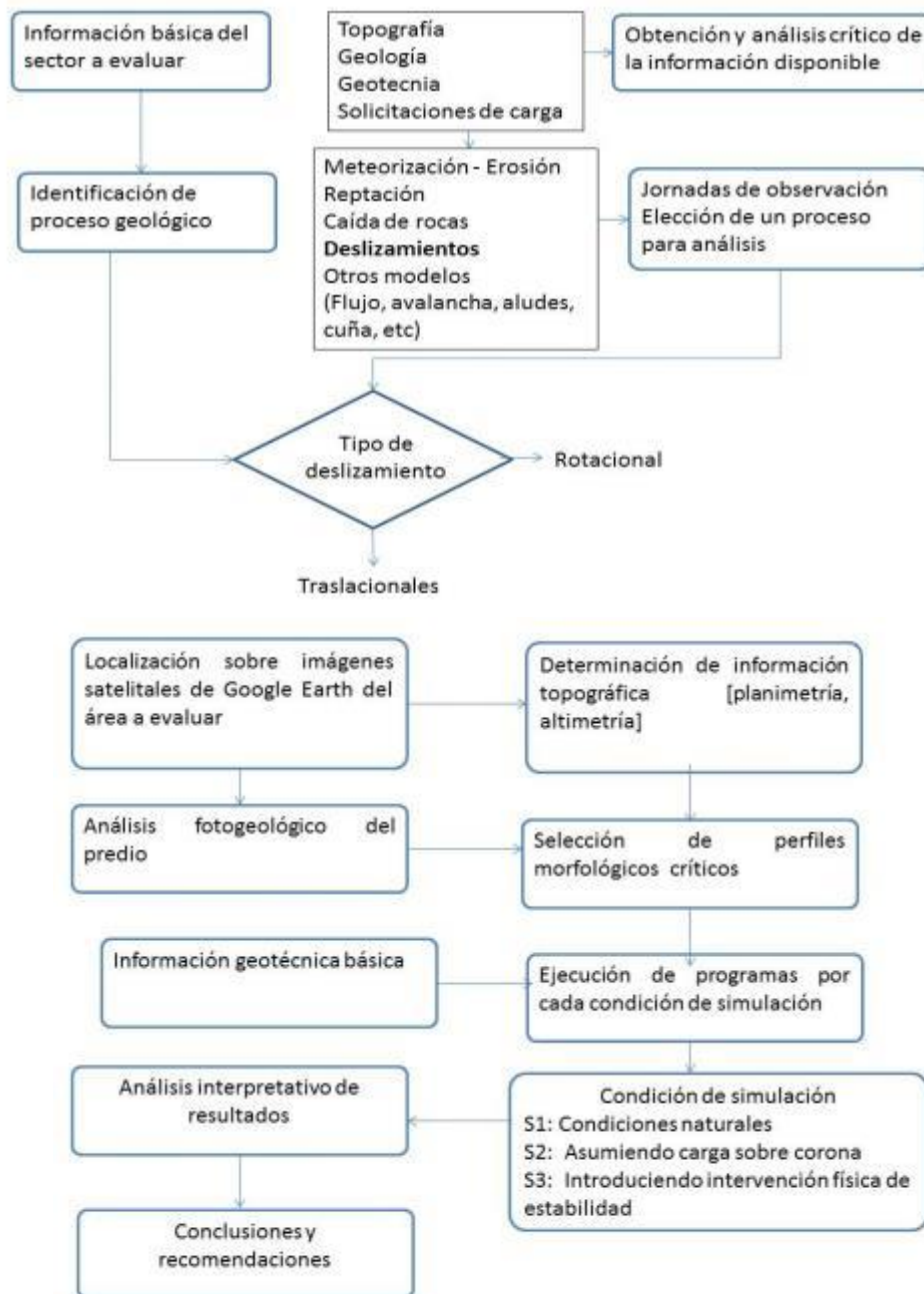
A partir de los datos geológicos y geotécnicos, obtenidos en el análisis de la información secundaria, fue realizada la estabilidad de las laderas, aplicando el programa Geostudio 2012 (Geoslope/W).

El modelo seguido en este estudio corresponde a un método determinístico denominado “equilibrio límite”, el cual emplea parámetros descriptivos del área evaluada, tales como; parámetros geotécnicos del geomaterial del terreno en pendiente (Angulo de fricción interna, cohesión, peso unitario), variables geométricas del talud (topografía del talud, posición del nivel freático), condiciones de cargas externas.(INGEAS S.A.S., 2017).

El método se centra en el cálculo de un factor de seguridad definido como la relación entre las fuerzas o momentos de resistencia en términos de las propiedades inherentes del geomaterial en pendiente y las fuerzas o momentos motoras determinadas en función de las cargas externas que dinamizan el movimiento.

En el presente algoritmo se listan las fases realizadas para la modelación del talud de la zona de estudio. Ver Figura 39.

Figura 39. Secuencia de Fases Realizadas en la Determinación de la Estabilidad de las Laderas.



14.1 DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Con el fin de determinar los factores de seguridad, el modelo geotécnico se trabajó con las características del material más predominante en la zona de estudio, que según el análisis de la Información Secundaria corresponden a suelos Arcillosos de baja plasticidad = CL y ante las incertidumbres que generó el análisis de la información de los sondeos realizados, el tesista determinó usar los datos del estudio de geofísica, para establecer las propiedades del suelo, el espesor de los estratos y su clasificación, cuyas propiedades se asimilan en gran porcentaje a las características del perfil del sondeo N° 2.

Adicionalmente, se utilizaron parámetros totales de resistencia de acuerdo al sistema de Mohr – Coulomb, obtenidos en los ensayos de Corte Directo Drenado y Coeficiente Pseudostático

En la Tabla 16 se describen los parámetros utilizados para la modelación del talud:

Tabla 16. Variables para el uso del programa Geoslope para evaluar la estabilidad del talud - (Perfil de suelos del Sondeo N2).

Suelo	Peso Unitario KN/m ³	Fricción (ϕ)	Cohesión (KN/m ²)	Espesor Promedio del Estrato. (m)
1	17,35	9,81	17,1	2,27
2	19,02	8,83	29,9	14,11
3	Roca Impenetrable			

14.2 LOCALIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO.

A continuación, se describen en las Figuras 41 y 42. La Ubicación de la zona de Estudio y de la línea sísmica N° 2, utilizada como referente para el análisis de estabilidad.

Figura 40. Se observa la Parte Baja Y Alta de la Urbanización.



Figura 41. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2



En la Figura 42 y la Figura 43, se muestra la ubicación de la Línea Sísmica N°2 del estudio de Geofísica que hace parte del Estudio realizado que ha servido de base para la modelación.

Figura 42. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2



Figura 43. Se observa la Colocación de la Línea Sísmica N°2



14.3 PERFILES DE TRABAJO

Figura 44. Plano de Planta de la Urbanización

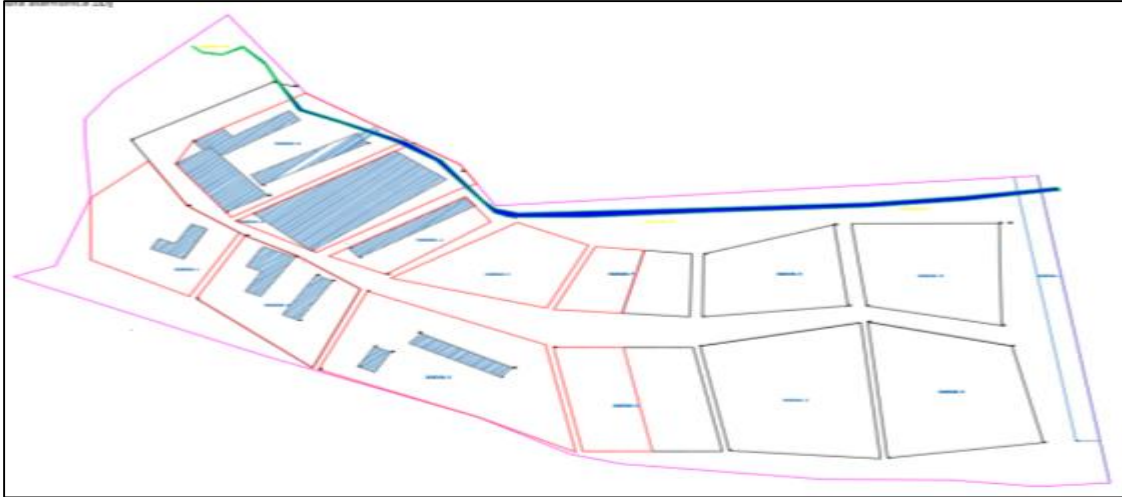
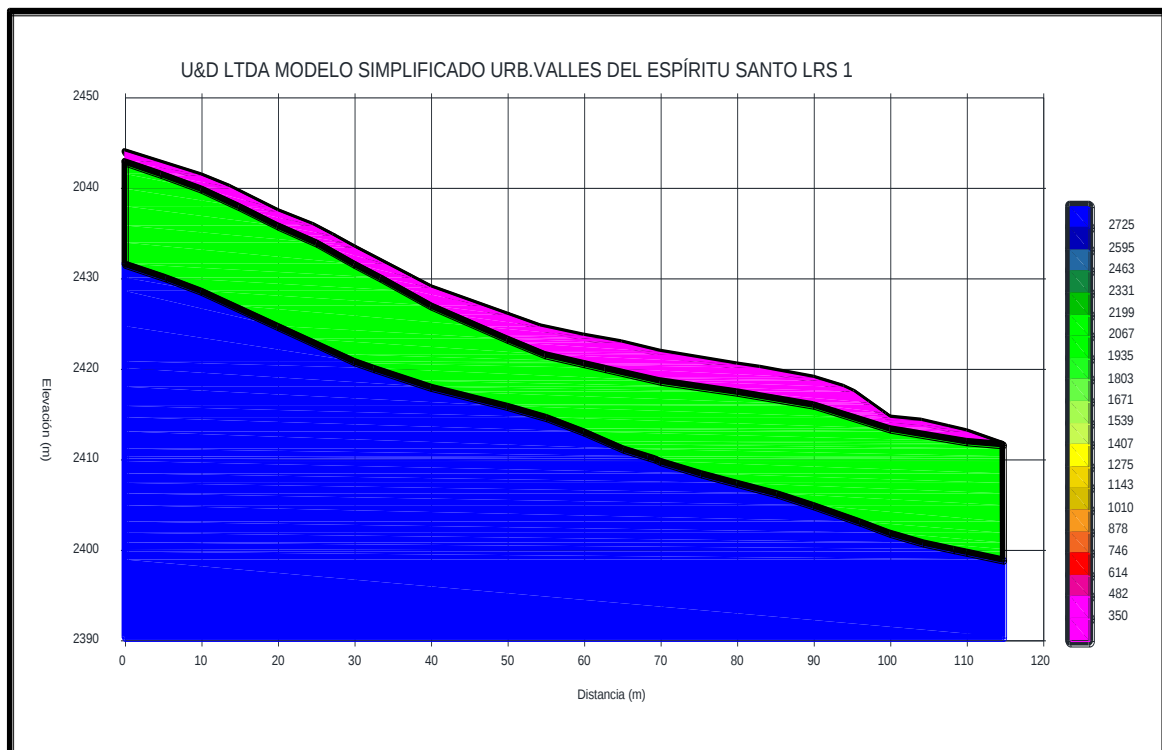


Figura 45. Perfil del Talud a Analizar Urbanización Valle del Espíritu Santo



14.4 CÁLCULOS DE LOS FACTORES DE SEGURIDAD

El software SLOPE/W de GEO-SLOPE International Ltd, Calgary Alberta, Canadá. SLOPE/W., basa su modelo geotécnico que análisis el deslizamiento de los taludes lo por medio de la teoría de equilibrio límite, con el fin de obtener los factores de seguridad utilizando los siguientes métodos:

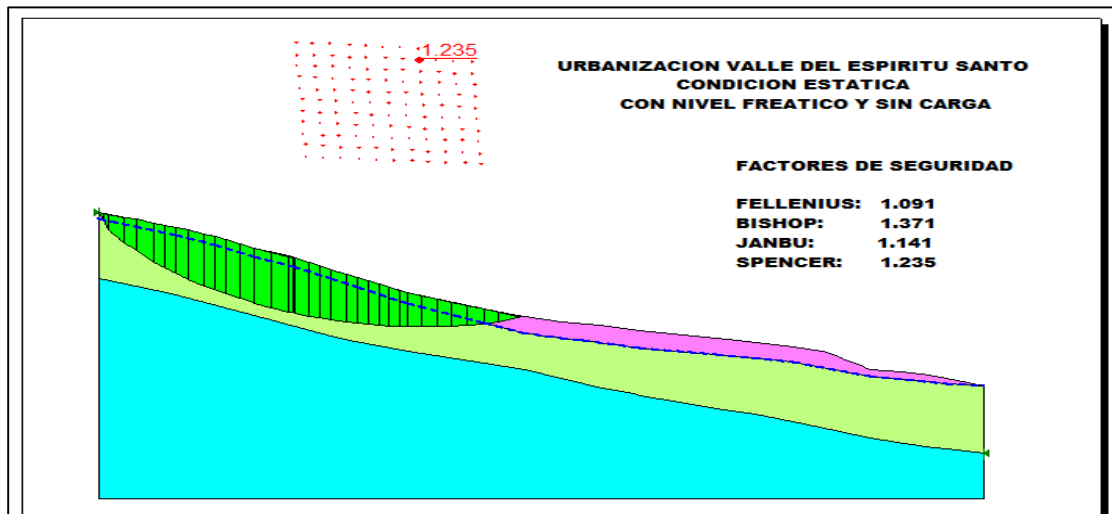
- Método ordinario o de Fellenius
- Método Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado
- Método de Spencer

Nota: Los factores de seguridad del talud se determinaran en condiciones Estáticas y Dinámicas:

14.4.1. Condiciones estáticas.

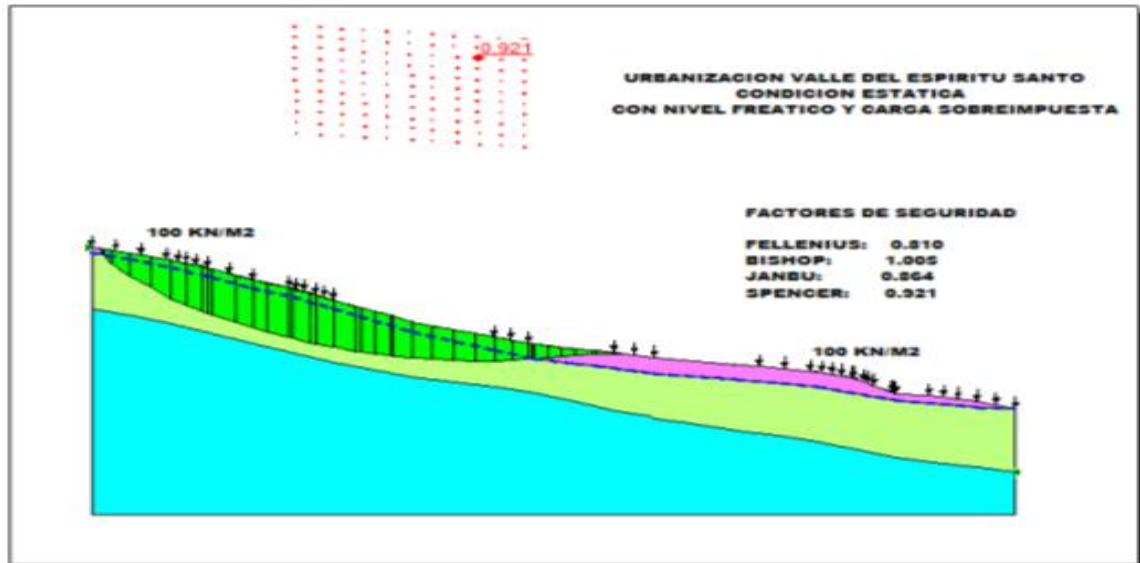
a. Talud Sin Carga y Nivel Freático.

Figura 46. Condición Estática Con nivel Freático y sin Carga



b. Talud con Nivel Freático y carga sobrepuesta.

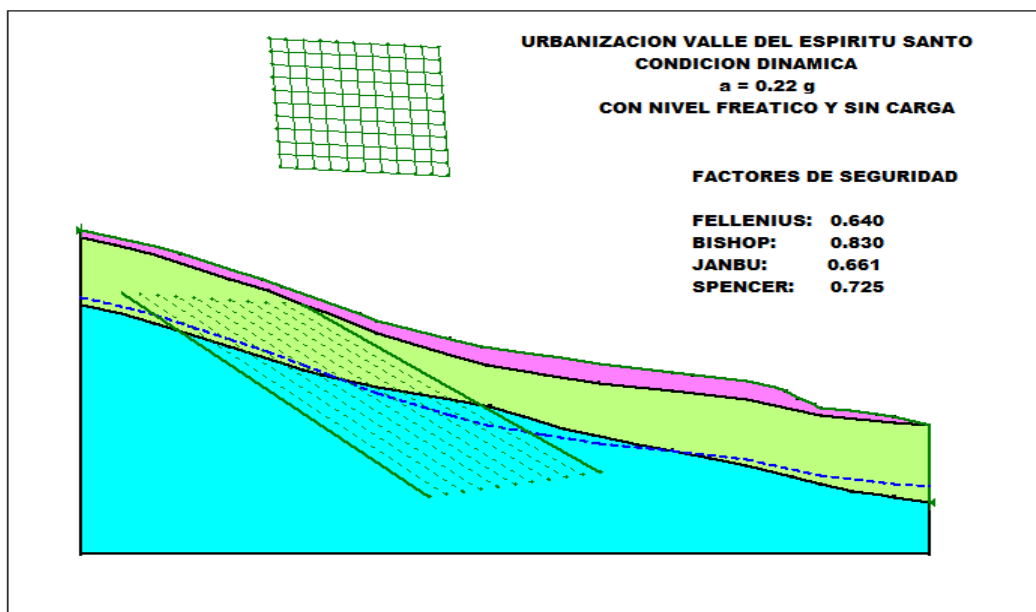
Figura 47. Condición Estática Con nivel Freático y Carga



14.4.2. Condiciones dinámicas.

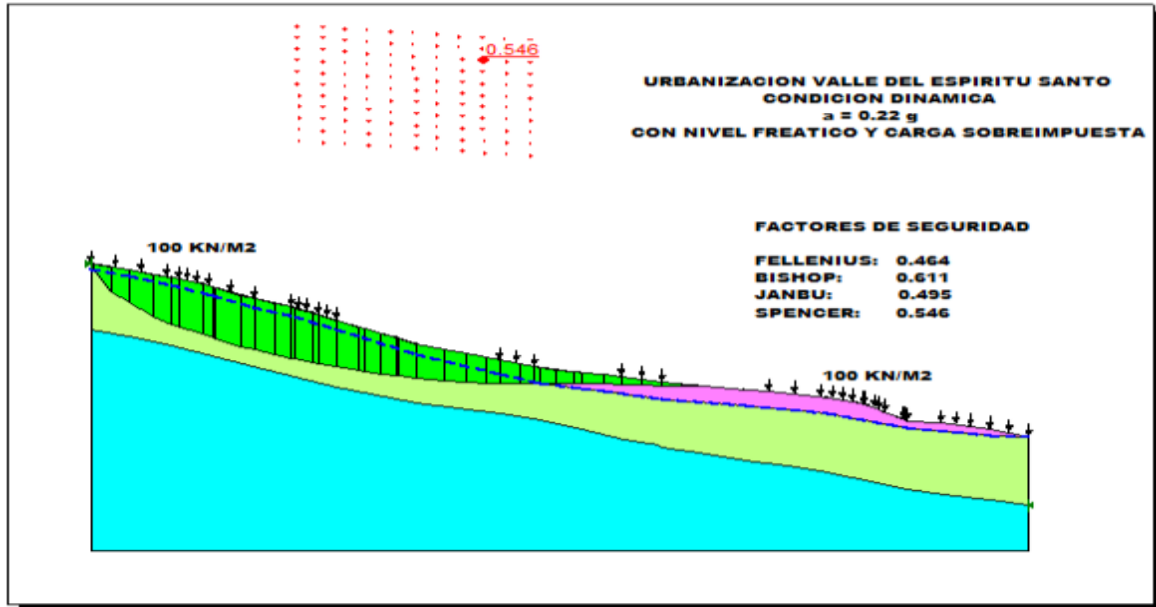
c. Talud Con Nivel Freático – Sismo y Sin Carga.

Figura 48. Condición Dinámica Con nivel Freático y sin Carga



d. Talud con Nivel Freático – Sismo y Carga Sobre Impuesta.

Figura 49. Condición Dinámica Con nivel Freático y Carga



En las Tablas 19 y 20, se relacionan los valores de los factores de seguridad obtenidos en las dos condiciones Dinámica y Estática según cada uno de los métodos determinados en el programa.

Tabla 19. Valores de Coeficiente de Seguridad condición Estática.

PERFIL	CONDICIÓN ESTÁTICA	F.S. FELLENIOUS	F.S. JANBU	F.S. BISHOP	F.S. SPENCER
1	Nivel Freático sin Carga	1,091	1,371	1,141	1,235
	Nivel Freático con Carga	0,810	0,864	1,005	0,921

Tabla 20. Valores de Coeficiente de Seguridad condición Dinámica.

PERFIL	CONDICIÓN DINÁMICA	F.S. FELLENIOUS	F.S. JANBU	F.S. BISHOP	F.S. SPENCER
1	Nivel Freático sin Carga Y Sismo	0,64	0,661	0,83	0,725
	Nivel Freático con Carga y Sismo	0,464	0,495	0,611	0,546

14.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para establecer una alternativa de solución, el tesista tuvo en cuenta los antecedentes de; la urbanización, el análisis de la información secundaria y la propuesta establecida en el estudio contratado por la Administración municipal:

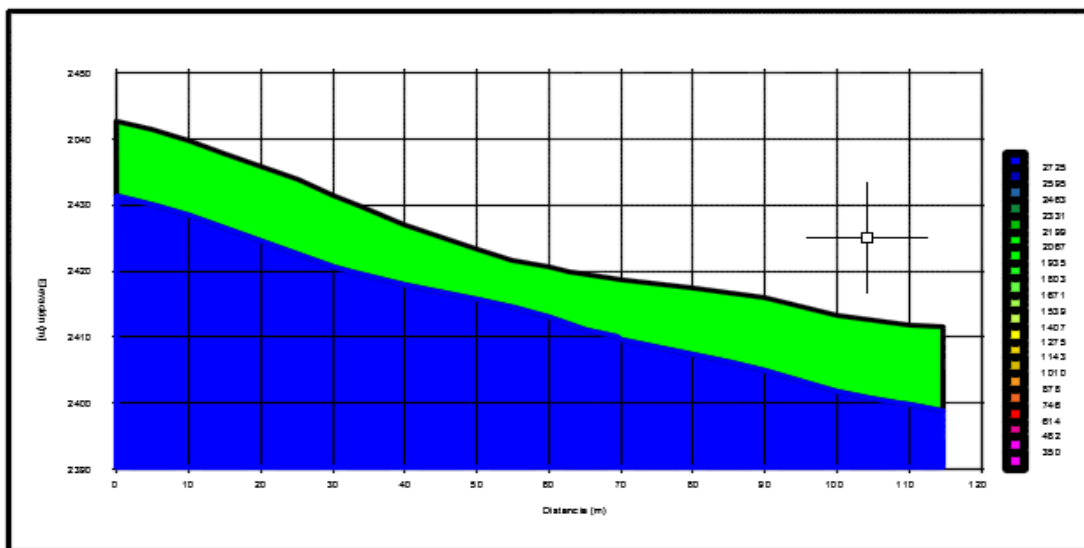
- En la Actualidad más del 80 % de la Urbanización está destruida por la remoción presentada en el talud que corresponden a 60 unidades destruidas.
- Las edificaciones que aún se mantienen en pie, presentan fallas estructurales su cimentación es superficial y no cumplen con la norma NSR 2.010 y se ve afectada por el coluvión en época de invierno, que son aproximadamente 15 unidades.
- La cimentación de las viviendas no supera los 2,00 mts, de profundidad, por lo cual está ubicada sobre el coluvión y no cumplen con la norma NSR 2010.
- Los suelos que forman el coluvión, tienen características de materiales orgánicos de alta plasticidad (OH), arcillas de baja plasticidad (CL), y limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), por lo cual las aguas de escorrentía y los niveles freáticos afectan su capacidad de soporte con facilidad.

- La propuesta presentada por la firma “CONSULTORIA EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS LABORATORIOS DE ING. CIVIL”. Establece la construcción de obras muy complejas que incluyen Caisson de diferentes longitudes, drenes horizontales y canales, que dé además de ser muy alta la inversión no aseguran que el terreno quede apto para el desarrollo de un nuevo hacinamiento humano.

Con fundamento a los considerandos anteriores se determinó como solución más viable y lógica de realizar:

1. Retiro total del coluvión que corresponde a la primera capa que en promedio tiene un espesor de 2,27 mts y se realizaran 3 terrazas, con el fin de manejar una altura que en promedio no supere los 1,5 mts, para evitar la construcción de muros.
2. Disminuir el nivel freático 8 mts, en promedio, con la colocación de drenes horizontales de 2”.
3. Construcción de canales en concreto para canalizar la quebrada la Toma y recolectar el agua que salga por los drenes y conducir las aguas superficiales.
4. Filtros tipo francés, para capturar las aguas de infiltración que puedan estar por debajo de la línea de drenes y su ubicación estar por debajo de los canales.

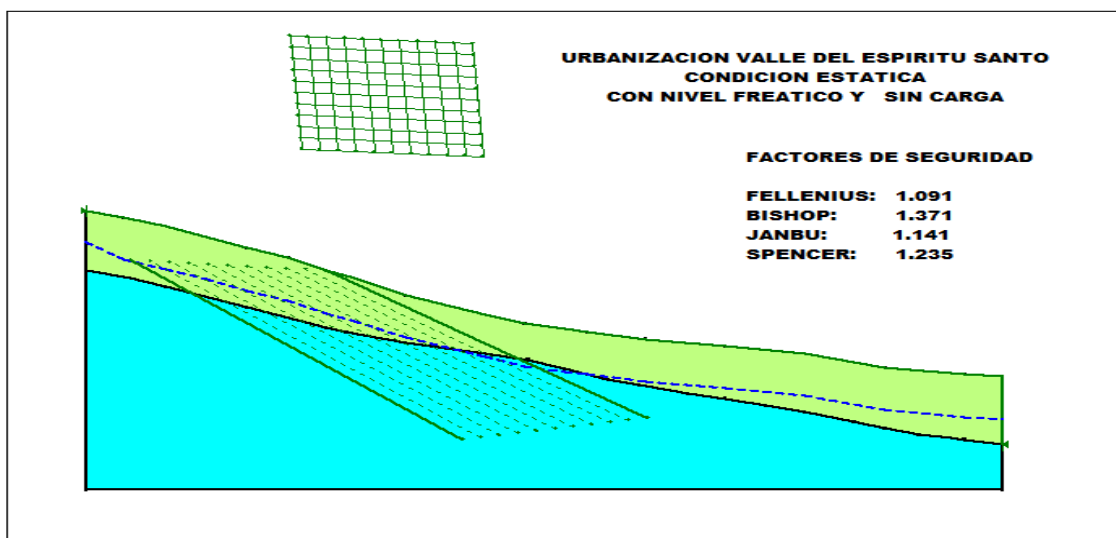
Figura 50. Perfil Para Modelación de Solución.



En la tabla 18., se describen los valores del factor de seguridad obtenidos en la modelación realizada a la alternativa de solución presentada y en las figuras 51, 52, 53 y 54 se observan los resultados de la modelación.

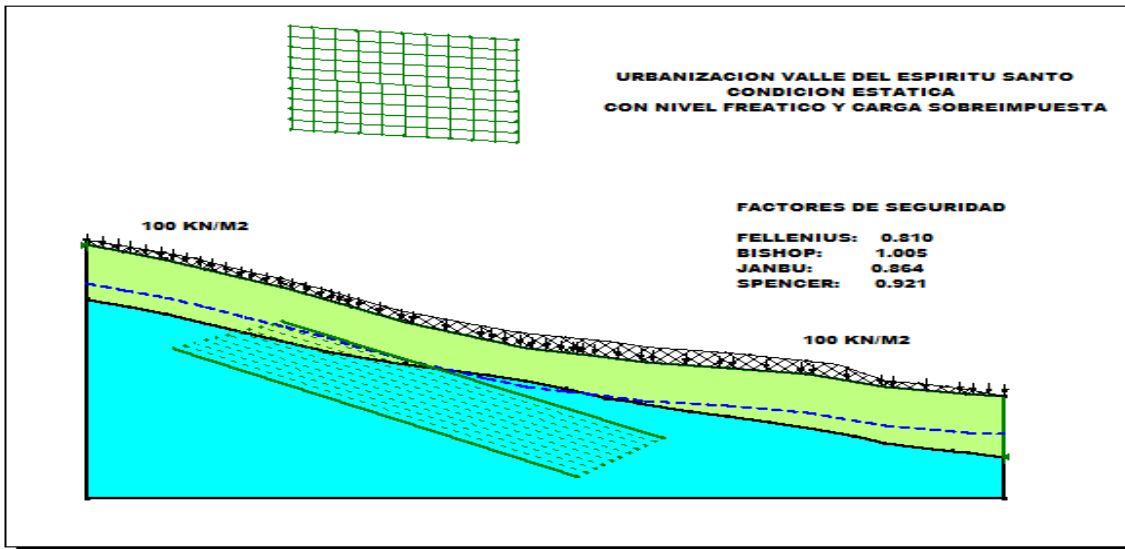
a. Evaluación Estática del Talud, sin Coluvión con nivel Freático y Sin Carga Sobre Impuesta

Figura 51. Condición Estática Con nivel Freático y sin Carga



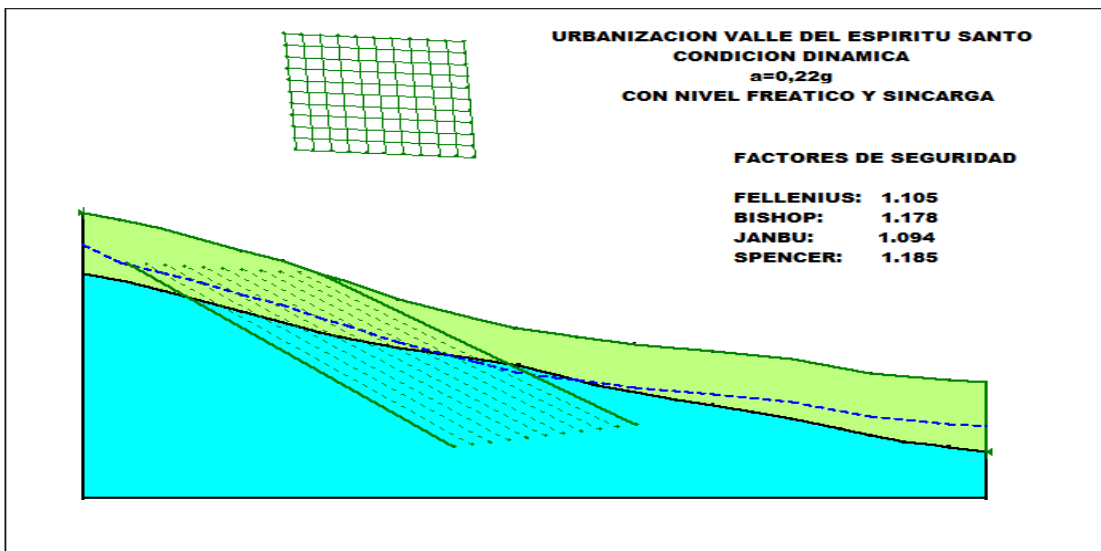
b. Evaluación Estática del Talud, sin Coluvión con nivel Freático y Carga Sobre Impuesta

Figura 52. Condición Estática Con nivel Freático y Carga



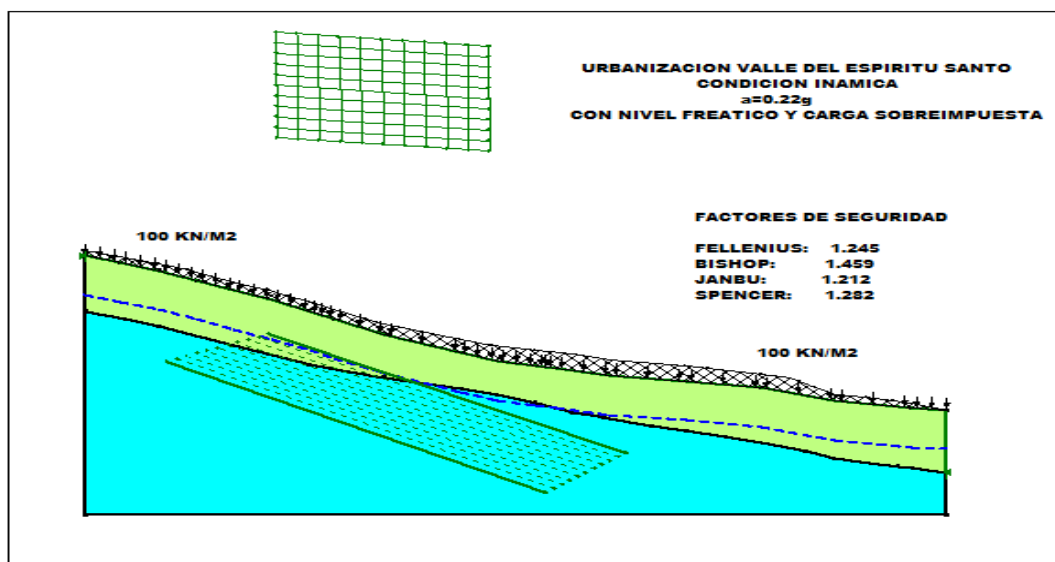
- c. Evaluación Dinámica del Talud, sin Coluvión con nivel Freático, con sismo y sin Carga Sobre Impuesta

Figura 53. Condición Dinámica Con nivel Freático y sin Carga



- d. Evaluación Dinámica del Talud, sin Coluvión con nivel Freático con sismo y Carga Sobre Impuesta

Figura 54. Condición Dinámica Con nivel Freático y Carga



En las Tablas 18 y 19, se muestran los valores del factor de seguridad obtenidos tanto en condición Estática como Dinámica a la alternativa de solución propuesta para la estabilización del talud de la “Urbanización Valle del Espíritu Santo”, para su correspondiente análisis.

Tabla 18. Valores de Coeficiente de Seguridad Estática.

PERFIL	CONDICIÓN	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.
		FELLENIUS	JANBU	BISHOP	SPENCER
1	Nivel Freático y sin Carga	1,091	1,371	1,141	1,235
	Nivel Freático y Carga	0,810	1,005	0,864	0,921

Tabla 19. Valores de Coeficiente de Seguridad Dinámica.

PERFIL	CONDICIÓN	F.S.FELLENIUS	F.S.	F.S.	F.S.
		US	JANBU	BISHOP	SPENCER
1	Nivel Freático y Sin	1,105	1,178	1,094	1,185

Carga				
Nivel Freático y Carga	1,245	1,459	1,212	1,282

Consideraciones:

En el “Geotechnical Manual of Slopes (1984)” se indican los factores de seguridad recomendados para taludes nuevos que se presentan en la tabla 4.1. Dichos factores de seguridad son válidos para condiciones de aguas resultantes de una lluvia con período de retorno de 10 años. Hay tres categorías de riesgo en cada caso, despreciable, bajo y alto. La categoría “riesgo para vida” refleja la probabilidad de pérdidas de vida en el evento de falla. (Escobar & Duque, 2017). En la tabla se muestran los Factores de Seguridad recomendados para taludes nuevos, considerando una lluvia con periodo de retorno de diez años.

Figura 55. Tabla de Factores de seguridad.

Riesgo para Vida Riesgo económico		Factor de Seguridad recomendado contra pérdidas de vidas para una lluvia con periodo de retorno de diez años.		
		Despreciable	Bajo	Alto
Factor de seguridad recomendado contra pérdidas económicas para una lluvia con periodo de retorno de diez años.	Despreciable	>1	1,2	1,4 ⁽¹⁾
	Bajo	1,2	1,2	1,4 ⁽¹⁾
	Alto	1,4	1,4	1,4 ⁽¹⁾

En cualquier caso los factores básicos F_{SB} aplicados al material Terreo (Suelo, roca o Material Intermedio) no deben ser inferiores a los Factores de Seguridad Básicos Mínimos F_{SBM} o F_{SBUM} de la tabla H-2-4-1 en la cual las cargas se refieren a valores nominales sin coeficientes de mayoración, tal como se indica en el aparte B.2.3 de este reglamento, en el cual para los cimientos y el material terreo de cimentación se empleara para las fuerzas sísmicas un factor $R= 1.0$. En ningún caso el factor de seguridad básico mínimo F_{SBM} podrá ser inferior a 1.0. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Figura 56. Factores de seguridad NSR – 2010.

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	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

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

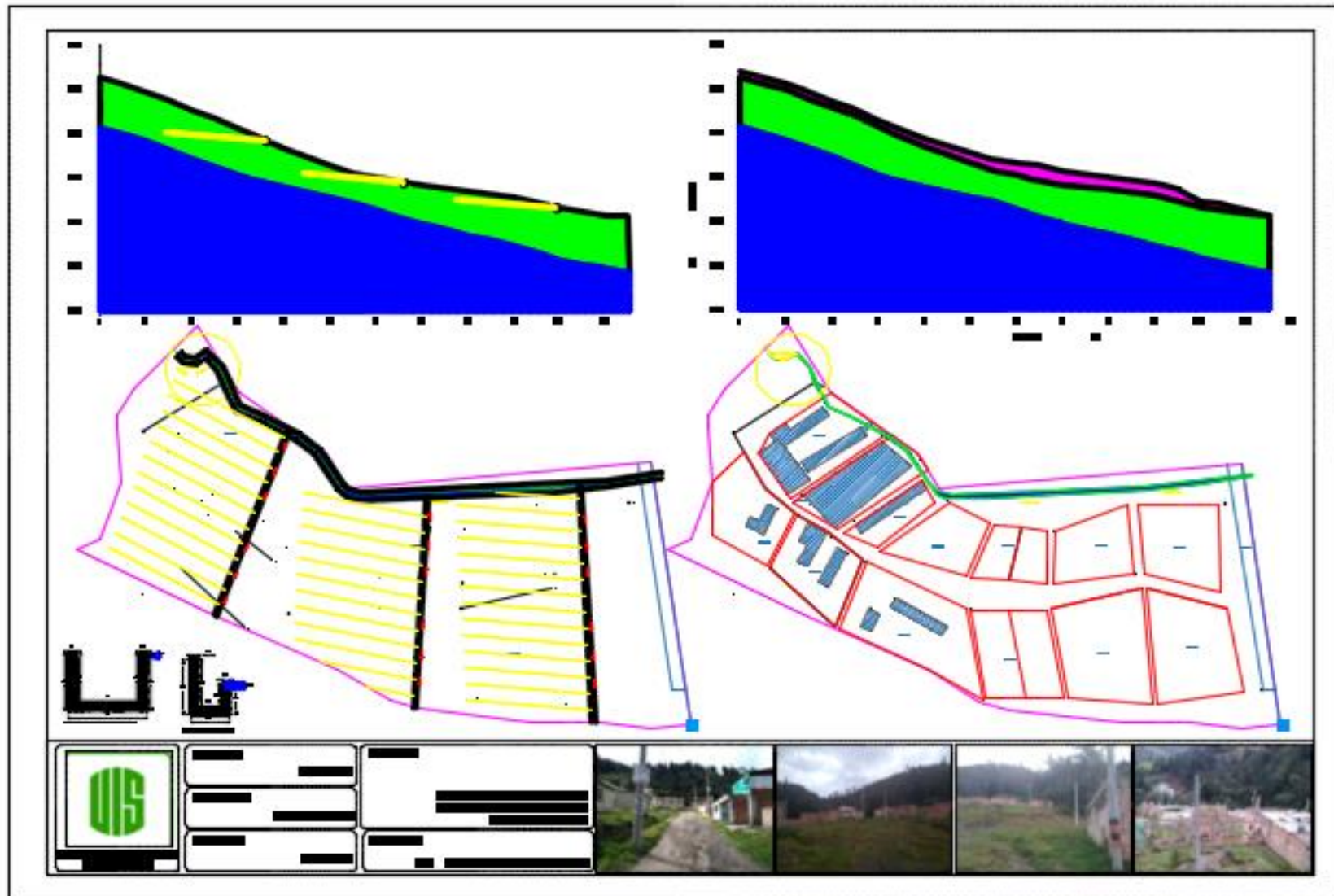
De acuerdo a los resultados de la modelación y a los parámetros de análisis que se pueden tener se establece que:

- La zona de estudio se puede estabilizar geotécnicamente, pero debido a que las características de los materiales coluviales son tan susceptibles de cambios, no se recomienda que esta área se utilice para uso habitacional.
- Disminuir el nivel freático con obra de mitigación como filtros y drenes horizontales para aumentar el factor de seguridad.
- Realizar obras de canalización de la quebrada la Toma para conducir controladamente su caudal y captar las aguas de escorrentía provenientes de la parte alta del talud.

En la figura 57, se muestran las obras propuestas y su presupuesto el cual asciende aproximadamente a \$1.449.399.370,00 los documentos detallados se encuentran en el Anexo A.

Figura

57. Plano de Planta de los trabajos a realizar y su estado inicial.



15. CONCLUSIONES

Generales

La mayoría de los procesos urbanísticos adelantados en el casco urbano de Pamplona, solo cuentan con estudios de suelo superficiales que no contemplan la realización de estudios geotécnicos.

La mayoría de las licencias de construcción que otorga la Alcaldía de Pamplona, no cumplen con los requisitos solicitados en la norma NSR 2010.

Cuando la administración Municipal, cambia el uso del suelo de un terreno específico, como lo ocurrido en el lote destinado a la construcción de la Urbanización de Valle del Espíritu Santo, no realizan estudios técnicos que incluyan; el estudio geológico del sector, el desarrollo hídrico y la presencia de fenómenos que permitieran evidenciar problemas de estabilización

Los proyectos de vivienda ubicados tanto en la zona céntrica como de expansión, no cuentan con un análisis geológico o geotécnico que permita determinar qué tan viable es el terreno para su desarrollado.

Todo desarrollo urbano que se proyecte debe estar precedido de un análisis de estabilidad de la ladera, bajo condición sin y con carga y teniendo en cuenta la situación de Pamplona de ser considerada de alta amenaza sísmica y con historia de procesos de remoción en masa.

Muchos de los proyectos de vivienda de expansión se proponen como de vivienda de interés social, para evadir muchos de los requisitos y en la práctica se construyen edificaciones superiores a dos pisos, lo que cambia las condiciones de soporte.

Particulares

La urbanización “Valle del Espíritu Santo” se ubicó en una zona de alta meteorización y se niveló con material de relleno lo que aumentó el espesor del coluvión.

Según la foto interpretación la parte baja de la urbanización es bordeada por la Falla de Pamplona que tiene rumbo Norte – Sur, y se puede considerar que las obras de intervención realizadas sobre el talud, no tuvo en cuenta este parámetro.

El terraceo de la urbanización se realizó sin ningún proceso de confinamiento o tratamiento de aguas superficiales o de escorrentía, como filtros o drenes, por el contrario, el cauce de la quebrada la toma fue alterado y esto ocasionó que las aguas que llegaron a la parte alta de la urbanización se depositaran y permanecieran allí, esto fue ocasionando un fenómeno de infiltración y sobresaturación del suelo.

La zona de depósito se pudo ver afectada, por la oleada invernal y aumentó la reptación del material comenzando por la parte alta, que, al perder su estabilidad, inició su movimiento, hasta la parte más baja de la urbanización, afectando la infraestructura existente.

El nivel freático es poco profundo y afecta en mayor intensidad el suelo que conforma el coluvión lo que ocasiona el cambio de las propiedades de los geomateriales.

La cimentación de las viviendas construidas en la zona de estudio, fue superficial, en promedio solo tienen 2.0 mts, directamente sobre la zona del coluvión.

Al analizar los perfiles topográficos, se pudo establecer que las zonas onduladas que existían fueron niveladas con material proveniente del mismo talud y según los sondeos, complementado con material externo.

Del análisis de la información secundaria “Estudio de Suelos” se pudo concluir:

- Los valores de SPT, obtenidos en las diferentes perforaciones, (12,0 mts Profundidad), establecen que se encuentran suelos blandos y de poca consistencia, que corroboran la presencia de un gran coluvión formado en parte por la meteorización de las rocas y en parte por los procesos de relleno adelantados.
- Se determinó un valor de RQD, lo que resulta poco entendible, tendiendo como fundamento que para calcular este valor se debe contar con recuperación de roca de mínimo 12 cm de longitud, y al observar el registro Fotográfico, se puede establecer que el material recuperado aun que tiene apariencia de compactación no se puede clasificar como roca.
- La clasificación basada en el valor SPT, establece que no existe homogeneidad en el comportamiento del geomaterial, lo que ratifica que es un coluvión, una zona de depósito.
- De acuerdo al análisis de los laboratorios los suelos que predominan en las áreas de estudio son Limos y arcillas (inorgánicos) con baja y alta plasticidad.
- De acuerdo a los análisis realizados, se concluye que, para mitigar el fenómeno de remoción presentado en el área de estudio, es necesario realizar obras de manejo de aguas superficiales y de infiltración, para disminuir el nivel freático mediante la construcción de filtros y drenes horizontales.
- Adicionalmente, se propone realizar obras de canalización de la quebrada la Toma para conducir controladamente su caudal y captar las aguas de escorrentía provenientes de la parte alta del talud.

- La zona de estudio se puede estabilizar geotécnicamente, pero debido a que las características de los materiales coluviales son tan susceptibles de cambios, no se recomienda que esta zona de estudio se utilice para uso habitacional.

16. RECOMENDACIONES.

Se recomienda que Las autoridades ambientales y la corporación CORPONOR, realizar un control permanente al pastoreo y la siembra en las zonas más altas de los barrio de estudio, ya que esta actividad está afectando el terreno donde se presentan grietas de contracción, en época de invierno se presenta filtración de agua y esto puede ocasionar deslizamientos, ya que no hay obras de drenaje para el manejo de estas aguas.

Preservar la cubierta vegetal existente en la parte alta de la Urbanización y evitar avanzar con la frontera agrícola topográficamente arriba de la cota a la que está limitada tal actividad.

Efectuar análisis de estabilidad de la ladera frente a otros procesos geológicos que restan estabilidad a la misma (erosión, meteorización, caída de rocas, flujo de detritus, solifluxión).

Las aguas sobrantes y de escorrentía deben ser interceptadas, canalizadas y conducidas adecuadamente hacia las cañadas naturales con el propósito de que no comprometan la estabilidad de las obras civiles existentes.

Realizar un monitoreo del proceso de reptación, así como el control de niveles piezométricos para determinar en qué medida aumenta el nivel freático.

Demoler las casas existentes para iniciar el proceso de descargue del talud y reconfigurar las terrazas.

Realizar un monitoreo topográfico al cauce de la quebrada Navarro.

BIBLIOGRAFÍA.

Alcaldía de Pamplona. (2008). Estudio de suelos para el proyecto de construcción del complejo deportivo del Barrio Jurado, en el municipio de Pamplona. [Archivo en PDF]. República de Colombia. Departamento de Norte de Santander. Recuperado de:

http://www.fonade.gov.co/Contratos/Documentos/2043_20100811070725ESTUDIO%20DE%20SUELOS%20PAMPLONA.pdf

Alcaldía de Pamplona. (2002). Plan Básico de Ordenamiento Territorial - P.B.O.T. Pamplona. [Archivo en PDF]. Recuperado de: <http://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/DIAGN%C3%93STICO%20PBOT%20PAMPLONA.pdf>

Alfaro Castillo, Andrés José. (2010). Introducción a la Ingeniería Sismológica. [Libro]. Editorial Universidad de la Salle.

Arellano, Rodrigo; Bielefeldt, Javier y Correa, Dennys. (2009). Análisis de taludes mediante ensayos y back análisis de fallas. [Archivo en PDF]. Santiago: Universidad de Chile, 2009. Pág. 9 Recuperado de: [file:///C:/Users/Patricia/Downloads/8_An lisis de taludes mediante ensayos y back an lisis de fallas.pdf](file:///C:/Users/Patricia/Downloads/8_An%20lisis%20de%20taludes%20mediante%20ensayos%20y%20back%20an%20lisis%20de%20fallas.pdf)

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010) Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo NSR-10. Título A – Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. [Archivo en PDF]. Bogotá AIS. Recuperado de: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Alva Hurtado, Jorge E. & Infantes Quijano, Miguel. (1999). Curso de Actualización Profesional Dinámica de Suelos. Diseño Sísmico de Presas de Tierra y Enrocado. [Archivo en PDF]. Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y

Mitigación de Desastres. Recuperado de:
http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis30_p.pdf

Braja M., Das. (2001). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. [Archivo en PDF]. California State University Sacramento. International Thomson Editores. Cuarta edición, pág. 101. Recuperado de:
<https://www.google.com.co/search?q=principios+de+ingenier%C3%ADa+de+cimentaciones&og=principios+de+ingenier%C3%ADa+de+cimentaciones&aqs=chrome..69i57j0l5.3492j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>

Cox, Dennis P. (1983). Mineral Resource Assessment of Colombia: ore Deposit Models. Open - File Report 83 – 423. [Archivo en PDF]. United States Department of The Interior. Geological Survey. Recuperado de:
<https://pubs.usgs.gov/of/1983/0423/report.pdf>

Escobar Potes, Carlos Enrique & Duque Escobar, Gonzalo. (2017). Geotecnia para el Trópico Andino. Erosión y Movimiento en Masa. Universidad Nacional de Colombia Bdigital. Bogotá. [Archivo en PDF]. Recuperado de:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/33/erosionymovimientosenmasa.pdf>

Escobar Potes, Carlos Enrique & Duque Escobar, Gonzalo. (2017). Geotecnia para el Trópico Andino. Análisis de Estabilidad de Taludes. Universidad Nacional de Colombia Bdigital. Bogotá. [Archivo en PDF]. Recuperado de:
<http://bdigital.unal.edu.co/53560/7/geotecnia.pdf>

Flórez Góngora, Patricia. (2015). Estudio geotécnico para diseño de sistema de cimentación. Constructora JR Ltda. (Barrio Jurado). [Documento]. Del 14 de abril de 2015. Proyecto Mirador de Los Olivos, Pamplona, Norte de Santander (Colombia). Empresa (GEOARC).

González G., Álvaro J. (1999). X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana – SCI - SCG. [Archivo en PDF]. Recuperado de: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/ESTIMATIVOS-DE-PARAMETROS-DE-RESISTENCIA-CON-SPT.pdf>

INGEAS S.A.S. (2017). Estabilidad de taludes. Manejo de programa Slope W

INGEAS S.A.S. (2017). Coeficiente pseudoestático. Coeficiente sísmico.

JÁCOME ROMERO, Carolina. (2015). Estudio de suelos y cimentaciones para la ampliación del Laboratorio de Morfología de la Universidad de Pamplona, en el municipio de mismo nombre; elaborado por la Empresa Ingeniería + Control 2011 Sas. Rl. Febrero del 2015. (Barrio San Luis).

PIETRO DE MARCO, Z. (1998). Determinación de la forma espectral tipificada del terreno, de acuerdo con la Norma Venezolana Covenin 1756-98. [Archivo en PDF]. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia, Calamidades Geotécnicas Urbanas con Visión al Siglo XXI. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/112375090/Correccion-SPT>

Rodríguez B., Alexander & Cantillo N., Manuel E. (2006). Caracterización geotécnica de los suelos del campus de la Universidad de Pamplona y los barrios El Buque, Juan XXIII, Santa Marta, Tinto Redondo, Chíchira y El Progreso en el Municipio De Pamplona, Norte de Santander. [Archivo en PDF]. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/22225363/Tesis-Characterizacion-de-Suelos-en-La-Unipamplona>

Rodríguez S., Juan Gabriel; Quintana Cabeza, César David; Rivera Alarcón, Héctor Uriel & Mosquera Téllez, Jeway. (2013). Zonificación del peligro de remoción en masa en las zonas urbanas según método de Análisis Mora y Vahrson: Estudio de Caso.

[Archivo en PDF]. Grupo de Investigación Gestión Integral del Territorio GIT. Programa de Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona. Recuperado de: http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/146/143

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Disponible en: <http://www2.sgc.gov.co/>

Suarez D., Jaime. (2009). Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico, Tomo II: Técnicas de remediación. [Archivo en PDF]. Recuperado de: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>

Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, B., Jaramillo, C., y Restrepo, H. (1973). Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. U.S. Geological Survey e Ingeominas. Boletín Geológico, Vol. XXI (1-3). pp. 1-132.

ANEXOS

ANEXO A. Plano y presupuesto de alternativa de solución

PRESUPUESTO DE OBRA

ADECUACION VALLE DEL ESPIRITU SANTO

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR/UNIT	VR / TOTAL
OBRAS DE ESTABILIZACION					
1	Localización y Replanteo	M2	476	\$ 1.500,00	\$ 714.000,00
2	Demolición de Casas Existentes	M3	800	\$ 30.000,00	\$ 24.000.000,00
3	Excavación Mecánica (Retiro Coluvion)	M3	39270	\$ 26.225,00	\$ 1.029.855.750,00
4	Transporte de Material de Excavación	M3-KM	39270	\$ 1.500,00	\$ 58.905.000,00
5	Transporte de Material de Demolición	M3-KM	800	\$ 1.500,00	\$ 1.200.000,00
6	Reconformación de Talud Material seleccionado	M3	400	\$ 22.500,00	\$ 9.000.000,00
7	Recuperación ambiental - Empradizacion	M2	476	\$ 16.000,00	\$ 7.616.000,00
			SUB- TOTAL		\$ 1.131.290.750,00
OBRAS HIDRAULICAS					
DRENES Y CANALES					
8	Localización y Replanteo	M2	495	\$ 1.500,00	\$ 742.500,00
9	Excavaciones Para Filtros y Canales	M3	178,2	\$ 26.225,00	\$ 4.673.295,00
10	Drenes de 2"	ML	1000	\$ 145.624,00	\$ 145.624.000,00
11	Tubería de 4" para Filtro	ML	247,5	\$ 35.000,00	\$ 8.662.500,00
12	Geotextil Para Filtro NT 2500	M2	1185,6	\$ 13.600,00	\$ 16.124.160,00
13	Material Filtrante	M3	248,4	\$ 27.064,00	\$ 6.722.697,60
14	Canal en Concreto Mpa	ML	247,5	\$ 150.000,00	\$ 37.125.000,00
15	Acero de Refuerzo	KG	3200	\$ 3.522,00	\$ 11.270.400,00
			SUB- TOTAL		\$ 230.944.552,60
CANAL DE QUEBRADA LA TOMA					
16	Localización y Replanteo	M2	400	\$ 1.500,00	\$ 600.000,00

ADECUACION VALLE DEL ESPIRITU SANTO

17	Excavaciones Para Filtros y Canales	M3	900	\$ 26.225,00	\$ 23.602.500,00
18	Tubería de 4" para Filtro	ML	180	\$ 35.000,00	\$ 6.300.000,00
19	Geotextil Para Filtro NT 2500	M2	1200	\$ 13.600,00	\$ 16.320.000,00
20	Material Filtrante	M3	162	\$ 27.064,00	\$ 4.384.368,00
21	Canal en Concreto 281 Mpa	ML	180	\$ 150.000,00	\$ 27.000.000,00
22	Acero de Refuerzo	KG	2600	\$ 3.522,00	\$ 9.157.200,00
			SUB- TOTAL		\$ 87.364.068,00
			COSTO TOTAL		\$ 1.449.599.370,60

Plano definitivo solución Valle OJJC (Adjunto en medio magnético)

ANEXO B. Tabla 9. Clasificación de suelos de los sondeos

Tabla 9. Propiedades índices y de clasificación de los suelos

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	W	LL	IP	IPL	IPA = 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
1	0,20-0,80 mt	S1-1	18,81	43,50	14,80	28,70	17,16	-	37,70	62,30	CL	A-7-6
	0,80 - 1,40 m	S1-2	18,74	43,50	14,80	28,70	17,16	-	37,70	62,30	CL	A-7-6
	1,40 - 2,00 m	S1-3	16,63	34,80	11,80	23,00	10,80	-	37,80	62,20	CL	A-6
	2,00 - 2,60 m	S1-4	16,63	34,80	11,80	23,00	10,80	-	37,80	62,20	CL	A-6
	3,00 - 3,60 m	S1-5	18,00	34,80	11,80	23,00	10,80	-	37,80	62,20	CL	A-6
	3,60 - 4,20	S1-6	26,47	28,90	6,50	22,40	6,50	-	41,00	59,00	ML-CL	A-4
	4,80 - 5,40 m	S1-7	12,24	28,90	6,50	22,40	6,50	-	64,80	35,20	ML-CL	A-4
2	0,20-0,80 m	S2-1	16,91	41,00	15,60	25,40	15,33	-	23,00	77,00	CL	A-7-6
	0,80 - 1,40 m	S2-2	16,91	41,00	15,60	25,40	15,33	-	23,00	77,00	CL	A-7-6
	1,40 -2,00 m	S2-3	16,91	41,00	15,60	25,40	15,33	-	23,00	77,00	CL	A-7-6
	2,00 - 2,60 m	S2-4	16,73	41,00	15,60	25,40	15,33	-	23,00	77,00	CL	A-7-6
	2,60-3,20 m	S2-5	15,55	35,00	11,00	24,00	10,95	-	42,20	57,80	CL	A-6
	3,20 -3,80 m	S2-6	15,55	35,00	11,00	24,00	10,95	-	42,20	57,80	CL	A-6

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	ω	LL	IP	IPL	IPA = 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
2	4,40 - 5,00	S2-7	40,52	38,40	13,10	25,30	13,43	0,30	35,30	64,40	CL	A-6
	5,00 - 5,60 m	S2-8	40,52	38,40	13,10	25,30	13,43	0,30	35,30	64,40	CL	A-6
	5,60 - 6,20 m	S2-9	40,52	38,40	13,10	25,30	13,43	0,30	35,30	64,40	CL	A-6
	6,40 - 7, 00 m	S2-10	34,58	32,80	9,30	23,50	9,34	-	53,80	46,20	SC	A-4
	7,00 - 7,60	S2-11	24,69	30,90	8,60	22,30	7,96	-	66,10	33,90	SC	A-2-4
3	0,40 - 1,00 m	S3-1	24,28	49,50	20,10	29,40	21,54	-	28,00	72,00	CL	A-7-6-
	1,00 - 1,60 m	S3-2	24,28	49,50	20,10	29,40	21,54	-	28,00	72,00	CL	A-7-6-
	1,60 -2,20 m	S3-3	15,41	49,50	20,10	29,40	21,54	-	28,00	72,00	CL	A-7-6-
	2,80 -3,40	S3-4	25,48	49,50	20,10	29,40	21,54	-	28,00	72,00	CL	A-7-6-
	3,40 - 4,00 m	S3-5	26,12	33,40	9,80	23,60	9,78	-	28,00	72,00	CL	A-4
	4,00 - 4,60 m	S3-6	22,53	33,40	9,80	23,60	9,78	-	28,00	72,00	CL	A-4
	4,60 - 5,20 m	S3-7	24,84	33,40	9,80	23,60	9,78	-	28,00	72,00	CL	A-4
	5,20 - 5,60 m	S3-8	19,15	35,10	11,60	23,50	11,02	-	62,40	37,60	SC	A-6
	5,60 - 6,50 m	S3-9	19,15	35,10	11,60	23,50	11,02	-	62,40	37,60	SC	A-6
	6,50 - 7,10 m	S3-10	19,15	35,10	11,60	23,50	11,02	-	62,40	37,60	SC	A-6

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	G	LL	IP	IPL	IPA = 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
3	8,30 - 8,90 m	S3-11	26,80	25,20	6,90	18,30	3,80	-	60,20	39,80	SM-SC	A-4
	9,80 - 10,4 m	S3-12	24,46	25,20	6,90	18,30	3,80	-	60,20	39,80	SM-SC	A-4
	10,60 - 11,20 m	S3-13	27,52	30,10	8,80	21,30	7,37	-	60,20	39,80	SC	A-2-4
	11,40 - 12,00 m	S3-14	16,03	30,10	8,80	21,30	7,37	-	60,20	39,80	SC	A-2-4
4	0,40 - 1,00 m	S4-1	23,32	48,50	21,00	27,50	20,81	-	41,50	58,50	SC	A-2-7
	1,00 - 1,60 m	S4-2	18,57	30,40	5,60	24,80	7,59	-	50,00	50,00	ML-CL	A-4
	1,60 - 2,20 m	S4-3	15,81	30,40	5,60	24,80	7,59	-	50,00	50,00	ML-CL	A-4
	2,20 - 2,50 m	S4-4	18,33	30,40	5,60	24,80	7,59	-	50,00	50,00	ML-CL	A-4
	2,80 - 3,40 m	S4-5	21,72	25,30	7,10	18,20	3,87	-	82,10	17,90	SC	A-2-4
	3,40 - 4,00 m	S4-6	23,69	25,30	7,10	18,20	3,87	-	53,90	46,10	SC	A-2-4
	4,00 - 4,20 m	S4-7	23,69	25,30	7,10	18,20	3,87	-	53,90	46,10	SC	A-2-4
	4,20 - 4,80 m	S4-8	23,69	25,30	7,10	18,20	3,87	-	53,90	46,10	SC	A-2-4
	4,80 - 5,00 m	S4-9	23,69	25,30	7,10	18,20	3,87	-	53,90	46,10	SC	A-2-4
	5,00 - 5,60 m	S4-10	23,69	25,30	7,10	18,20	3,87	-	53,90	46,10	SC	A-2-4

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	ω	LL	IP	IPL	IPA= 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
4	5,80 - 6,40 m	S4-11	18,49	25,30	7,10	18,20	3,87	-	64,70	35,30	SC	A-4
	7,50 - 8,10 m	S4-12	14,29	25,30	7,10	18,20	3,87	-	64,70	35,30	SC	A-4
	8,30 - 8,90 m	S4-13	23,82	25,30	7,10	18,20	3,87	-	64,70	35,30	SC	A-4
	9,10 - 9,70 m	S4-14	26,04	35,10	12,00	23,10	11,02	-	57,40	42,60	SC	A-6
	10,20 - 10,80 m	S4-15	36,90	35,10	12,00	23,10	11,02	-	38,10	61,90	SC	A-6
	10,80 - 11,10 m	S4-16	36,90	35,10	12,00	23,10	11,02	-	38,10	61,90	SC	A-6
	11,10 - 11,70 m	S4-17	36,90	35,10	12,00	23,10	11,02	-	38,10	61,90	SC	A-6
5	0,10 - 0,70 m	S5-1	28,81									
	0,70 - 1,30 m	S5-2	23,43	48,2	22,4	25,80	20,59	-	21,20	78,80	CL	A-7-6
	1,30 - 1,90 m	S5-3	25,31	48,2	22,4	25,80	20,59	-	21,20	78,80	CL	A-7-6
	2,00 - 2,60 m	S5-4	24,41	48,2	22,4	25,80	20,59	-	21,20	78,80	CL	A-7-6
	2,80 - 4,00 m	S5-5	24,58	47,5	21,1	26,40	20,08	-	27,40	72,60	CL	A-7-6
	4,30 - 5,80 m	S5-6	22,63	46,3	21,9	24,40	19,20	-	35,30	64,70	CL	A-7-6
	5,90 - 6,50 m	S5-7	26,21	46,3	21,9	24,40	19,20	-	35,30	64,70	CL	A-7-6
	6,50 - 7,70 m	S5-8	15,75	43,8	17,8	26,00	17,37	-	28,40	71,60	CL	A-7-6
	7,80 - 9,30	S5-9	37,08	46,9	19,3	27,60	19,64	-	28,10	71,90	CL	A-7-6
	9,40 - 11,60 m	S5-10	37,26	43,5	17,7	25,80	17,16	-	32,40	67,60	SC	A-6
6	0,60 - 1,20 m	S6-1	25,73									
	3,10 - 3,40 m	S6-2	26,74									

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	ω	LL	IP	IPL	IPA = 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
7	1,40 - 2,00 m	S7-1	7,77	38,9	13,4	25,50	13,80				SC	A-6
	3,30 - 4,60 m	S7-2	17,72	38,9	13,4	25,50	13,80	-	58,30	41,70	SC	A-6
8	0,60 - 1,20 m	S8-1	22,10			-			58,30	41,70	SC	A-2-7
	1,40 - 2,00 m	S8-2	27,45			-			58,30	41,70	CL	A-6
	2,40 - 3,00 m	S8-3	19,55	41,1	15,3	25,80	15,40	-	58,30	41,70	CL	A-7-6
	3,00 - 3,40 m	S8-4	18,81	41,1	15,3	25,80	15,40	-	58,30	41,70	CL	A-7-6
	3,40 - 4,00 m	S8-5	20,21	41,1	15,3	25,80	15,40	-	58,30	41,70	CL	A-7-6
	4,10 - 4,70 m	S8-6	11,95	41,1	15,3	25,80	15,40	-	58,30	41,70	CL	A-7-6
	4,80 - 5,20 m	S8-7	16,53	33,6	10	23,60	9,93	-	62,00	38,00	SC	A-4
	6,82 - 7,40 m	S8-8	32,78	32	11,8	20,20	8,76	-	44,40	55,60	CL	A-6
9	0,10 - 0,70 m	S9-1	23,66	46,3	18,2	28,10	19,20	-	26,40	73,60	CL	A-7-6
	0,70 - 1,30 m	S9-2	21,76	46,3	18,2	28,10	19,20	-	26,40	73,60	CL	A-7-6
	1,40 - 2,00 m	S9-3	22,47	27,6	2,5	25,10	5,55	-	48,10	51,90	ML	A-4
	2,10 - 2,60 m	S9-4	32,67	27,6	2,5	25,10	5,55	-	48,10	51,90	ML	A-4
	2,70 - 3,30 m	S9-5	19,80	27,6	2,5	25,10	5,55	-	63,40	36,60	ML	A-4
	3,30 - 3,90 m	S9-6	28,10	26,2	2,3	23,90	4,53	-	62,70	37,30	SM	A-4
	4,60 - 5,20 m	S9-7	13,77	20,8	0,4	20,40	0,58	-	66,20	33,80	SM	A-2-4
10	1,10 - 1,70 m	S10-1	34,20			-					SC	A-2-7
	2,00 - 2,60 m	S10-2	34,55	36,5	9,6	26,90	12,05	-	36,60	63,40	CL	A-4
	3,10 - 3,70 m	S10-3	37,19	36,5	9,6	26,90	12,05	-	36,60	63,40	CL	A-4
	3,80 - 4,40 m	S10-4	33,33	33,9	8,8	25,10	10,15	-	50,30	49,70	SC	A-4
	5,30 - 5,90 m	S10-5	32,28	33,9	8,8	25,10	10,15	-	50,30	49,70	SC	A-4

SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	W	LL	IP	IPL	IPA = 0,73(LL-20)	% GRAVA	% ARENA	% FINO	TIPO DE SUELO	
											USC	AASHTO
11	0,00 - 0,20 m	S11-1	26,98			-					SC	A-2-7
	1,40 - 2,60 m	S11-2	18,24									
	3,20 - 4,40 m	S11-3	8,00	31,3	9,8	21,50	8,25	-	69,80	30,20	SC	A-2-4
12	0,60 -1,80 m	S12-1	22,60			-					SC	A-2-7
	3,10 - 3,70 m	S12-2	24,35			-					SC	A-2-7
	4,30 - 5,50 m	S12-3	18,94	51,8	23,1	28,70	23,21	-	35,40	64,60	MH O CH	A-7-6
	7,45 - 8,00 m	S12-4	30,23	40,5	10,8	29,70	14,97	-	45,10	54,90	CL	

**ANEXO C. Tabla N° 12 Clasificación de suelos de los sondeos con parámetros de consistencia – Contracción -
Compresibilidad**

Clasificación de los suelos evaluados Según Consistencia – Contracción - Compresibilidad								
SONDEO	PROFUNDIDAD mts	MUESTRA #	IL (índice de liquidez)	consistencia de suelos finos	IP=IPL - IPA	Lc límite de contracción	compresibilidad Normalmente consolidada.	Compresibilidad
							Cc	
1	0,20-0,80 mt	S1-1	0,14	Plástica	11,55	Medianamente expansivo	0,30	Media
	0,80 - 1,40 m	S1-2	0,14	Plástica	11,55	Medianamente expansivo	0,30	Media
	1,40 - 2,00 m	S1-3	0,21	Plástica	12,20	Baja expansión	0,22	Media
	2,00 - 2,60 m	S1-4	0,21	Plástica	12,20	Baja expansión	0,22	Media
	3,00 - 3,60 m	S1-5	0,27	Plástica	12,20	Baja expansión	0,22	Media
	3,60 - 4,20	S1-6	0,89	Plástica	15,90	Baja expansión	0,17	Baja
	4,80 - 5,40 m	S1-7	0,26	Plástica	15,90	Baja expansión	0,17	Baja
2	0,20 -0,80 m	S2-1	0,05	Plástica	10,07	Medianamente expansivo	0,28	Media
	0,80 - 1,40 m	S2-2	0,05	Plástica	10,07	Medianamente expansivo	0,28	Media
	1,40 -2,00 m	S2-3	0,05	Plástica	10,07	Medianamente expansivo	0,28	Media
	2,00 - 2,60 m	S2-4	0,04	Plástica	10,07	Medianamente expansivo	0,28	Media
	2,60-320 m	S2-5	0,19	Plástica	13,05	Baja expansión	0,23	Media
	3,20 -3,80 m	S2-6	0,19	Plástica	13,05	Baja expansión	0,23	Media

	4,40 - 5,00	S2-7	1,08	Viscosa	11,87	Medianamente expansivo	0,26	Media
	5,00 - 5,60 m	S2-8	1,08	Viscosa	11,87	Medianamente expansivo	0,26	Media
	5,60 - 6,20 m	S2-9	1,08	Viscosa	11,87	Medianamente expansivo	0,26	Media
	6,40 - 7,00 m	S2-10	1,08	Viscosa	14,16	Baja expansión	0,21	Media
	7,00 - 7,60	S2-11	0,72	Plástica	14,34	Baja expansión	0,19	Media
3	0,40 - 1,00 m	S3-1	0,14	Plástica	7,87	Altamente expansivo	0,36	Media
	1,00 - 1,60 m	S3-2	0,14	Plástica	7,87	Altamente expansivo	0,36	Media
	1,60 - 2,20 m	S3-3	-0,16	Semisólida	7,87	Altamente expansivo	0,36	Media
	2,80 - 3,40	S3-4	0,18	Plástica	7,87	Altamente expansivo	0,36	Media
	3,40 - 4,00 m	S3-5	0,69	Plástica	13,82	Baja expansión	0,21	Media
	4,00 - 4,60 m	S3-6	0,54	Plástica	13,82	Baja expansión	0,21	Media
	4,60 - 5,20 m	S3-7	0,64	Plástica	13,82	Baja expansión	0,21	Media
	5,20 - 5,60 m	S3-8	0,32	Plástica	12,48	Baja expansión	0,23	Media
	5,60 - 6,50 m	S3-9	0,32	Plástica	12,48	Baja expansión	0,23	Media
	6,50 - 7,10 m	S3-10	0,32	Plástica	12,48	Baja expansión	0,23	Media
	8,30 - 8,90 m	S3-11	1,09	Viscosa	14,50	Baja expansión	0,14	Baja
	9,80 - 10,4 m	S3-12	0,96	Plástica	14,50	Baja expansión	0,14	Baja

	10,60 - 11,20 m	S3-13	0,88	Plástica	13,93	Baja expansión	0,18	Media
	11,40 - 12,00 m	S3-14	0,34	Plástica	13,93	Baja expansión	0,18	Media
4	0,40 - 1,00 m	S4-1	0,08	Plástica	6,70	Altamente expansivo	0,35	Media
	1,00 - 1,60 m	S4-2	0,52	Plástica	17,21	Baja expansión	0,18	Media
	1,60 - 2,20 m	S4-3	0,41	Plástica	17,21	Baja expansión	0,18	Media
	2,20 - 2,50 m	S4-4	0,51	Plástica	17,21	Baja expansión	0,18	Media
	2,80 - 3,40 m	S4-5	0,80	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	3,40 - 4,00 m	S4-6	0,91	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	4,00 - 4,20 m	S4-7	0,91	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	4,20 - 4,80 m	S4-8	0,91	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	4,80 - 5,00 m	S4-9	0,91	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	5,00 - 5,60 m	S4-10	0,91	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	5,80 - 6,40 m	S4-11	0,63	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	7,50 - 8,10 m	S4-12	0,40	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	8,30 - 8,90 m	S4-13	0,92	Plástica	14,33	Baja expansión	0,14	Baja
	9,10 - 9,70 m	S4-14	0,61	Plástica	12,08	Baja expansión	0,23	Media
	10,20 - 10,80 m	S4-15	1,08	Viscosa	12,08	Baja expansión	0,23	Media
	10,80 - 11,10 m	S4-16	1,08	Viscosa	12,08	Baja expansión	0,23	Media
	11,10 - 11,70 m	S4-17	1,08	Viscosa	12,08	Baja expansión	0,23	Media
5	0,10 - 0,70 m	S5-1						

	0,70 - 1,30 m	S5-2	0,04	Plástica	5,21	Altamente expansivo	0,34	Media
	1,30 - 1,90 m	S5-3	0,11	Plástica	5,21	Altamente expansivo	0,34	Media
	2,00 - 2,60 m	S5-4	0,08	Plástica	5,21	Altamente expansivo	0,34	Media
	2,80 - 4,00 m	S5-5	0,13	Plástica	6,33	Altamente expansivo	0,34	Media
	4,30 - 5,80 m	S5-6	0,03	Plástica	5,20	Altamente expansivo	0,33	Media
	5,90 - 6,50 m	S5-7	0,18	Plástica	5,20	Altamente expansivo	0,33	Media
	6,50 - 7,70 m	S5-8	-0,08	Semisólida	8,63	Altamente expansivo	0,30	Media
	7,80 - 9,30	S5-9	0,64	Plástica	7,96	Altamente expansivo	0,33	Media
	9,40 - 11,60 m	S5-10	0,76	Plástica	8,65	Altamente expansivo	0,30	Media
6	0,60 - 1,20 m	S6-1						
	3,10 - 3,40 m	S6-2						
7	1,40 - 2,00 m	S7-1	-0,22	Semisólida	11,70	Medianamente expansivo	0,26	Media
	3,30 - 4,60 m	S7-2	0,17	Plástica	11,70	Medianamente expansivo	0,26	Media
8	0,60 - 1,20 m	S8-1						
	1,40 - 2,00 m	S8-2						

	2,40 - 3,00 m	S8-3	0,16	Plástica	10,40	Medianamente expansivo	0,28	Media
	3,00 - 3,40 m	S8-4	0,14	Plástica	10,40	Medianamente expansivo	0,28	Media
	3,40 - 4,00 m	S8-5	0,19	Plástica	10,40	Medianamente expansivo	0,28	Media
	4,10 - 4,70 m	S8-6	-0,13	Semisólida	10,40	Medianamente expansivo	0,28	Media
	4,80 - 5,20 m	S8-7	0,28	Plástica	13,67	Baja expansión	0,21	Media
	6,82 - 7,40 m	S8-8	1,04	Plástica	11,44	Medianamente expansivo	0,20	Media
9	0,10 - 0,70 m	S9-1	0,19	Plástica	8,90	Medianamente expansivo	0,33	Media
	0,70 - 1,30 m	S9-2	0,13	Plástica	8,90	Medianamente expansivo	0,33	Baja
	1,40 - 2,00 m	S9-3	0,80	Plástica	19,55	Baja expansión	0,16	Baja
	2,10 - 2,60 m	S9-4	1,20	Viscosa	19,55	Baja expansión	0,16	Baja
	2,70 - 3,30 m	S9-5	0,69	Plástica	19,55	Baja expansión	0,16	Baja
	3,30 - 3,90 m	S9-6	1,08	Viscosa	19,37	Baja expansión	0,15	Baja
	4,60 - 5,20 m	S9-7	0,66	Plástica	19,82	Baja expansión	0,10	Baja
10	1,10 - 1,70 m	S10-1			0,00			
	2,00 - 2,60 m	S10-2	0,93	Plástica	14,86	Baja expansión	0,24	Media
	3,10 - 3,70 m	S10-3	1,03	Viscosa	14,86	Baja expansión	0,24	Media
	3,80 - 4,40 m	S10-4	0,98	Plástica	14,95	Baja expansión	0,22	Media
	5,30 - 5,90 m	S10-5	0,94	Plástica	14,95	Baja expansión	0,22	Media
11	0,00 - 0,20 m	S11-1						
	1,40 - 2,60 m	S11-2						

	3,20 - 4,40 m	S11-3	-0,08	Semisólida	13,25	Baja expansión	0,19	Media
12	0,60 -1,80 m	S12-1						
	3,10 - 3,70 m	S12-2						
	4,30 - 5,50 m	S12-3	-0,14	Semisólida	5,49	Altamente expansivo	0,38	Media
	7,45 - 8,00 m	S12-4	0,65	Plástica	14,74	Baja expansión	0,27	Media

ANEXO D. Valores de NSPT Corregidos Tabla N° 15

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		GOLPES			NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido
S-1	SPT1	0,20	0,80	1	2	2	4	3
	SPT2	0,80	1,40	3	4	4	8	6
	SPT3	1,40	2,00	3	4	5	9	6
	SPT4	2,00	2,60	4	5	5	10	7
	SPT5	2,60	3,00	-	-	-	-	-
	SPT6	3,00	3,60	4	5	8	13	9
	SPT7	3,60	4,20	10	18	30	48	34
	SPT8	4,20	4,80	23	23	15	38	27
	SPT9	4,80	5,40	6	13	20	33	24
	SPT10	5,40	5,50	-	-	-	-	-
S-2	SPT1	0,20	0,80	3	2	3	5	4
	SPT2	0,80	1,40	3	4	4	8	6
	SPT3	1,40	2,00	4	4	4	8	6
	SPT4	2,00	2,60	4	3	4	7	5
	SPT5	2,60	3,20	5	6	7	13	9
	SPT6	3,20	3,60	6	7	9	16	11
	SPT7	3,60	4,40	9	11	12	23	16
	SPT8	4,40	5,00	9	11	20	31	22
	SPT9	5,00	5,60	27	28	24	52	37
	SPT10	5,60	6,20	17	26	27	53	38
	SPT11	6,20	7,00	11	13	18	31	22
	SPT12	7,00	7,60	37	55	60	115	82
	SPT13	7,60		-	-	-	-	-
S-3	SPT7	0,40	1,00	7	10	13	23	16
	SPT8	1,00	1,60	13	12	12	24	17
	SPT10	1,60	2,20	5	7	9	16	11
	SPT11	2,20	2,80	8	6	7	13	9
	SPT13	2,80	3,40	4	5	5	10	7
	SPT1	3,40	4,00	3	5	6	11	8
	SPT2	4,00	4,60	6	7	7	14	10
	SPT4	4,60	5,20	6	7	7	14	10
	SPT5	5,20	5,80	4	6	6	12	9
	SPT7	5,80	6,50	5	7	7	14	10
	SPT8	6,50	7,10	9	15	40	55	39

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		GOLPES			NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido
	SPT10	7,10	7,70	10	10	9	19	14
	SPT11	7,70	8,30	4	10	14	24	17
	SPT12	8,30	8,90	20	21	24	45	32
	SPT13	8,90	9,60	23	23	24	47	34
	SPT1	9,60	10,40	14	14	17	31	22
	SPT2	10,40	11,20	13	19	36	55	39
	SPT4	11,20	12,00	50	53	64	117	84
S-4	SPT1	0,40	1,00	3	3	3	6	4
	SPT2	1,00	1,60	1	3	4	7	5
	SPT3	1,60	2,20	7	7	6	13	9
	SPT4	2,20	2,80	8	9	10	19	14
	SPT5	2,80	3,40	11	11	14	25	18
	SPT6	3,40	4,00	6	7	8	15	11
	SPT7	4,20	4,80	8	10	12	22	16
	SPT8	5,00	5,60	9	12	9	21	15
	SPT9	5,80	6,40	7	12	14	26	19
	SPT10	6,70	7,30	10	15	17	32	23
	SPT11	7,50	8,10	9	13	13	26	19
	SPT12	8,30	8,90	13	14	20	34	24
	SPT13	9,10	9,70	5	6	7	13	9
	SPT14	10,20	10,80	4	5	6	11	8
	SPT15	11,10	11,70	4	3	8	11	8
	SPT16	12,00	12,60	21	20	44	64	46
S-5	SPT1	0,10	0,70	2	3	5	8	6
	SPT2	0,70	1,30	4	4	5	9	6
	SPT3	1,30	1,80	4	6	8	14	10
	SPT4	2,00	2,60	5	6	7	13	9
	SPT5	2,80	3,40	6	7	8	15	11
	SPT6	3,60	4,20	6	8	12	20	14
	SPT7	4,30	4,90	8	10	12	22	16
	SPT8	5,20	5,80	7	7	8	15	11
	SPT9	5,90	6,50	8	10	16	26	19
	SPT10	6,50	7,10	8	10	12	22	16
	SPT11	7,10	7,70	4	7	6	13	9

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		GOLPES			NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido
	SPT12	7,80	8,40	3	4	6	10	7
	SPT13	8,70	9,30	7	8	10	18	13
	SPT14	9,40	10,00	6	7	7	14	10
	SPT15	10,20	10,80	10	16	12	28	20
	SPT16	11,00	11,60	17	16	19	35	25
S-6	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-	-
	SPT2	0,60	1,20	4	4	6	10	7
	SPT3	1,40	2,00	4	6	8	14	10
	SPT4	2,30	2,90	5	6	7	13	9
	SPT5	3,10	3,40	6	7	8	15	11
S-7	SPT1	0,00	0,60	2	2	4	6	4
	SPT2	0,70	1,30	3	6	7	13	9
	SPT3	1,40	2,00	7	7	10	17	12
	SPT4	2,00	2,60	6	6	6	12	9
	SPT5	2,60	3,20	6	11	11	22	16
	SPT6	3,30	3,90	10	14	15	29	21
	SPT7	4,00	4,60	11	16	25	41	29
	SPT8	4,60	5,20	15	15	25	40	29
	SPT9	5,30	5,90	14	20	20	40	29
	SPT10	6,15	6,70	25	50	50	100	71
S-8	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-	-
	SPT2	0,60	1,20	2	3	6	9	6
	SPT3	1,40	2,00	6	11	13	24	17
	SPT4	2,40	3,00	9	12	14	26	19
	SPT5	3,00	3,40	-	-	-	-	-
	SPT6	3,40	4,00	12	14	14	28	20
	SPT7	4,10	4,70	17	17	25	42	30
	SPT8	4,80	5,20	-	-	-	-	-
	SPT9	5,20	5,80	25	30	32	62	44
	SPT10	6,00	6,60	30	45	50	95	68
	SPT11	6,82	7,40	35	50	60	110	79
S-9	SPT1	0,00	0,70	3	5	7	12	9
	SPT2	0,70	1,30	7	7	6	13	9
	SPT3	1,40	2,00	5	6	6	12	9

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		GOLPES			NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido
	SPT4	2,10	2,60	-	-	-	-	-
	SPT5	2,70	3,30	5	6	7	13	9
	SPT6	3,30	3,90	6	6	6	12	9
	SPT7	4,00	4,60	8	10	12	22	16
	SPT8	4,60	5,10	51	52	55	107	76
S-10	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-	-
	SPT2	1,10	1,70	2	2	2	4	3
	SPT3	2,00	2,60	4	5	6	11	8
	SPT4	2,60	3,00	-	-	-	-	-
	SPT5	3,10	3,70	3	4	5	9	6
	SPT6	3,80	4,40	5	6	6	12	9
	SPT7	4,50	5,10	6	7	8	15	11
	SPT8	5,30	5,90	9	10	18	28	20
	SPT9	5,90	6,50	10	11	12	23	16
	SPT10	6,50	7,10	10	12	12	24	17
	SPT11	7,10	7,70	24	32	40	72	51
	SPT12	7,70	8,30	35	30	30	60	43
	SPT13	8,30	8,90	17	27	32	59	42
	SPT14	8,90	9,50	30	50	70	120	86
S-11	SPT1	0,00	0,60	3	2	3	5	4
	SPT2	0,60	1,20	2	3	2	5	4
	SPT3	1,40	2,00	1	2	3	5	4
	SPT4	2,00	2,60	3	8	11	19	14
	SPT5	2,60	3,20	10	12	22	34	24
	SPT6	3,20	3,80	26	40	55	95	68
	SPT7	3,80	4,40	47	53	63	116	83
S-12	SPT1	0,00	0,60	2	2	3	5	4
	SPT2	0,60	1,20	4	4	4	8	6
	SPT3	1,20	1,80	7	9	12	21	15
	SPT4	1,90	2,50	9	22	12	34	24
	SPT5	2,50	3,10	8	7	8	15	11
	SPT6	3,10	3,70	10	12	14	26	19
	SPT7	3,70	4,30	12	15	12	27	19

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		GOLPES			NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido
	SPT8	4,30	4,90	17	18	20	38	27
	SPT9	4,90	5,50	25	33	35	68	49
	SPT10	5,50	6,10	20	21	20	41	29
	SPT11	6,20	6,60	10	11	12	23	16
	SPT12	6,85	7,45	1	2	1	3	2
	SPT13	7,45	8,00	4	4	60	64	46

ANEXO E. Clasificación de suelos basados en el NSPT Tabla N°14

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Descripción de la densidad relativa en términos del NSPT (consistencia).	
						INSITU	VALOR CORREGIDO
S-1	SPT1	0,20	0,80	4	3	Blanda	Blanda
	SPT2	0,80	1,40	8	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	9	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT4	2,00	2,60	10	7	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT5	2,60	3,00	-	-	-	-
	SPT6	3,00	3,60	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT7	3,60	4,20	48	34	Dura	Dura
	SPT8	4,20	4,80	38	27	Dura	Muy firme
	SPT9	4,80	5,40	33	24	Dura	Muy firme
	SPT10	5,40	5,50	-	-	-	-
S-2	SPT1	0,20	0,80	5	4	Blanda	Blanda
	SPT2	0,80	1,40	8	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	8	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT4	2,00	2,60	7	5	Medio Blanda	Blanda
	SPT5	2,60	3,20	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT6	3,20	3,60	16	11	Firme	Firme
	SPT7	3,60	4,40	23	16	Muy firme	Firme
	SPT8	4,40	5,00	31	22	Dura	Muy firme
	SPT9	5,00	5,60	52	37	Dura	Dura
	SPT10	5,60	6,20	53	38	Dura	Dura
	SPT11	6,20	7,00	31	22	Dura	Muy firme
	SPT12	7,00	7,60	115	82	Dura	Dura
	SPT13	7,60		-	-	-	-

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Descripción de la densidad relativa en términos del NSPT (consistencia).	
						INSITU	VALOR CORREGIDO
S-3	SPT1	0,40	1,00	23	16	Muy firme	Firme
	SPT2	1,00	1,60	24	17	Muy firme	Firme
	SPT3	1,60	2,20	16	11	Firme	Firme
	SPT4	2,20	2,80	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT5	2,80	3,40	10	7	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT6	3,40	4,00	11	8	Firme	Medio Blanda
	SPT7	4,00	4,60	14	10	Firme	Medio Blanda
	SPT8	4,60	5,20	14	10	Firme	Medio Blanda
	SPT9	5,20	5,80	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT10	5,80	6,50	14	10	Firme	Medio Blanda
	SPT11	6,50	7,10	55	39	Dura	Dura
	SPT12	7,10	7,70	19	14	Firme	Firme
	SPT13	7,70	8,30	24	17	Muy firme	Firme
	SPT14	8,30	8,90	45	32	Dura	Dura
	SPT15	8,90	9,60	47	34	Dura	Dura
	SPT16	9,60	10,40	31	22	Dura	Muy firme
	SPT17	10,40	11,20	55	39	Dura	Dura
	SPT18	11,20	12,00	117	84	Dura	Dura
S-4	SPT1	0,40	1,00	6	4	Medio Blanda	Blanda
	SPT2	1,00	1,60	7	5	Medio Blanda	Blanda
	SPT3	1,60	2,20	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT4	2,20	2,80	19	14	Firme	Firme
	SPT5	2,80	3,40	25	18	Muy firme	Firme
	SPT6	3,40	4,00	15	11	Firme	Firme
	SPT7	4,20	4,80	22	16	Muy firme	Firme
	SPT8	5,00	5,60	21	15	Muy firme	Firme
	SPT9	5,80	6,40	26	19	Muy firme	Firme
	SPT10	6,70	7,30	32	23	Dura	Muy firme

	SPT11	7,50	8,10	26	19	Muy firme	Firme
	SPT12	8,30	8,90	34	24	Dura	Muy firme

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Descripción de la densidad relativa en términos del NSPT (consistencia).	
						INSITU	VALOR CORREGIDO
S-4	SPT13	9,10	9,70	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT14	10,20	10,80	11	8	Firme	Medio Blanda
	SPT15	11,10	11,70	11	8	Firme	Medio Blanda
	SPT16	12,00	12,60	64	46	Dura	Dura
S-5	SPT1	0,10	0,70	8	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT2	0,70	1,30	9	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,30	1,80	14	10	Firme	Medio Blanda
	SPT4	2,00	2,60	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT5	2,80	3,40	15	11	Firme	Firme
	SPT6	3,60	4,20	20	14	Firme	Firme
	SPT7	4,30	4,90	22	16	Muy firme	Firme
	SPT8	5,20	5,80	15	11	Firme	Firme
	SPT9	5,90	6,50	26	19	Muy firme	Firme
	SPT10	6,50	7,10	22	16	Muy firme	Firme
	SPT11	7,10	7,70	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT12	7,80	8,40	10	7	Medio Blanda	Medio Blanda
S-6	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-
	SPT2	0,60	1,20	10	7	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	14	10	Firme	Medio Blanda
	SPT4	2,30	2,90	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT5	3,10	3,40	15	11	Firme	Firme
S-7	SPT1	0,00	0,60	6	4	Medio Blanda	Blanda
	SPT2	0,70	1,30	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	17	12	Firme	Firme
	SPT4	2,00	2,60	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT5	2,60	3,20	22	16	Muy firme	Firme
	SPT6	3,30	3,90	29	21	Muy firme	Muy firme
	SPT7	4,00	4,60	41	29	Dura	Muy firme

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Descripción de la densidad relativa en términos del NSPT (consistencia).	
						INSITU	VALOR CORREGIDO
	SPT8	4,60	5,20	40	29	Dura	Muy firme
	SPT9	5,30	5,90	40	29	Dura	Muy firme
	SPT10	6,15	6,70	100	71	Dura	Dura
S-8	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-
	SPT2	0,60	1,20	9	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	24	17	Muy firme	Firme
	SPT4	2,40	3,00	26	19	Muy firme	Firme
	SPT5	3,00	3,40	-	-	-	-
	SPT6	3,40	4,00	28	20	Muy firme	Firme
	SPT7	4,10	4,70	42	30	Dura	Muy firme
	SPT8	4,80	5,20	-	-	-	-
	SPT9	5,20	5,80	62	44	Dura	Dura
	SPT10	6,00	6,60	95	68	Dura	Dura
	SPT11	6,82	7,40	110	79	Dura	Dura
S-9	SPT1	0,00	0,70	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT2	0,70	1,30	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT3	1,40	2,00	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT4	2,10	2,60	-	-	-	-
	SPT5	2,70	3,30	13	9	Firme	Medio Blanda
	SPT6	3,30	3,90	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT7	4,00	4,60	22	16	Muy firme	Firme
	SPT8	4,60	5,10	107	76	Dura	Firme
S-10	SPT1	0,00	0,60	-	-	-	-
	SPT2	1,10	1,70	4	3	Blanda	Blanda
	SPT3	2,00	2,60	11	8	Firme	Medio Blanda
	SPT4	2,60	3,00	-	-	-	-
	SPT5	3,10	3,70	9	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT6	3,80	4,40	12	9	Firme	Medio Blanda
	SPT7	4,50	5,10	15	11	Firme	Firme

APIQUE No	SPT	PROFUNDIDAD		NSPT DE CAMPO	NSPT Corregido	Descripción de la densidad relativa en términos del NSPT (consistencia).	
						INSITU	VALOR CORREGIDO
S-10							
	SPT8	5,30	5,90	28	20	Muy firme	Firme
	SPT9	5,90	6,50	23	16	Muy firme	Firme
	SPT10	6,50	7,10	24	17	Muy firme	Firme
	SPT11	7,10	7,70	72	51	Dura	Dura
	SPT12	7,70	8,30	60	43	Dura	Dura
	SPT13	8,30	8,90	59	42	Dura	Dura
	SPT14	8,90	9,50	120	86	Dura	Dura
S-11	SPT1	0,00	0,60	5	4	Blanda	Blanda
	SPT2	0,60	1,20	5	4	Blanda	Blanda
	SPT3	1,40	2,00	5	4	Blanda	Blanda
	SPT4	2,00	2,60	19	14	Firme	Firme
	SPT5	2,60	3,20	34	24	Dura	Muy firme
	SPT6	3,20	3,80	95	68	Dura	Dura
	SPT7	3,80	4,40	116	83	Dura	Dura
S-12	SPT1	0,00	0,60	5	4	Blanda	Blanda
	SPT2	0,60	1,20	8	6	Medio Blanda	Medio Blanda
	SPT3	1,20	1,80	21	15	Muy firme	Firme
	SPT4	1,90	2,50	34	24	Dura	Muy firme
	SPT5	2,50	3,10	15	11	Firme	Firme
	SPT6	3,10	3,70	26	19	Muy firme	Firme
	SPT7	3,70	4,30	27	19	Muy firme	Firme
	SPT8	4,30	4,90	38	27	Dura	Muy firme
	SPT9	4,90	5,50	68	49	Dura	Dura
	SPT10	5,50	6,10	41	29	Dura	Muy firme
	SPT11	6,20	6,60	23	16	Muy firme	Firme
	SPT12	6,85	7,45	3	2	Blanda	Muy Firme
	SPT13	7,45	8,00	64	46	Dura	Dura