ESTUDIO SUELOS

DAIRO DUEÑAS MORALES

INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

ESTUDIO DE SUELOS



OBJETO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CANCHA DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CENTRO POBLADO LA SIERRA DEL MUNICIPIO DE LÉRIDA DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

RESPONSABLE:
DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL - ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

LERIDA
ABRIL 2021

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CHEQUEO CONTENIDO DEL ESTUDIO 7
1 INTRODUCCIÓN 9
2 OBJETIVOS Y ALCANCE 10
2.1 Objetivos Generales 10
2.2 Objetivos Específicos 10
2.3 Alcance 11
2.3.1 Alcance del trabajo de campo 11
2.3.2 Alcance del documento base del estudio 11
3 INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO 14
3.1 Nombre del Proyecto 14
3.2 Localización del Proyecto 14
3.2.1 Localización General 14
3.2.2 Localización Especifica 15
3.3 Características del Proyecto 15
3.4 Caracteristicas de las Edificaciones Adyacentes 16
3.5 Sistema Estructural 16
3.5.1 Sistema de muros de carga 16
3.5.2 Sistema Combinado 16
3.5.3 Sistema de pórtico 17
3.5.4 Sistema Dual 17
3.6 Materiales de Uso Estructural 17
3.6.1 Estructuras de acero 17
3.6.2 Estructuras de concreto reforzado 17
3.6.3 Mampostería estructural 18
3.6.4 Estructuras de madera y guadua 18
3.7 Evaluación de Cargas 19
3.7.1 Cargas Muertas 19
3.7.2 Cargas Vivas 20
3.7.3 Empuje de Tierra 20
3.7.4 Fuerzas de Viento 20
3.8 Fuentes de Información 21
3.9 Responsabilidad del Estudio 21
4 INFORMACIÓN DEL SUBSUELO 22
4.1 Geología 22
4.1.1 Unidades Estratigráficas 23
4.1.2 Geología Estructural 30

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

4.1.3 Fisiografía y Suelos 31
5 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO 47
5.1 Metodología de Exploración de campo para determinar la Capacidad Portante del suelo mediante el Ensayo de SPT 47
5.1.1 Equipo necesario 47
5.1.2 Toma de muestras 49
5.1.3 Factores que afectan los resultados del ensayo SPT 50
5.1.4 Ensayos e Inspecciones de Campo 50
5.1.5 Ensayos de Laboratorio 50
5.1.6 Cálculos, Resultados y Correcciones 51
5.2 Muestreos de Campo 51
5.3 Ensayos de Campo 51
5.3.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT) 51
5.4 Ensayos de Laboratorio 52
5.5 Tipo de Suelo y Capacidad Portante 52
5.5.1 Estratigrafías 53
5.5.2 Calculo de la Resistencia a la Compresión no Confinada 56
5.5.3 Corrección de los Datos del Ensayo: 57
5.5.4 Angulo de Fricción Interna 57
5.5.5 Coeficientes Activos y Pasivos 57
5.5.6 Capacidad Portante 58
5.6 Recomendaciones de Cimentación y Diseño 60
6 CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES Y DE CIMENTACION PROPUESTOS 63
6.1 Cargas a nivel de Cimentación 63
7 ANÁLISIS GEOTÉCNICO 64
7.1 Clasificación del Estudio 64
7.2 Definición del grupo de uso y Coeficiente de Importancia 65
7.3 Aspectos Sísmicos del Subsuelo 66
7.3.1 Nivel de Amenaza Sísmica 69
7.3.2 Valores de Aceleración pico Efectiva 69
7.3.3 Efectos Locales 69
7.4 Cálculo de Asentamientos 72
7.4.1 Asentamiento inmediato de una zapata aislada 72
7.4.2 Asentamiento elastico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas 72
1.1 Asentamiento por consolidacion de una zapata aislada 73
7.5 Parámetros Geotécnicos 74

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

7.5.1 Espectro de Diseño 74
7.6 Verificación Condiciones Geotécnicas Especiales 77
7.6.1 Suelos Expansivos 77
7.6.2 Suelos Colapsables 78
7.6.3 Suelos Dispersivos y/o Erodables 78
7.7 Estados Limites de Falla y Servicio 78
7.8 Control de Flujos de Agua 78
7.8.1 Excavaciones Bajo Condiciones de Humedad 78
7.8.2 Control Aguas Lluvia y Escorrentía 79
7.8.3 Impermeabilización temporal mediante plásticos 79
7.8.4 Abatimiento del Nivel Freático 79
8 CONCLUSIONES 81
9 RECOMENDACIONES 83
9.1 Recomendaciones Constructivas 83
9.2 Recomendaciones Estabilidad de Excavaciones y Llenos 86
9.2.1 Excavaciones 86
9.2.2 Rellenos 90
9.3 Recomendaciones generales y de protección para edificaciones aledañas ... 92
10 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO 94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Verificación lista de chequeo Norma NSR-10 8
Tabla 2 - Segmentos viales objeto de estudio 11
Tabla 3 – Relación edificaciones y/o elementos adyacentes del proyecto 16
Tabla 4 – Relación Paisajes 31
Tabla 5 - Relación Clima 31
Tabla 6 - Relación de Gradiente de Pendiente 32
Tabla 7 - Relación de Grado de Erosión 32
Tabla 8 - Unidades de suelos por veredas en el Municipio de Lérida 46
Tabla 9 - Resultados Ensayos de Campo (SPT) 52
Tabla 10 – Resultados de Laboratorio 52
Tabla 11 – valores de referencia para factores de capacidad de carga 60
Tabla 12 – relación Cargas contempladas a nivel de cimentación para el diseño estructural 63

Tabla 13 – Referencias NSR-10 alcance de los sondeos 64
Tabla 14 – categorización unidad de construcción 65
Tabla 15 – Coeficientes de importancia Según Grupo de Uso 65
Tabla 16 – Clasificación perfil del subsuelo del proyecto 68
Tabla 17 – Criterios de clasificación perfiles de suelo C, D y E 69
Tabla 18 – Valores de aspectos sísmicos Apéndice A-4 69
Tabla 19 – Valores del Coeficiente Fa según Tipo de Perfil (NSR-10) 70
Tabla 20 - Valores del Coeficiente Fv según Tipo de Perfil (NSR-10) 71
Tabla 21 – Parámetros de cálculo asentamiento inmediato 72
Tabla 22 – Parámetros de cálculo asentamiento elástico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas 73
Tabla 23 – Valores de referencia para factor de influencia Ip 73
Tabla 24 – Parámetros de Cálculo Asentamiento por consolidación de una zapata aislada 73
Tabla 25 - Resumen de efectos sísmicos locales (Lérida – Tolima) 75
Tabla 26 – Memoria de cálculo espectro de diseño según NSR-10 76
Tabla 27 – Verificación Suelos Expansivos 77
Tabla 28 – Características entibados continuos 88
Tabla 29 - Características entibados discontinuos 89

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Localización general del proyecto 14
Ilustración 2 – Localización Especifica Polideportivo 15
Ilustración 3 - Resumen estratigráfico del Tolima 22
Ilustración 4 - Distribución en Hectáreas de los Tipos de Paisaje y Clima de los Suelos del Municipio de Lérida 44
Ilustración 5 - Fisiografía y Suelos del Municipio de Lérida 45
Ilustración 6 - Equipo de perforación por percusión 48
Ilustración 7 - Equipo para toma de Muestras 49
Ilustración 8 - Perfil Estratigráfico Sondeo 1 54
Ilustración 9 - Perfil Estratigráfico Sondeo 2 55
Ilustración 10 - Perfil Estratigráfico Sondeo 3 56
Ilustración 11 – Esquema Cimentación Superficial tipo Zapata 61
Ilustración 12 – Gráfica para el cálculo del Coeficiente Fa 70
Ilustración 13 – Gráfica para el cálculo del Coeficiente Fv 71

Ilustración 14 – Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g (NSR-10) 74
Ilustración 15 - Espectro elástico de aceleraciones de diseño del proyecto según NSR-10 76
Ilustración 16 - Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño del proyecto 77
Ilustración 17 – plano de Localización de Sondeos 81
Ilustración 18 – Cimentación Superficial Recomendada 84
Ilustración 19 – Ilustración 3D Tipo de Cimentación Recomendada 84
Ilustración 20 – Elementos de Cimentación Aislada tipo Zapata 85
Ilustración 21 – Tipos de entibados propuestos 87

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 – Formula Capacidad Portante 58
Ecuación 2 – Formula N (número medio de golpes del subsuelo) 67
Ecuación 3 – Formula Asentamiento inmediato de cimentación aislada (Tipo Zapata) 72
Ecuación 4 – Formula 11.2 Asentamiento elástico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas 72
Ecuación 5 – Formula Asentamiento por consolidación de una zapata aislada 73

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

LISTA DE CHEQUEO CONTENIDO DEL ESTUDIO

Según el numeral H.2.2.2 de la Norma Sismo Resistente NSR-10, el estudio geotécnico definitivo debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

Contenido Mínimo	Descripción	Ubicación en el Presente Estudio
Información del proyecto.	Debe contener nombre, plano de localización, objetivos del estudio, descripción general, sistema estructural y evaluación de cargas.	Capítulo 3
Información del subsuelo.	Resumen de la investigación y reconocimiento de las exploraciones realizadas en campo, las características físico-mecánicas del subsuelo, la descripción de los niveles freáticos y su interpretación.	Capítulos 4 y 5
Información de cada unidad geológica o de suelo.	Debe contener su identificación, espesor, su distribución y los parámetros obtenidos en las pruebas y ensayos de campo y laboratorio siguiendo los lineamientos del capítulo H.3.	Capítulo 6
Información de los análisis geotécnicos.	Resumen de los análisis y justificación de los criterios geotécnicos adoptados que incluyan los aspectos contemplados en el Titulo H y el numeral A.2.4, además de las características de resistencia (capacidad portante) y deformabilidad (asentamientos).	Capítulo 7
Recomendaciones para el diseño.	Debe contener los parámetros geotécnicos para el diseño estructural del proyecto como: tipo de cimentación, profundidad de apoyo, tipos de estructuras de contención y parámetros para su diseño, perfil del suelo para el diseño sismo-resistente, análisis de interacción suelo – estructura (empujes y coeficiente de	Capítulos 6 y 7

Contenido Mínimo	Descripción	Ubicación en el Presente Estudio
	balasto), estabilidad de excavaciones y diseño de filtros.	
Recomendaciones para construcción (sistema constructivo).	Información complementaria de acuerdo con lo establecido en el numeral H.8.1, estableciendo alternativas técnicamente factibles para problemas geotécnicos de excavación y/o construcción.	Capítulos 6 y 7
Anexos	Deben incluir los registros de perforaciones, resultados de pruebas y ensayos de campo y laboratorio, registro fotográfico y todos los aspectos que se requieran para ilustrar y justificar adecuadamente el estudio y sus recomendaciones.	Se presentan adjuntos con el estudio

Tabla 1 – Verificación lista de chequeo Norma NSR-10
Fuente: Elaboración Propia

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio geotécnico definitivo contiene los resultados de los ensayos de campo y/o laboratorio realizados para el proyecto denominado "MEJORAMIENTO DE LA CANCHA DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CENTRO POBLADO LA SIERRA DEL MUNICIPIO DE LÉRIDA DEPARTAMENTO DEL TOLIMA".

El presente estudio de suelos fue realizado en la Cancha Multiple – Parque Principal del Centro Poblado la Sierra en la zona Rural del Municipio de Lérida, contiene la caracterización y análisis de los materiales que sirven como terreno de soporte para esta edificación y su futura estructura de cubierta.

Las muestras analizadas fueron obtenidas mediante ensayos de SPT con equipo de percusión realizados en campo por el personal designado por el Geotecnista (Ing. Dairo Dueñas Morales), dichas muestras fueron obtenidas y analizadas de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma Sismo Resistente NSR–10 TITULO H "Estudios Geotécnicos" y TÍTULO K "Requisitos Complementarios" Subgrupo de Ocupación Lugares de Reunión Deportivos L-1 Tabla K.2.7-1 "Estadios y Clubes Deportivos"

La información obtenida del presente estudio sirve como insumo para el respectivo análisis y diseño de la estructura de cubierta que permita mejorar el uso y comportamiento de la cancha multiple.

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

2 OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 Objetivos Generales

El objetivo principal del estudio es determinar las características del suelo, y así definir el tipo de cimentación apropiada que garantice la estabilidad del proyecto denominado "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REMODELACION, ADECUACION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA DE LA CANCHA MULTIPLE – PARQUE PRINCIPAL, CENTRO POBLADO LA SIERRA, ZONA RURAL, MUNICIPIO DE LERIDA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA".

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar la toma de muestras inalteradas del subsuelo que servirá como soporte para la estructura de cubierta.
- ✓ Realizar ensayo SPT para determinar factores geotécnicos mediante correlación.
- ✓ Determinar el nivel freático del subsuelo mediante apiques y/o sondeos.
- ✓ Clasificar mediante metodologías A.A.S.H.T.O y S.U.C.S las muestras de suelos recolectadas para determinar sus propiedades físico-mecánicas.
- ✓ Determinar los límites de consistencia de la Subrasante de las vías objeto de estudio.
- ✓ Realizar un análisis e interpretación de los ensayos de campo y laboratorio realizados.
- ✓ Determinar la capacidad portante y de soporte de los suelos analizados, así como también determinar los asentamientos correspondientes.
- ✓ Realizar las recomendaciones particulares para el diseño y construcción de todas las obras relacionadas del proyecto.

2.3 Alcance

2.3.1 Alcance del trabajo de campo

Ejecutar mediante sondeos manuales la exploración del suelo de fundación de la estructura de cubierta proyectada para el escenario recreodeportivo de La Sierra en el Municipio de Lérida - Tolima. Los sondeos que se llevaron a cabo según la normatividad vigente son suficientes para definir en los estratos y sus caracteristicas geo-fisicas y geomecánicas (Espesor de los estratos, clasificación e identificación de los suelos, húmedad, limites de atterberg, angulo de fricción, cohesión pesos unitarios, capacidad portante, entre otros).

- ✓ Identificar y caracterizar mediante ensayo de campo del SPT (mediante correlaciones) la consistencia, capacidad portante y demás comportamientos geo-mecánicos del suelo necesarios para el diseño la cimentación requerida para el proyecto de cubierta del polideportivo.

- ✓ Determinar y caracterizar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos que servirán como soporte para la estrcutura de cubierta requerida.

Dichos trabajos se realizarán en los elementos de cimentación que se relacionan a continuación:

Sondeo	Elemento Estructural
1	Zapata D2
2	Zapata D5
3	-

Tabla 2 - Segmentos viales objeto de estudio
Fuente: Elaboración Propia

2.3.2 Alcance del documento base del estudio

El presente informe relaciona las características físico-mecánicas particulares encontradas en cada uno de los tres (3) sondeos realizados para construcción de la cubierta del polideportivo del Centro Poblado La Sierra del Municipio de Lérida en el Departamento del Tolima.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Como producto del estudio y teniendo en cuenta las metodologías establecidas para el mismo, el alcance se limita a los siguientes capítulos y entregables:

- ✓ **1. Introducción:** En este Capítulo se presenta de forma breve y general el contenido del presente estudio.

- ✓ **2. Objetivos y Alcance:** En este Capítulo se con mayor detalle la finalidad y entregables del estudio conforme a las necesidades propias del proyecto y la normatividad vigente.

- ✓ **3. Información General del Proyecto:** En este Capítulo se presenta la información general respecto a el nombre, la localización general y especifica de los sondeos, las características del proyecto, el sistema estructural, materiales y evaluación de cargas.

- ✓ **4. Información del Subsuelo:** En este capítulo se presenta toda la información correspondiente a la geología y geotecnia regional, así como las investigaciones del subsuelo realizadas (metodología, Plano de localización de sondeos, resumen de condiciones físico-mecánicas del subsuelo y nivel freático).

- ✓ **5. Ensayos de Campo y Laboratorio:** En este capítulo se presenta un cuadro resumen de los resultados de laboratorio obtenidos para el subsuelo del polideportivo, registro fotográfico de los ensayos de campo y/o laboratorio realizados, así como también el perfil estratigráfico de cada sondeo.

- ✓ **6. Caracterización de los sistemas estructurales y cimentación propuestos:** En este capítulo se presenta un resumen de los valores correspondientes al sistema estructural y tipo de cimentación, así como también los coeficientes de ajuste utilizados para el proyecto particular (basados en la normatividad colombiana vigente NSR-10), así como también se presenta un resumen de las cargas proyectadas a nivel de cimentación.

- ✓ **7. Análisis Geotécnico:** En este capítulo se presenta la clasificación de la complejidad del estudio, el grupo de uso y coeficiente de importancia del proyecto según la norma NSR-10, el cálculo de los asentamientos, los parámetros geotécnicos de diseño, la verificación de las condiciones geotécnicas

especiales del subsuelo (según requerimientos NSR-10), los estados límites de falla y/o servicio, el control de flujos de agua y diseño de filtros perimetrales.

- ✓ **8. Conclusiones:** En este capítulo se presentan las consideraciones y/o conceptos particulares del proyecto desde el punto de vista del Geotecnista conforme a las condiciones propias del subsuelo del proyecto.

- ✓ **9. Recomendaciones:** En este capítulo se presentan las recomendaciones técnicas consideradas necesarias para el cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos.

- ✓ **10. Registro Fotográfico:** En este capítulo se presentan los soportes de las actividades realizadas en campo y laboratorio como parte del presente estudio.

- ✓ **11. Anexos:** En este capítulo se relacionan de manera ordenada los anexos que hacen parte del estudio.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

3 INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

3.1 Nombre del Proyecto

El proyecto denominado "MEJORAMIENTO DE LA CANCHA DEL PARQUE PRINCIPAL DEL CENTRO POBLADO LA SIERRA DEL MUNICIPIO DE LÉRIDA DEPARTAMENTO DEL TOLIMA". Comprende la proyección y diseño de las obras necesarias para la construcción de la cubierta y adecuación de espacios de circulación del Polideportivo del centro poblado La Sierra del Municipio de Lérida en el departamento del Tolima.

3.2 Localización del Proyecto

3.2.1 Localización General

Las vías objeto del presente estudio se encuentran ubicadas en el centro poblado La Sierra del Municipio de Lérida, Departamento del Tolima.

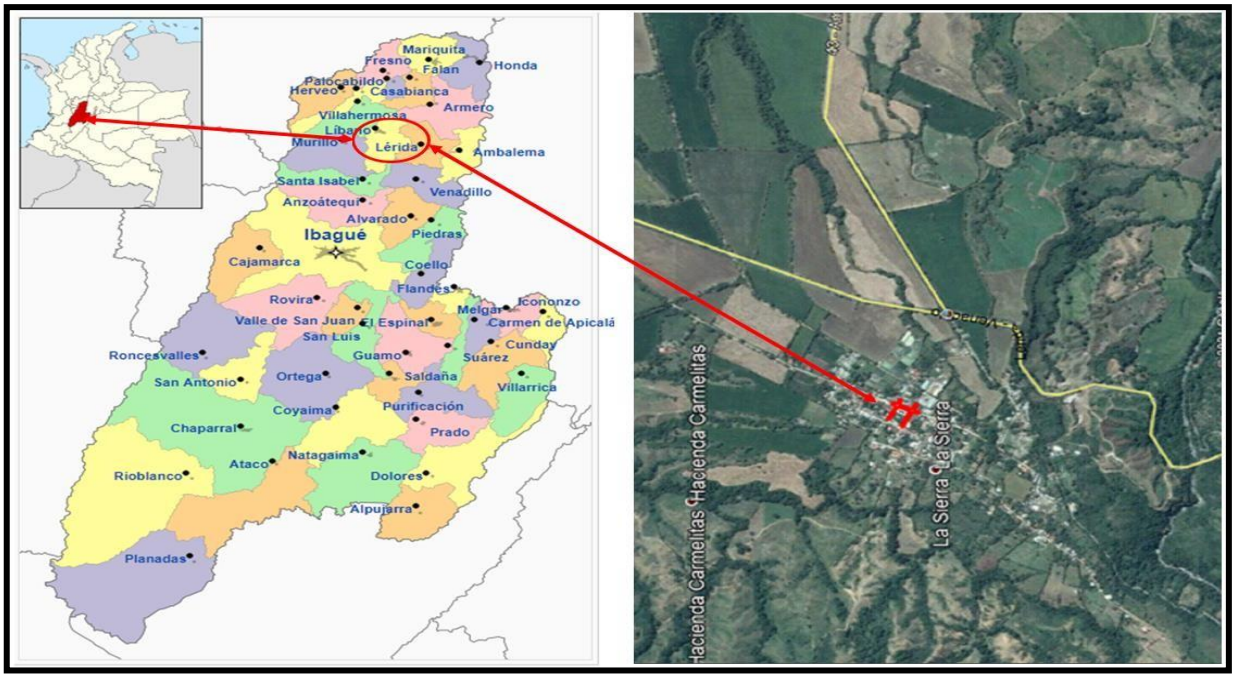


Ilustración 1 - Localización general del proyecto
Fuente: Elaboración Propia

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

La Cabecera Municipal se encuentra localizada al Norte del Departamento del Tolima a 4°51'36' de longitud norte y 74°54'47' de longitud del oeste de Greenwich, limita por el norte con el Municipio de Armero Guayabal, por el Oriente con el Municipio de Ambalema, por el Sur con el Municipio de Venadillo, y por el Occidente con el Municipio del Líbano.

3.2.2 Localización Especifica

El polideportivo del Centro Poblado La Sierra se encuentra ubicado en el centro del mismo, especificamente en la manzana que contempla las Calles 4 y 5 Entre carreras 3 y 4.

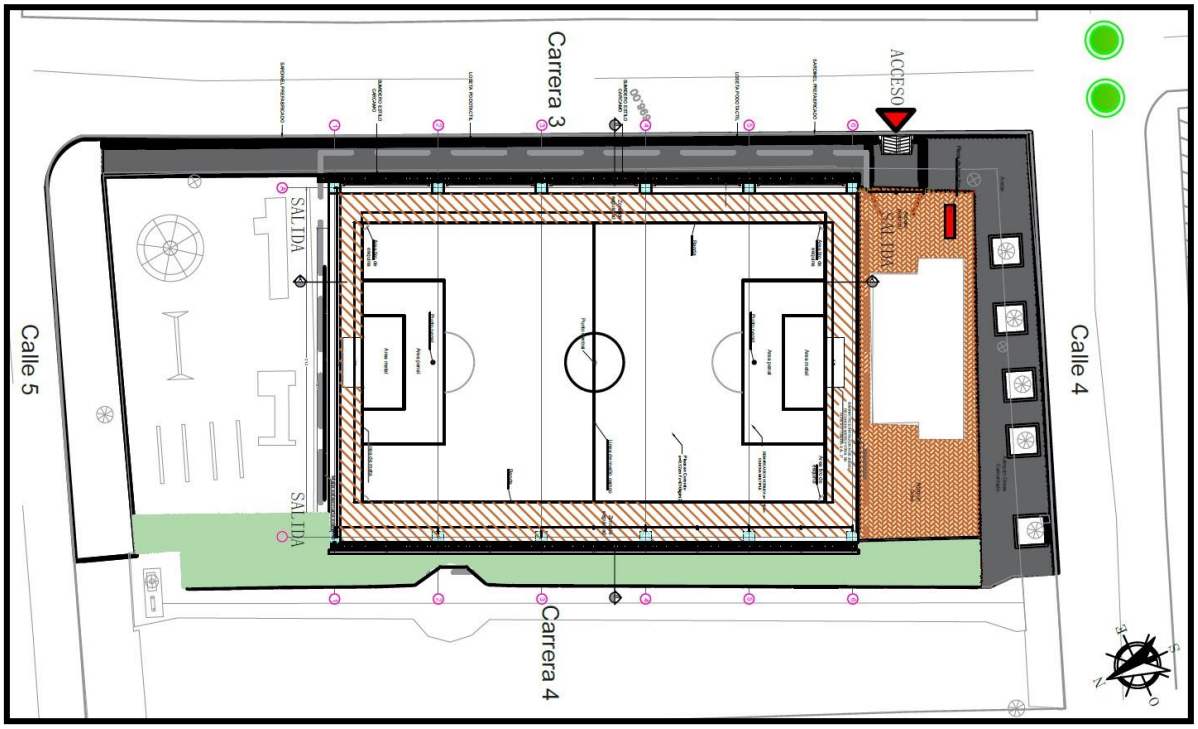


Ilustración 2 – Localización Especifica Polideportivo
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Características del Proyecto

El proyecto contempla la remodelación y adecuacion del escenario deportivo mediante la construcción de una estructura para la cubierta de la cancha multiple, el mejoramiento de los materiales que contemplan las diferentes zonas de circulación y

el cambio del piso de juego a material sintético mediante el uso de punturas y/o epóxicos .

3.4 Caracteristicas de las Edificaciones Adyacentes

Lindero	Tipo de Edificación	Descripción
Norte	Parque Infantil	Superficie en material vegetal con elementos metálicos y plásticos para uso infantil.
Sur	Tarima de eventos y Acceso peatonal al Polideportivo	Superficie en material vegetal con una tarima construida en materiales convencionales (mampostería, morteros y concreto, con cubierta en estructura metálica).
Este	Vía vehicular (Carrera 3)	Estructura en pavimento rígido (Concreto Hidráulico).
Oeste	Vía vehicular (Carrera 4)	Estructura en pavimento rígido (Concreto Hidráulico).

Tabla 3 – Relación edificaciones y/o elementos adyacentes del proyecto

3.5 Sistema Estructural

De la mano de la normativa y según la NSR-10 se pueden identificar en Colombia cuatro tipos de sistemas estructurales que ofrecen de acuerdo con sus características una alternativa a diseñadores y calculistas para resolver la transmisión de cargas de una edificación al terreno.

3.5.1 Sistema de muros de carga

Las cargas verticales son resistidas por muros de carga, no dispone de pórticos completos y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.

3.5.2 Sistema Combinado

Es un sistema estructural en el cual se cumplen alguna de las siguientes configuraciones:

- ✓ Las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o

- ✓ Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales y que no cumple los requisitos de un sistema dual.

3.5.3 Sistema de pórtico

Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

3.5.4 Sistema Dual

Es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonal.

Nota: De los anteriores, se recomienda trabajar las estructuras de las edificaciones propuestas con sistema de tipo pórtico.

3.6 Materiales de Uso Estructural

En cuanto a los materiales la Norma Sismorresistente NSR-10 permite la aplicación de materiales como el concreto estructural, las estructuras metálicas (acero estructural y perfiles de lámina doblada tipo "Framing"), mampostería estructural y estructuras de madera y guadua.

3.6.1 Estructuras de acero

Las normas contenidas en el Título F de la norma NSR-10 son aplicables al diseño de estructuras conformadas por elementos de acero o de aluminio, soldados, atornillados, o remachados. En el capítulo F.2. se establecen criterios para el diseño, la fabricación y el montaje de edificios y otras construcciones de acero estructural, donde la denominación "otras construcciones" comprende aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de forma semejante a los edificios y conformadas por similares elementos resistentes a cargas verticales y laterales.

3.6.2 Estructuras de concreto reforzado

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

El Título C proporciona los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos de concreto estructural de cualquier estructura construida según los requisitos del NSR-10. La calidad de las estructuras de concreto reforzado depende en gran medida de la mano de obra empleada en la construcción. Los mejores materiales y la mejor práctica de diseño carecen de efectividad, a menos que la construcción se haya realizado bien. La supervisión técnica es necesaria para confirmar que la construcción se ajusta a los planos de diseño y las especificaciones del proyecto.

Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras representativas de los materiales de la construcción. (Tomado del C.3.1.1. Título C. NSR-10).

3.6.3 Mampostería estructural

Cuyas normas se encuentran en el Título D de la NSR-10 y establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y sus elementos.

Los ensayos de los materiales se deben realizar siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas colombianas NTC respectivas. A falta de ellas deben seguirse las normas correspondientes de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, mencionadas en el Reglamento en el numeral D.2.3.

Las unidades de mampostería que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida), sílico-calcáreas o de piedra. Según el tipo de mampostería estructural y según el tipo de refuerzo, las unidades pueden ser de perforación vertical, de perforación horizontal o sólidas, de acuerdo con la posición normal de la pieza en el muro. (Tomado del D.3.6.1. Título D. NSR-10).

3.6.4 Estructuras de madera y guadua

Una edificación de madera diseñada y construida de acuerdo con los requisitos del Título G tendrá un nivel de seguridad comparable a los de edificaciones de otros materiales que cumplan los requerimientos del reglamento.

Se establecen dos categorías de madera aserrada de uso estructural.

- ✓ **Estructural Selecta (E.S):** Empleada en elementos portantes principales, como columnas, vigas maestras, vigas de amarre, cerchas, arcos, pórticos, viguetas de piso, dinteles, pies derechos de paneles portantes, voladizos, escaleras, cimbras y formaletas.

- ✓ **Estructural Normal (E.N.):** empleada únicamente y como segunda alternativa, en elementos portantes secundarios, como correas, cuchillos, contravientos, riostras, separadores, remates, pie-de-amigos, tacos, puntales y elementos temporales y con la reducción señalada en la tabla G.1.3.1.

Nota: De los anteriores, se recomienda trabajar las estructuras de las edificaciones propuestas con material tipo concreto reforzado.

3.7 Evaluación de Cargas

Los efectos de las cargas en los diferentes elementos de la estructura y sus conexiones deben determinarse utilizando métodos aceptados de análisis estructural, teniendo en cuenta los principios de equilibrio, estabilidad general, compatibilidad de deformaciones y las propiedades de los materiales tanto a corto como a largo plazo.

En aquellos elementos que tiendan a acumular deformaciones residuales bajo cargas de servicio sostenidas (flujo plástico) debe tenerse en cuenta en el análisis sus efectos durante la vida útil de la estructura.

Para el presente proyecto se deben considerar como mínimo las siguientes cargas:

3.7.1 Cargas Muertas

La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo su estructura, los muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. Las fuerzas netas de pre-esfuerzo deben incluirse dentro de la carga muerta.

Dentro de las cargas muertas deben incluirse la masa correspondiente de todos los equipos fijos que estén apoyados sobre elementos estructurales tales como ascensores,

bombas hidráulicas, transformadores, equipos de aire acondicionado y ventilación y otros.

Nota: Los valores mínimos de masa y de carga de materiales y elementos no estructurales se encuentran definidos en los numerales B.3.2, B.3.3 y B.3.4.

3.7.2 Cargas Vivas

Las cargas vivas son aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de la edificación y no deben incluir cargas ambientales tales como viento y sismo.

Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas pueden ser menores que las cargas vivas mínimas que se dan en las tablas B.4.2.1-1 y B.4.2.1-2.

Nota: Las edificaciones expuestas a excitaciones dinámicas producidas por el público tales como: estadios, coliseos, teatros, gimnasios, pistas de baile, centros de reunión o similares, deben ser diseñadas de tal manera que tengan frecuencias naturales verticales iguales o superiores a 5 Hz (períodos naturales verticales menores de 0.2 s).

3.7.3 Empuje de Tierra

En el diseño de los muros de contención de los sótanos y otras estructuras aproximadamente verticales localizadas bajo tierra, debe tenerse en cuenta el empuje lateral del suelo adyacente. Igualmente deben tenerse en cuenta las posibles cargas tanto vivas como muertas que puedan darse en la parte superior del suelo adyacente.

Cuando parte o toda la estructura está por debajo del nivel freático, el empuje debe calcularse para el peso del suelo sumergido y la totalidad de la presión hidrostática. Deben consultarse los requisitos del Título H del Reglamento.

3.7.4 Fuerzas de Viento

Las cargas de diseño para edificios y otras estructuras, incluyendo el SPRFV y todos los componentes y elementos de revestimiento de estos, se determinarán usando uno de los siguientes procedimientos:

- ✓ **Método 1** — Procedimiento Simplificado, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.4

- ✓ **Método 2** — Procedimiento Analítico, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.5.

- ✓ **Método 3** — Procedimiento de Túnel de Viento como se especifica en la sección B.6.6.

3.8 Fuentes de Información

Se consultó y recopiló información de tipo institucional elaborada por la secretaria de Infraestructura Municipal de Lérida - Tolima, la cual sirvió como insumo para la elaboración de tablas e ilustraciones por parte del consultor.

De igual forma se ha tomado información primaria en campo durante el periodo de toma de muestras en la zona de influencia del proyecto.

3.9 Responsabilidad del Estudio

La responsabilidad se encuentra a cargo del profesional especializado que participa en su elaboración (Ingeniero Especialista), quien suscribe el respectivo memorial de responsabilidad que hace parte integral del presente diseño. (Ver Anexo 1)

- ✓ Dairo Dueñas Morales (Ingeniero Especialista)

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

4 INFORMACIÓN DEL SUBSUELO

Geológicamente el territorio del Departamento del Tolima está conformado por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias con edades entre el Proterozoico y el Neógeno, así como acumulaciones sedimentarias, volcánicas y volcano-clásticas del Holoceno y Reciente.

Estas rocas han sido agrupadas en unidades tiempo (cronoestratigráficas) y unidades roca (litoestratigráficas), algunas con denominación informal y otras que cumplen con las recomendaciones de la Comisión Estratigráfica de Norteamérica (NORTH AMERICAN COMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE, 1983).

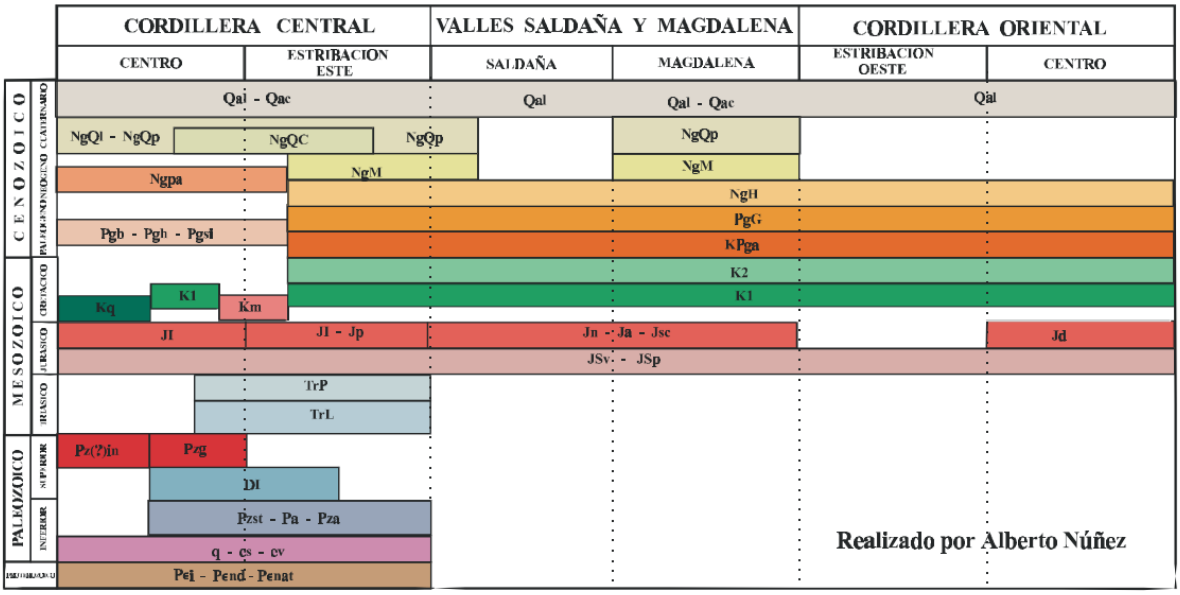


Ilustración 3 - Resumen estratigráfico del Tolima
Fuente: Memoria explicativa mapa geológico del Tolima

4.1 Geología

El estudio geológico del Municipio es básico para conocer las condiciones estructurales y la composición del subsuelo, como también, información sobre los tipos de suelos que están expuestos en superficie. De igual forma, nos permite identificar tanto las potencialidades representadas por la ocurrencia de acuíferos, yacimientos de minerales y materiales para la construcción y las limitaciones que implican los fenómenos geológicos que constituyen fuentes de amenaza para la comunidad.

4.1.1 Unidades Estratigráficas

En el área Municipal de Lérida afloran rocas metamórficas que datan del Paleozoico; Mioceno - Holoceno y del Pleistoceno, fragmentos de origen volcánico que datan del Mioceno, compactación de sedimentos depositados del Triásico y el Jurásico, geosinclinal del Valle del Magdalena originado por fuerzas de comprensión que formaron estratos escalonados orientados en dirección este-oeste que aparecieron a comienzos del cretáceo, rocas sedimentarias de edad terciaria y depósitos del cuaternario de la Formación Honda y Abanico de Lérida que cubre casi toda la parte plana del Municipio.

De lo anterior se puede inferir que el Municipio se caracteriza geológicamente por ser muy joven, comenzando a formarse en épocas de actividad volcánica de la Cordillera Central, siendo el tectonismo y el volcanismo factores dinámicos de su formación.

A continuación, se describen las diferentes formaciones, unidades, rocas, estructuras geológicas y los principales rasgos geomorfológicos presente en el Municipio de Lérida:

4.1.1.1 Anfibolitas y Neises (Pea) con ocasionales zonas de filitas, cuarzo-filitas grafitosas y esquistos de aluminio.

Barrero y Vega (1970) utilizaron este nombre para los complejos que afloran en las estribaciones orientales de la Cordillera Central. Esta unidad se ubica en el área occidental del Municipio de Lérida donde hace su presencia la cordillera y se presenta sobre las Veredas San Antonio, Alto El Bledo, el Sector de Padilla Baja de ubicación nor-oeste del Municipio y las Veredas: Altamirada, Los Planes, Delicias, del sector sur oeste y se observan algunas apariciones en Alto el Sol y Alto el Bledo.

Las anfibolititas y Neises (Pea) están constituidas por Anfibitol (Horblenda) y Plagioclasa, siendo el primero ligeramente más abundante. También se reportan Neises Biolíticas, Neises Anfiboliticos, Mármol y Rocas con Silicato de Calcio.

Los sectores de Cuarcitas son de aparición esporádica en los sectores de los Neises. Sobre estas unidades se ha desarrollado en morfología de cerros y colinas ramificadas, los Neises son materiales menos resistentes a la meteorización en comparación con las Anfibolitas. Esta unidad presenta una ubicación geográfica sobre el Municipio de Lérida similar a la de las Anfibolitas, en la Vereda Alto el Bledo, San Antonio y un sector de Altamirada.

4.1.1.2 Complejos Metamórficos del Paleozoico (Pes)

Esta unidad presenta una relación poca clara con las rocas meta sedimentarias de Santa Teresa; están representados principalmente por filitas y esquistos negros cuarzo - sericiticas y de albita-epidota, cuarcitas y en menor proporción anfibolitas, neises cuarzo-feldespático-bióticos y mármoles.

Dicha unidad ocupa un sector de la Cordillera Central, ubicándose en el sector de las Veredas Padilla y Las Delicias, separadas por los complejos precámbricos por fallas de dirección NNE-SSW.

Los esquistos negros, son de grano fino, lustre sedoso, color negro cuando frescas y gris claro cuando están alteradas; se observa venas de cuarzo lechosa entre las planas de foliación. Sus componentes principales son, cuarzo; feldespato, sericita, grafito y trazas de pirita.

Los esquistos verdes se componen de anfíbol, clarita, albita, epidota y en menor cantidad cuarzo; las cuarcitas son de grano fino se componen principalmente de cuarzo y algo de feldespato, son poco abundantes.

Esta unidad presenta resistencia a la erosión moderada a baja, siendo los esquistos negros lo más susceptibles a la degradación. Las siguen en resistencia los esquistos verdes y las cuarcitas.

4.1.1.3 Rocas de Santa Teresa (Pzst)

Maya y González utilizaron este nombre para describir un conjunto de rocas metamórficas que conforman el núcleo de la Cordillera Central y que fue inicialmente llamada por Nelson (1962) Grupo Santa Teresa.

La unidad aflora sobre las carreteras Armero-Líbano y San Felipe - Falan, y en la mayoría de las corrientes de agua que cortan el Flanco oriental de la Cordillera Central. Sus orígenes datan de los periodos Proterozoico y Cretáceo.

El complejo está formado por una gran variedad de rocas producto de metamorfismo regional medio a bajo grado, facies esquisto verde hasta anfibolita. La litología más frecuente es de esquistos de clorita-albita-epidota, clorita-albita-antinolita, cuarzo-sericita-grafiíta, cuarcitas y cuarcitas biotificas. Los colores dominantes son verdes y grises a negros. Subordinadamente se encuentran mármoles, esquistos micáceos, esquistos anfiboliticos y ocasionalmente anfibolitas, las relaciones estratigráficas entre

las diferentes litologías, son complejas, Feininger (1.972), considera que las cuarcitas representan la parte más alta de la secuencia.

La secuencia original debió estar conformada por sedimentos ricos en materia orgánica, arenas cuarzosas, flujos lavicos y depósitos de tobas, conformando una acumulación Vulcano-sedimentaria marina.

Hasta la fecha no se han encontrado fósiles que permiten dar una edad precisa para la unidad. En diferentes zonas de la cordillera central se han efectuado dotaciones radio métricas, especial mente por el método K-Ar, que han dado una gran variedad de cifras entre el paleozoico y el paleógeno, con base en esta información, diferentes autores han planteado edades que se extienden entre el proterozoico y el cretáceo-paleógeno.

En el complejo Santa Teresa se conocen y explotan varias mineralizaciones filonianas de oro-plata, asociadas a intrusivos y pórfidos. Igualmente se explotan zonas talcosas y rocas de enchape, provenientes de 10S esquistos ver (clorótico-actino líticos), ubicados en Padilla alta (límites con Líbano) parte superior de la vereda las Rosas en límite con Padilla baja, y dos secciones pequeñas en los planes.

4.1.1.4 Batolito de Ibagué (Jgdi)

Cuerpo plutónico correspondiente al batolito de Ibagué (Jcdi) es una roca cuarzodiarita horblendica-biotitica, leucorática a mesocrática, con textura holocristalina, inequigranular, de grano grueso, a veces medio, hipidiamorfica, que presenta variaciones a granodiarita y diarita cuarzosa; en dichas rocas son apreciables los contenidos de plagioclasa, horblenda y bitita, en menor proporci6n feldespato potásico.

Se ubican diques de andesitas, dacitas, de color gris y verde azuloso al igual que venillas de cuarzo y de feldespato potásico. Presenta una morfología de montañas ramificadas, laderas de pendientes abruptas y largas, crestas agudas y drenaje dendrítico a drenaje dendrítico denso.

La distribución geográfica del Municipio de Lérida se presenta en el sector oeste y se presenta desde la Vereda Padilla, Coloya recorriendo Alto Bledo, Alto el Sol, Alto Megue, Las Delicias.

4.1.1.5 Grupo Honda (Tsh)

Hettner (1892) utilizó el nombre de ¨Honda Sandstein¨ para denominar una secuencia cuya sección tipo en concepto de Butler (1942) se encuentra en la cordillera de San Antonio al este de Honda, la unidad fue redefinida, subdividida y extendida al valle

superior del Magdalena por varios autores, entre los que se encuentra Butler (1942), Royó y Gómez (1942), Fields (1959), Perta (1965-1966) quien fue el primero en elevar la unidad a la categoría de grupo y cuellman (1970).

El Grupo Honda se extiende a lo largo del Valle del Río Magdalena, en una franja que cruza el departamento del Tolima de sur a norte; la mayor extensión se encuentra a la altura de Coyaima y Castilla hasta Flandes; a partir de allí se estrecha, ampliándose de nuevo en los alrededores de Piedras hasta Honda. Pero debido a su escaso buzamiento, no presenta buenas exposiciones, en el municipio de Lérida la encontramos haciendo parte de las colinas en las Veredas las Rosas y Coloya y un pequeño afloramiento en el borde del Río Bledo cerca de la Cabecera Municipal de Lérida, y en los sectores más elevados del abanico de Lérida en el sector plano del Municipio.

En el extremo sur del valle medio del Magdalena que corresponde al norte del Tolima, está constituida, en la parte inferior, por areniscas y arcillolitas de color rojo y gris, con algunos conglomerados, con escasos fragmentos de origen volcánico. Luego se presentan intercalaciones de conglomerados, conglomerados arenosos, areniscas con abundantes fragmentos volcánicos, en menor proporción arcillositas. En la parte superior hay predominio de capas rojas de lutitas y areniscas de grano fijo sin fragmentos volcánicos.

Estos sedimentos invariablemente presentan estratificación cruzada, afloran como cerros testigos o remanentes de erosión al centro y al oeste del distrito de riego de Río Recio, los sedimentos sobresalen entre 30 y 20 Mts por encima de la morfología plana Regional y en extensión representa menos del 2% de la Roca aflorantes, Además en casi toda el área, el Grupo de Honda aparece en pequeños afloramientos sobre las partes altas de las pequeños ondulaciones, donde ha sido destapada por la Erosión o por los cortes de las carreteras y carreteables. Estos afloramientos debido a su poca extensión no son cartografiadle en su totalidad.

Estos sedimentos invariablemente presentan estratificación cruzada, afloran como cerros testigos o remanentes de erosión al centro y al oeste del distrito de riego de Río Recio, los sedimentos sobresalen entre 30 y 20 Mts por encima de la morfología plana Regional y en extensión representa menos del 2% de la Roca aflorantes, Además en casi toda el área, el Grupo de Honda aparece en pequeños afloramientos sobre las partes altas de las pequeños ondulaciones, donde ha sido destapada por la Erosión o por los cortes de las carreteras y carreteables. Estos afloramientos debido a su poca extensión no son cartografiadle en su totalidad.

Las Areniscas son de color amarillo, grano fino, forma esférica, mal redondeada y mal seleccionadas predominantes cuarzosas y en menor proporción chert negro y material

volcánico con matriz arcillosa y cemento silicio. Corresponde a las areniscas sal y pimienta que se caracteriza por su aspecto sucio y poca cementación dentro de estas areniscas hay lentes de conglomerados amarillentas, con clastos hasta de 4cm en promedio, predominantemente cuarzos y en menor proporción, chert negro y rojo y rocas volcánicas.

Las Arcillas son limosas de color rojo y aparecen ínter estratificadas con areniscas y conglomerados.

Los conglomerados son también de color amarillo, con gravilla de 6cm de diámetro en promedio, redondeada a subred ondeada, medianamente seleccionada, predominantemente cuarzosa, con chert negro y rocas volcánicas tipo andesitas y dacitas, matriz de material volcánico y cemento silicio.

Las condiciones Geotécnicas de las Rocas de la formación Honda no soportan obra de Ingeniería, pero si constituyen excelentes materiales de construcción.

4.1.1.6 Cono Aluvial de Lérida (Qca)

La edad del cono Aluvial de Lérida es del pleistoceno y ocupa aproximadamente un 80% del área del Municipio, la cual aproximadamente ocupa el 35% del total del Municipio.

Está limitado al oeste por la zona de Piedemonte del flanco oriental de la Cordillera central, al norte por los ríos Bledo y Lagunilla, al sur por el Río Recio, y al este por una línea de dirección aproximada Norte-Sur que es paralela al Río Magdalena.

Porta de 1.966, distingue tres (3) partes en el cono de Lérida. La parte inferior formada por arenas tobáceas con fragmentos de rocas efusivas, intrusitas y metamórficas. Las primeras se encuentran en proporción del 90% y corresponde a Andesitas y Dacitas provenientes del Volcán-Nevado del Ruiz. Reposando sobre los depósitos anteriores aparecen arenas tobáceas que localmente pueden distinguir franjas formadas exclusivamente por piedra pómez. La parte superior del cono está continuada por una masa principalmente de rocas efusivas. Las rocas ígneas y metamórficas se encuentran en proporciones inferiores al 10% de los fragmentos de rocas efusivas alcanzan tamaños superiores a 1mts.

Esta unidad aflora principalmente en las veredas Iguacitos, El Censo, La Sierra, el Sector Oasis y la Insula. En la ciudad se practican las explotaciones agrícolas más intensas.

Las condiciones Geotécnicas nos muestran que la parte superior del cono de Lérida es permeable, poco cementada y debajo cohesión.

Las Arenas tobáceas con lentes de pumitas, localizada en la zona intermedia del cono son sedimentos medianamente sentados, ligeramente sueltos, friables y porosos. Los lentes de pumita que tienen es promedio 50cms de espesor y que las capas de areniscas, están constituidas por fragmentos sueltos, fácilmente erosionables y altamente porosos y permeables. Estos niveles de pumita requieren una observación especial para las obras civiles ya que, dada su permeabilidad, puede permitir el flujo del agua. Igualmente debe dársele a las arenas tobáceas.

Los conglomerados arenosos de la parte inferior del cono, son una masa rocosa bien cementada compacta, impermeable, de alta cohesión y difícilmente erosionable. Las obras civiles que se apoyen sobre estos sedimentos no tienen problemas de estabilidad y además dado su carácter impermeable y su ausencia de fracturamiento, no permite la infiltración del agua hacia los cauces subterráneos.

4.1.1.7 Terrazas Aluviales (Qt)

Son acumulaciones de gravas y arenas las cuales aparecen ligeramente por encima de los cauces actuales de los Ríos Lagunilla y recio donde se depositaron y por debajo de la meseta formada por el cono aluvial de Lérida.

Aparecen recostadas contra el Río Lagunilla, desde la confluencia en este del Río Bledo hasta la desembocadura del Río Lagunilla en el Río Magdalena, en las Veredas Las Rosas, Coloya, Bledonia y parte alta de la Insula, el Oasis, Tierras Libres e Iguacitos.

Las gravas corresponden a fragmentos de diferentes colores, con tamaños que varían desde 3cm hasta 1Mt, forman Redes tubulares a esféricas, medianamente a bien redondeadas, mal seleccionadas, de composición principalmente andesitita a dacita y en menos proporción cuarzo dioritas, anfibolitas, neises cuarzo feldespáticos y fragmentos de pumita en una matriz ligeramente arcillosa.

Las condiciones Geotécnicas de los sedimentos que forman las terrazas son altamente permeables, debido a su poca compactación y a su escasa cementación.

4.1.1.8 Aluviones Recientes (Qal)

Son depósitos altamente permeables de gravas, arenas y en menor proporción Arcillas, restringidos a los cauces actuales del Río Lagunilla, Bledo y Recio. Localmente a algunas quebradas. Los depósitos de los Ríos mayores, presentan mayor sedimento, mayor

selección y tamaño y gran variedad de composición y destacándose las Rocas ígneas y metamórficas su extensión y espesor tiene relación directa con la corriente que los forma.

Las condiciones Geotécnicas de los depósitos aluviales, son depósitos altamente permeables, no compactos y carentes de cementación.

4.1.1.9 Grupo de Cajamarca (Pst)

Se utiliza este nombre, propuesto por Maya y González (1995), para describir un conjunto de rocas metamórficas que conforma el núcleo de la Cordillera Central y que fue inicialmente llamado por Nelson (1962) Grupo Cajamarca.

Se ubica en la cima de la cordillera sus afloramientos son escasos, debido a la cubierta de rocas volcánicas que cubre la unidad. Se trata de un grueso conjunto de rocas metamórficas, constituido por intercalaciones de esquistos de color negro a gris y verde; estas variaciones de color se deben a la composición mineralógica de las rocas. En los primeros, que son las rocas dominantes, se encuentran esquistos de cuarzo, sericita y grafito y esquistos cuarzosos; en los segundos predominan esquistos de albita, clorita, actinolita y epidota, ocasionalmente anfibolitas. Se reportan franjas de esquistos anfibólicos y algunos lentes de cuarcitas y cuarcitas biotíticas. Las relaciones estratigráficas entre las diferentes litologías que conforman la unidad son complejas.

El Complejo Cajamarca es instruido por el Batolito de Ibagué, tiene contacto tectónico con los Neises y Anfibolitas de Tierradentro y no son claras las relaciones con las Rocas de Santa Teresa, si bien en el Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 (Barrero y Vesga, 1976), se observa en parte discordante y en parte tectónico.

Para el Complejo Cajamarca se han planteado edades que se extienden entre el Proterozoico y el Cretáceo – Paleógeno; la edad más aceptada es Paleozoico temprano sin descartar del todo el Precámbrico. Las investigaciones realizadas hasta la fecha no permiten aún, con suficiente certeza, apoyar una u otra hipótesis (Núñez, 1997).

4.1.1.10 Derrubios Recientes (Qdp)

Los depósitos coluviales, también conocidos como depósitos de pendiente, son acumulaciones dejadas por diferentes tipos de movimientos en masa como deslizamientos y desprendimientos.

Están constituidos por fragmentos angulares y de diverso tamaño de diferente tipo de roca, predominando en ellos los correspondientes a la unidad geológica que constituye

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

el área en donde se presentan, rodeados por una matriz arenosa o areno-arcillosa, que puede ser más o menos abundante. Por ejemplo, en los depósitos de caída de detritos o rocas la matriz por lo regular es ausente. Los coluviones son de edad reciente y muchos de ellos se formaron en los últimos años.

4.1.2 Geología Estructural

La única estructura geológica de importancia dentro del Municipio de Lérida corresponde a la Falla del alto Magdalena y pasa al oeste de la localidad en la divisoria de la zona plana con la zona de ladera. Es un desplazamiento vertical de dirección aproximada norte-sur, se manifiesta claramente por el fuerte alineamiento presente de rocas cristalinas antiguas y los sedimentos del con aluvial de Lérida.

Una de las estructuras Geológicas de importancia corresponde a la falla del Alto Magdalena y pasa al oeste de las localidades de Lérida. Es una falla desplazamiento vertical, de dirección aproximada norte-sur, es más joven que el basamento Cristalino presente en la cordillera central, y ocasiono el hundimiento del valle del Río Magdalena, donde se depositaron los sedimentos de origen continental de las formaciones Honda y del cono aluvial de Lérida. Se manifiesta claramente por el fuerte alineamiento presente las rocas cristalinas antiguas y los sedimentos del cono aluvial de Lérida. Esta falla se considera que esta inactiva.

Esta estructura tiene incidencia importante en el asocio de las estructuras y sus lineamientos principales N-S a NNE-Sse y la trasversal en sentido NW-SE a E-W.

Dentro del sistema de fallas con dirección N-S a NNE-SSE encontramos la falla del este en la cual se ubica el convenio, que separa de esquistos, de anfibolitas y de neises; también se ubica la de el Alto Bledo que presenta una separación de la formación de neises con los complejos metamórficos del Paleozoico conformado por filitas y esquistos veredas; esta misma división de fallamiento en complejos se ubica en San Antonio.

Transversalmente el sistema principal de fallas se encuentra unos lineamientos en dirección NW-SE y E-W; los rangos estructurales con este direccionamiento se asocian con la orogenia Andina del Mioceno-Plioceno; los alineamientos E-W se relacionan con el sistema de Gana palos pertenecientes a edad similar a la orogenia Andina. Debido a estos desarrollos podrían llegar a ser más importantes como amenazas por ser más recientes a, aunque son menos notorios y desarrollados, los sectores Alto Bledo en uno de los drenajes del río Nuevo.

Otro de los aspectos estructurales es en lo pequeños afloramientos de la formación Honda en su ligero plegamiento sobre las formaciones aledañas, además la

discordancia angular producto de su disposición continental la cual no prevee problemas geotécnicos.

4.1.3 Fisiografía y Suelos

Las Unidades Cartográficas encontradas y definidas en la caracterización de suelos se realizó con base en el Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima, Ibagué, 1997, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.), las cuales se encuentran definidas por símbolos que están compuestos por tres letras mayúsculas, una o más minúsculas y un número arábigo como subíndice.

La primera letra mayúscula identifica el paisaje, la segunda el clima y la tercera el contenido pedológico de la unidad de mapeo; las letras minúsculas indican fases por pendiente, pedregosidad e inundación y el número arábigo el grado de erosión. Los símbolos utilizados en este estudio, son:

- ✓ **Paisaje**

SIMBOLO	DESCRIPCION
M	Paisaje de montaña
L	Paisaje de lomerío
P	Paisaje de piedemonte
V	Paisaje de valle

Tabla 4 – Relación Paisajes

- ✓ **Clima**

SIMBOLO	DESCRIPCION
N	Clima Nival,
A	Clima Subnival pluvial
D	Clima Extremadamente frío muy húmedo
G	Clima Muy frío y muy húmedo
K	Clima Frío húmedo y muy húmedo
Q	Clima Medio húmedo y muy húmedo
R	Clima Medio y seco
V	Clima Cálido húmedo
W	Clima Cálido seco

Tabla 5 - Relación Clima

- ✓ **Gradiente de Pendiente**

SIMBOLO	DESCRIPCION
a	Con pendientes que van de 0 a 3 %
b	Con pendientes que van de 3 a 7 %

SIMBOLO	DESCRIPCION
c	Con pendientes que van de 7 a 12 %
d	Con pendientes que van de 12 a 25 %
e	Con pendientes que van de 25 a 50 %
f	Con pendientes que van de 50 a 75 %
g	Con pendientes mayores a 75 %

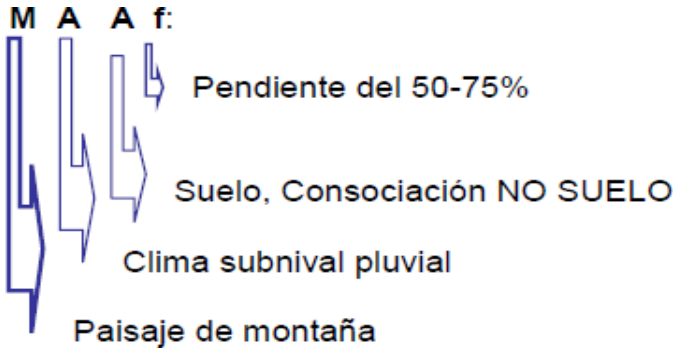
Tabla 6 - Relación de Gradiente de Pendiente

- ✓ **Grados de Erosión**

SIMBOLO	DESCRIPCION
1	Erosión ligera
2	Erosión moderada
3	Erosión severa

Tabla 7 - Relación de Grado de Erosión

Ejemplo:



4.1.3.1 Suelos del Paisaje de Montaña en Clima Medio Húmedo y muy Húmedo – MQ

Comprende altitudes entre 1.000 y 2.000 metros. Y corresponde a la zona de vida del Bosque Muy Húmedo Premontano, con precipitaciones anuales de 2.000 a 2.900 mm y temperaturas entre 18 y 24 °C. El relieve varía desde ondulado hasta fuertemente escarpado. Los suelos se han desarrollado de varios materiales, desde cenizas volcánicas hasta rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Esta zona de clima medio húmedo y muy húmedo es una de las más explotadas en actividades agrícolas, especialmente en cultivo de Café, caña panelera, plátano, yuca y frutales.

Consociación Typic Hapludands – MQB

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Esta unidad se caracteriza por el tipo de relieve de filas y vigas con pendientes del 50 al 75%. Los suelos son profundos, desarrollados de cenizas volcánicas que se depositaron sobre esquistos cloríticos; presentan erosión hídrica de tipo laminar en grado ligero. Su uso más frecuente es el cultivo del café y algunos frutales. Las fuertes pendientes y la erosión son los mayores limitantes del uso de estos suelos.
De acuerdo con la pendiente y el grado de erosión se separó la siguiente fase:

MQBf1: Fase de pendiente 50 – 75%, erosión ligera. (Subclase VIIt, por su capacidad de uso). Tiene un área de 1.469,77 hectáreas correspondientes al 5,65% del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Hapludands (Perfil TL-5):** El material parental está constituido por cenizas volcánicas, son bien drenados, profundos y están afectados por erosión ligera. Estos suelos son ligeramente ácidos, tienen capacidad catiónica de cambio alta, materia orgánica alta, saturación de bases media y fósforo aprovechable bajo. Su fertilidad es moderada. La susceptibilidad a la erosión y las pendientes fuertes constituyen los mayores limitantes del uso.

Consociación Typic Tropotthents – MQJ

Esta unidad corresponde al tipo de relieve denominado cañones y taludes. El relieve es muy escarpado, las pendientes son mayores del 75% y se observa erosión ligera y fenómenos de deslizamientos y desprendimientos de rocas. Los materiales parentales son esquistos y arenas volcánicas. Se separó la siguiente fase:

MQJg1: Fase de pendiente mayor de 75% erosión ligera. (Clase VIII, por su capacidad de uso). Esta unidad cuenta con 1,4916 ha, es decir el 0,006% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Troporthents (Perfil PT-11**): Estos suelos se encuentran en los sectores de relieve muy escarpado y de pendientes empinadas; son muy superficiales, bien drenados y poco evolucionados. Su uso es restringido debido a las fuertes pendientes, se debe conservar la vegetación natural. Según los análisis químicos son suelos ácidos a ligeramente ácidos, de capacidad catiónica de cambio mediana, saturación total de bases alta y disponibilidad de fósforo para las plantas muy baja. Su fertilidad es baja.

- ✓ **Suelos Typic Humitropepts (Perfil PTY-40):** Se ubican en las zonas de relieve más suave. Los suelos se han desarrollado a partir de esquistos. Químicamente son suelos ácidos, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases alta, de baja disponibilidad de fósforo y fertilidad baja.

Consociación Typic Hapludands-MQK

El tipo de relieve al cual corresponde esta unidad es el de lomas caracterizadas por su poca altura, con domos redondeados y alargados. El relieve es fuertemente ondulado a quebrado y se observa erosión ligera en algunos sectores con pendientes fuertes. El material parental está constituido por cenizas volcánicas que han sido depositadas sobre flujos de lodo volcánico (lahares) y sobre andesitas. La vegetación natural ha sido destruida en su mayor parte y sus suelos dedicados principalmente al cultivo del café, con o sin sombrío y a la ganadería extensiva. De acuerdo a las variaciones de pendientes y el grado de erosión se han delimitado la siguiente fase:
MQKe1: Fase de pendiente 25 – 50%, erosión ligera. (Subclase Vit, por su capacidad de uso). Esta unidad cuenta con 1.020,42 ha, es decir el 3,92% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Hapludands (Perfil PT-10):** Estos suelos han evolucionado a partir de cenizas volcánicas y presentan un perfil modal con un horizonte A de 28 cm de espesor, color pardo muy oscuro, textura (al tacto) franca, estructura blocosa moderada y porosidad alta. El horizonte B es muy espeso, profundiza hasta más de 150 cm, tiene colores pardos amarillentos, textura franca, estructura blocosa y porosidad alta. Químicamente se caracterizan por ser ácidos, de capacidad catiónica de cambio muy alta, saturación total de bases baja a muy baja y contenidos muy bajos de fósforo disponible para las plantas. Su fertilidad es moderada.

4.1.3.2 Suelos del Paisaje de Montaña en Clima Cálido Seco (MW)

Este paisaje de montaña corresponde a altitudes inferiores a 1000 metros y comprende los tipos de relieve de Filas-Vigas, espinazos, colinas, lomas y los vallecitos intermontanos y que por lo general se presentan formando cañones de taludes fuertemente escarpados. Es un paisaje seco con precipitaciones de 700 a 2.000 mm. y con temperaturas promedias mayores de 24 °C, por lo cual se registran altos niveles de evapotranspiración. Pertenece a la zona de vida de Bosque Seco Tropical.

De acuerdo a las variaciones de los tipos de relieve, material litológico y taxonomía de los suelos, se identificaron las siguientes asociaciones las cuales se estudian a continuación.

Complejo Typic Ustorthents - Typic Ustropepts – MWB

La unidad se ubica en las estribaciones de la Cordillera Central entre los 400 – 1000 metros de altitud en relieve quebrado a fuertemente quebrado, con pendientes 25 –

50 – 75%. Los materiales geológicos son tonalita y granodioritas del batolito de Ibagué. Corresponde a la zona e bosque seco tropical; las precipitaciones promedias anuales son del orden de 1000 a 1700 mm y las temperaturas superiores a los 240C.

La vegetación natural ha sido destruida completamente y las tierras están utilizadas con ganadería extensiva. El mal uso de los suelos ha provocado una erosión laminar moderada asociada con frecuentes deslizamientos. Los limitantes principales del uso son la erosión, la pendiente y la profundidad efectiva de los suelos.
De acuerdo con la pendiente y el grado de erosión se separaron las siguientes fases:

MWBf2: Fase de pendientes 50 – 75%, erosión moderada. (Subclase VIIts, por su capacidad de uso). Esta unidad cuenta con 1.145,8235 ha, es decir el 4,41% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthents (Perfil TS – 52):** Estos suelos se localizan en áreas de mayor pendiente en el tipo de relieve de filas y vigas; son bien a excesivamente drenados y superficiales, limitados en su profundidad por la cuarzodiorita material del cual se han originado. Desde el punto de vista químico tienen reacción ácida, capacidad catiónica de cambio media, bases totales medias, saturación de bases alta, carbón orgánico bajo, contenido de fósforo asimilable para las plantas muy bajo y la fertilidad baja. Suelos utilizados ganadería extensiva, limitados en su uso por la erosión, las pendientes fuertes y la poca profundidad efectiva.

Asociación Afloramientos Rocosos Typic Ustorthents – MWD.

Corresponde al tipo de relieve de cañones y taludes ubicados a lo largo del Río Lagunilla, como también en los Ríos Gualí, Sabandija, Recio y Combeima. El relieve es muy escarpado con pendientes mayores de 75% y erosión ligera, con algunos desprendimientos de rocas.

El material parental está constituido por esquistos, principalmente los cuales afloran en un 60% y por arenas volcánicas que originan suelos poco diferenciados, muy superficiales y excesivamente drenados. En algunos sectores esta unidad se prolonga hacia el paisaje de piedemonte.

Estas tierras deben mantenerse exclusivamente bajo cobertura vegetal protectora, para regular los caudales de los ríos y evitar los procesos erosivos. Integran esta unidad afloramientos rocosos en un 60% y suelos Typic Ustorthents en un 40%. Se separó la siguiente fase: (ambas de clase VIII, por su capacidad de uso).

MWDg1: Fase de pendiente de 75%, erosión ligera. Esta unidad tiene una representatividad del 6,41%, es decir 1.666,26 hectáreas del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthents (Perfil BT-61):** Se ubican en las áreas menos escarpadas de la unidad y se caracterizan por mostrar un horizonte A de 18 cm de espesor, color gris oliva, textura arenosa franca y estructura poco desarrollada; descansa directamente sobre un horizonte C, de color pardo grisáceo, textura franco arenosa y sin estructura. De acuerdo con los análisis químicos son suelos ligeramente ácidos, de capacidad catiónica de cambio baja, saturación total de bases alta, contenido de materia orgánica bajo y contenido de fósforo disponible para las plantas alto. La fertilidad es baja.

Complejo Typic Ustropepts – Typic Ustorthents – MWE

Esta unidad cartográfica está constituida por el tipo de relieve de lomas en clima cálido seco, corresponde a la formación vegetal de bosque húmedo Premontano transición a seco tropical y se ubica en las estribaciones de la Cordillera Central, a altitudes entre 450 – 1.000 metros.

Presenta un relieve muy disectado, quebrado a fuertemente quebrado, con pendientes que varían de 12 – 25 – 50% y erosión moderada en gran parte de la unidad, debido al mal manejo de los suelos y a las fuertes pendientes. Los materiales litológicos están constituidos por rocas ígneas tonalita y granodiorita muy meteorizadas, las cuales afloran en muchos sectores.

La vegetación natural ha sido destruida casi en su totalidad y la actividad agrícola está muy restringida, debido a las fuertes pendientes, a la poca profundidad efectiva de algunos suelos y a la baja disponibilidad de agua.

De acuerdo con las variaciones de pendientes y erosión se delimitaron las siguientes fases:

MWEe2: Fase de pendientes 25 – 50%, erosión moderada. (Subclase VIt, por su capacidad de uso). Corresponde a 4.566,86 hectáreas, lo que equivale al 17,57% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustropepts (Perfil PT – I6):** Estos suelos se ubican en las faldas de las lomas, se han originado a partir de tonalitas y granodioritas y se caracterizan por ser moderadamente profundos y bien drenados. Químicamente son suelos ligeramente ácidos a casi neutros, pobres en materia orgánica, capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta,

saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio baja a media y disponibilidad de fósforo para las plantas muy baja. La fertilidad es baja.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthents (Perfil PT –I5):** Se ubican en las cimas y zonas escarpadas de la unidad, los materiales parentales son tonalitas alteradas, las cuales se desintegran fácilmente en partículas de tamaño arena y grava. Los suelos se caracterizan por ser bien drenados y muy superficiales. De acuerdo a los análisis químicos, los suelos son casi neutros a ligeramente alcalinos, pobres en materia orgánica; de capacidad catiónica de cambio baja a media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio baja y disponibilidad de fósforo para las plantas media. La fertilidad es media.

Asociación Typic Ustorthents-Lithic Ustorthens. MWF

Esta unidad corresponde al tipo de relieve denominado lomas, se ubica en las estribaciones de la cordillera Central, el relieve es quebrado, las pendientes dominantes 12-25-50% y el material parental consiste de anfibolitas y neises del Precámbrico principalmente y esquistos poco alterados. La vegetación natural ha desaparecido como consecuencia de la tala de los bosques.

Estas tierras han sido dedicadas a la explotación ganadera extensiva y a cultivos de subsistencia. El mal uso de estos suelos ha ocasionado erosión moderada por escurrimiento difuso y desprendimientos localizados. La unidad está integrada por los suelos Typic Ustorthents en un 50%, Lithic Ustorthents en un 40% y afloramientos rocosos en un 10%. Se separaron las siguientes fases:

MWFf2: Fase de pendientes 50-75%, erosión moderada (subclase VIIts, por su capacidad de uso). Ocupa un área de 1.701,46 ha que corresponde al 6,54% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthents (Perfil PT-18):** Estos suelos se caracterizan por ser poco evolucionados, bien drenados, superficiales, limitados por esquistos. El perfil muestra un horizonte A poco profundo (00-08 cm), de textura franco arcillosa gravillosa y colores pardos; descansa sobre un horizonte C franco arcilloso, de color rojo amarillento con manchas grises y estructura de roca en más de un 50%. Son suelos ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases altas, saturación de potasio media y disponibilidad de fósforo muy baja. La fertilidad es moderada.

- ✓ **Suelos Lithic Ustorthents (Perfil PT-20):** Estos suelos han evolucionado a partir de esquistos, son muy superficiales, bien drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas y colores pardos oscuros, sobre pardo amarillentos. Los análisis químicos indican que son suelos casi neutros, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio baja, disponibilidad de fósforo para las plantas media a baja y de fertilidad baja.

4.1.3.3 Suelos del Paisaje de Lomerío en Clima Cálido Seco. LW

Se localiza en clima cálido seco, en altitudes entre 200 y 700 metros, precipitaciones promedias anuales de 700 a 1.500 mm y temperaturas mayores de 24°C. Se trata de una superficie muy disectada y erosionada de las formaciones geológicas Mesa y Honda, de formas alargadas, con cimas niveladas a la misma altura. Corresponde al tipo de relieve de lomas y colinas de extensión considerable en el departamento, a pesar de que sólo se ha delimitado la unidad cartográfica que se describe a continuación.

Asociación Lithic Ustorthents-Typic Ustorthents – LWA

Esta unidad se encuentra en clima cálido seco, al norte del departamento en los Municipios de Armero – Guayabal, Ambalema y Lérida. Los suelos se han desarrollado a partir de areniscas, tobas y arcillas. El relieve varía de ondulado a escarpado y las pendientes desde 7% hasta 75%. Es una zona poco apta para la actividad agrícola ya que está muy limitada por las bajas precipitaciones, alta evapotranspiración, poca profundidad efectiva de los suelos, fuertes pendientes y erosión moderada y severa; gran parte del área se utiliza para ganadería extensiva. La tala de los bosques, las quemas y el uso inadecuado de los suelos, han ocasionado un avance progresivo de la erosión y el afloramiento de la roca en muchos sectores.

Las variaciones de pendientes y erosión, han permitido la separación de las siguientes fases:

LWAc2: Fase de pendientes 7-12%, erosión moderada. (Subclase Vls, por su capacidad de uso). Cuenta con un área 1.460,15 ha, es decir 5,62% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Lithic Ustorthents (Perfil P-7):** El material parental de estos suelos está constituido por areniscas duras. En general son bien a excesivamente drenados, poco evolucionados, muy superficiales, limitados en su profundidad efectiva por la roca. El color del horizonte A es gris oscuro, la textura franco

arenosa con gravilla y la estructura blocosa poco desarrollada. Químicamente son suelos casi neutros, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, de potasio muy baja; la disponibilidad de fósforo para las plantas es muy baja y la fertilidad moderada.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthents (Perfil A-45):** Estos suelos han evolucionado a partir de areniscas conglomeráticas. Son bien a excesivamente drenados, superficiales, de textura franco arcillosa gravillosa en los horizontes superiores y franco arenosa en los inferiores; la estructura es poco desarrollada y los colores grises oscuro en superficie y oliva a pardo oliva en profundidad. Desde el punto de vista químico son suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio, magnesio y potasio muy altas y disponibilidad de fósforo para las plantas alta en la superficie y baja en profundidad. La fertilidad es moderada.

4.1.3.4 Suelos del Paisaje de Piedemonte en Clima Cálido Seco (PW)

Corresponde este paisaje al modelado abanicos aluviales, diluviales, abanicos-terrazas; antiguos recientes y actuales que se distribuyen al pie de los relieves montañosos y lomeríos de las cordilleras Central y Oriental, a ambos lados o márgenes del Río Magdalena; formando planos inclinados cortos y muy largos, de varios kilómetros de longitud. Conforma una planicie aluvial de piedemonte de extensión importante, al interior de la cual se observan colinas, vallecitos y lomas; formas y tipos de relieve que le comunican cierta heterogenidad a los suelos. Este paisaje de piedemonte ocurre a altitudes menores de 1000 m, en clima cálido y seco.

Asociación Typic Ustorthents – Lithic Ustorthents – Fluventic Ustropepts – PWF

Corresponde a los abanicos recientes de Alvarado y Venadillo, de clima cálido seco, localizados a altitudes entre 300 a 600 metros. La precipitación promedia anual es inferior a 1.200 mm y la temperatura superior a 24°C.

El material parental está constituido por flujos de lodos provenientes de los volcanes del Tolima y Santa Isabel y por aluviones heterométricos. El relieve es ligeramente inclinado y ondulado con pendientes de 1-3-7-12%; se observa una disección profunda labrada por los años que descienden de la cordillera. Los suelos están afectados por erosión ligera y moderada.

Actualmente están utilizados en ganadería extensiva y en cultivos de arroz, sorgo y maíz; pero baja disponibilidad de agua, la poca profundidad de los suelos y la presencia, en muchos sitios, de abundante piedra y cascajo, limitan la actividad agrícola. Por la variación de la pendiente y el grado de erosión se delimitaron las siguientes fases:

PWFb1: Fase de pendientes 3 - 7%, erosión ligera. (Subclase IVs, por su pacidad de uso). Corresponde a 6.524,31 hectáreas, lo que equivale al 25,11% del área total del Municipio logrando así ser la unidad con mayor representatividad en el Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustorthentes (Perfil PT-30):** Estos suelos se han desarrollado a partir de materiales aluviales recientes que cubren depósitos de origen volcánico. Los análisis químicos indican suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio baja a media, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio media, disponibilidad de fósforo para las plantas muy baja y fertilidad baja.

- ✓ **Suelos Lithic Ustorthents (Perfil PT-29):** Se originan de areniscan tobáceas muy compactas, las cuales se encuentran generalmente después de los 35 cm de profundidad. Químicamente son suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación de calcio y magnesio altas, saturación de potasio media y disponibilidad de fósforo para las plantas alta. La fertilidad es baja a moderada.

- ✓ **Suelos Fluventic Ustropepts (Perfil PA-7):** Se han formado a partir de sedimentos coluvio-aluviales recientes, y tienen frecuentemente horizontes humíferos enterrados. Son de texturas francas, franco arenoso y arcilloso, de color pardo grisáceo oscuros y estructura blocosa gruesa poco desarrollada. Químicamente son ligeramente ácidos, a excepción del horizonte enterrado, son pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media a alta; saturación total de bases muy alta, disponibilidad de fósforo para las plantas alta y fertilidad alta y fertilidad moderada.

Asociación Typic Ustropepts - Vertic Haplustalfs – PWG

La unidad está ubicada en los abanicos recientes de piedemonte; a altitudes de 250 y 600 metros. Corresponde a la zona de vida del bosque seco tropical. Estos suelos se han originado de flujos de lodo volcánico, aglomerados y aluviones heterométricos, en relieve ligeramente inclinado y pendientes 3 -7%.

Estas tierras se explotan intensamente en agricultura, especialmente con cultivos de arroz bajo riego. Cuando hay exceso de riego se puede producir erosión por escurrimiento concentrado.

Por la variación de la pendiente y el grado de erosión se delimitó la siguiente fase:

PWGb: Fase de pendientes 3 – 7%. (Subclase IIIS, por su capacidad de uso). Está unidad en el Municipio de Lérida abarca 3.122,48 hectáreas, equivalentes al 12,01% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustropepts (Perfil TA-7):** Estos suelos se ubican en la parte media del abanico en el paisaje de piedemonte. Son suelos bien drenados, moderamente profundos, limitados por compactación de arcillas y se han derivado de lodos volcánicos y aluviones recientes. Químicamente son suelos ligeramente ácidos, bajos en materia orgánica, de moderada capacidad catiónica de cambio, medios de fósforo asimilable para las plantas y de fertilidad moderada.

- ✓ **Suelos Vertic Haplustalfs (Perfil T-11N):** Estos suelos se ubican en áreas menos pendientes, en relieve ligeramente plano del abanico; son suelos moderadamente bien drenados y profundos. Los análisis químicos indican suelos ligeramente ácidos a alcalinos, de capacidad catiónica de cambio media a alta, de saturación total de bases muy alta, saturación de potasio media y disponibilidad de fósforo para las plantas alta a media. La fertilidad es moderada.

Asociación Typic Tropaquepts-Typic Ustropepts. PWJ

Se encuentra dentro del tipo de relieve de abanico-terraza subactual localizada en los Municipios de Armero - Guayabal, Ambalema y Lérida; en altitudes entre 200 y 400 m; pertenece a la zona de vida del bosque seco tropical. Los suelos se han desarrollado a partir de materiales heterométricos de origen hidrovolcánico. El relieve es ligeramente plano, con pendientes inferiores a 3%. La vegetación natural ha sido destruida y las tierras utilizadas en ganadería extensiva y en cultivos comerciales de sorgo, ajonjolí y algodón. Se delimitó la siguiente fase única:

PWJa: Fase de pendiente 1 - 3%. (Subclase IVs, por su capacidad de uso). Con un área de 2.530,17 ha que corresponde al 9,73 % del área total, del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Tropaquepts (Perfil G-3):** Estos suelos se ubican en las partes bajas depresionales de la unidad y están limitados en su profundidad efectiva por las fluctuaciones del nivel freático que originan fenómenos de reducción en

los horizontes superiores del perfil edáfico. El material parental está constituido por aluviones finos provenientes de rocas volcánicas y metamórficas que han dado origen a suelos con un horizonte A de espesor menor de 20 cm, de color gris oscuro con manchas pardo rojizo, textura franco arenosa y estructura en bloques poco desarrollados. El horizonte B es de color gris oscuro con moteos rojo amarillentos, textura franco arenosa gravillosa y estructura en bloques subangulares débilmente desarrollados. Los análisis químicos indican suelos ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio media a alta y disponibilidad de fósforo para las plantas altas. La fertilidad es moderada.

- ✓ **Suelos Typic Ustropepts (Perfil S-13):** Suelos formados sobre aluviones subactuales, bien drenados, moderadamente profundos, limitados por capas de gravilla, cascajo y piedra. Presentan un horizonte A de 20 cm de espesor, de color negro o gris muy oscuro, textura franco arenosa y sin estructura; un horizonte B de color pardo oscuro a pardo grisáceo, textura franco arcillo arenosa con abundante gravilla y estructura en bloques subangulares gruesos, moderadamente desarrollados. Según los análisis químicos, son suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica; de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases alta, saturación de calcio, magnesio y potasio baja y fósforo asimilable para las plantas medio. La fertilidad es moderada.

Grupo indiferenciado Typic Ustifluvents, Vertic Haplustalfs y Typic Ustipsamments - PWL.

Esta unidad cartográfica corresponde al tipo de relieve de vallecitos en clima cálido seco. Corresponde a la zona de vida de Bosque Seco Tropical a altitudes inferiores a 400 metros con precipitaciones promedio anuales de 1.000 y 1.400 mm y temperaturas promedias superiores a 24 °C. Los suelos se han derivado de sedimentos coluvio – aluviales heterométricos. El relieve es plano a ligeramente plano con algunas disecciones profundas.

El relieve es plano a ligeramente plano con algunas disecciones profundas, las pendientes inferiores a 7%. Los suelos están actualmente dedicados a la ganadería semi-intensiva con pastos mejorados y a cultivos de sorgo, maíz y algodón. La unidad cartográfica es un grupo indiferenciado integrado por los suelos Tepic Ustifluvents en un 50%, Vertic Haplustalfs en un 30% y Typic Ustipsamments en un 20%. Se delimitaron las siguientes fases de acuerdo a la pendiente y a la pedregosidad superficial:

PWLa: Fase de pendientes 1-3%. (Subclase IIIs, por su capacidad de uso). Ocupa un área de 307,40 ha que corresponde al 1,18% del área total del Municipio.

- ✓ **Suelos Typic Ustifluvents (Perfil G-10):** Son suelos desarrollados de aluviones recientes, moderadamente bien drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas, moderadamente profundos, limitados por capas de gravilla y arena. Tienen un horizonte A de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa y estructura blocosa débilmente desarrollada; el horizonte C es de color pardo oliva claro, textura franco arcillo arenosa y sin estructura. Con frecuencia se observan manchas blancas de carbonatos y capas delgadas de gravilla y cascajo. Químicamente son suelos de reacción neutra, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media a alta, saturación de bases muy alta, saturaciones de calcio, magnesio y potasio muy altas y disponibilidad de fósforo para las plantas alta. La fertilidad es moderada.

- ✓ **Suelos Vertic Haplustalfs (Perfiles G-8 yT15):** El material parental está constituido por aluviones finos, que han originado suelos moderadamente profundos y moderadamente bien drenados. El horizonte A tiene 20 cm de espesor, color pardo grisáceo oscuro, textura franca y estructura bien desarrollada; el B es muy espeso, de color pardo grisáceo muy oscuro a pardo amarillento, textura franco arcillosa a arcillosa y estructura en prismas gruesos fuertemente desarrollados. De acuerdo con los análisis químicos son suelos de reacción neutra, pobres a regulares en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media a alta, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, saturación de potasio alta y disponibilidad de fósforo para las plantas alta a media. La fertilidad es moderada.

- ✓ **Suelos Typic Ustipsamments (Perfil A-38):** Son suelos muy incipientes, originados de aluviones arenosos con abundante gravilla, cascajo y edra; son bien drenados y superficiales. Químicamente son suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio baja, saturación total de bases muy alta, saturación de calcio alta, de magnesio media, de potasio alta y disponibilidad de fósforo para las plantas muy alta en el primer horizonte y baja a muy baja en los horizontes inferiores. La fertilidad es moderada.

Consociación "Sulfic" Ustifluvents. PWM

Esta unidad corresponde al área recubierta por los materiales de arenas, gravas y cantos heterométricos depositados caóticamente en forma de colada de lodo en 1985, sobre la población de Armero, en capas de algunos centímetros hasta de varios metros de espesor. El relieve es ligeramente plano con pendientes de 1 -3%. Sobre la

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

superficie se observan rocas hasta de 3 m de diámetro. La vegetación ha sido destruida y se está recuperando progresivamente. Igualmente se están ensayando cultivos de arroz y pastos. La unidad cartográfica es una Consociación constituida por un suelo principal del subgrupo Sulfic Ustifluvents y por inclusiones de no suelo o afloramientos del material parental. Se delimitó una fase:

PWMa: Fase de pendiente 1-3%. (Subclase IVs por su capacidad de uso). Ocupa 465,62 ha que corresponden a 1,79% del área total.

Suelo Sulfic Ustifluvents (Perfil P-12): Es un suelo muy incipiente, el perfil presenta un horizonte A de 5 cm de espesor de color oliva con manchas pardo amarillentas, textura franco arenosa gravillosa, sin estructura; que descansa sobre materiales hidrovolcánicos recientemente depositados, de texturas franco arenosas gravillosas, de colores grises y pardo fuertes. Debajo de este horizonte se encuentra el horizonte C constituido por los materiales de los lodos depositados en 1985. Los análisis químicos indican que estos materiales son muy ácidos, de capacidad catiónica de cambio baja, saturación total de bases alta; cantidades anormalmente altas de azufre y aluminio, disponibilidad de fósforo alta y fertilidad baja. La reacción es extremadamente ácida con valores de pH de 3,6.

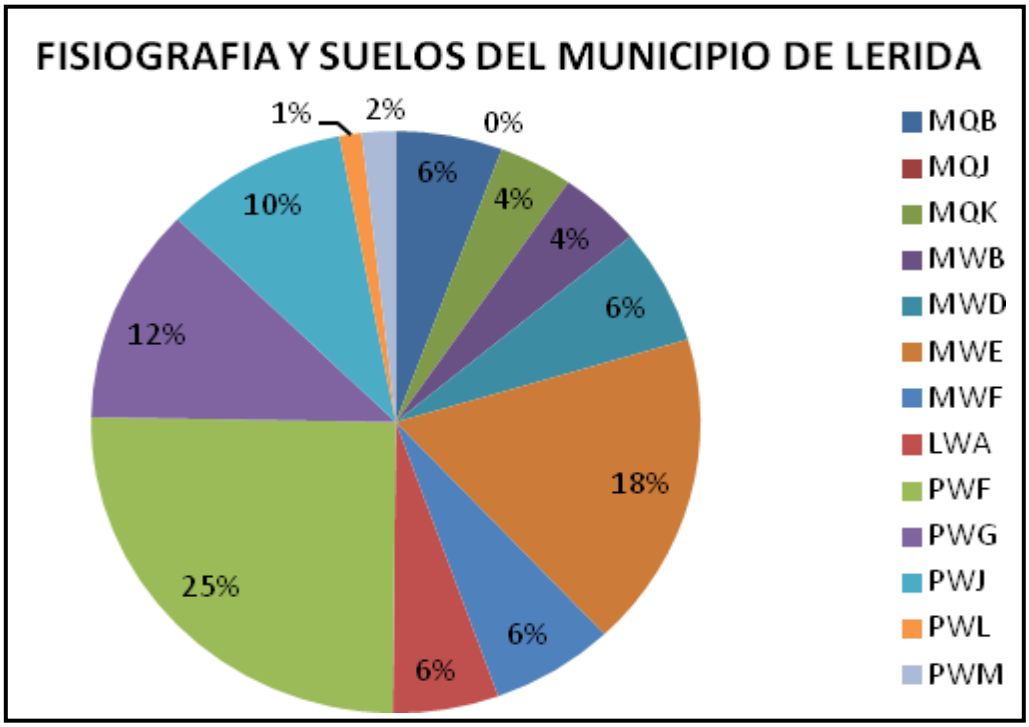


Ilustración 4 - Distribución en Hectáreas de los Tipos de Paisaje y Clima de los Suelos del Municipio de Lérida.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

En síntesis los suelos del Municipio de Lérida se distribuyen en cuatro tipos de suelos de paisajes, los cuales se localizan en los climas Medio Húmedo y Muy Húmedo y cálido seco, los cuales son: Suelos de Paisaje de Montaña en Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo (MQ) comprendiendo un área total de 2.491,69 hectáreas, es decir el 9,59% del área total del Municipio; Suelos de Paisaje de Montaña en Clima Cálido Seco (MW) con una representación de 9.080,43 ha lo que equivale al 34,95% del área total del Municipio; Suelos del Paisaje de Lomerío en Clima Cálido Seco (LW) con una representación de 1.460,15 ha lo que equivale al 5,62% del área total del Municipio y Suelos del Paisaje de Piedemonte en Clima Cálido Seco (PW) con una representación de 12.950,01 ha lo que equivale al 49,84% del área total siendo éstos los que predominan dentro del Municipio de Lérida. Ver Ilustración 4.

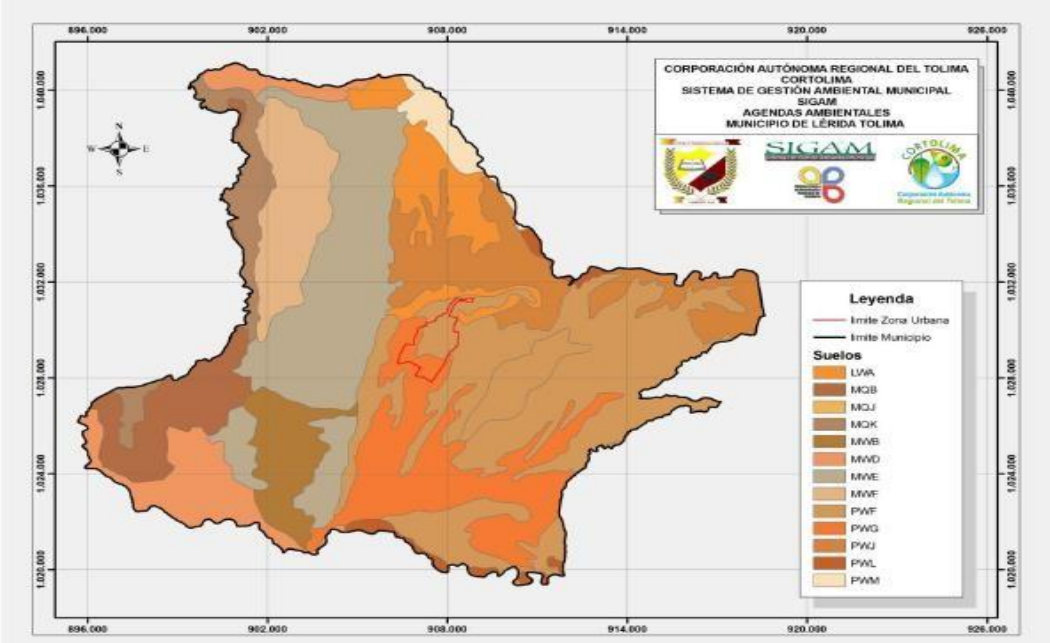


Ilustración 5 - Fisiografía y Suelos del Municipio de Lérida.

VEREDA	UNIDADES DE SUELOS
Altamirada	PWL – MWD
Alto del bledo	MWF – MWE – MQF
Alto del sol	**MWE – MWB – MQB.**
Alto Megue	PWF – PWG – MWF – MWE.
Bledonia	PWJ – MQB – LWA
Cabecera Municipal	PWG - PWJ – LWA – PWF.
Carabalí	MQB
Coloya	MWE – LWA – PWG – PWM.
Delicias	MWF – MQB – MWD.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

VEREDA	UNIDADES DE SUELOS
El Censo	PWG – PWF – PWL.
Iguacito	PWG – PWF.
La Insula	PWF – PWJ.
La Sierra	MWE – PWG – PWF.
Las Rosas	PWM – LWA – MWD – MWF – MWE.
Los Planes	MWF – MQB – MWD.
Padilla Alta	MWD – MQK – MQB.
Padilla Baja	MWF – MWE – MQK – MWD.
San Antonio	MWF – MQK.
San José	MWE – MWB.
Tierras Libre	PWF – PWJ.
Zona Urbana	PWF – PWG.

Tabla 8 - Unidades de suelos por veredas en el Municipio de Lérida

5 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

5.1 Metodología de Exploración de campo para determinar la Capacidad Portante del suelo mediante el Ensayo de SPT.

El Sondeo de Penetración Estándar (SPT de las siglas inglesas Standart Penetration Test) se emplea para recuperar muestras alteradas de suelo, la cuales en campo permiten identificar tipos de suelo y definir estratigrafía; en laboratorio, permiten la identificación de propiedades índice como contenido de humedad, límites de consistencia, entre otros. Con el número de golpes que se necesita para hincar el Penetrómetro usado en la prueba se estima, mediante relaciones empíricas, la resistencia al corte.

Esta es una de las técnicas de penetración dinámica más utilizadas en la realización de sondeos y el reconocimiento geotécnico debido a ser económico y además que permite tomar una prueba de suelo en su interior.

Consiste en medir el número de golpes necesarios para que se introduzca 15 cm una cuchara cilíndrica y hueca (con una dimensión de 51 mm de diámetro y 35 mm de espacio hueco en su interior donde permite tomar muestras de suelo) dejando caer, con una frecuencia constante, una masa de 63.5kg sobre el cabezal que se coloca en la parte superior del varillaje a una altura libre de 76 cm.

5.1.1 Equipo necesario

El Penetrómetro consiste en un tubo de acero en cuyo extremo se acopla una zapata afilada del mismo material. El tubo está cortado longitudinalmente para facilitar la observación y recuperación de la muestra. Si se estima necesario, se pueden usar canastillas para entrampar la muestra, los componentes básicos de este equipo son:

- ✓ Maza: 63.5 Kg (140 libras)
- ✓ Muestreador tubo partido.
- ✓ Varillaje.
- ✓ Equipo de perforación.
- ✓ Cabezal de golpeo.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

La toma muestras se sitúa en la parte inferior del varillaje, que a su vez es hincado mediante el uso de una maza (peso-martillo) de 63.5 kilogramos (140 libras), que golpea el extremo superior del varillaje a manera de caída libre desde una altura de 76 centímetros (30 pulgadas). La toma muestras suele tener 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 3/8 pulgadas de diámetro interior y ángulo de punta a 60°

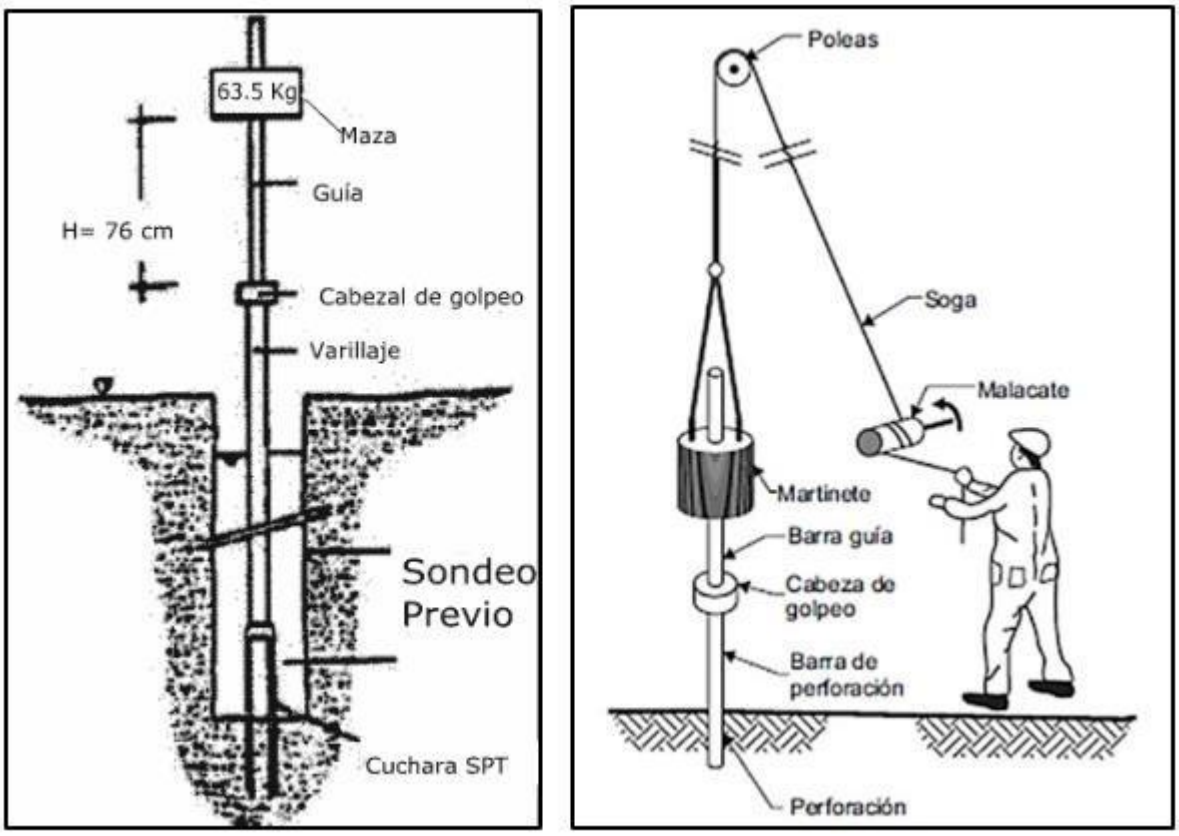


Ilustración 6 - Equipo de perforación por percusión

- ✓ **Columna de Barras:** El Penetrómetro se acopla en la parte inferior de una columna de barras de acero BW.

- ✓ **Martinete Golpeador:** El Penetrómetro se hinca mediante el golpeteo de un martinete de 63.5 Kg con una caída de 76 centímetros. Tiene además una varilla guía por medidas de seguridad.

- ✓ **Malacate:** En el cual se enrolla un cable o manila de 0.75 a 1 pulgada de diámetro, utilizado para levantar el martinete y dejarlo caer libremente.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

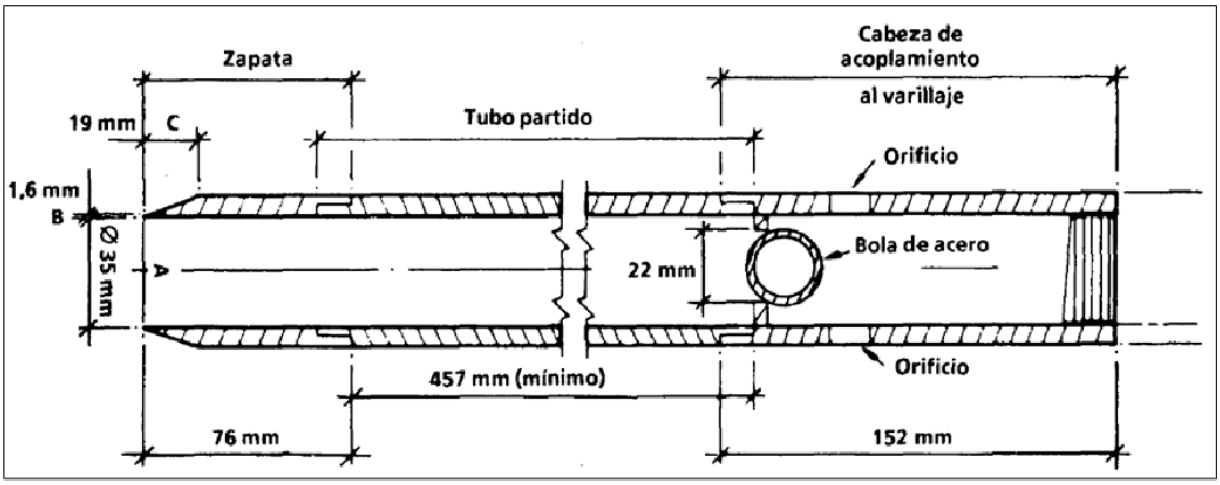


Ilustración 7 - Equipo para toma de Muestras

Durante la ejecución del sondeo se debe hincar el penetrómetro 60 centímetros a la profundidad a la que se desea muestrear, contando el número de golpes del martinete correspondiente a cada etapa de 15 centímetros. En caso de que se alcancen 50 golpes sin que se supere alguna etapa de 15 cm, se debe suspender la prueba, pues en teoría se altera demasiado el suelo.

5.1.2 Toma de muestras

- ✓ Se ubica con exactitud el punto a perforar.
- ✓ Se limpia cuidadosamente la perforación hasta llegar a la cota deseada para realizar el ensayo.
- ✓ Se retira la batería de perforación y se procede a instalar la toma muestras con dimensión estándar.
- ✓ Se procede a marcar el extremo superior de la tubería de perforación en tres partes iguales de 15 cm, para observar el avance del muestreador a efecto del impacto del martillo (maza o peso).
- ✓ Se obtiene el valor (N) número de golpes necesarios para que la toma muestras penetre los segmentos 2 y 3 marcados, en total 30 cm, cabe recalcar que el primer segmento de 15 cm no se toma en cuenta (se desprecia). Es decir que

N es igual al número de golpes necesarios para que el tomamuestra penetre 30 cm del terreno.

- ✓ Se puede realizar el ensayo en cuatro tramos de 15 cm en donde el valor (N) sería igual a la suma de los golpes necesarios para hincar la toma muestras en 30 cm del terreno tomando en cuenta solamente los tramos 2 y 3, mientras que los tramos 1 y 4 se desprecian.

- ✓ Finalmente se saca la toma muestras y se procede guardar la muestra alterada para posteriores análisis de laboratorio.

- ✓ Si se llega a los 100 golpes y no existe avance de la toma muestras en el terreno debido a que es muy duro, se considera rechazo y se detiene el ensayo SPT.

5.1.3 Factores que afectan los resultados del ensayo SPT

- ✓ La forma como se realiza el golpeo, se recomienda que se lo haga con dispositivos automáticos para garantizar que se aplique intervalos de tiempo exactos, así como la misma energía de impacto, si se lo realiza de manera manual es casi seguro que exista alto porcentaje de error.

- ✓ Se debe tener en cuenta la calidad de la perforación previa (sondeo previo), las paredes deben ser estables y la limpieza es imprescindible.

- ✓ Longitud del varillaje y diámetro del sondeo: condicionan el peso del elemento a hincar y la fricción con las paredes del sondeo.

5.1.4 Ensayos e Inspecciones de Campo

El único ensayo y/o inspección que se realiza en campo corresponde a la medición del golpeo del equipo de penetración sobre el muestreador, dicha medición se realiza cada 15cm hasta una profundidad de 45cm, los valores obtenidos servirán para determinar los parámetros geotécnicos del suelo posteriormente mediante correlaciones empíricas del SPT.

5.1.5 Ensayos de Laboratorio

Para realizar la caracterización adecuada de los suelos encontrados en el ensayo del SPT, se requieren como mínimo los siguientes:

- ✓ Humedad natural
- ✓ Límites de consistencia
- ✓ Granulometría

5.1.6 Cálculos, Resultados y Correcciones

Con el valor de N se puede determinar, la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, el coeficiente de balasto, el coeficiente de variación volumétrica y la capacidad portante del suelo.

Hay que hacerle algunas correcciones, pero que hacen variar ligeramente el valor de (NF) (final) de campo. Al valor nuevo se le llama N corregido, estándar (Ns) o N60.

Es así que:

Ns, N60 = NF * CN * h1 * h2 *h3 * h4 * h5

N 60 se interpreta aquí como la energía que llega a la cabeza de golpeo cuando ERs = 60 %

5.2 Muestreos de Campo

Se realizó toma de muestras alteradas (en bolsa) y muestras "inalteradas" (Toma muestras SPT), una por cada estrato o cada metro si existen cambios de material.

5.3 Ensayos de Campo

5.3.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Su finalidad es el de estimar el grado de densificación de los suelos. Consiste en los siguientes pasos:

- ✓ Realizar una perforación de 6 a 20 CMS. De Diámetro.
- ✓ Insertar la toma muestras del SPT, denominado muestreador de cuchara partida.

- ✓ Hincar la muestra dentro del fondo de la perforación mediante energía proporcionada por un martillo de 20 Kg. (44 lb.). de peso.
- ✓ Debido que el peso del martillo utilizado en el estudio de suelos, no corresponde al mencionado en la norma (140 Lb ò 64 Kg); se debe realizar una corrección por peso.
- ✓ La altura de caída del martillo libremente debe ser de 76 (30").
- ✓ Se recupera la muestra del muestreador a una distancia de 45 CMS., registrando el número de golpes del martillo por cada 15 CM. De intervalo.

Sondeo	Estrato	Ensayo SPT			N Corregido	Consistencia	Resistencia a compresión no confinada (q_u)
		H15	H30	H45	N60		
1	2	36	48	56	16	Firme	2.0 Kg/cm2
	3	25	30	35	20	Firme	2.40 Kg/cm2
2	2	24	31	41	18	Firme	1.80 Kg/cm2
	3	46	57	66	20	Firme	2.40 Kg/cm2
3	2	33	45	54	16	Firme	1.50 Kg/cm2
	3	45	56	65	20	Firme	2.40 Kg/cm2

Tabla 9 - Resultados Ensayos de Campo (SPT)

5.4 Ensayos de Laboratorio

Sondeo	Estrato	LL(%)	LP(%)	IP(%)	AASHTO	SUCS	W(%)	GS (gr/cm3)
1	2	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	3.8%	1.914
	3	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	2.2%	-
2	2	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	2.9%	1.912
	3	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	2.2%	-
3	2	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	2.6%	1.961
	3	NL	NP	N-IP	A-1-a	SP	1.1%	-

Tabla 10 – Resultados de Laboratorio

5.5 Tipo de Suelo y Capacidad Portante

Estos suelos aparecen por toda la zona del área donde se pretende realizar el proyecto. Estos suelos son Arenas gravosas de rio y gravas arenosas, de consistencia compactas, las cuales presentan espesores considerables y son aptos para el desplante de este tipo de estructura. Este sitio presenta un poco de material de relleno tipo vegetal, color gris a una profundidad desconsiderable de 0.30 mts, encontrado en el área de los tres sondeos realizados.

A una profundidad de 0.60 mts, se encuentran suelos Arenosos, bien compactos con humedad natural promedio de 8 al 20 %; estos suelos clasificados como SP como muestra los perfiles estratigráficos, presentan las siguientes características geotécnicas:

- ✓ Permeabilidad En Estado Compacto: Permeable
- ✓ Resistencia Al Corte En Estado Compacto y Saturado: Buena.
- ✓ Compresibilidad En Estado Compacto y Saturado: Muy Baja
- ✓ Facilidad De Tratamiento En Obra: Regular.
- ✓ Valor Como Fundación: Aceptable a Bueno.
- ✓ Valor Como base De Pavimentos: Inaceptable.

5.5.1 Estratigrafías

- ✓ **Sondeo 1**

Capa Inicial
De 0.0 - 1.80 mts
Se inicia sondeo con material de relleno tipo orgánico, con presencia de raíces, tierra negra, consistencia semi compacta.

Capa No. 1
De 1.80 – 3.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (1,1%).

Capa No. 2
De 3.0 – 4.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (2,9%).

Ilustración 8 - Perfil Estratigráfico Sondeo 1

- ✓ **Sondeo 2**

Capa Inicial
De 0.0 - 1.50 mts
Se inicia sondeo con material de relleno tipo orgánico, con presencia de raíces, tierra negra, consistencia semi compacta.

Capa No. 1
De 1.50 – 3.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (3,3%).

Capa No. 2
De 3.0 – 4.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (2,2%).

DAIRO DUEÑAS MORALES

INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

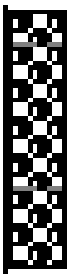
0,0			SUPERFICIE			
0,50		CAPA INICIAL		MATERIAL DE RELLENO	SE INICIA SONDEO CON MATERIAL DE RELLENO TIPO ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES, TIERRA NEGRA, CONSISTENCIA SEMI COMPACTA.	NO SE RECUPERO MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO
1,50						
1,70	Nf	1		SP	ARENA DE GRANO FINO TIPO PEÑON, POBREMENTE GRADADA, COLOR GRIS, DE COMPACIDAD RELATIVA "MEDIA", CON POCA PRESENCIA DE MATERIAL FINO (3,3%).	PENETRACION SPT: 6"/24 6"/31 6"/41 N = 18 COMPACIDAD MEDIA qu = 1,80 Kg/cm2 ó 18 Ton/m2 HUMEDAD NATURAL 2,9% NLL NLP NIP CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a Cu = 35,56 Cc = 4,20
3,00		2		SP	ARENA DE GRANO FINO TIPO PEÑON, POBREMENTE GRADADA, COLOR GRIS, DE COMPACIDAD RELATIVA "MEDIA", CON POCA PRESENCIA DE MATERIAL FINO (2,2%).	PENETRACION SPT: 6"/46 6"/57 6"/66 (N= 20) COMPACIDAD MEDIA qu = 2,40 Kg/cm2 24 Ton/m2 HUMEDAD NATURAL 2,2% NLL NLP NIP CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a Cu = 13,10 Cc = 1,53
4,00						

Ilustración 9 - Perfil Estratigráfico Sondeo 2

- ✓ **Sondeo 3**

Capa Inicial
De 0.0 - 1.0 mts
Se inicia sondeo con material de relleno tipo orgánico, con presencia de raíces, tierra negra, consistencia semi compacta.

Capa No. 1
De 1.0 – 3.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (5,3%).

Capa No. 2
De 3.0 – 4.0 mts
Arena de grano fino tipo peñón, pobremente gradada, color gris, de compacidad relativa "media", con poca presencia de material fino (3,6%).

DAIRO DUEÑAS MORALES

INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

0,0			SUPERFICIE		
1,00		CAPA INICIAL		MATERIAL DE RELLENO	SE INICIA SONDEO CON MATERIAL DE RELLENO TIPO ORGANICO, CON PRESENCIA DE RAICES, TIERRA NEGRA, CONSISTENCIA SEMI COMPACTA.	NO SE RECUPERO MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO
3,00		1		SP	ARENA DE GRANO FINO TIPO PEÑON, POBREMENTE GRADADA, COLOR GRIS, DE COMPACIDAD RELATIVA "MEDIA", CON POCA PRESENCIA DE MATERIAL FINO (5,3%).	PENETRACION SPT: 6"/33 6"/45 6"/54 N = 16 COMPACIDAD MEDIA qu = 1,50 Kg/cm2 ó 15.0 Ton/m2 HUMEDAD NATURAL 2,6% NLL NLP NIP CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a Cu = 0,0 Cc = 0,0
4,00		2		SP	ARENA DE GRANO FINO TIPO PEÑON, POBREMENTE GRADADA, COLOR GRIS, DE COMPACIDAD RELATIVA "MEDIA", CON POCA PRESENCIA DE MATERIAL FINO (3,6%).	PENETRACION SPT: 6"/45 6"/56 6"/65 (N= 20) COMPACIDAD MEDIA qu = 2,40 Kg/cm2 24 Ton/m2 HUMEDAD NATURAL 1,1% NLL NLP NIP CLASIFICACION AASHTO A - 1 - a Cu = 32,63 Cc = 1,03

Ilustración 10 - Perfil Estratigráfico Sondeo 3

5.5.2 Calculo de la Resistencia a la Compresión no Confinada.

N = Numero de golpes * factor de corrección. N = 72 * 0.31
N1 = 22
Consistencia = Semi Compacta

qu = 2.0 (Kg. /Cm2) "capacidad portante obtenida en campo N_{campo}".

Donde:
N = Resultado del Ensayo SPT
qu = Resistencia a la Compresión no confinada.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

5.5.3 Corrección de los Datos del Ensayo:

$$N_{60} = \frac{E_m \times C_B \times C_S \times C_R \times N}{0.60}$$

Donde:

E_m = Valor corregido de N del SPT por el procedimiento de Campo.
C_B = Corrección Por diámetro de sondeo.
C_S = Corrección por el muestrador.
C_R = Corrección por la longitud de la barra de perforación.
N = Valor medido del SPT.

$$N_{60} = \frac{0.50 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.75 \times 22}{0.60}$$

N_{60} = 13 golpes
qu = 1.40 Kg. /Cm2 ó 14.0 Ton./m2 "capacidad portante corregida N60"

5.5.4 Angulo de Fricción Interna

Calculado mediante ensayo de Corte Directo No consolidado No Drenado:

Φ = 20°
C = 0.13 Kg/Cms2

5.5.5 Coeficientes Activos y Pasivos

$$Kp = \frac{1 + Sen\theta}{1 - Sen\theta} \qquad \mathbf{Kp = 2.039}$$

$$Ka = \frac{1 - Sen\theta}{1 + Sen\theta} \qquad \mathbf{Ka = 0.490}$$

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

5.5.6 Capacidad Portante

$$qL = \frac{(0.4\varphi^* B N\varphi) + (\varphi D^* Nq) + (1.3c^* Nc)}{3.0}$$

Ecuación 1 – Formula Capacidad Portante

$\Theta = 20°$ "Dato obtenido del ensayo corte directo"

$C = 0.13\ Kg/Cm^2$ ó $0.013\ Ton/m^2$ "Dato obtenido del ensayo corte directo"

$w = 9\ \%$

$\varphi = 1.9\ gr/cc$ ó $1.9\ Ton/m^3$ ó $0.0019\ Kg/cm^3$.

Nc = 14.83 "ver tabla 11.2 Factores De Capacidad De Carga"

Nq = 6.40 "ver tabla 11.2 Factores De Capacidad De Carga"

Nφ = 5.39 "ver tabla 11.2 Factores De Capacidad De Carga"

B = 1.0 mts ó 100 cms.

L = 1.0

D = 2.50 mts ó 250 cms.

$$\mathbf{qL = \frac{(0.4\varphi^* B N\varphi) + (\varphi D^* Nq) + (1.3c^* Nc)}{3.0}}$$

$qL=\{(0.4*0.0019Kg/cm^3)*(100cm*5.39)\}+\{(0.0019Kg/cm^3*250cm)*(6.40)\}+(1.3*0.13Kg/cm^2*14.83)$

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

$qL = (0.00076 Kg/cm^3 * 539cm) + (0.228 Kg/cm^2 * 6.40) + (2.506 Kg/cm^2)$

$qL = 0.40964 Kg/cm^2 + 1.4592 Kg/cm^2 + 2.517 Kg/cm^2$

qL = (a 2.50 mts) = 4.3860 Kg/cm² ***Fs = 3.0***

q (adm) = 1.4620 Kg/cm²

q (diseño) = 14.620 Ton/m²

ϕ	N_c	N_q	Nμ
0	5.14	1.0	0.0
2	5.63	1.20	0.15
4	6.19	1.43	0.34
6	6.81	1.72	0.57
8	7.53	2.06	0.86
10	8.35	2.47	1.22
12	9.28	2.97	1.69
14	10.37	3.59	2.29
16	11.63	4.34	3.06
18	13.10	5.26	4.07
20	14.83	6.40	5.39
22	16.88	7.82	7.13
24	19.32	9.60	9.44
26	22.25	11.85	12.54
28	25.80	14.72	16.72
30	30.14	18.40	22.40
32	35.49	23.18	30.22
34	42.16	29.44	41.06
36	50.59	37.75	56.31
38	61.35	48.93	78.03
40	75.31	64.20	109.41

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

ϕ	N_c	N_q	Nμ
42	93.71	85.38	1155.55
44	118.37	115.31	224.64
46	152.10	158.51	330.35
48	199.26	222.31	496.01
50	266.89	319.07	762.89

Tabla 11 – valores de referencia para factores de capacidad de carga

5.6 Recomendaciones de Cimentación y Diseño

Cuando se realice el diseño estructural de los elementos del proyecto debe tenerse en cuenta que:

- ✓ Estas deben ser superficiales, con profundidad de desplante en suelo firme.

- ✓ En las cimentaciones, los esfuerzos trasmitidos por las fundaciones deben ser de tal magnitud que no se presente una falla por cizalladura en el terreno.

- ✓ Los asentamientos que ocurran por consolidación, sean compatibles con la rigidez de la estructura. En virtud de las características índices de los materiales encontrados durante la exploración, se descarta, para las cargas estimadas la ocurrencia de asentamientos importantes mientras la cimentación se realice por debajo del lleno antrópico y la cobertura de materia orgánica, que presenta gran compresibilidad y son susceptibles a grandes deformaciones, de este modo los escasos asientos presentados serán de tipo inmediato y durante el proceso constructivo.

- ✓ Para el caso de cimientos profundos y superficiales, los factores de seguridad a la falla se deben justificar teniendo en cuenta: la magnitud de la obra, las consecuencias de la falla y la calidad de la información disponible respecto al subsuelo. Según la norma, se deben utilizar factores mínimos de 2.0 para carga muerta más carga viva máxima, de 3.0 para carga muerta más carga viva normal y de 1.2 para carga muerta más carga viva normal y el sismo de diseño.

- ✓ Para prevenir el segundo estado de falla, la norma vigente limita los asentamientos máximos esperados. Para los asentamientos totales (el mayor entre los distintos tipos), en construcciones aisladas hasta 30cm sin que se

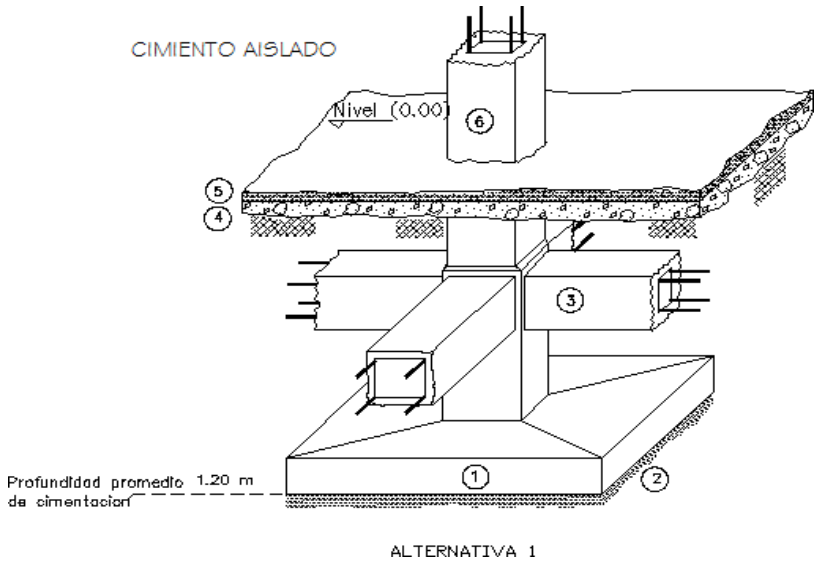
DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

comprometan las redes de servicios o la funcionalidad de los accesos. Para construcciones entre medianeros, 15cm, bajo los mismos supuestos. Los asentamientos diferenciales máximos permisibles están entre 1/160 y 1/1000 de la distancia entre apoyos y columnas. Para el caso particular, 1/1000.

- ✓ Dadas las características del subsuelo investigado y del Proyecto a ejecutar, se ha contemplado tan solo la alternativa de cimientos superficiales tipo Zapata Aislada, en concreto reforzado.

Para estructuras de uno y dos pisos se deben considerar las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Cimientos superficiales del tipo aislado, basados en zapatas cuadradas. Se preverán vigas de rigidez para atender eventuales sismos y pequeñas excentricidades. Cimientos aislados.



ALTERNATIVA 1

Ilustración 11 – Esquema Cimentación Superficial tipo Zapata

Para la cimentación de los pórticos, se recomienda diseñarse mediante zapatas aisladas, que alcancen los depósitos de suelos finos, los cuales, dependiendo de su localización, no superen 1.60m de profundidad, de manera que el desplante esté siempre sobre el estrato de suelo natural, reduciéndose así los asentamientos inmediatos y evitando cualquier posibilidad de falla por cortante bajo la cimentación. La consistencia del sustrato encontrado en la excavación sugiere que los asentamientos son despreciables y de orden milimétrico, para las cargas esperadas, de modo que los desplazamientos serán inmediatos y durante el proceso constructivo.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

- ✓ Se calcula el valor de capacidad portante con un nivel de desplante de 2.50 m, El valor de capacidad portante mínimo para esta profundidad es igual a 1.4620 kg/cm2.

- ✓ Es de suma importancia el uso de filtros y drenes para el manejo de aguas superficiales y así evitar humedades superiores a la natural del terreno.

- ✓ Se encontró nivel freático en los sondeos realizados.

- ✓ Se recomienda retirar el material orgánico encontrado hasta -1.70 metros de profundidad y descargar las zapatas aislada a una profundidad de -2.50 mts.

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

6 CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES Y DE CIMENTACION PROPUESTOS

6.1 Cargas a nivel de Cimentación

Según la información entregada por el diseñador estructural, se presentan las siguientes cargas a nivel de cimentación

ID	Axial	Mx	My	Qx	Qy
C1	7.63	-2.76	-0.66	-0.61	-0.91
C2	9.38	-2.70	-0.01	-0.41	0.01
C3	9.36	-2.81	-0.02	-0.45	0.00
C4	9.36	-2.91	-0.02	-0.49	0.00
C5	9.41	-3.02	-0.04	-0.53	-0.03
C6	7.00	-2.43	0.64	-0.52	0.92
C7	7.01	2.77	0.64	0.65	0.93
C8	8.78	2.61	-0.04	0.42	-0.03
C9	8.74	2.62	-0.02	0.42	0.00
C10	8.74	2.62	-0.02	0.43	0.00
C11	8.78	2.63	0.00	0.43	0.02
C12	7.01	2.79	-0.68	0.65	-0.93
C13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 12 – relación Cargas contempladas a nivel de cimentación para el diseño estructural

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

7 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

7.1 Clasificación del Estudio

De acuerdo a las consideraciones del proyecto y en atención a las NSR 2010, se determinó realizar tres (3) apiques a una profundidad de exploración máxima de 6.0 metros o rechazo, con la ayuda de equipo SPT.

Categoría	Número Mínimo de Sondeos	Profundidad Mínima de Sondeos	Observaciones
Baja (Hasta 3 Niveles)	3	6,00m	**Características y Distribución de Sondeos**
			Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
			En los sondeos con muestreo se deben tomar muestras cada metro en los primeros 5 m de profundidad y a partir de esta profundidad, en cada cambio de material o cada 1.5 m de longitud del sondeo.
			Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones.
			Profundidad de Los Sondeos
			En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme (material designado como A, B o C en la Tabla A.2.4.4-1 del Título A de este Reglamento.), de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción: ❖ **Categoría Baja:** los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales.
			En todo caso primará el concepto del ingeniero geotecnista, quien definirá la exploración necesaria siguiendo los lineamientos ya señalados, y en todos los casos, el 50% de las perforaciones, deberán alcanzar una profundidad por debajo del nivel de apoyo de la cimentación. En algunos casos, a juicio del Ingeniero Geotecnista responsable del estudio, se podrán reemplazar algunos sondeos por apiques ó trincheras.
			Número Mínimo de Sondeos
			Para definir el número de sondeos en un proyecto, se definirán Inicialmente las unidades de construcción de acuerdo con las normas dadas en el numeral H.3.1.1. En todos los casos el número mínimo de sondeos para un estudio será de tres (3) y para definir el número se debe aplicar el mayor número de sondeos resultante y el número de unidades de construcción.

Tabla 13 – Referencias NSR-10 alcance de los sondeos

Las exploraciones del subsuelo que hacen parte del presente estudio, cumplen con lo especificado en la NSR-10, Titulo H, Capítulo H3, debido a que los criterios adoptados

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

corresponden a la complejidad del proyecto y a los parámetros establecidos para este fin en la citada norma.

Categoría de la unidad de Construcción. La clasificación por categorías de las unidades de construcción se define en función del número de niveles y de la carga máxima de servicio, como lo estipula en la tabla H.3.1-1. De la NSR-10.

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Tabla 14 – categorización unidad de construcción

7.2 Definición del grupo de uso y Coeficiente de Importancia

El proyecto es de tipo INSTITUCIONAL así pues a continuación se definen características como el grupo de uso, categoría de la construcción.

Grupo De Uso II. "Estructuras De Ocupación Especial". La estructura se define dentro del grupo de uso II como lo específica el NSR-10.

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Tabla 15 – Coeficientes de importancia Según Grupo de Uso

El Coeficiente de Importancia para este grupo de uso se define mediante la tabla A.2.5-1, el cual para el presente proyecto corresponde a 1.10.

7.3 Aspectos Sísmicos del Subsuelo

Debido a experiencias obtenidas en muchos eventos sísmicos, las condiciones locales del suelo afectan las características del movimiento del terreno y por lo tanto tienen gran influencia en los efectos que el temblor produce en las estructuras localizadas en la superficie. El espectro de respuesta es uno de los parámetros descriptivos de un sismo que se ve más afectado por las condiciones locales del suelo subyacente.

Debido a que el espectro es la herramienta que se utiliza en el diseño sísmico a través de la metodología propuesta por la NSR/10, es muy importante poder definir la influencia que pueda tener el tipo de perfil de suelo en la respuesta de edificaciones localizadas sobre el. De acuerdo a los criterios establecidos en el título A, la clasificación del perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30m superiores. De acuerdo con los efectos locales descritos en el NSR-10 y el mapa de amenaza sísmica de Colombia, se puede determinar la clasificación del perfil en base a la velocidad de cortante, el número de golpes del ensayo SPT y de las características de resistencia al corte promedio, humedad y plasticidad.

Para el presente estudio no se llevó a cabo pruebas geofísicas que permitan conocer las velocidades de ondas de corte ni se llevaron a cabo ensayos de penetración estándar que permitan relacionar la resistencia a la penetración con las velocidades de onda. Por lo anterior se determina el perfil de suelo en base a la resistencia al corte no drenado del suelo, como lo permite el NSR-10.

Según NSR-10, CAPITULO A.2.4.3.2 – Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, el tipo de perfil del suelo se calcula por la siguiente expresión.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}} \qquad \text{(A.2.4.2)}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^{n} d_i$ = 30 m siempre

Ecuación 2 – Formula N (número medio de golpes del subsuelo)

N_i = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i. El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

d_i = espesor del estrato i, localizado dentro de los 30 m superiores del perfil

$$\overline{N_1} = \frac{30}{\frac{3.0}{5} + \frac{1.0}{6}} = \overline{N} = 39.13$$

$$\overline{N_2} = \frac{30}{\frac{3.0}{6} + \frac{1.0}{7}} = \overline{N} = 46.66$$

$$\overline{N_3} = \frac{30}{\frac{3.0}{6} + \frac{1.0}{7}} = \overline{N} = 46.66$$

$$\overline{N_{TOTAL}} = N_1 + N_2 + N_3 \qquad \overline{N_{TOTAL}} = 34.15$$

El perfil del suelo D, caracterizado por la presencia de depósitos estables de arcillas o suelos no cohesivos, con una velocidad de onda cortante entre 180 y 360 m/s.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 16 – Clasificación perfil del subsuelo del proyecto

Nota: Según NSR-10, en la tabla A.2.4-1 clasificación de los perfiles del suelo, y tabla A.2.4-2 criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles C; D; E; el tipo de perfil del suelo estudiado clasifica como D, ya que según numeral A.2.4.3 el parámetro del número medio de golpes del ensayo de Penetración estándar esta entre 15 golpes/pie y velocidad de onda cortante entre 180 y 380 m/s.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

TIPO DE PERFIL	V_S	N o N_{ch}	S_u
C	Entre 380 y 780 m/s	Mayor que 50	Mayor que 100 Kpa
D	Entre 180 y 380 m/s	Entre 15 y 50	Entre 100 y 50 Kpa
E	Menor de 180 m/s	Menor de 15	Menor de 50 Kpa

Tabla 17 – Criterios de clasificación perfiles de suelo C, D y E

7.3.1 Nivel de Amenaza Sísmica

Según Norma NSR-10, Apéndice A-4 del municipio de Lérida tiene cuenta con niveles de amenaza sísmica de **Aa = 0.20** y **Av=0.20,** categorizado como de zona de amenaza sísmica **Intermedia**.

Lérida	73408	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Libano	73411	0.20	0.20	Intermedia	0.12	0.07
Mariquita	73443	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.07
Melgar	73449	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Murillo	73461	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.08

Tabla 18 – Valores de aspectos sísmicos Apéndice A-4

7.3.2 Valores de Aceleración pico Efectiva

Según Norma NSR-10, Apéndice A-4 del municipio de Lérida tiene cuenta con valores de aceleración pico efectiva de **Ae = 0.11** y **Ad=0.06**.

7.3.3 Efectos Locales

Para el diseño sismorresistente es recomendable tener en cuenta los siguientes parámetros:

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Coeficiente Fa: para determinar este coeficiente se requiere conocer el perfil del suelo y su coeficiente A_a, los cuales han sido previamente calculados y/o identificados según lo establecido en la NSR-10, con los valores ya conocidos se ingresa a buscar el valor de F_a en la siguiente tabla.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 19 – Valores del Coeficiente Fa según Tipo de Perfil (NSR-10)

De la tabla anterior se pudo identificar que el valor que intersecta las 2 variables (tipo de perfil del suelo y Coeficiente Aa) corresponde a un coeficiente **F_a= 1.40**, información que se puede verificar en la siguiente ilustración.

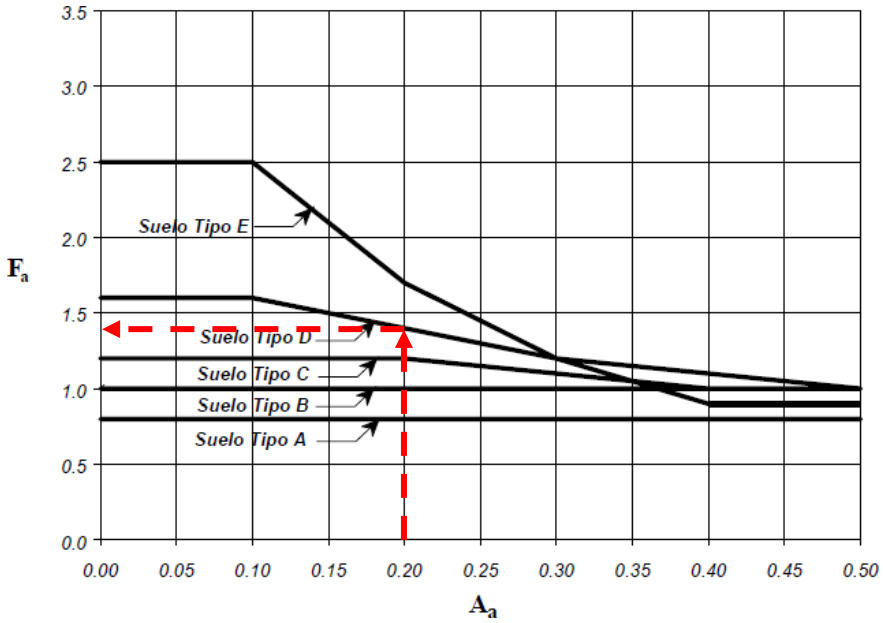


Ilustración 12 – Gráfica para el cálculo del Coeficiente Fa

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Coeficiente Fv: para determinar este coeficiente se requiere conocer el perfil del suelo y su coeficiente A_v, los cuales han sido previamente calculados y/o identificados según lo establecido en la NSR-10, con los valores ya conocidos se ingresa a buscar el valor de F_v en la siguiente tabla.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_V \leq 0.1$	$A_V = 0.2$	$A_V = 0.3$	$A_V = 0.4$	$A_V \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 20 - Valores del Coeficiente Fv según Tipo de Perfil (NSR-10)

De la tabla anterior se pudo identificar que el valor que intersecta las 2 variables (tipo de perfil del suelo y Coeficiente Av) corresponde a un coeficiente **F_v= 2.00**, información que se puede verificar en la siguiente ilustración.

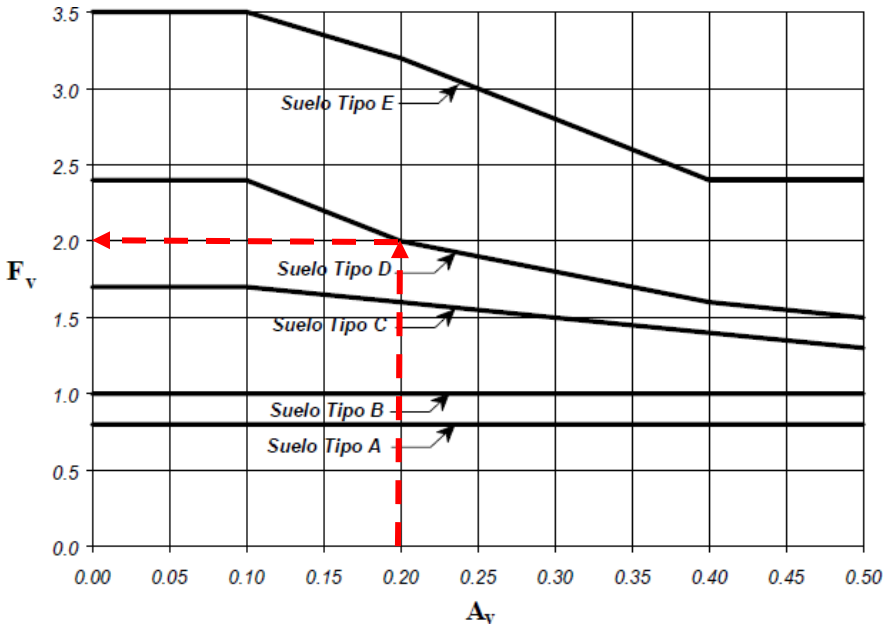


Ilustración 13 – Gráfica para el cálculo del Coeficiente Fv

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

- ✓ **Perfil del Suelo:** D
- ✓ **Zona Amenaza Sísmica:** Intermedia
- ✓ **Aa:** 0.20
- ✓ **Fa:** 1.4
- ✓ **Av:** 0.20
- ✓ **Fv:** 2.0

7.4 Cálculo de Asentamientos

Con los diferentes valores geotécnicos previamente cálculados, asi como tambien las proyecciones de carga de la edificacion a construirse, a continuación se presentan los cálculos de los asentamientos de una cimentación aislada, así:

7.4.1 Asentamiento inmediato de una zapata aislada

$$S_0 = 0{,}84 \; q *$$

Ecuación 3 – Formula Asentamiento inmediato de cimentación aislada (Tipo Zapata)

q=	1.46	presión de contacto (kg/cm2)
B=	100	Base del cimiento (cm)
E=	229	Módulo de elasticidad (kg/cm2)

Tabla 21 – Parámetros de cálculo asentamiento inmediato

S_0= 0.54 cm

7.4.2 Asentamiento elastico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas

$$S_0 = \frac{q * B * (1 - \psi^2}{E} * Ip$$

Ecuación 4 – Formula 11.2 Asentamiento elástico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Asentamiento inmediato(cm)=	**S_0=**	0.80
Presión de contacto(kg/cm2)=	q=	1.46
Base del cimiento(cm)=	B=	100
Coeficiente de poisson=	ψ=	0.35
Módulo de elasticidad(kg/cm2)	E=	229
Factor de influencia=	Ip=	1.122

Tabla 22 – Parámetros de cálculo asentamiento elástico al centro en zapatas aisladas rectangulares y zapatas corridas

Factor de Influencia.		
L/B	**CENTRO**	**ESQUINA**
1	1.122	0.561
1.5	1.358	0.679
2	1.532	0.766
3	1.783	0.892
4	1.964	0.982
5	2.105	1.052
10	2.54	1.27
100	4.01	2

Tabla 23 – Valores de referencia para factor de influencia Ip

1.1 Asentamiento por consolidacion de una zapata aislada

$$S_1 = \frac{Cc*H}{1+e} * \log(\frac{\Delta\sigma+\sigma\prime}{\sigma\prime})$$

Ecuación 5 – Formula Asentamiento por consolidación de una zapata aislada

		Cálculo	Valor a utilizar
Coeficiente de compresibilidad=	Cc=	-0.09	-0.09
Altura del estrato (cm)=	H=	250	250
Relación de vacios(en base a "w" y "Ss")=	e=	6.99229287	6.99
Incremento de esfurzo(kg/cm2)=	Δσ=	0.71923567	0.07
Esfuerzo efectivo(kg/cm2)=	σ'=	6.5525	0.65525
limite liquido=	Ll=	0	
Densidad de solidos=	Ss=	1.84	
Contenido de humedad=	w=	3.80	
Carga puntual(ton)=	P=	9.41	
Altura o Profundidad de analisis(m)=	Z=	2.50	
peso volumetrico(ton/m3)=	ϰ=	1.91	
	σ'ant=	1.7775	

Tabla 24 – Parámetros de Cálculo Asentamiento por consolidación de una zapata aislada

S_1= 0.127 cm

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

7.5 Parámetros Geotécnicos

7.5.1 Espectro de Diseño

Para el análisis de la acción sísmica se recomienda utilizar el espectro elástico de diseño de la Norma NSR-10, definido mediante los siguientes parámetros el cual definido para un coeficiente de amortiguamiento del 5% del crítico.

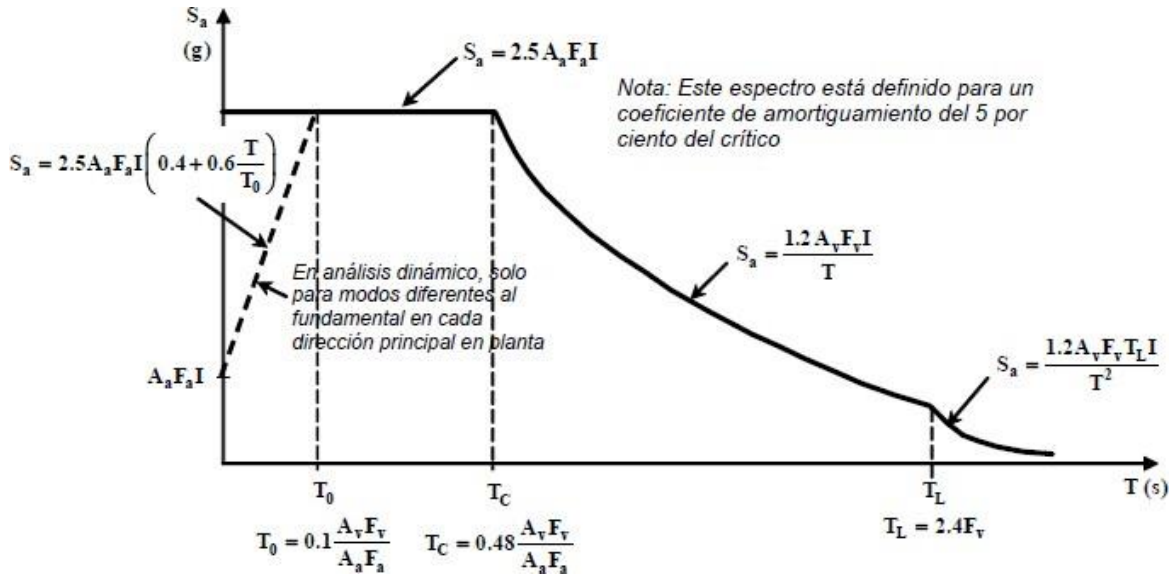


Ilustración 14 – Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g (NSR-10)

Para poder desarrollar las formulas y ecuaciones necesarias para la elaboración del espectro de diseño se requiere conocer los efectos sísmicos locales que aplican para el proyecto, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Municipio	Lérida - Tolima
Código Municipio (NSR-10)	73408
Tipo de Perfil del Suelo	Tipo D
Zona Amenaza Sísmica	Intermedia
A_a	0,20
F_a	1,40
A_v	0,20
F_v	2,00
A_e	0,11

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

A_{ci}	0,06
Grupo de Uso	II
Coeficiente de Importancia	1,10

Tabla 25 - Resumen de efectos sísmicos locales (Lérida – Tolima)

Con los efectos sísmicos ya conocidos, se proceden a realizar los cálculos de las diferentes fórmulas y ecuaciones, así.

Datos	Resultado	Unidad	Referencia NSR-10
Ubicación de la Estructura-CIUDAD	Lérida		
Departamento	Tolima		
Altura del edificio	5,00	[m]	Título A
Número de Pisos	1,00		
Tipo de Perfil del Suelo:	D		Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación:	II		A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	1		Tabla A.4.2-1
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitadas o adheridas a componentes más rígidos estructurales o no estructurales que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas			
Zona de Amenaza Sísmica:	Intermedia		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Aceleración (Aa):	0,20		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Velocidad (Av):	0,20		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Amplificación de Sitio (Fa):	1,40		Tabla A.2.4-3
Coeficiente de Amplificación de Sitio (Fv):	2,00		Tabla A.2.4-4
Coeficiente de Importancia (I):	1,50		A.2.5.1
Espectro de Diseño (Sa):	Gráfico		Título A
Período de Vibración Inicial (To):	0,14	[s]	Título A
Período de Vibración Corto (Tc):	0,69	[s]	Título A
Período de Vibración Largo (T_L):	4,80	[s]	Título A
Coeficiente (C_t):	0,047		Tabla A.4.2-1
Exponente (a):	0,9		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ($Ta = C_t h^a$):	0,20	[s]	Form. A.4.2-3
Coeficiente (Cu):	1,27		Form. A.4.2-2
Tmax= Cu*Ta	0,25	[s]	Form. A.4.2-2
k	1,00		A.4.3.2

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Datos	Resultado	Unidad	Referencia NSR-10
Capacidad de Disipación de Energía:	Moderada		
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico (R_0):	5,0		A.3.3.3-Tabla A.3-1 a Tabla A.3-4
Coeficiente de Reducción (f_a):	1,0		tabla A.3-7,
Coeficiente de Reducción (f_p):	0,9		tabla A.3-6,
Coeficiente de Reducción (f_r):	1,0		A.3.3.8
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ($R = f_a f_p f_r R_0$):	4,50		form. A.3.3-1

Tabla 26 – Memoria de cálculo espectro de diseño según NSR-10

Con los valores obtenidos en la tabla anterior, se procede a dibujar el espectro elástico de aceleraciones de diseño y espectro de aceleraciones horizontales del umbral de daño propios del proyecto, tal y como se presentan a continuación.

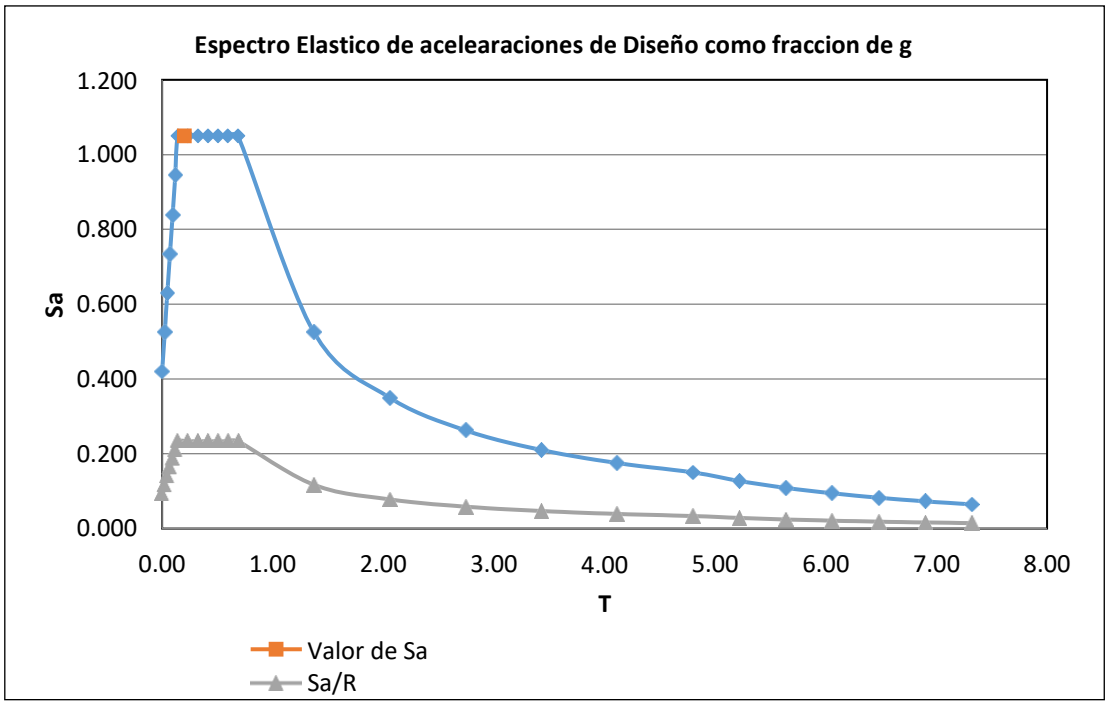


Ilustración 15 - Espectro elástico de aceleraciones de diseño del proyecto según NSR-10

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

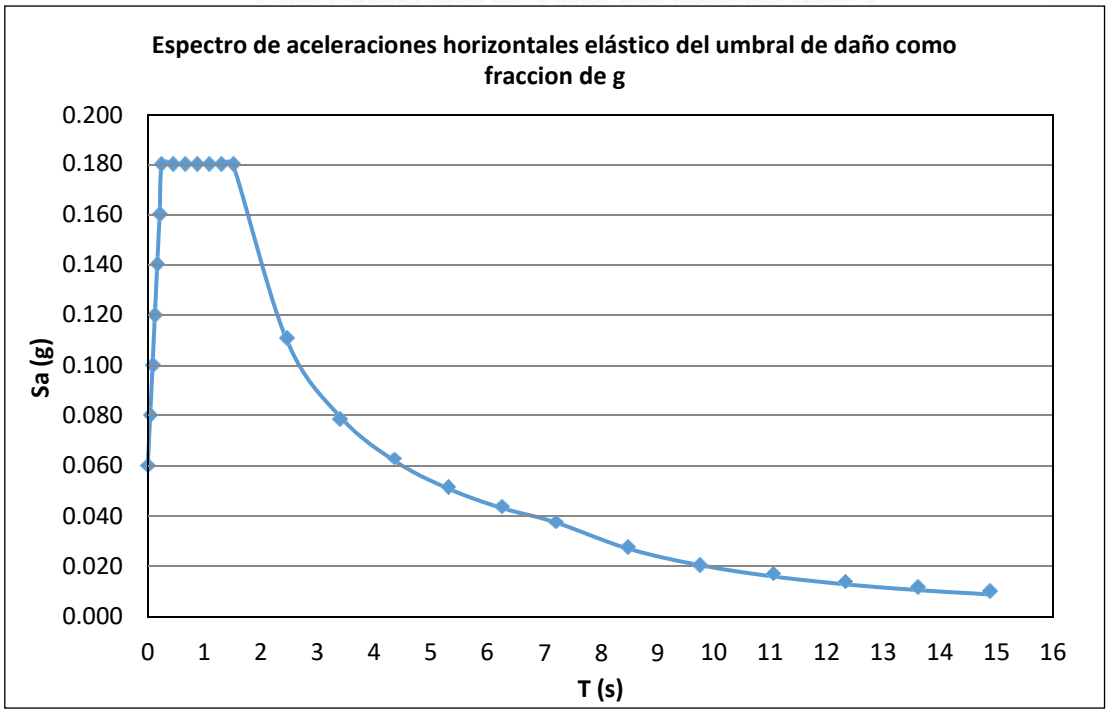


Ilustración 16 - Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño del proyecto

7.6 Verificación Condiciones Geotécnicas Especiales

7.6.1 Suelos Expansivos

Tabla H.9.1-1
Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 27 – Verificación Suelos Expansivos
Fuente: Elaboración propia

Con base en los ensayos realizados se pudo determinar que el potencial de expansividad de los suelos del proyecto es bajo.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

7.6.2 Suelos Colapsables

$$\gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{(1/G_s) + w_\ell}$$

$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcirt}} > 1$ el suelo es estable o expansivo, y si

$\frac{\gamma_d}{\gamma_{dcirt}} \leq 1$ el suelo es colapsable

$$\gamma d(critico) = \frac{\gamma w}{(1/G.S) + W} = \frac{1795\ Kg/m^3}{(1/1.914) + 3.8\%} = 3205{,}36\ Kg/m^3$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma d(Critico)} = \frac{1910{,}00\ Kg/m^3}{3205.36\ Kg/m^3} = 0.60 \approx Suelo\ potencialmente\ colapsable$$

7.6.3 Suelos Dispersivos y/o Erodables

Teniendo en cuenta la clasificación SUCS, y las características propias de los materiales que conforman el sub-suelo, se puede determinar que los materiales encontrados no cumplen con los requisitos para ser categorizados como dispersivos o erodables.

7.7 Estados Limites de Falla y Servicio

Teniendo en cuenta que el proyecto no contempla la construcción de muros de contención, no se hace necesaria esta verificación.

7.8 Control de Flujos de Agua

7.8.1 Excavaciones Bajo Condiciones de Humedad

Durante las excavaciones para la instalación de las tuberías, colocación de concretos o morteros, colocación de entresuelos, cimentaciones, y en general para todas las

actividades propias del contrato, donde se requiera controlar las condiciones de humedad, se debe disponer de sistemas de drenaje, bombeo o zanjas de infiltración temporales, para interceptar el agua que pueda afectar la ejecución de las actividades de excavación, de manera que no haya empozamientos del agua y deterioro de los materiales expuestos, y la ejecución de cada una de las actividades del contrato pueda desarrollarse bajo condiciones apropiadas de humedad.

7.8.2 Control Aguas Lluvia y Escorrentía

Se realiza mediante sistemas de drenaje superficial, para garantizar la estabilidad del talud, reduciendo la infiltración de agua en el suelo y la erosión del terreno. Los drenajes superficiales deben captar el agua de escorrentía y desviarla del sitio de las obras. Las aguas lluvias que caigan directamente sobre la superficie de las excavaciones debe ser evacuada lo más rápido posible mediante sistemas de bombeo, para evitar daños por erosión, infiltración y almacenamiento.

7.8.3 Impermeabilización temporal mediante plásticos

Consiste en el cubrimiento del área de las excavaciones con telas plásticas o materiales similares como medida temporal para disminuir el potencial de erosión e infiltración del agua.

7.8.4 Abatimiento del Nivel Freático

Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de la zanja, el nivel del agua debe reducirse por lo menos hasta el fondo de la misma, pero preferiblemente hasta 0,20 m por debajo de esta. Para esto pueden usarse diferentes técnicas dependiendo de la naturaleza del material.

Para suelos arenosos o limosos, se recomienda realizar un sistema de pozos de drenaje conectados a una tubería y una bomba, el espaciamiento de dichos pozos y la profundidad a la cual deben ser instalados dependen del nivel freático y la permeabilidad del suelo. Es importante usar un filtro alrededor de los puntos de succión en arena gruesa o grava para evitar atacar los pozos con material fino proveniente de la zanja. Si el suelo está compuesto de arcilla o roca firma, se recomienda el uso de sumideros y bombas.

Si los filtros temporales en piedra, grava, cascajo, arena o tubería perforada se conectan al alcantarillado, tales conexiones deben taponarse una vez terminada la obra con el fin de restablecer las condiciones iniciales del terreno.

Cuando el agua no puede mantenerse por debajo del fondo de la zanja se deben realizar sub-drenes, cuya profundidad depende de la cantidad de agua en la zanja, con agregado de un solo tamaño (3/4" (19mm) – 1" (25 mm)) totalmente cubiertos en geotextil. Si aun así el agua no puede mantenerse por debajo del fondo de la zanja se debe usar un geotextil alrededor del lecho, y si es necesario en el área de la tubería, para evitar que se contamine con el material nativo. Se debe utilizar grava o piedra triturada para el lecho y el relleno.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

8 CONCLUSIONES

Los tres (3) sondeos realizados llegaron a una profundidad de 4.00m, teniendo en cuenta la complejidad del proyecto (baja) según NSR-10 para este tipo de proyectos está permitido realizar mínimo 3 sondeos a profundidad mínima de 6ml o rechazo mediante ensayo de SPT, razón por el estudio actual y sus respectivos sondeos cumplen con lo especificado en la NSR-10 Titulo H, Capitulo H3.

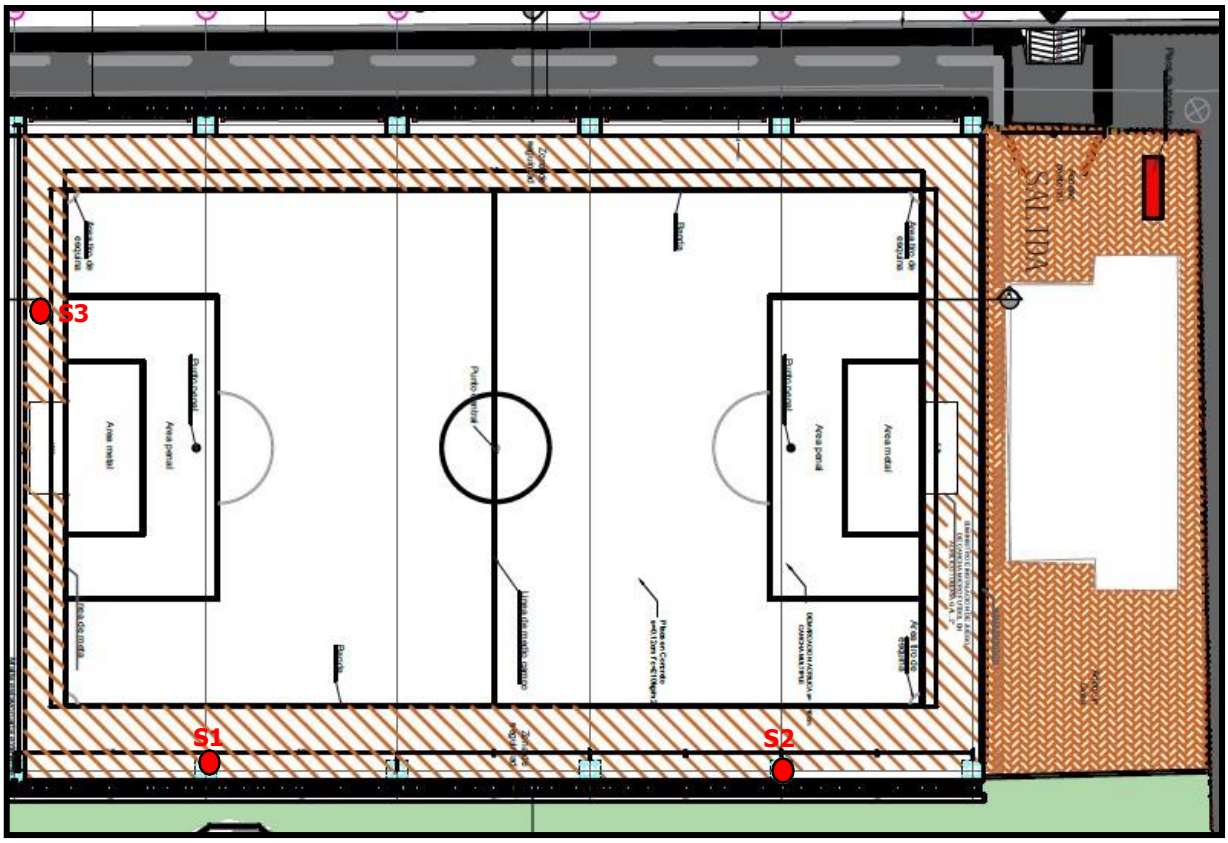


Ilustración 17 – plano de Localización de Sondeos

Como se puede observar en la ilustración anterior, los sondeos 1 y 2 quedan ubicados en las zonas en donde se construirán las Zapatas D2 y D5, mientras que el Sondeo 3 queda ubicado en una de las zonas en donde se construirán los andenes de circulación peatonal, cumpliendo así con lo establecido en la NSR sobre la ubicación de los sondeos en sitios de influencia directa del proyecto.

Se calcula el valor de capacidad portante con un nivel de desplante de - 2.50 m, El valor de capacidad portante mínimo para esta profundidad es igual a 1.4620 kg/cm2. Se recomienda retirar el material orgánico encontrado hasta -1.70 metros de profundidad y descargar zapatas aisladas a - 2.50 mts.

Se debe realizar abatimiento y/o control del nivel freático en las obras a construir (preferiblemente con filtros que impidan su llegada a las obras de cimentación), esto teniendo en cuenta que en los sondeos 1 y 2 se pudo determinar su presencia a una profundidad de 1,70m (ver anexo perfiles estratigráficos).

Se recomienda retirar el material orgánico encontrado hasta la profundidad recomendada en cada sondeo y descargar zapatas a las respectivas profundidades.

No se requieren obras especiales de drenaje, salvo no permitir que se llene de agua las excavaciones para cimentaciones y se recomienda construir las obras de drenaje usuales para manejo de aguas lluvias en cubiertas.

Bajo las cargas recomendadas de diseño, no se esperan asentamientos totales o diferenciales que afecten la estructura, ya que los rangos están dentro de lo tolerado por la norma NSR 10.

Si se encuentran lentes de material con componentes orgánicos o bajas condiciones de resistencia, deben ser retirados y reemplazados por recebo.

9 RECOMENDACIONES

9.1 Recomendaciones Constructivas

Para la construcción de las zapatas o cualquier otro sistema seleccionado, se deben efectuar excavaciones manuales hasta el nivel de fundación buscando el estrato seleccionado, verificando que no exista material orgánico o con presencia de raíces.

Una vez fundidos los cimientos, se debe rellenar con recebo de buenas características previa aprobación de la interventoría.

Inmediatamente terminadas las excavaciones para la construcción de las zapatas de fundación y obras de contención, las mismas deberán protegerse el fondo con un solado de concreto pobre de según la norma NSR-10, para evitar el remoldeo y la alteración de las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación por acción de las lluvias y el intemperismo.

Las excavaciones no deben quedar expuestas por mucho tiempo después de su ejecución, para evitar que las paredes de las mismas se desprendan, sin embargo, no se considera necesario entibar durante el proceso de fundida de la cimentación.

Para fundir pisos en concreto, se debe limpiar y colocar una capa de recebo entre el concreto y el suelo de fundación.

El material de relleno por encima de la cimentación debe ser de tipo recebo seleccionado y compactado por medio mecánico (saltarín).

En la medida en que alcance el nivel de cimentación del proyecto, verifique que el material encontrado cumple con las condiciones contempladas en el diseño.

Evitar la alteración del suelo lo menos posible, sobre todo con maquinaria pesada.

Es recomendable empezar las obras de cimentación en época seca, y en lo posible comenzar lo más rápido después de realizada la excavación del terreno.

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Los suelos encontrados son buenos para cimentar, siempre y cuando se controle el flujo de agua y el confinamiento.

Es recomendable diseñar vigas de amarre en los dos sentidos de la estructura.

No colocar ningún tipo de estructura sobre un relleno mal compactado, ya que puede ocasionar consolidación en la estructura.

El material con el cual se debe tapar la cimentación, debe ser recebo compactado en capas de 20 CMS de espesor.

Teniendo en cuenta la baja complejidad del proyecto se recomiendan cimientos superficiales del tipo aislado, basados en zapatas cuadradas o rectangulares, amarrados mediante vigas que permitan rigidizar la estructura para atender eventuales sismos y pequeñas excentricidades.

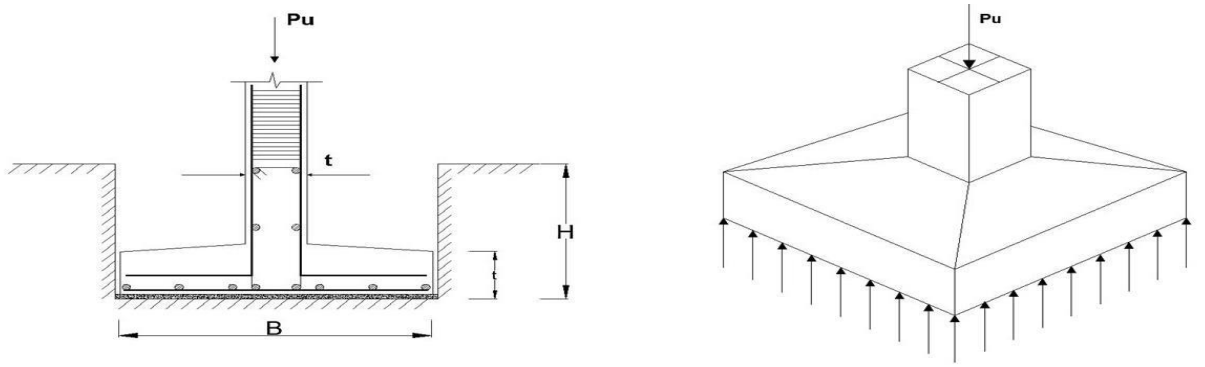


Ilustración 18 – Cimentación Superficial Recomendada

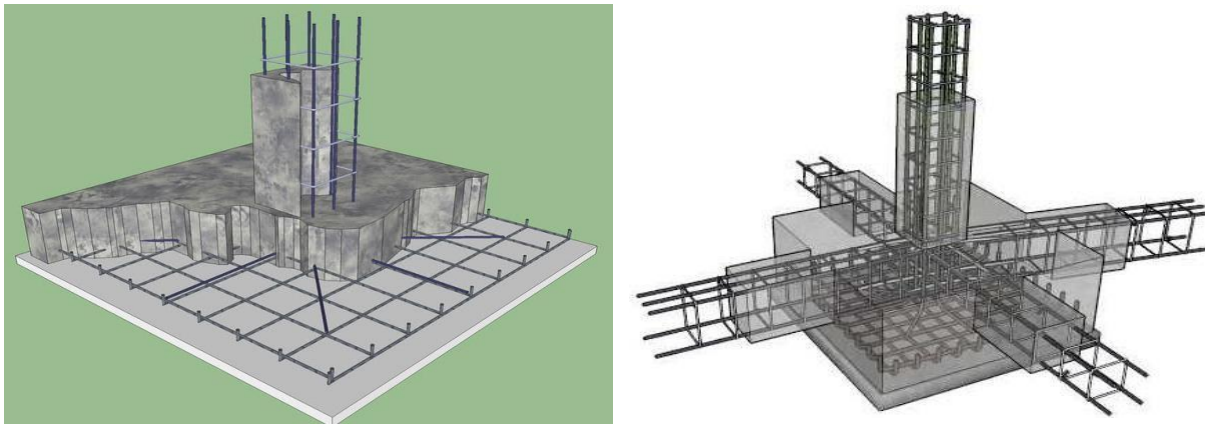


Ilustración 19 – Ilustración 3D Tipo de Cimentación Recomendada

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

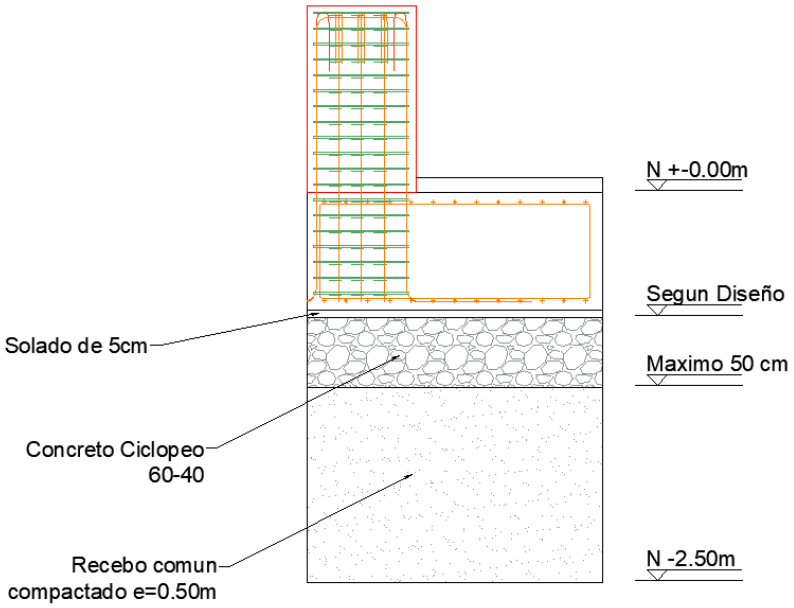


Ilustración 20 – Cimentación Recomendada

Concreto: Las especificaciones en cuanto a mezclado, transporte, colocación y curado del concreto se deben hacer de acuerdo a lo definido en la norma de construcción 630-13 del INVIAS, las características propias para los elementos que conforman el muro de contención como resistencia a compresión, fluidez, contenido de aditivos y demás particularidades deben ser las especificadas en el plano estructural propio de cada elemento y/o escenario.

Acero de refuerzo: Los recubrimientos libres del acero de refuerzo, los diámetros mínimos de doblaje de las barras, las longitudes de anclaje y de traslapo y todos los detalles de figuración, se deben hacer de acuerdo con lo especificado en el plano estructural del muro de contención.

En la norma de construcción 640-13 del INVIAS "acero de refuerzo", se establecen las especificaciones técnicas que debe cumplir el acero de refuerzo, así mismo, ésta especifica que los distanciadores para garantizar el recubrimiento mínimo del acero

deben ser bloques de mortero prefabricados con las mismas características del elemento a vaciar, tensores o silletas de acero, por ningún motivo se permite el uso de trozos de madera, piedras o escombros.

Las barras se deben fijar firmemente en su posición para evitar que se muevan cuando se esté vaciando y vibrando el concreto. Se deben utilizar los amarres de alambre adecuados para fijar las barras ortogonales y los estribos en caso de que los haya.

Compactación del relleno: Se debe evitar el empleo de suelos arcillosos o limosos en el relleno del soporte de las zapatas, en caso de que sea requerido su uso, deben consultarse al ingeniero diseñador o al geotecnista para su aprobación. La compactación del material del relleno bajo la cimentación debe hacerse con precaución, utilizando medios ligeros, ya que una compactación intensa del suelo puede provocar un incremento sustancial de los empujes de la excavación.

9.2 Recomendaciones Estabilidad de Excavaciones y Llenos

9.2.1 Excavaciones

La excavación consiste en la remoción y extracción de materiales, además del cargue, retiro y disposición de los materiales provenientes de dicha actividad, según los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que indique la supervisión. También comprende el retiro de la capa vegetal o descapote y otros materiales blandos y orgánicos en las áreas donde se vayan a realizar las excavaciones necesarias para la construcción de estructuras que sean necesarias para la correcta ejecución de las obras.

Se deben tomar las precauciones necesarias para no disminuir la resistencia o estabilidad de los terrenos aledaños, en especial, se deben tener en cuenta las características estructurales del entorno y las alteraciones de su drenaje, y se deben adoptar las medidas necesarias para asegurar la estabilidad de los taludes del proyecto y de los terrenos aledaños.

Si la altura de los taludes y la calidad del material lo exigen, se deben proyectar terrazas con un pendiente igual o mayor al 4% hacia el interior del talud, hasta una cuneta

donde se deben recoger y encauzar las aguas superficiales. La terraza debe tener un ancho mínimo tal que permita la operación normal de los equipos de construcción.

El fondo de las excavaciones no debe presentar depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales. El material de descapote de las zonas de préstamo debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

Si está previsto el recubrimiento vegetal de taludes con material de descapote, éste se debe efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.

Las paredes de las zanjas deben hacerse equidistantes del eje de instalación de la tubería, de tal forma que se mantengan verticales. Si debido a la profundidad de las excavaciones o el tipo de material encontrado se requiere conformar taludes, la verticalidad de las paredes no se puede variar hasta no superar los 0,30 m.

Las excavaciones se deben realizar hasta la profundidad indicada en los planos. Si para la excavación de zanjas se emplea equipo mecánico, estas deben realizarse hasta 0,20 m por encima de la profundidad indicada en los planos, y el resto se debe realizar manualmente, de forma cuidadosa, nivelando el fondo de la excavación, de tal manera que se presente un apoyo continuo en la totalidad del área en contacto con el suelo de fundación.

Teniendo en cuenta que se debe garantizar las dimensiones de diseño de las estructuras, al igual que proteger la vida de los trabajadores, se recomienda verificar las condiciones del terreno al momento de realizar las excavaciones, esto con el fin de confirmar la necesidad de realizar entibados al interior de las mismas, los cuales podrán realizarse según el material como se muestra a continuación:



Ilustración 21 – Tipos de entibados propuestos

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Fuente: Google

Estos pueden ser continuos o discontinuos cumpliendo las características que se relacionan a continuación:

ENTIBADOS CONTINUOS		
EN MADERA		**EN MADERA, CON PERFILES METÁLICOS**
Las paredes de la zanja deben ser sostenidas totalmente por tableros continuos de madera y deben ser soportados lateralmente por largueros de madera y puntales de madera o de acero.		Consiste en un sistema de entibado discontinuo con puntales metálicos y codales metálicos o de madera.
Puntales:	Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0.04 x 0.20 metros, generando una superficie continua.	Tablas verticales de madera de sección mínima 0.10 x 0.20 metros generando una superficie continua.
Largueros:	Tablas horizontales en madera de sección mínima 0.10 x 0.20 metros, con longitud máxima de 3.00 metros.	Perfiles metálicos de sección definida en el diseño.
Codales:	Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo 101.6 milímetros (4") o elementos en madera de 0.12 metros de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 metros y separación horizontal máxima de 1.60 metros en la zona central del larguero y de 1.40 metros en los extremos del larguero.	Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo de 152.4 milímetros (6") o en madera de 0.15 metros de diámetro mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 metros y separación horizontal máxima de 1.60 metros en la zona central del larguero y de 1.40 metros en los extremos del larguero.

Tabla 28 – Características entibados continuos

Fuente: Google

ENTIBADOS DISCONTINUOS		
EN MADERA		**EN MADERA, CON PERFILES METÁLICOS**
Consiste en un sistema de entibado discontinuo en madera, con base en el uso largueros, puntales y codales en madera o metálicos.		Consiste en un sistema de entibado discontinuo con puntales metálicos y codales metálicos o de madera.
Puntales:	Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0.04 x 0.20 metros, con espacios libres máximos de 0.20 metros.	Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0.04 x 0.20 metros, con espacios libres máximos de 0.20 metros.
Largueros:	Vigas en madera de sección mínima 0.10 x 0.20 x 3.00 metros.	Vigas en madera de sección mínima 0.10 x 0.20 x 3.00 metros.
Codales:	Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo 101.6 milímetros (4") o elementos en madera de 0.12 metros de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 metros y separación horizontal máxima de 1.60 metros en la zona central del larguero y de 1.40 metros en los extremos del larguero.	Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo 101.6 milímetros (4") o elementos en madera de 0.12 metros de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 metros y separación horizontal máxima de 1.60 metros en la zona central del larguero y de 1.40 metros en los extremos del larguero.

Tabla 29 - Características entibados discontinuos
Fuente: Google

En general, el entibado y arriostramiento serán extraídos a medida que se rellene y consolide la excavación, para evitar así, el derrumbe de los taludes o se afecte a estructuras o áreas adyacentes. Los vacíos dejados por la extracción del entibado, serán rellenados cuidadosamente por inyecciones, apisonado o en la forma que indique el Interventor. Para la extracción de cualquier entibado o arriostramiento, se requerirá la autorización del Interventor. Tal autorización no relevará al Contratista de su responsabilidad por daños que puedan ocurrir a las obras o al personal por no haber dejado el entibado y arriostramiento en su lugar.

Se debe suspender el trabajo y abandonar la excavación inmediatamente en los siguientes casos:

- ✓ Movimientos telúricos.

- ✓ Lluvias que amenacen la estabilidad de la excavación.
- ✓ Caída de un equipo pesado dentro de la excavación.
- ✓ Paso de un equipo o vehículo que por su peso o vibración comprometa la estabilidad de la excavación.
- ✓ Cuando una persona competente o calificada lo determine como consecuencia de otros riesgos identificados durante la excavación.
- ✓ En caso de presentarse algún hundimiento, descenso o asiento, o grietas antes de comenzar o durante los trabajos de excavación, la situación debe ser reportada inmediatamente y evaluada por la persona competente y de ser requerido por la persona calificada.
- ✓ Cuando la atmósfera se vuelva peligrosa por deficiencia de oxígeno, contaminación por gases tóxicos o gases combustibles.
- ✓ Deterioro del talud como grietas, desprendimientos, caída de material que evidencien la posibilidad de derrumbamiento.

9.2.2 Rellenos

Se refiere este numeral a llenos con materiales compactados por métodos manuales o mecánicos, en zanjas y apiques para construcción o mantenimiento de estrcuturas o en aquellas excavaciones cuyas condiciones se asimilen a las ya descritas, a criterio del Interventor. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Materiales para lleno. Podrá utilizarse para el lleno material proveniente de la excavación, siempre que a juicio de la Interventoría y previos análisis de laboratorio, presente propiedades físicas y mecánicas para lograr una compactación que garantice la resistencia adecuada y el mínimo asentamiento.

De acuerdo con el tipo de trabajo, la Interventoría podrá ordenar los ensayos necesarios (Límites de Atterberg, humedad natural, Proctor Modificado, CBR, y otros.) para determinar su aceptación como material de lleno.

Si se van a utilizar materiales obtenidos por fuera del área de la obra, (o de préstamo) el Contratista presentará los resultados de los ensayos necesarios (compactación, CBR, y otros que se consideren necesarios) con base en los cuales la Interventoría podrá autorizar su utilización.

Se rechazan como materiales de lleno: la materia orgánica, arcillas expansivas, material granular mayor de 100 mm. (4"), escombros, basuras y los suelos con límite líquido

mayor de 50 y humedad natural que por su exceso no permita obtener el mínimo porcentaje de compactación especificado.

Se considera como lleno con material de zanjas, o selecto de la excavación, aquel que se haga con material extraído del área o zona de los trabajos. El Contratista está en la obligación de seleccionar, transportar, almacenar y proteger los materiales aptos para llenos, sub-base y base que se obtengan como resultado de las excavaciones, todo lo anterior a su costo y bajo su responsabilidad. Estos materiales son propiedad de la entidad contratante y el Contratista deberá emplearlos, en primer lugar, para las actividades previstas en la obra.

El Contratista tomará por su cuenta y riesgo las medidas necesarias, para evitar que se aumente el contenido de humedad de los materiales para lleno por causa de la lluvia. Tal protección podrá hacerse por medio de cunetas interceptoras, cubriendo con telas impermeables, compactando el material en depósito, si está suelto, o por cualquier otro método aprobado por el Interventor. La última capa del lleno se colocará cumpliendo las densidades ya especificadas o aquellas indicadas por el Interventor, de acuerdo con la destinación que se le haya dado.

Llenos en Arenilla. Cuando el lleno se vaya a ejecutar con arenilla, éste cumplirá las siguientes especificaciones:

- Límite líquido menor de 30
- Índice de plasticidad menor de 4%
- Porcentaje de material que pasa tamiz 200 menor de 35%

Colocación del lleno. Una vez aceptado el material por parte de la Interventoría, el Contratista procederá a organizar su trabajo y colocación dentro de la zanja evitando la contaminación con materiales extraños e inadecuados.

El lleno de las zanjas sólo podrá iniciarse cuando la Interventoría lo haya autorizado y una vez hayan sido revisadas las tuberías, canalizaciones y demás estructuras a cubrir.

Para la primera parte del lleno y hasta los 30 cm. por encima de la parte superior de las canalizaciones, tuberías, ductos, u otros, deberá escogerse material que no contenga piedras que durante el proceso de compactación puedan ejercer esfuerzos puntuales sobre las tuberías, canalizaciones o ductos.

La colocación se hará por métodos mecánicos o manuales de acuerdo con el tipo de trabajo, pero preservando siempre la estabilidad y la integridad de las instalaciones existentes y de las que se están ejecutando.

Compactación del lleno. Para la primera parte hasta 30 cm. por encima del tubo o de la canalización se utilizarán pisones metálicos manuales. La compactación se hará en capas de 10 cm. subiendo el lleno simultáneamente o a ambos lados del ducto con el fin de evitar esfuerzos laterales.

Se tendrá especial cuidado en el apisonado de manera que no se produzcan presiones laterales, vibraciones o impactos que causen roturas o desplazamientos de los elementos que se instalan o de otras estructuras existentes.

Para el resto del lleno, el espesor de cada capa y el número de pasadas del equipo de compactación estarán definidas por la clase de material, equipo disponible por el Contratista, y a la densidad especificada.

9.3 Recomendaciones generales y de protección para edificaciones aledañas

Teniendo en cuenta que la zona donde se encuentra localizado el predio Polideportivo Central, es un área sin viviendas inmediatamente aledañas a la misma, por lo cual recomendamos tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Investigación Previa:** Primero se debe hacer un registro fotográfico y/o acta de vecindad de las construcciones para que las futuras reclamaciones no correspondan a daños preexistentes. Se recomienda junto a las viviendas aledañas en caso de requerirse excavaciones colocar encofrado y/o estacado para evitar derrumbes.

- ✓ **Cerramiento:** Por razones de seguridad y privacidad de los proyectos son cerrados al espacio público perimetralmente con el uso de lona verde extendida y fijada en postes de madera. Para la ampliación puede asociarse esta actividad con la delimitación del área de trabajo de modo que no se afecten las áreas comunales ni las casas vecinas.

- ✓ **Limpieza del Terreno:** Se retiran manualmente del área donde se desarrollará el proyecto todos los desperdicios, escombros, arbustos y demás elementos que puedan entorpecer el rendimiento de las máquinas utilizadas para excavar y llegar hasta el nivel de fundación.

- ✓ **Protección perimetral de aguas subterráneas:** Se recomienda la construcción perimetral de un filtro tipo francés que impida el ingreso de aguas subterráneas al predio.

Dairo Dueñas Morales
Esp. En Geotecnia del Laboratorio
M.P. 70202 - 087577 TLM

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

10 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 1 (vista al Norte)



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 1 (vista al Sur)

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 1



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 1

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Material Tamizado para Limites – Sondeo 1



Material Procesado para toma de Limites – Sondeo 1

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Ensayo Limite Liquido (Cazuela de Casa grande) - Sondeo 1



Ensayo Limite Plástico (Rollos) - Sondeo 1

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 2 (vista al Sur)



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 2 (vista al Norte)

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 2



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 2

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Material Tamizado para Limites – Sondeo 2



Material Procesado para toma de Limites – Sondeo 2

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES

INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



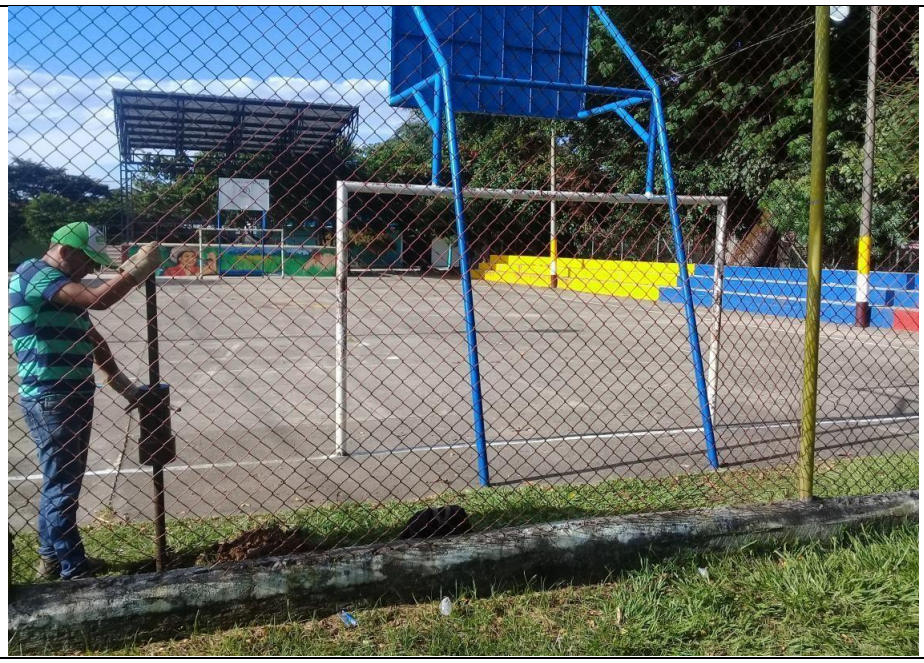
Ensayo Limite Liquido (Cazuela de Casa grande) - Sondeo 2



Ensayo Limite Plástico (Rollos) - Sondeo 2

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 3 (vista al Sur)



Ensayo de Campo SPT – Sondeo 3 (vista al Norte)

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 3



Caracterizacion del material por tamizado – Sondeo 3

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Material Tamizado para Limites – Sondeo 3



Material Procesado para toma de Limites – Sondeo 3

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com

DAIRO DUEÑAS MORALES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL



Ensayo Limite Liquido (Cazuela de Casa grande) - Sondeo 3



Ensayo Limite Plástico (Rollos) - Sondeo 3

Dirección: Carrera 4 No. 12-47 Oficina 606 Edificio América (Ibagué - Tolima)
Teléfono de Contacto: 311 858 70 90
E-mail: ingeologia@gmail.com - ingenierodairo1972@gmail.com