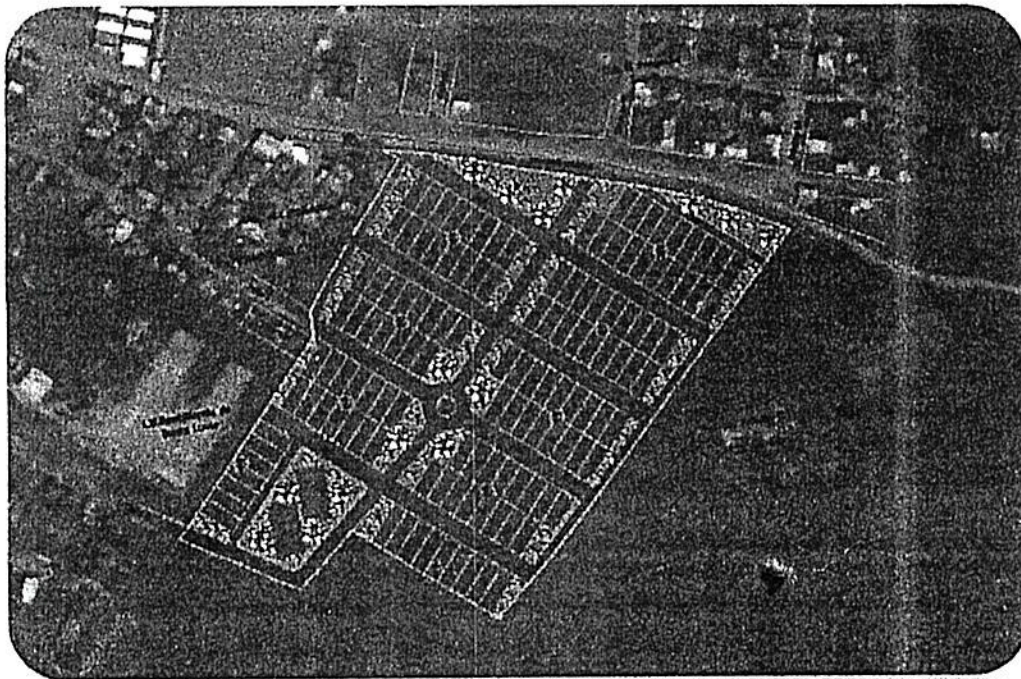


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

GOBERNACIÓN DEL ATLÁNTICO SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

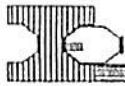


ESTUDIO DE SUELOS PARA SOLUCIÓN DE VIVIENDA SANTA LUCÍA - DPTO. DEL ATLÁNTICO

CONTRATO N° 108-2012-000045

INFORME FINAL

Enero 05 de 2013
Barranquilla - Atlántico



CONTENIDO

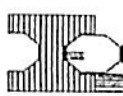
INTRODUCCIÓN.....	1
1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO.....	2
1.1 ALCANCE Y OBJETIVOS	2
1.2 LOCALIZACIÓN.....	3
2. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO Y DEL PROYECTO	9
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO	9
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO	10
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE SUELOS.....	12
3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	12
3.2 INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO	13
3.2.1 Exploración de Campo	13
3.2.2 Ensayos de Laboratorio.....	17
3.3 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	17
4. ESTRATIGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	18
4.1 ESTRATIGRAFÍA.....	18
4.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	19
5. ANÁLISIS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA	25
5.1 CONCLUSIONES	25
5.2 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS.....	27
5.2.1 Cimentación para edificación tipo Palafito	28
5.2.1.1 Capacidad de Carga Admisible.....	30
5.2.1.2 Asentamiento.....	30
5.2.2 Cimentación sobre terreno mejorado.....	30



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

- 5.2.2.1 Alternativa con Cimentación mediante losa 33
- 5.2.2.2 Cimentación corrida mediante vigas 34
- 5.3. SISMICIDAD DEL ENTORNO 34
- 5.4 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS 40
- 5.4.1 Excavaciones 40
- 5.4.2 Rellenos 41
- 5.4.3 Redes de Servicio..... 42
- 5.4.4 Otras Consideraciones 43
- 6. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA LAS VÍAS..... 44
- 6.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO..... 44
- 6.1.1 Tránsito 45
- 6.1.2 Desviación Estándar Normal y Error Estándar Combinado..... 47
- 6.1.3 Serviciabilidad 49
- 6.1.4 Propiedades del Concreto Hidráulico..... 50
- 6.1.5 Coeficiente de Drenaje..... 50
- 6.1.6 Coeficiente de Transmisión de Carga..... 51
- 6.1.7 Características de la Sub-rasante..... 52
- 6.1.8 Diseño Estructural del Pavimento..... 56
- 6.1.8.1 Estructura del Pavimento..... 57
- 6.1.8.2 Drenaje Superficial..... 57
- 6.1.8.3 Geometría de las losas..... 57
- 6.1.8.4 Juntas Transversales..... 57
- 6.1.8.5 Juntas Longitudinales..... 58
- 6.1.8.6 Selladores de Juntas..... 59



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

7. LIMITACIONES..... 62

ANEXOS..... 58



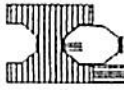
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

LISTA DE FIGURAS

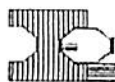
Figura 1-1: Localización del municipio de Santa Lucía 4

Figura 1-2 Geología del municipio de Santa Lucía (*INGEOMINAS 2001*)..... 6



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Consistencia del suelo correlacionada con los resultados.	22
Tabla 2 Arcillas y limos de alta compresibilidad color marrón con vetas grises.....	23
Tabla 3 Arcillas y limos de baja compresibilidad color marrón con vetas grises....	24
Tabla 4 Gradación.....	32
Tabla 5 Plasticidad.....	33
Tabla 6 Valores de Aa, Av y nivel de amenaza sísmica.....	36
Tabla 7 Perfiles de Suelos NSR-10.....	37
Tabla 8 Número de Repeticiones en el Período de Diseño.....	46
Tabla 9 Factor Daño.....	46
Tabla 10 Total ejes equivalentes.....	47
Tabla 11 Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.....	48
Tabla 12 Valores del coeficiente de drenaje.....	50
Tabla 13 Valores del coeficiente de transmisión de cargas	51
Tabla 14 Gradación.....	53
Tabla 15 Plasticidad.....	53



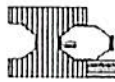
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

INTRODUCCIÓN

En este informe se registran los resultados, las conclusiones y las recomendaciones derivadas de la investigación geotécnica realizada en un lote de terreno donde se proyecta la construcción de una solución habitacional direccionada a resolver la problemática de vivienda de algunas familias afectadas por la ola invernal del 2010, específicamente por la rotura del canal del Dique.

El estudio se ejecutó en diciembre de 2012, por solicitud de la Secretaría de Infraestructura de la Gobernación del Departamento del Atlántico a través del contrato de mínima cuantía No. SMC-SINF-009-2012, suscrito entre esta Entidad e Ineica Ltda.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1 ALCANCE Y OBJETIVOS

El principal objetivo del estudio es determinar las características físicas y mecánicas del sub-suelo donde se apoyaran las cimentaciones de las edificaciones proyectadas. Para el cumplimiento del objetivo principal se definieron los siguientes objetivos específicos.

- Realizar una exploración de campo mediante la ejecución de perforaciones por percusión, para determinar la constitución geotécnica del terreno.
- Determinar la estratigrafía del terreno.
- Establecer las propiedades geotécnicas de los suelos, en particular sus características mecánicas, como resistencia y compresibilidad.
- Establecer las condiciones de las aguas libres subterráneas, incluyendo posibles fluctuaciones y su incidencia en la construcción y estabilidad del proyecto.
- Definir los parámetros de diseño para la cimentación y demás elementos portantes en contacto con el suelo.
- Establecer el tipo de cimentación de mayor factibilidad, teniendo en cuenta las características del proyecto y el suelo de fundación.

333



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

- Definir la forma de la fundación, profundidad de desplante, presiones admisibles, asentamientos, etc.
- Identificar potenciales problemas para el proyecto derivados de la naturaleza del suelo.
- Proponer métodos de construcción acordes con las condiciones presentes.

1.2 LOCALIZACIÓN

El lote donde se proyecta el programa de viviendas, limita en su parte frontal con la Calle 7A, sobre el lindero derecho existen edificaciones pertenecientes a la Urbanización Villa Andalucía y es interceptado por la prolongación futura de las calles 7 y 5.

Sobre el lado izquierdo y en su parte posterior colinda con terrenos dedicados a agricultura y ganadería.

3

118 332

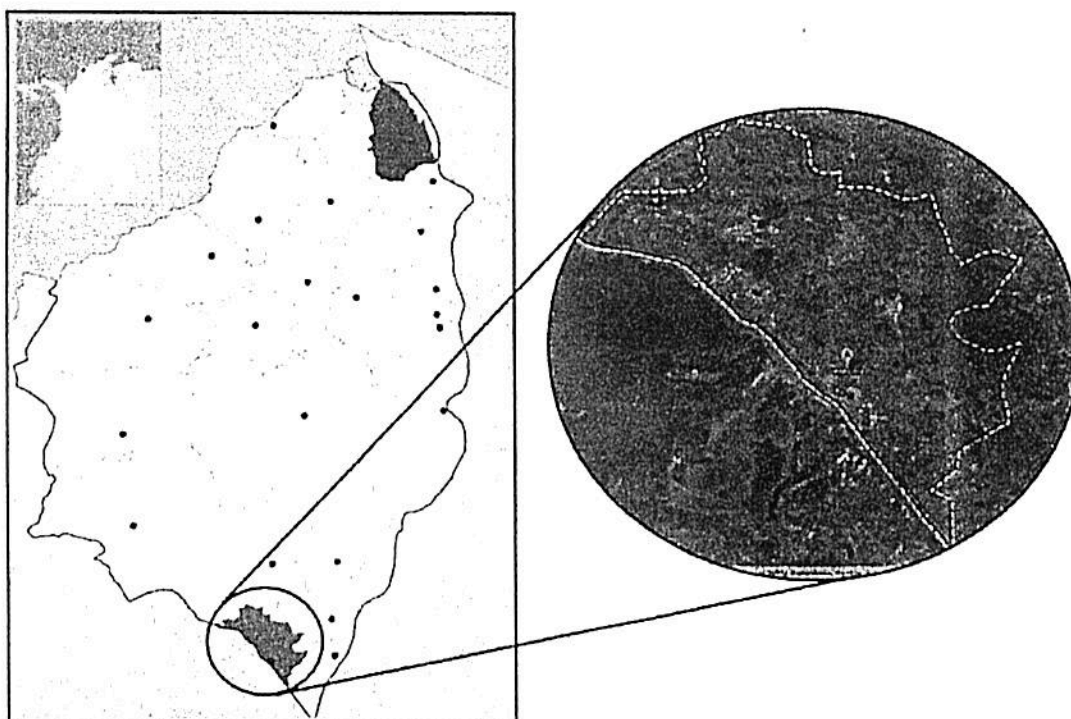
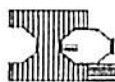


Figura 1-1: Localización del municipio de Santa Lucía
(Referencie: Creative Commons y Google 2012).

El municipio de Santa Lucía se localiza en la margen sur del departamento del Atlántico, a 79.2 km de la ciudad de Barranquilla. El casco urbano de este municipio se localiza en las coordenadas geográficas 10°19'28"N 74°57'35"O a 8 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Santa Lucía limita al norte con el municipio de Manatí, al este con los municipios de Campo de la Cruz y Suán, y al suroeste con el canal del dique, límite del municipio de Calamar, en el departamento de Bolívar.



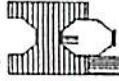
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

- Clima

El departamento del Atlántico presenta una temperatura media anual de 26°C con máximas de 29.9°C y mínimas de 25°C, especialmente entre los meses de octubre y noviembre. El clima de Santa Lucía es de tipo tropical húmedo, característico de las zonas bajas inundables de la rivera del río Magdalena.

Este clima se caracteriza por periodos marcados de abundantes lluvias y sequías. La temperatura es bastante regular todo el año, oscilando sólo en 2°C aproximadamente. La vegetación predominante consiste en árboles aislados de mediana altura y hierbas altas que crecen durante la época lluviosa, para secarse después de ésta. En las zonas rivereñas, se presentan árboles frondosos de altura importante, los cuales conforman "bóvedas" que interrumpen la luz solar.



- Geología

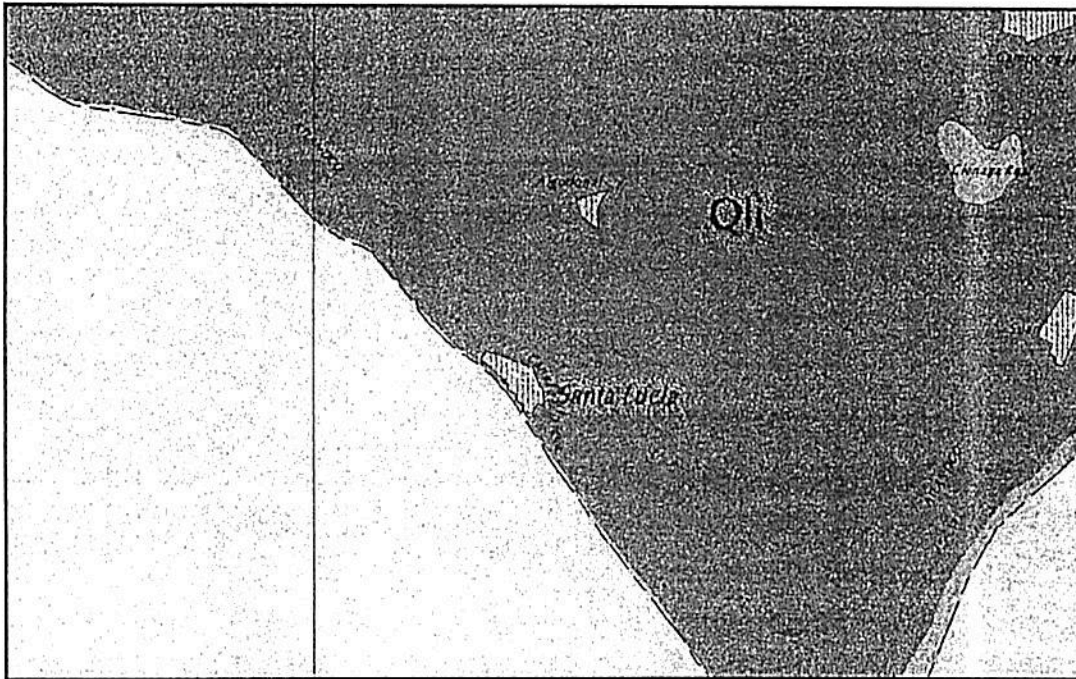
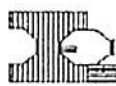


Figura 1-2 Geología del municipio de Santa Lucía (INGEOMINAS 2001).

El municipio de Santa Lucía, en el departamento del Atlántico, presenta una geología bastante uniforme, con depósitos que datan del Cuaternario Reciente. Éstos, también llamados sedimentos recientes, corresponden a limos y arcillas de Llanura de Inundación (Qli), los cuales son característicos de las planicies inundables a orillas de los ríos.

Estos suelos se concentran en depósitos blandos, en capas bastante uniformes y diferenciables en términos de su coloración, plasticidad y características granulométricas. Se localizan también en los



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

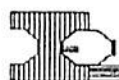
municipios de Suán, Campo de la Cruz y sur de Manatí, en el departamento del Atlántico.

Depósitos de Llanura de Inundación (Qli)

Estos depósitos están asociados al Río Magdalena, Canal del Dique y embalse del Guájaro. Se conforman por los eventos de sequía y lluvias que contribuyen al aporte de sedimentos en las llanuras de inundación. En las zonas fluviales se presentan depósitos de limos y arcillas, y en las zonas de ciénagas, arenas de grano fino o medio (INGEOMINAS 2000).

Las arenas se pueden presentar en coloraciones grises o amarillentas, compuestas por cuarzo, chert y fragmentos de roca sub-angulares o sub-redondeados. Los depósitos arcillosos pueden encontrarse con limos y en algunas ocasiones con arenas en tonalidades grises parduscas y marrón rojizo (Molina et al. - INVEMAR 2009).

Cabe resaltar que Reyes et al. (1998) describe en el mapa *Geología de la plancha 031 Campo de la Cruz*, los depósitos del municipio de Campo de la Cruz como *Depósitos fluviolacustres (Qfl)*, descritos y localizados cronológicamente como los depósitos de llanura de inundación, referenciados en el mapa *Geología del departamento del Atlántico* (Zapata et al. 1999).



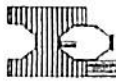
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

En la memoria explicativa de la plancha 31, por Barrera et al. (2001) se describen los depósitos como "arcillas limosas, ocasionalmente arenosas, grises parduscas a pardo oscuro, compuestas por cuarzo, micas, fragmentos de chert, minerales ferromagnesianos y abundante materia orgánica, principalmente restos vegetales; incluyen intercalaciones de arcillas grises, plásticas."¹

Desde el punto de vista de la geología estructural, en el municipio no se identifican fallas geológicas ni plegamientos sobresalientes.

¹ Fuente: Geología de la plancha 31 Campo de la Cruz. Memoria Explicativa.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

2. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO Y DEL PROYECTO

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO

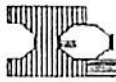
El terreno donde se llevará a cabo el proyecto de viviendas, exhibe una geometría aproximadamente rectangular con lados de 170 y 250 metros de longitud, orientado en dirección noreste, ocupando un área aproximada de 4,3 hectáreas.

La topografía del terreno es predominantemente plana, con desniveles orientados hacia el vértice oriental, definiendo de esta manera la dirección del drenaje. Se presentan montículos y depresiones con diferencias de nivel entre 0.15 m y 0.20 m, con pendientes máximas inferiores a 1%.

La vegetación es prácticamente nula, dado que antes de iniciar la exploración de campo, el terreno había sido limpiado con maquinaria pesada tipo Bulldozer.

Sin embargo, hacia el vértice norte, se localiza una zona de pastos verdes en grupos aislados y un humedal ubicado en el vértice oriental del terreno, punto de concentración de las aguas de escorrentía del terreno. Esta es una zona pantanosa con cobertura de pastos y plantas silvestres con alturas entre 1.0 m y 2.0 m.

340



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

En las vecindades del sitio de proyecto, se encuentran viviendas de un nivel hacia los costados norte y occidente, la Institución Educativa de Bachillerato de Santa Lucía hacia el occidente y extensiones de terrenos de tipo rural, adyacentes a los costados sur y oriental.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de viviendas de interés prioritario, está constituido por edificaciones de un (1) nivel; sus dimensiones en planta son de 6,00 metros de ancho por 8,00 metros de longitud, con una zona de proyección futura en su parte posterior.

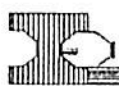
El sistema estructural es mediante muros en mampostería con columnetas de confinamiento ubicadas a separaciones entre 2,90 y 3,13 metros.

La cubierta será en teja ondulada con caballete y pernos de fijación.

La infraestructura del proyecto contempla además redes de servicio (aguas blancas y negras) vías pavimentadas, etc.

Por las características descritas se esperan solicitudes de carga poco significativas

10
725 339



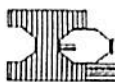
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

La categoría de las unidades de construcción es baja, pues tiene menos de 3 niveles y cargas máximas de servicio en columnas menores de 800 KN. Ver la siguiente tabla 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



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE SUELOS

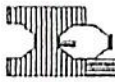
Congruente con la tipología del proyecto, se llevaron a cabo tres actividades relacionadas y complementarias, direccionadas a lograr los objetivos planteados; estas actividades son:

1. Recopilación y análisis de la información disponible
2. Investigación del sub-suelo
3. Análisis geotécnico

3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

En esta actividad se realizó la recolección de la información disponible que fuese relevante para el correcto desarrollo de la investigación; como parte de la misma podemos mencionar, las características del proyecto, y los requisitos del cliente.

Además, se ejecutó una visita al sitio del proyecto, en la que se determinaron mediante inspección visual, la evaluación de las construcciones adyacentes, del drenaje y las condiciones del terreno; necesarias para la elaboración de las recomendaciones de ingeniería.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

3.2 INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO

Para el efecto se realizó una exploración de campo la cual fue complementada con ensayos de laboratorio con el fin de evaluar las características del sub-suelo.

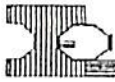
3.2.1 Exploración de Campo

De acuerdo con las características del proyecto, se programó la ejecución de treinta y dos (32) perforaciones por percusión llevadas hasta una profundidad de 6,0 metros, y once (11) apiques a cielo abierto a 1,50 metros de profundidad; lo anterior de acuerdo con lo contemplado en la tabla H.3.2-1 de la NSR-10.

TABLA H.3.2-1

NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS Y PROFUNDIDAD POR CADA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

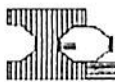


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

En la fecha de la investigación se detectaron aguas libres subterráneas a profundidades entre 1,0 metros y 4,50 metros según la siguiente relación:

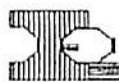
Prospección No.	Profundidad NAF (m)
P1	1.00
P2	2.50
P3	2.00
P4	1.00
P5	1.00
P4	3.50
P7	1.00
P8	1.00
P9	2.00
P10	2.00
P11	1.00
P12	2.00
P13	2.00
P14	1.00
P15	1.50
P16	1.50
P17	1.50
P18	1.50
P19	1.50
P20	1.50



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Prospección No.	Profundidad NAF (m)
P21	1.50
P22	1.50
P23	1.50
P24	1.50
P25	1.00
P26	1.00
P27	1.00
P28	1.00
P29	1.00
P30	1.00
P31	4.50
P32	4.50



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Prospección No.	Profundidad NAF (m)
A1	1.00
A2	1.30
A3	1.00
A4	1.50
A5	1.50
A6	1.20
A7	1.30
A8	1.30
A9	1.50
A10	1.50
A11	1.50

Durante la ejecución de las perforaciones se realizaron pruebas de penetración normal (S.P.T.) según la norma ASTM D1586 a intervalos de máximo 1 metro y se tomaron muestras de naturaleza alterada y algunas "inalteradas" (lo menos alterada posible) consideradas representativas del perfil natural del terreno.

Las muestras fueron descritas en campo siguiendo el procedimiento visual y manual de la norma ASTM D2488.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

3.2.2 Ensayos de Laboratorio

Las muestras recuperadas fueron sometidas en laboratorio a los ensayos principales atendiendo a las necesidades del proyecto y la naturaleza de los suelos presentes, ejecutándose los siguientes:

1. Humedad natural.
2. Granulometría por tamizado
3. Límites de Atterberg.
4. Pesos unitarios.
5. Gravedades específicas.
6. Compresiones inconfiadas
7. Expansión libre en probeta
8. Hidrómetro
9. CBR

3.3 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Al determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en estudio y establecer sus parámetros geotécnicos, estratigrafía y nivel de aguas libres subterráneas, se constituye el análisis geotécnico.

Las recomendaciones para el diseño de la cimentación se desarrollarán basándose en las propiedades determinadas y en las características del proyecto, apoyadas en la norma NSR-10 y la práctica común de la ingeniería de suelos.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

4. ESTRATIGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Como resultado de la investigación de campo y laboratorio se definen las estratigrafías de cada uno de las prospecciones, y mediante estas se establece un perfil estratigráfico promedio o crítico según el caso que represente la estratigrafía y permita determinar los parámetros geotécnicos que sirvan de base para el diseño de las cimentaciones y demás obras del proyecto, en contacto con el suelo.

4.1 ESTRATIGRAFÍA

Del análisis de los registros de perforación, complementados con los resultados de los ensayos de laboratorio, se deduce que el sub-suelo del lugar es de naturaleza totalmente cohesiva, constituido por depósitos de arcillas y limos de alta y baja compresibilidad de color marrón con vetas grises.

Los suelos arcillosos y limosos de alta compresibilidad se concentran en las perforaciones 1, 2, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30 y 31; mientras que los suelos limosos y arcillosos de baja compresibilidad se detectaron en las perforaciones 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 22, 26 y 32.

Es de anotar que en dos de los apiques realizados se estableció la presencia de unos mantos de arenas limosas de poco espesor, los



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

cuales corresponden a materiales de arrastre y no se consideran constituyentes de la estratigrafía del sub-suelo.

En la estratigrafía descrita no se evidencia una definida ubicación de los estratos, así como tampoco uniformidad en sus espesores.

4.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Los suelos descritos como arcillas y limos de alta compresibilidad, están caracterizados por los siguientes valores de sus propiedades físicas y mecánicas.

Su contenido de humedad natural arrojó un valor máximo de 35,1% y mínimo de 21,0%. Estos valores están relativamente próximos a la humedad de equilibrio, aspecto que incide en el control de eventuales presiones de expansión.

Sus características de plasticidad se determinaron con base en la metodología de Atterberg y Casagrande, con valores del límite líquido en el rango de 50% a 62% y promedio de 53,4%. El límite plástico varía entre 25% y 31%, resultando índices plásticos variables entre 19% y 35%.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Nr 2519

El valor promedio del índice plástico resulta de 19% guarismo que lo sitúa como el potencial de expansión medio según lo registrado en la tabla H.9.1-1 de la NSR-10, que describe la clasificación de suelos expansivos, basados en los límites de consistencia y otros parámetros.

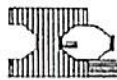
TABLA H.9.1-1
CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

Potencial de Expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0,07 kgf/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una mlca (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

Su contenido de partículas con tamaños inferiores a la malla de abertura igual a 0.075 milímetros, se ubica en el rango de 95,1% y 99,6%.

Con los valores anteriores, le corresponden clasificaciones CH y MH, en el sistema unificado de suelos. En la metodología AASHTO tiene designaciones son A-7-5(14) y A-7-6(15, 20).

Estos suelos se caracterizan por exhibir bajas permeabilidades, y baja estabilidad volumétrica; por esta última condición son susceptibles a experimentar cambios de volumen asociados a variaciones en su contenido de humedad.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Su estado de consistencia varía de muy blanda a muy firme con tendencia a incrementarse con la profundidad.

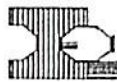
Los depósitos de arcillas y limos de baja compresibilidad, que muestran un ligero predominio en el sub-suelo, tienen contenidos de humedad entre 17,6% y 40,9%.

Su contenido de partículas con tamaño nominal inferior a la malla 200, expresado en porcentaje de suelo seco varía entre 53,8% y 99,5%; su rango para el límite líquido es de 22% a 49%, el límite plástico oscila entre 17% y 29%, mientras que el índice de plasticidad se sitúa entre 1% y 23%.

En el sistema unificado de clasificación de suelos le corresponden designaciones CL y ML, con clasificaciones en el sistema AASHTO A-4(4, 9), A-6(1,13) y A-7-6(10, 17).

Estos suelos también son de baja permeabilidad y con susceptibilidad a experimentar cambios de volumen, entre baja y moderadamente alta; lo que se traduce en estabilidades volumétricas con el mismo nivel de severidad.

Su estado de consistencia varía de muy blanda (N = 2) a muy firme.



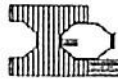
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 1. Consistencia del suelo correlacionada con los resultados de SPT

No. de golpes N	Consistencia
0 – 2	Muy blanda .
2 – 4	Blanda
4 – 8	Media
8 – 16	Firme
16 – 32	Muy firme
Mayor que 30	Dura

En las tablas siguientes se resumen los resultados de los ensayos de laboratorio, indicando además una serie de correlaciones obtenidas mediante el ensayo de penetración normal.



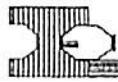
INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 2 Arcillas y limos de alta compresibilidad color marrón con vetas grises

PARÁMETRO	MÁXIMO ³⁵¹	MÍNIMO ²¹⁰	PROMEDIO
Contenido de Humedad	33%	21,6%	27,1%
Límite Líquido	62%	50%	53,4%
Límite Plástico	31% /	25% /	27,5%
Índice de Plasticidad	35% /	19% /	25,9%
% Pasa tamiz # 200	99,6%	93,2%	98,1%
Clasificación S.U.C.	CH, MH		
Clasificación AASHTO	A-7-5(14), A-7-6(15,20)		
Peso Unitario Húmedo	18,4 kN/m ³	16,6 kN/m ³	17,7 kN/m ³
Gravedad específica	2,68	2,67	2,67
Resistencia a la Compresión Inconfinada	124,1 kPa	62,6 kPa	87,3 kPa
Coefficiente de Poisson*	0.37	0.34	0.35
Módulo de esfuerzo - deformación*	18,6 MPa	9,4 MPa	13,1 MPa

*En correlación con el ensayo de penetración normal.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 3 Arcillas y limos de baja compresibilidad color marrón con vetas grises

PARÁMETRO	MÁXIMO ^{35'}	MÍNIMO ^{21'}	PROMEDIO
Contenido de Humedad	37,8%	19,8%	27,8%
Límite Líquido	49%	22%	40,3%
Límite Plástico	29%	16%	23,1%
Índice de Plasticidad	24%	1%	17,2%
% Pasa tamiz # 200	99,5%	51,2%	92,2%
Clasificación S.U.C.	CL, ML, ML-CL		
Clasificación AASHTO	A-7-6(10,17), A-4(4,9), A-6(1,13)		
Peso Unitario Húmedo	18,6 kN/m ³	17,4 kN/m ³	18 kN/m ³
Gravedad específica	2,64	2,67	2,65
Resistencia a la Compresión Inconfinada	137,3 kPa	14,9 kPa	67,8 kPa
Coefficiente de Poisson*	0.35	0.31	0.34
Módulo de esfuerzo – deformación*	20,6 MPa	2,5 MPa	10,2 MPa

*En correlación con el ensayo de penetración normal.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

5. ANÁLISIS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA

El presente numeral registra las conclusiones y recomendaciones geotécnicas, establecidas a partir de los resultados obtenidos en la investigación realizada, de las características del proyecto y de consideraciones sobre el aspecto económico. Las mismas constituyen los análisis de ingeniería del estudio.

5.1 CONCLUSIONES

- El terreno del lote en estudio se caracteriza por una topografía plana, sin accidentes dignos de destacar. En él no se observan signos que evidencien deslizamientos, erosiones del terreno, ni ninguna otra afectación que este haya experimentado; excepto las marcas producidas en un árbol, del nivel alcanzado por el agua, durante la inundación del 2010.
- El sub-suelo presente en el lote en estudio, es de naturaleza cohesiva constituido por arcillas y limos de alta y baja compresibilidad.
- Sus características físico mecánicas varían de pobres a regulares, correspondiendo la primera designación a la plasticidad alta y la baja consistencia de algunos estratos, en particular los dos (2) primeros metros superiores.

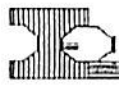


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

- En la época de la investigación se establecieron aguas libres subterráneas a profundidades entre 1,0 metro y 4,50 metros. En la mayoría de las perforaciones y en la totalidad de los apiques se detectó agua entre 1,0 metro y 1,50 metros, aspecto que resulta favorable pues mantiene constante el contenido de humedad y por tanto controla la expansión del suelo. Estos niveles pueden experimentar variaciones dependiendo de la época del año y del régimen de lluvias en la zona.
- Por las características del proyecto incluido sus bajas solicitaciones de carga, y no obstante las condiciones del terreno como alta plasticidad y baja resistencia al corte, en principio se consideran factibles soluciones de cimentación de filosofía superficial.
- Desde el punto de vista constructivo, no se anticipan complicaciones mayores, principalmente si el proyecto se constituye durante la estación seca.

26
 741
 255



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

5.2 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

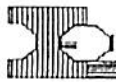
- Solución de Cimentación

Para definir la solución de cimentación se deben considerar aspectos inherentes al proyecto, tales como los suelos del lugar, las condiciones del entorno y desde luego el aspecto económico.

Proyecto: Contempla edificaciones de 1 nivel, caracterizado por bajas solicitaciones de carga.

Suelo: El suelo presente es de naturaleza cohesiva, representado por arcillas de baja y alta compresibilidad; hasta profundidades entre 1,5 y 2,0 metros, en general el suelo es de consistencia muy blanda, lo que se traduce en baja resistencia al esfuerzo cortante. Adicionalmente exhibe plasticidad importante y niveles freáticos variables. Estas condiciones implican riesgos para las edificaciones, derivados de los cambios volumétricos.

En la zonificación hecha sobre los horizontes de suelos, se nota la presencia predominante de arcillas CL entre la superficie del terreno y 2,0 metros de profundidad, observándose que los suelos CH se concentran en las dos manzanas ubicadas en la parte frontal del lote entre Carreras 1A y 1B; también en tres manzanas adyacentes a las Calles 7 y 7A.



INEICA LTDA.

INGENIERIA DE ESTUDIOS - INTERVENTORIAS - CONSULTORIAS Y ASESORIAS

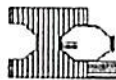
Condiciones del Entorno: En el área de influencia del proyecto y adyacentes al lote se encuentran las Urbanizaciones Villa Andalucía y El Progreso, como también el colegio de Bachillerato. El comportamiento de las edificaciones que conforman estos segmentos de construcción, puede catalogarse entre regular y aceptable. Las vías se encuentran sin pavimento por lo que no se puede emitir juicio sobre su comportamiento.

Gran parte de estas edificaciones experimentaron los riesgos de la inundación del 2010.

Aspecto económico: Como en todo proyecto desarrollado por el hombre, es importante tratar de buscar un balance entre una seguridad razonable y el monto de la inversión. En algunos proyectos, incluyendo aquellos que involucran solicitudes de cargas livianas y suelos plásticos, este balance es difícil de lograr.

5.2.1 Cimentación para Edificación Tipo Palafito

Si la solución habitacional se construye elevada sobre el terreno el primer punto a definir, es la altura sobre la superficie del terreno. En lo observado sobre un árbol del lote y la información suministrada por los moradores de la zona, indica que durante la inundación pasada, el agua sobrepasó los 2,0 metros de altura.



INEICA LTDA.

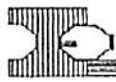
INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Si se utiliza este sistema, la cimentación sería mediante zapatas desplantadas a una profundidad de 2,0 metros sobre el terreno natural o mejorado, medido con respecto al terreno resultante una vez realizados los cortes para eliminar la capa vegetal, l, medido con respecto al terreno resultante una vez realizados los cortes para eliminar la capa vegetal, basura, etc. El mejoramiento aplicaría para el caso de suelos demasiado blandos o demasiado plásticos, recomendándose remplazar un espesor mínimo de 0,50 metros del terreno natural, por una mezcla de grava o triturado, con arena, en proporción 3 a 1.

Este material será enérgicamente apisonado para producir un soporte firme y uniforme para los cimientos.

INEICA LTDA, considera preferible utilizar vigas de amarre a nivel de piso para los pedestales que sirven de continuación a los soportes de las edificaciones. No obstante lo anterior, y principalmente por razones económicas, se considera factible utilizar para este fin las vigas que sirven de apoyo a la losa de piso.

Estas vigas serán diseñadas para servir de amarre entre los apoyos o columnas y al mismo tiempo proveer el soporte de la losa. Las vigas deben ser capaces de transmitir el 10% de la carga entre columnas adyacentes.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

5.2.1.1 Capacidad de Carga Admisible

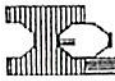
Los cimientos serán dimensionados para una capacidad de carga admisible de 50 kPa, valor este determinado con criterios de amplia aceptación como Terzaghi, Hansen y Meyerhof con un factor de seguridad implícito próximo a 3. De acuerdo a las solicitaciones de carga por columna, las cuales se encuentran del orden de 70 KN, los anchos máximos de zapatas resultan de 1,20 metros.

5.2.1.2 Asentamientos

Para la capacidad de carga admisible recomendada, se han estimado asentamientos totales del orden de 32 milímetros, magnitud esta menor de 50 milímetros y por tanto tolerables por las edificaciones. Se espera que los asentamientos diferenciales sean inferiores a 10 milímetros, por lo que no afectarán el normal comportamiento de las viviendas.

5.2.1 Cimentación sobre terreno mejorado

Esta alternativa contempla un mejoramiento del apoyo, mediante material seleccionado en un espesor mínimo de 1,0 metro. Este mejoramiento podría realizarse mediante un relleno sobre el terreno actual, previo descapote y compactación de la superficie resultante. No obstante, esta solución representa complicaciones por el nivel de las viviendas de la Urbanización Villa Andalucía, adicional a la interrupción del drenaje de las Calles 7 y 5. Pero se destaca que su



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

implementación trae consigo una protección de las viviendas durante la época de altas precipitaciones.

Por otra parte, un relleno sobre el terreno actual implica una sobrecarga aproximada a 2 ton/m², el cual constituye un valor importante si se considera la consistencia muy blanda del suelo inicial.

Como opción, y si fuere factible, estaría el realizar el relleno solamente en el área ocupada por las edificaciones y vías.

Por las implicaciones anteriores, su utilización debe ser cuidadosamente analizada.

Como alternativa, se recomienda excavar como mínimo 0,6 metros del terreno natural, recompactando la superficie resultante para mejorar su soporte, preferiblemente con equipo pata de cabra. Esta operación seguramente requerirá utilizar equipo de bombeo para el manejo de las aguas y poder trabajar en condiciones lo más secas posible.

Si la consistencia del terreno implicara dificultades para el soporte de la maquinaria, se recurrirá a colocar una "cama" de piedra dura, limpia y sana, para su empotramiento en el terreno, conformando una plataforma de trabajo de mayor resistencia.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

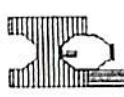
Sobre esta plataforma se colocará una capa de suelo de nivelación que cubra las salientes de las piedras. Seguidamente, se dispondrá un geotextil tejido 2400 o similar, sobre el cual se extenderá el relleno en material seleccionado por capas con espesores no mayores de 0,20 metros y compactadas a densidades no inferiores al 95% de la densidad seca correspondiente al proctor modificado. El relleno seleccionado tendrá un espesor total no inferior a 1,0 metro, por lo que su superficie final estará por encima del terreno, controlando el efecto de las aguas de escorrentía.

Para la solución con relleno seleccionado para el mejoramiento del soporte y control de inundación bajo fuertes precipitaciones (no incluye rotura del canal del dique), se considera necesario la construcción de un canal en concreto perimetral al lote, que capte las aguas de escorrentías provenientes de las vías adyacentes y del área no edificada de la Urbanización.

El material seleccionado cumplirá con las siguientes especificaciones:

Tabla 4 Gradación

Tamiz (mm)	% Pasa
76,2	100
4,75	30 – 70
0,074	0 – 15



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 5 Plasticidad

Parámetro	% Máximo Permitido
Límite Líquido	≤ 25
Índice de Plasticidad	≤ 8

Sobre el terreno mejorado se procederá con la construcción de la cimentación.

5.2.1.1 Alternativa con Cimentación mediante losa

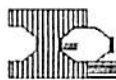
Esta alternativa contempla una losa de cimentación con vigas descolgadas, la cual adicionalmente actuará como piso de las viviendas.

La losa tendrá un empotramiento en el terreno mejorado como mínimo igual al espesor de las vigas descolgadas.

- Capacidad de carga admisible estimada

Para esta solución se han estimado fatigas de contacto del orden de 20 kPa, valor este inferior a la capacidad portante admisible, establecido en 50 kPa.

Si la losa se diseña apoyada sobre un medio elástico, según el modelo de Winkler, se utilizará un módulo de reacción del terreno de 1,5 Mpa/m.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

- Asentamientos

Para las fatigas de contacto previstas se han estimado asentamientos totales de 78 milímetros, magnitud esta tolerable por las edificaciones. Los asentamientos diferenciales esperados se consideran de magnitud despreciable y no afectarán el normal comportamiento de las edificaciones.

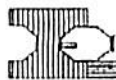
5.2.1.2 Cimentación corrida mediante vigas

La cimentación también puede ser resuelta, con una fundación corrida mediante viga en concreto reforzado con un ancho no inferior a 0,30 metros, de tal forma que las presiones de contacto no sobrepasen los 50 kPa.

Para esta alternativa se han estimado asentamientos totales inferiores a 50 milímetros, magnitud esta admisible por las edificaciones.

5.3 SISMICIDAD DEL ENTORNO

Según lo establecido en el Título A de la norma colombiana de diseño sísmo resistente NSR-10, en el aparte A-2-4, los efectos locales de respuesta sísmica del proyecto deben evaluarse utilizando los siguientes parámetros:



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Nivel de amenaza sísmica: baja

Valor del coeficiente Aa (aceleración pico efectiva): 0,10

Valor del coeficiente Av (velocidad horizontal pico efectiva): 0,10

Grupo de uso: I

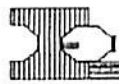
Perfil del suelo: E

Coeficiente Fa para la zona de períodos cortos del espectro: 2,50

Coeficiente Fv para la zona de períodos intermedios del espectro:
3,50

Valor de I (coeficiente de importancia): 1.0

En la siguiente tabla se muestran los valores de Aa, Av y el nivel de amenaza sísmica según la NSR-10.

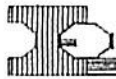


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 6. Valores de A_a , A_v y nivel de amenaza sísmica

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibaqué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellin	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa María	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincedejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta



INEICA LTDA.

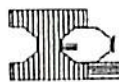
INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

La tabla 7 muestra la clasificación de los perfiles del suelo.

Tabla 7. Perfiles de Suelos. NSR-10

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 $\bar{s}_{11} \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $>$ $v_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) $>$ $\bar{s}_{11} \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s $>$ \bar{v}_s
	perfil que contenga un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP $>$ 20 w $\geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) $>$ \bar{s}_{11}
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 o blanda (H $>$ 36 m)	

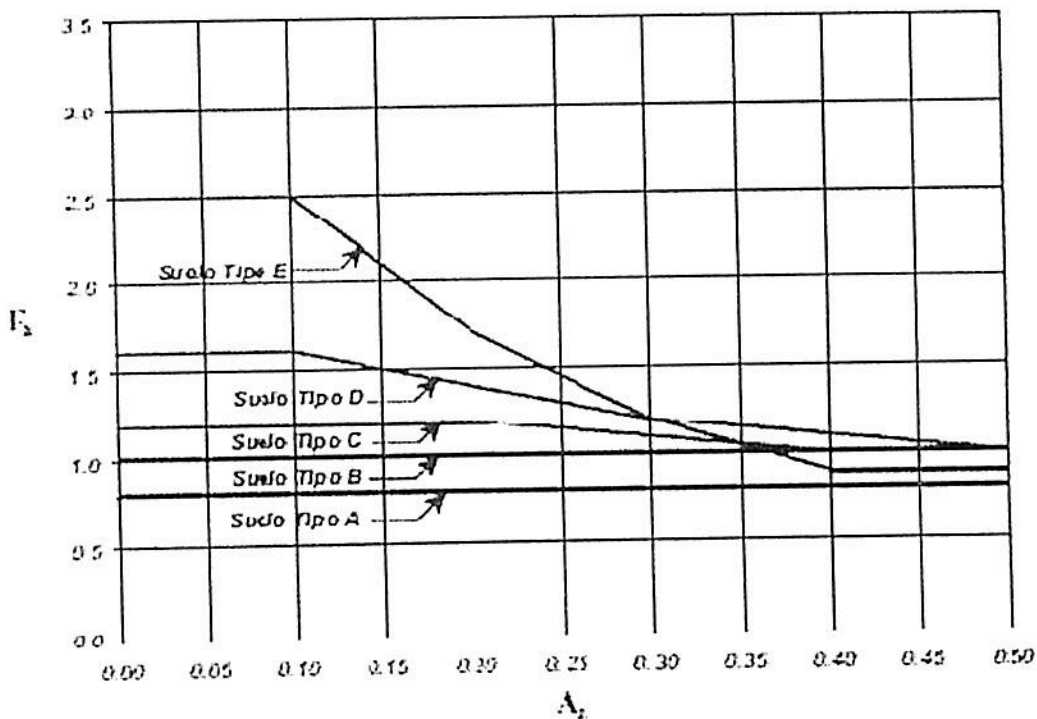
De las siguientes graficas se obtienen los coeficientes de ampliación de acuerdo con la NSR-10:

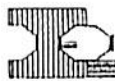


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Grafica 1.

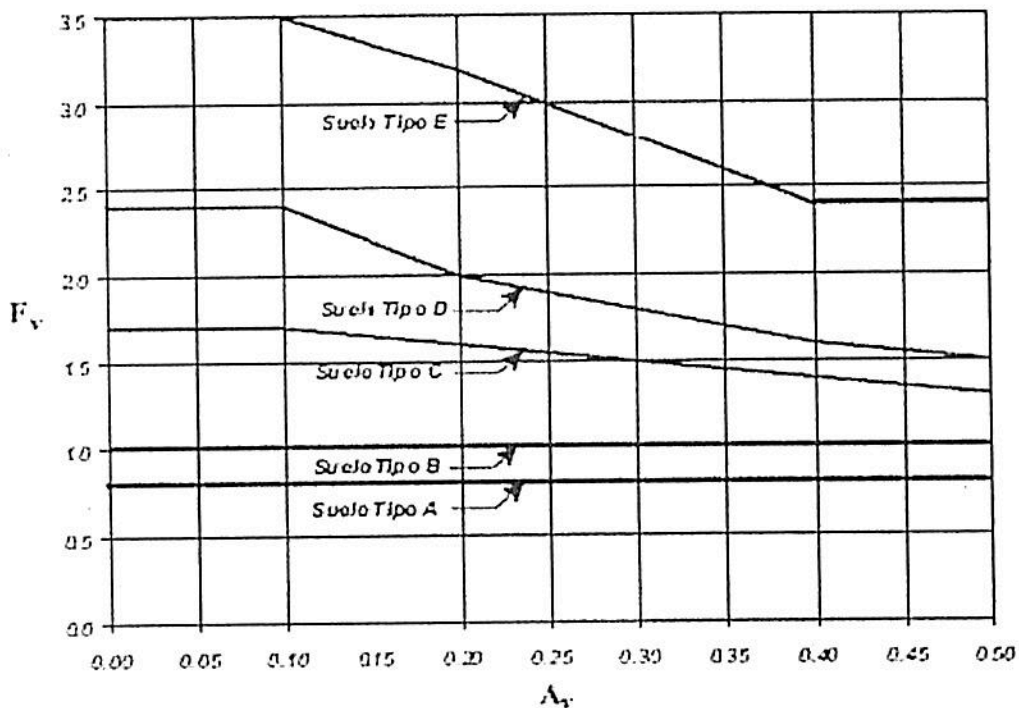


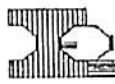


INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Grafica 2.





INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

5.4 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

5.4.1 Excavaciones

Las excavaciones serán ejecutadas con equipo mecánico o manualmente, controlando que medie el menor tiempo posible entre su terminación y las operaciones siguientes.

Lo anterior con el objeto de evitar exponer el terreno a los efectos de la intemperie por tiempo prolongado. Esto, reviste mayor importancia si las excavaciones se adelantan en época de lluvias.

Las excavaciones para las redes de servicio, cuya profundidad promedio se estima en 1,0 metro se recomienda realizarlas con equipos mecánicos principalmente por rapidez.

En principio se considera que las paredes podrán mantenerse sin entibado, por lo que se evitará colocar sobrecargas de cualquier índole, en el borde de la excavación, incluido el material extraído. Este último se dispondrá al menos a 3,0 metros del borde la excavación.

No obstante lo anterior, la utilización o no de entibados, se decidirá en campo dependiendo de las condiciones presentes. Durante esta fase se tendrá preparada un equipo de bombeo que permita evacuar el agua del terreno o de cualquier otra naturaleza.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

En general las excavaciones se realizarán con el criterio de que los materiales suprayacentes se apoyen en terrenos lo más adecuado posible, por lo que no se descartan sobre excavaciones.

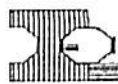
Los materiales productos de las excavaciones no serán utilizados como rellenos, ni como apoyo de ningún componente del proyecto; no obstante podrán disponerse adecuadamente extendidos y compactados en zonas verdes, áreas de recreación sin zonas duras, etc.

Previo a la fundida de los cimientos se deberá colocar una capa de concreto de limpieza, con un espesor mínimo de 30 milímetros.

5.4.2 Rellenos

El relleno de las excavaciones se hará con material seleccionado, sugiriéndose el material utilizado en el mejoramiento.

En las áreas donde no se tengan contemplados cubrimientos en concreto, se podría rellenar con los suelos arcillosos de baja compresibilidad tipo CL, seleccionando los que evidencien menos plasticidad. La Interventoría del proyecto y la asesoría geotécnica contribuirán en la definición de este punto.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Todos los rellenos serán colocados por capas con espesores no mayores de 0,20 metros y compactados a densidades secas entre el 90% y 95% de la correspondiente al proctor modificado, según la zona del proyecto.

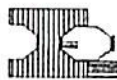
5.4.3 Redes de Servicio

Estas serán instaladas en un todo, cumpliendo con la normatividad vigente aplicable, como las de NTC, AAA, etc. Su colocación se hará sobre una cimentación adecuada, la cual puede lograrse con arena gruesa o mezcla de arena y grava; en todo caso, limpia de material orgánico o plástico. Su espesor será definido en campo, pero será compactada para asegurar un soporte firme y uniforme.

Especial cuidado merecerá lo referente a las juntas, para evitar fugas de agua que afecten el terreno. En este orden de ideas antes de su puesta en servicio, se realizarán pruebas hidráulicas y de estanqueidad.

Se controlarán los aspectos relativos a levantamientos de la tubería utilizando anclajes o atraques si fuere necesario.

Los manholes o registros, podrán ser construidos en ladrillos o concreto, pero en cualquier caso sus paredes estarán separadas del terreno natural, en espesor mínimo de 0,50 metros, el cual será



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

rellenado con el material seleccionado utilizado en el proceso de mejoramiento.

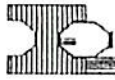
5.4.4 Otras Consideraciones

El proyecto será complementado con un generoso sistema de drenaje que permita la recolección y evacuación rápida y segura de las aguas de escorrentía; esto es extensivo tanto para las áreas adyacentes a las edificaciones como para las vías.

Las zonas verdes al igual que las jardineras, si se contemplan serán cuidadosamente ubicadas pues constituyen fuentes de infiltraciones de aguas.

En este orden de ideas, las paredes y el fondo de las jardineras serán impermeabilizadas, y el fondo dotado de pendiente transversal no menor del 2% dirigida hacia el exterior, para evacuar las aguas en exceso.

Los materiales sobrantes de las excavaciones deberán disponerse en los sitios aprobados por la Interventoría y la autoridad ambiental y sanitaria competente y se deberá cumplir con la normatividad ambiental, preservando el ecosistema presente en el entorno.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

6. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA LAS VÍAS

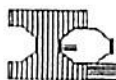
Por la tipología del proyecto, se asume que se tendrán vías vehiculares y peatonales.

El estado actual de las vías de la futura Urbanización lo conforma la Carrera 7A, vía principal que pasa frente al lote, adicionalmente la proyección de las calles 7 y 5, así como algunas otras vías internas actualmente sin identificación. Todos los corredores viales mencionados se encuentran con rodadura en tierra común, o en el mejor de los casos con afirmado.

6.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

El método utilizado para la elaboración del diseño fue el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO); los procedimientos que utiliza el método se basan en una serie de pruebas realizadas en Ottawa, Illinois sobre tramos a escala natural en todo tipo de pavimentos. La metodología AASHTO determina un espesor para la losa de concreto, tal que, soporte el número de ejes equivalentes durante el periodo de diseño sin que se disminuya el índice de servicio en cierto valor.

Para el cálculo del espesor se utiliza una ecuación producto de las pruebas antes mencionadas y que utiliza los siguientes parámetros:



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

1. Transito expresado en el número de ejes equivalentes durante el periodo de diseño (W18).
2. La desviación estándar normal (Zr) y el error estándar combinado (So).
3. La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) e índice de servicio final (Pt).
4. Propiedades del concreto hidráulico (Mr, Ec).
5. Coeficiente de drenaje (Cd).
6. Coeficiente de transmisión de carga (j).
7. Característica de la sub-rasante (k).

A continuación se describen cada uno de los parámetros utilizados para nuestro diseño.

6.1.1 Tránsito

Por la tipología del proyecto y las características del entorno, el volumen de transito será bajo y con cargas livianas. Para fines de diseño se asume que estará constituido por camiones tipo C2G según la clasificación de vehículos del Ministerio de Transporte; este tráfico corresponde a camiones repartidores de bebidas y productos alimenticios. Seguidamente se presenta el número de repeticiones del vehículo durante el periodo de diseño, el cual es de 20 años; la tasa de crecimiento utilizada para el cálculo fue de 3 % anual.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 8 Numero de Repeticiones en el Período de Diseño

Tipo Camión	Repeticiones
C2G	79632,62

Para poder utilizar la metodología de diseño AASHTO se necesita determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 T que transitaran por la vía durante el periodo de diseño, para lo cual primero debemos determinar el factor daño para cada tipo de camión; para esto, utilizamos la fórmula propuesta por la AASHTO.

$$Fe = \left(\frac{Pi}{Pe}\right)^n$$

Dónde:

Fe = Factor de equivalencia por eje.

Pi = Carga en el eje.

Pe = Carga en el eje patrón.

N = Exponente. (Varía entre 4 y 4.5)

Tabla 9 Factor Daño

Tipo de Camión	Factor Daño
C2G	4,40

Una vez calculado el factor daño, procedemos a establecer los ejes equivalentes que transitaran por la vía. Teniendo en cuenta el tipo de proyecto, se utilizó como período de diseño 20 años.

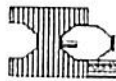


Tabla 10 Total Ejes Equivalentes

Tipo de Camión	Tránsito Durante el Período de Diseño	Factor Daño	Total Ejes de Período de Diseño
C2G	79632,62	4,40	350383,52
Total			350384

6.1.2 Desviación Estándar Normal y Error Estándar Combinado

La confiabilidad en el diseño se entiende como la probabilidad de que una sección diseñada, se comportará adecuadamente bajo las condiciones ambientales y de transito durante el periodo de diseño.

Con el fin de mantener durante el periodo de análisis las diferentes premisas utilizadas durante el diseño, la confiabilidad busca agregar cierto grado de certidumbre; para lo cual se utiliza un factor de confiabilidad que tiene en cuenta las variaciones al azar en la determinación del tránsito como en la predicción del comportamiento.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

El nivel de confianza que el método propone utilizar según el tipo de vía que se esté diseñando, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11 Niveles de Confiabilidad Sugeridos Para Diferentes Carreteras

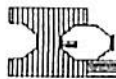
Niveles de Confiabilidad Sugeridos Para Diferentes Carreteras		
Clasificación	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO, 1993

Teniendo en cuenta la tabla anterior y clasificando la vía en estudio como colectoras urbana, se utilizó como parámetro de diseño un nivel de confiabilidad $R = 80 \%$, teniendo así un valor de $Z_r = -0,841$.

Para el valor de la desviación estándar global o error estándar combinado, la Guía AASHTO recomienda utilizar valores de S_o comprendidos entre los siguientes intervalos:

- Pavimentos Rígidos: 0,30 – 0,40
 - ✓ 0,35 = Construcción Nueva
 - ✓ 0,40 = Sobrecapas



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

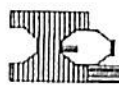
Para el nivel de confiabilidad utilizado y al tratarse de una construcción nueva, se utilizó un valor de $S_o = 0,35$.

6.1.3 Serviciabilidad

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de brindar un uso confortable y seguro a los usuarios; y se evalúa mediante el Índice de servicio presente (PSI), que varía de 0 hasta 5 dependiendo del estado de la vía.

El método de diseño AASHTO utiliza como parámetro de entrada la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (P_o) y el índice de serviciabilidad final (P_t) deseado, al transcurrir el período de diseño. Como resultado de las pruebas AASHTO, se obtuvo como P_o para vías en pavimento rígido un valor de 4,5 y la Guía AASHTO recomienda utilizar un valor de P_t de 2,5 para autopistas y de 2 para las demás carreteras.

Teniendo en cuenta las recomendaciones que propone el método utilizado, se estableció como índice de servicio final un valor de 2, obteniendo una pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) igual a 2,5.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

6.1.4 Propiedades del Concreto Hidráulico

Las propiedades del concreto hidráulico necesarias como parámetros de entrada en el diseño son el módulo de rotura (M_r) y el módulo de elasticidad (E_c). Para nuestro diseño y teniendo en cuenta el proyecto, se utilizó un módulo de rotura $M_r = 4.2$ MPa y un módulo de elasticidad $E_c = 21920$ MPa.

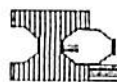
6.1.5 Coeficiente de Drenaje

Este coeficiente depende de dos parámetros: la calidad del drenaje, que se basa en el tiempo que demora el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y el porcentaje de tiempo durante el año que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 12 Valores del Coeficiente de Drenaje

Valores del coeficiente de drenaje				
Calidad del Drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO, 1993.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Acorde con las características de la región y de la topografía de la zona se espera que nuestra estructura de pavimento se encuentre entre un 5 % y 25 % del tiempo en niveles de humedad próximos a la saturación; teniendo en cuenta esto, se utilizará un coeficiente de drenaje igual a 0,9.

6.1.6 Coeficiente de Transmisión de Carga

Este factor lo utiliza el método con el fin de tener en cuenta la capacidad del pavimento de transmitir las cargas a través de las juntas. El valor de este coeficiente depende de varios factores, en la siguiente tabla se muestran los diferentes valores de J en función de dichos factores.

Tabla 13 Valores del Coeficiente de Transmisión de Cargas

Valores del Coeficiente de Transmisión de Cargas, J				
Berma	De Asfalto		De Concreto	
	Si	No	Si	No
1. No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
2. Reforzado continuo	2.9 - 3.2	--	2.3 - 2.9	--

Utilizando para nuestro caso un pavimento no reforzado con juntas y sin bermas, adoptamos un valor de 3.9 para el coeficiente.



6.1.7 Características de la Sub-rasante

Antes de utilizar los programas de cálculo para establecer el espesor de la losa, es necesario determinar las posibles variaciones en la capacidad de soporte de la superficie en la cual se apoyará el pavimento, capacidad que depende del módulo de resiliencia de la sub-rasante, el de la sub-base y del módulo de elasticidad de la sub-base.

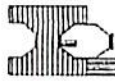
De los 11 apiques a cielo abierto realizados, 10 arrojaron arcillas de baja compresibilidad CL y solo en un apique se encontró arcilla CH.

Se deduce así que el suelo de sub-rasante predominante, es la arcilla de baja compresibilidad CL.

Por sus características de plasticidad y su soporte, se considera conveniente ejecutar un remplazo de suelos, conformando de esta manera una sub-rasante mejorada.

Se recomienda un mejoramiento mínimo de 1,0 metro en todas las vías pavimentadas y de 0,50 metros en las peatonales.

El CBR de la sub-rasante natural según los estudios realizados es de 3%; sobre la sub-rasante se debe colocar una capa de mejoramiento en material seleccionado con CBR mínimo de 10 % y que cumpla al menos con las siguientes especificaciones:



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Tabla 14 Gradación

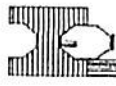
Tamiz (mm)	% Pasa
76,2	100
4,75	30 – 70
0,074	0 – 15

Tabla 15 Plasticidad

Parámetro	% Máximo Permitido
Límite Líquido	25
Índice de Plasticidad	6

Con el fin de proporcionar una superficie de apoyo adecuada a la losa de pavimento, se utilizará una sub-base en suelo cemento con espesor de 10 centímetros con un módulo de 4500 MPa.

Con los módulos de la sub-rasante y de la sub-base, y utilizando un nomograma calculamos el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante; el cual dio como resultado 730 pci. ✓



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

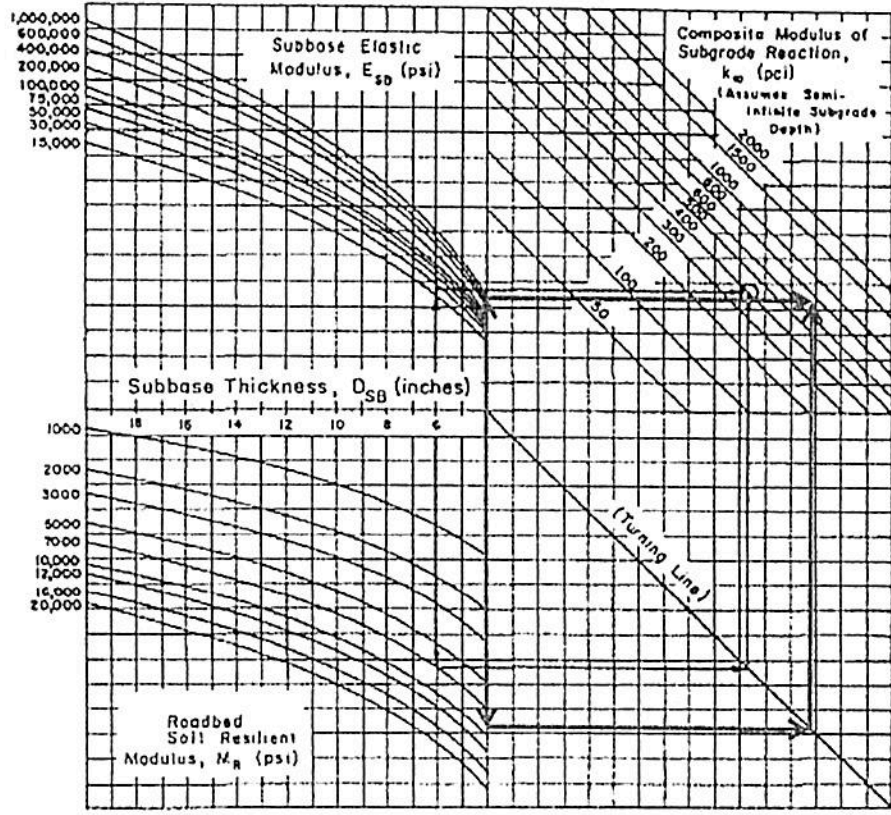
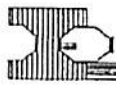


Figura 2.1 Nomograma para Determinar el Modulo de Reacción Compuesto de la Sub-rasante

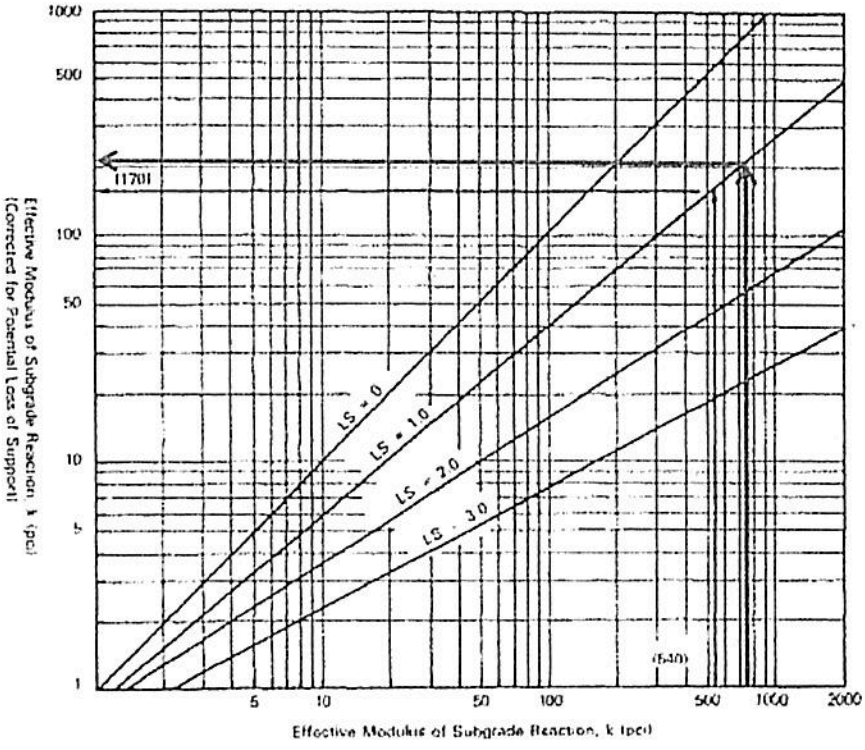
Teniendo en cuenta la potencial pérdida de apoyo de la losa debido a la erosión de la sub-base o a asentamientos de la sub-rasante, utilizamos el factor de pérdida de soporte L_s , el cual reduce el módulo de reacción compuesto. Para sub-bases tratadas con suelo cemento con módulos entre 3500 y 7000 MPa, la AASHTO recomienda un L_s entre 0 y 1; por las condiciones del soporte y la presencia de agua se adopta un L_s de 1.



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

Aplicando el factor de pérdida de soporte obtenemos un módulo de reacción efectivo de 215 pci.





INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

6.1.8 Diseño Estructural del Pavimento

La ecuación que utiliza el método en el diseño de pavimentos rígidos, resultado de las pruebas realizadas por la AASHTO es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times p_t) \times \log_{10} \left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

W₁₈ = Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Z₁ = Desviación estándar normal.

S_o = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

D = Espesor del Pavimento.

P_t = Índice de Servicio Final (Pt).

ΔPSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial (P_o) y el final (P_t).

M_R = Resistencia del Concreto.

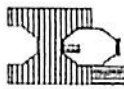
C_d = Coeficiente de Drenaje.

J = Coeficiente de transmisión de cargas.

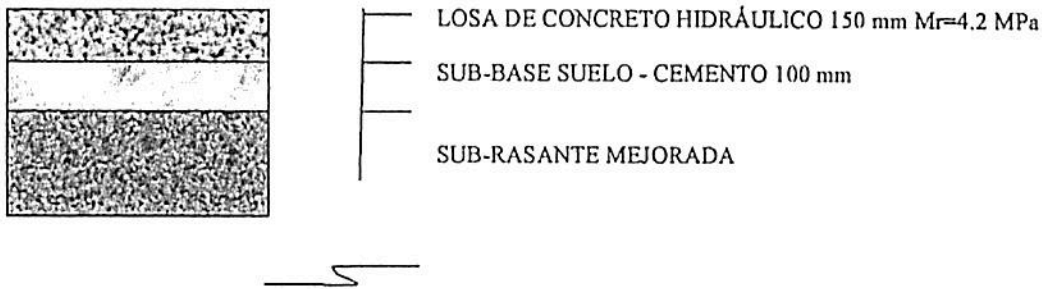
E_c = Modulo de elasticidad del concreto.

K = Modulo de reacción de la superficie en la cual se apoya la losa.

Utilizando el programa de cálculo para desarrollar la formula, obtenemos un espesor de 15.5 centímetros para la losa de concreto. Por razones prácticas, este espesor se redondea en 15 centímetros obteniendo la estructura de la siguiente figura.



6.1.8.1 Estructura del Pavimento



6.1.8.2 Drenaje Superficial

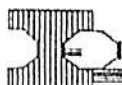
La estructura de pavimento estará dotado de drenaje superficial que permita la evacuación rápida y segura de las aguas de escorrentía; para el efecto, la calzada estar dotada de pendiente transversal o bombeo, pendiente longitudinal y bordillo- cunetas.

6.1.8.3 Geometría de las losas

Durante la construcción de las obras, las losas del pavimento deberán dimensionarse de manera que su forma sea lo más cuadrada posible, procurando no superar en 1.15 la relación largo/ancho. Adicionalmente ninguna de las losas podrá tener una dimensión superior a 4,5 metros.

6.1.8.4 Juntas Transversales

La transferencia de cargas en las juntas transversales deberá realizarse mediante la utilización de pasadores. Éstos, para el espesor



INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

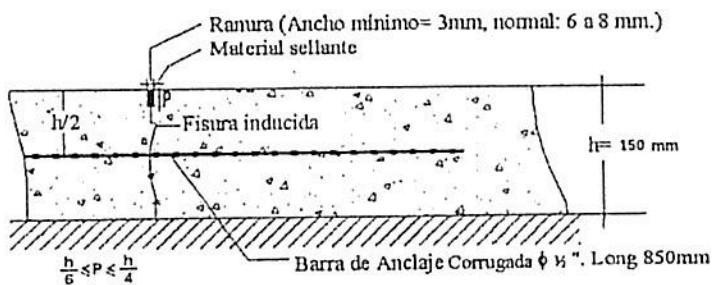
de losa de 150 milímetros deberán estar constituidos por varillas lisas de acero de 19.1 milímetros de diámetro y 350 milímetros de longitud con un extremo engrasado, separadas entre sí por distancias centro a centro de 300 milímetros.

Se deberá tener en cuenta, que los pasadores de los extremos no podrán estar a una distancia del borde mayor de 150 milímetros.

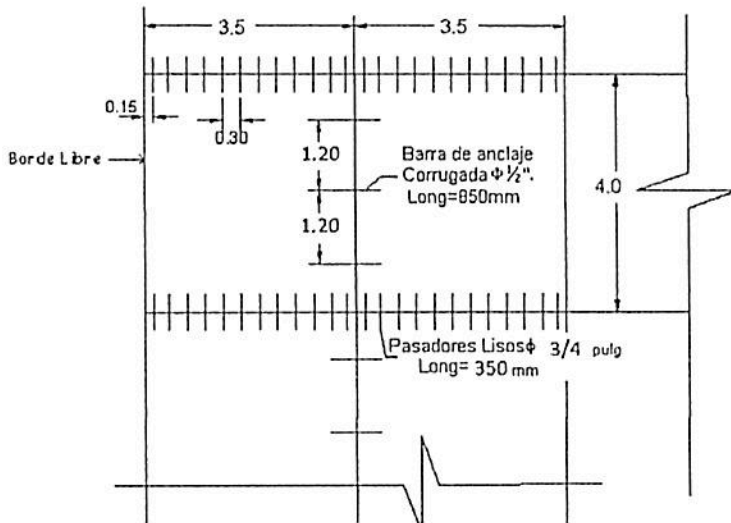
6.1.8.5 Juntas Longitudinales

Serán del tipo de ranura simulada o articulada (machi-hembradas) y estarán dotadas de barras de amarre o anclaje de acero corrugado de 420 MPa de diámetro de 12.7 milímetros, de 850 milímetros de longitud, con separación de 1200 milímetros centro a centro, tal como se muestra en la siguiente figura.

Geometría asumida de placas y refuerzo (Verificar en obra).



(a)

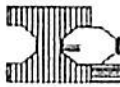


(b)

6.1.8.6 Selladores de Juntas

El propósito de los selladores de juntas es minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas. Los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de humedad.

En la actualidad existe una gran variedad de materiales aceptables para el sellado de juntas entre los que pueden mencionarse los líquidos o preformados. El éxito de los selladores líquidos depende de que la adherencia a las paredes de las juntas se mantenga por largo plazo y el de los selladores preformados depende del rechazo lateral a largo plazo.



INEICA LTDA.

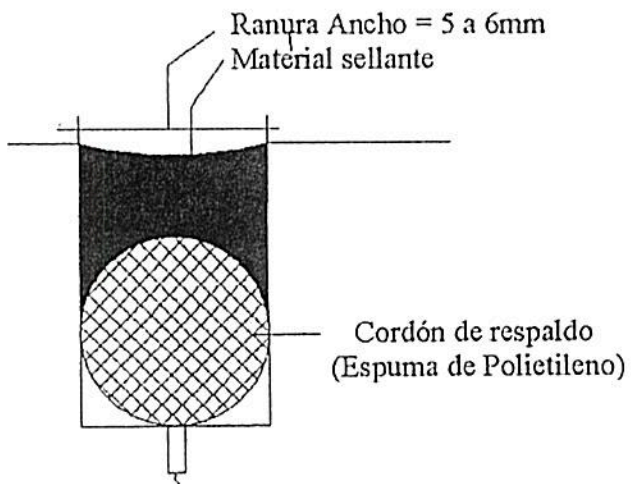
INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

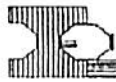
Para el presente proyecto podrá utilizarse para el sellado cualquiera de las opciones disponibles en el mercado siempre que garanticen bien sea que su adherencia a las paredes de las juntas se mantenga a largo plazo en el caso de los selladores líquidos, o que tengan el suficiente rechazo lateral para los selladores preformados, también a largo plazo. En todo caso, se sugiere como una buena alternativa, los selladores de poliuretano al ser los más utilizados en nuestro medio, poseer características autonivelantes, ser fáciles de usar, resistentes al envejecimiento y la intemperie, buena adherencia a concretos y morteros sin utilizar imprimantes, y ser resistentes a los combustibles de vehículos.

Estos selladores se obtienen envasados y listos para su aplicación inmediata. Los más comúnmente utilizados son el Sikaflex-15 LM S de SIKA y el Sonomeric 1 de MBT. Adicionalmente deben complementarse con los cordones de respaldo, los cuales son un componente importante de la instalación de selladores de vertido en frío. La espuma de polietileno es una espuma de celdas cerradas que no absorbe el agua y es moderadamente compresible; adicionalmente evitan que los selladores fluyan hacia abajo en la junta y se adhieran al fondo de la caja. También ayudan a la definición del factor de forma y a optimizar la cantidad de sellador usado. La siguiente figura ilustra su aplicación.



Sellado de Juntas





INEICA LTDA.

INGENIERÍA DE ESTUDIOS - INTERVENTORÍAS - CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS

7. LIMITACIONES

Las recomendaciones incluidas en este informe se basan en la investigación por nosotros ejecutada y en la información arquitectónica suministrada por el solicitante. Se destaca que el perfil estratigráfico utilizado en el diseño se estableció acorde con la práctica común de la ingeniería de suelos, y con la cobertura suficiente para definir las condiciones del sub-suelo en el área del proyecto.

No obstante, si se presentan situaciones o condiciones no contempladas en este informe, como variación en el proyecto o diferencias en el sub-suelo, se nos deberá comunicar oportunamente para establecer los ajustes necesarios a las recomendaciones formuladas.