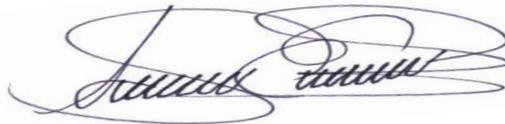


**ESTUDIO GEOTECNICO PARA:**

**“CONSTRUCCION DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS UNIDADES COMUNITARIAS DE ATENCIÓN “UCAS” RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”**

**“CONSTRUCCION DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”**

**CONSULTOR:**



**ALIRIO ERNESTO ACEVEDO  
INGENIERO GEÓLOGO  
MP. 1522367792 BYC**

**YOPAL, MAYO DE 2021**



## **TABLA DE CONTENIDO**

### **LISTA DE FIGURAS Y TABLAS**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1. GENERALIDADES**

##### **1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**

##### **1.2 UBICACIÓN GEOLÓGICA**

##### **1.2.1 SISMICIDAD**

#### **2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

##### **2.1 ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL ÁREA DEL PROYECTO**

##### **2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES**

#### **3. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO**

##### **3.1 EXPLORACIÓN CON PERFORACION MANUAL**

##### **3.2 MUESTREO Y ENSAYOS DE CAMPO**

#### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

##### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO**

##### **4.2 NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUPERFICIALES**

##### **4.3 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL PERFIL DE SUELO**

##### **4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN**

##### **4.5 TIPO DE CIMENTACIÓN Y NIVEL DE FUNDACIÓN**

#### **5. CAPACIDAD PORTANTE**

##### **5.1 EXPLORACIÓN 1 A 1**

##### **5.1.1 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL. $D_f = 1.0$ m.**

##### **5.1.1.1 CARGA ADMISIBLE EN FUNCIÓN DEL GOLPETEO DEL ENSAYO SPT PARA SUELOS MIXTOS**

##### **5.1.1.2 ECUACIÓN NSR 10**

##### **5.1.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTOS**

##### **5.1.1.4 CALCULO DE ESFUERZOS INDUCIDOS AL SUELO DE FUNDACIÓN**

##### **5.1.1.5 ASENTAMIENTOS TOTALES**

#### **6 COEFICIENTE LATERAL DE PRESIÓN DE TIERRAS**

#### **7 CONCLUSIONES**

#### **8 RECOMENDACIONES**

##### **8.1. TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**

##### **8.2. COEFICIENTE LATERAL DE PRESIÓN DE TIERRAS**

##### **8.3. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE**



8.4. EXCAVACIONES Y RELLENOS

8.5. OTRAS RECOMENDACIONES

9 LIMITACIONES

LISTA DE ANEXOS Y GRAFICAS

ANEXOS CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

GRAFICAS

RESULTADOS DE LABORATORIO



## **LISTA DE FIGURAS Y TABLAS**

*FIGURA 1. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av.*

*FIGURA 2. Mapa de valores de Aa.*

*FIGURA 3. Mapa de valores de Av.*

*TABLA A. Valores de Aa, Av y Nivel de Amenaza Sísmica. N.S.R.-10 Capítulo A, para el departamento de Casanare.*

*TABLA B. Valores del coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro*

*TABLA C. Valores del coeficiente Fv para la zona de periodos intermedios del espectro*

*FIGURA 4. Coeficiente de amplificación Fa del suelo para la zona de períodos cortos del espectro.*

*FIGURA 5. Coeficiente de amplificación Fv del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro.*

## INTRODUCCIÓN

*El estudio incluye un reconocimiento Geológico y Geotécnico preliminar del área del proyecto y sus zonas perimetrales, las exploraciones del subsuelo mediante **una (1) EXPLORACION GEOTÉCNICA con avance mediante APIQUE MANUAL, barreno manual y equipo SPT**, en cada una de las áreas de estudio, efectuando ensayos de campo y un muestreo sistemático de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D1586-67 para realizar posteriormente los ensayos de laboratorio requeridos en la determinación de las características de resistencia y compresibilidad del subsuelo, propiedades necesarias en los análisis de estabilidad y deformación para las alternativas de fundación.*

*El informe presenta todos los detalles del estudio, memorias de los resultados de la investigación con base en el código colombiano de construcciones sismorresistente NSR-10, las conclusiones y recomendaciones que deben tenerse en cuenta para el sistema de cimentación más adecuado, los parámetros sísmicos del perfil de suelo, lo mismo que los criterios para su diseño y construcción.*

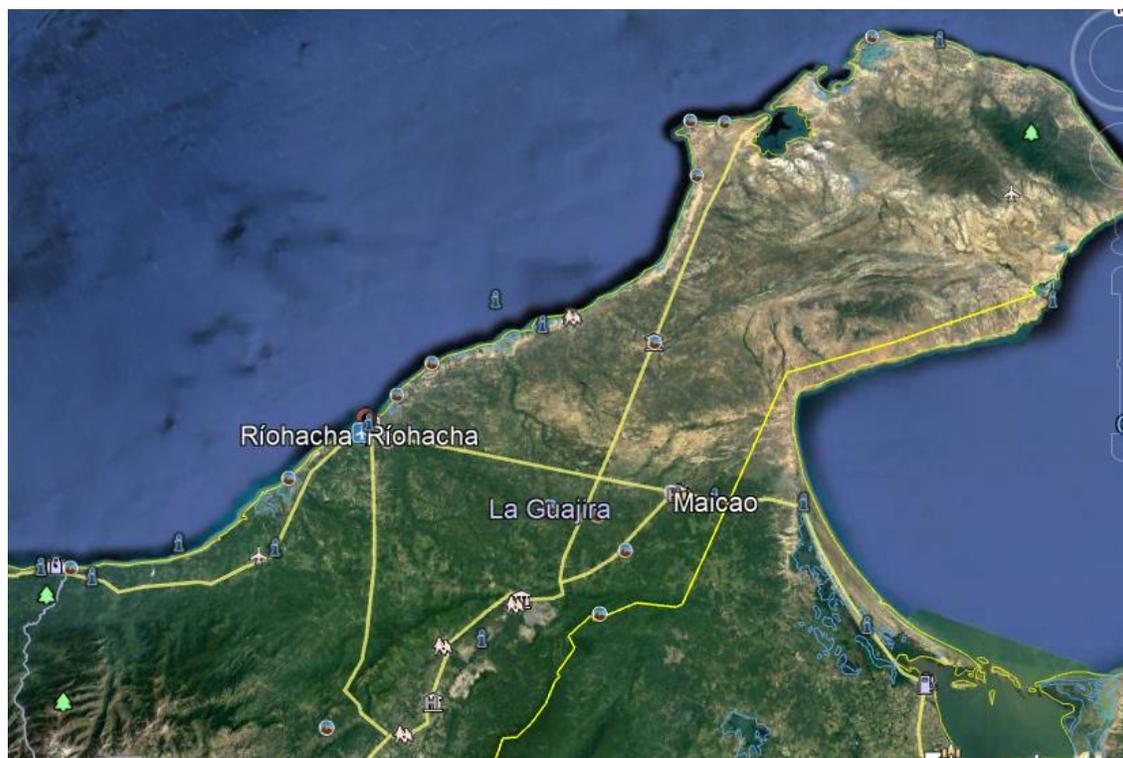
*El estudio fue realizado en el mes de mayo del año 2021.*



## 1. GENERALIDADES

### 1.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

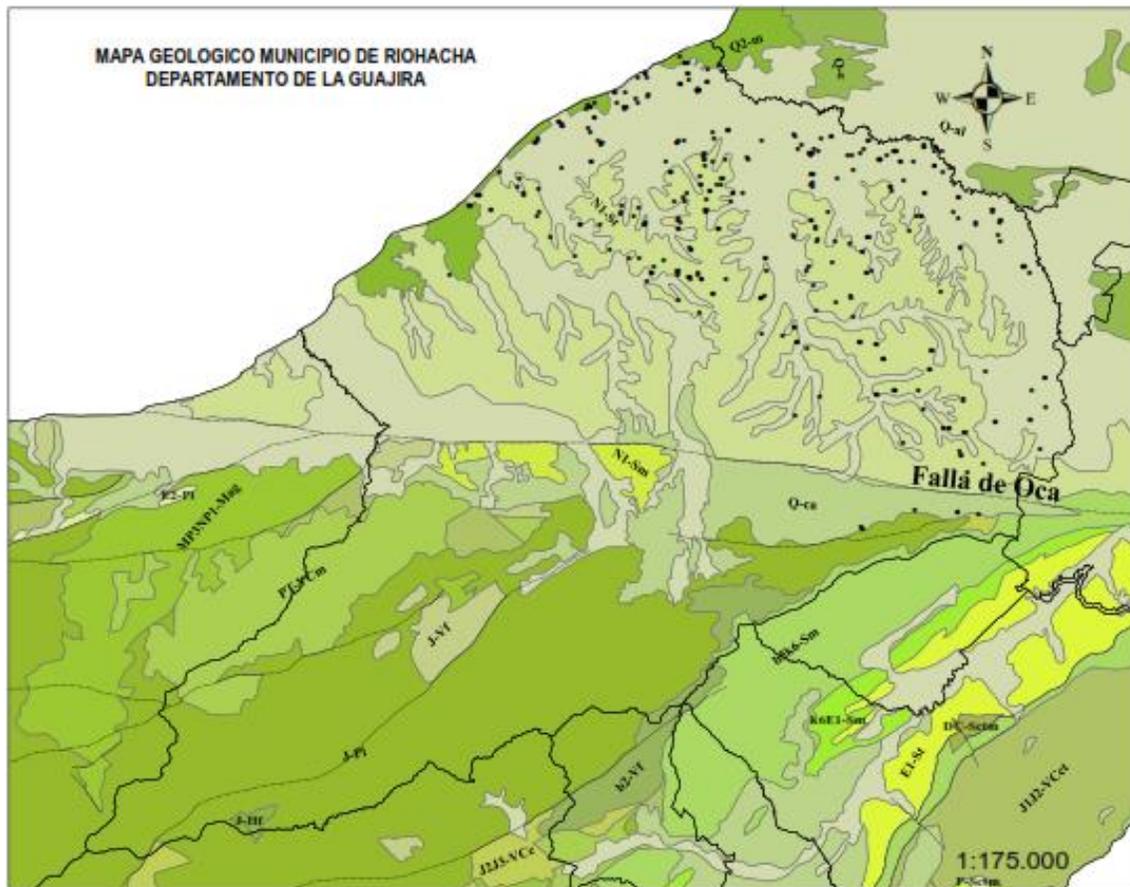
*El proyecto se ubica en el área que comprende a el municipio de Riohacha del departamento de la Guajira.*



*Ubicación municipio de Riohacha*



## 1.2 UBICACIÓN GEOLÓGICA



Fuente de información: [https://www2.sgc.gov.co/MGC/Documents/MGC\\_2020/mgc2020.gdb.zip](https://www2.sgc.gov.co/MGC/Documents/MGC_2020/mgc2020.gdb.zip)

### CONVENCIONES

● Beneficiarios

#### Unidades Cronoestratigráficas

- C-Sctm - Conglomerados y lodolitas grises intercalados con calizas y arenitas
- DC-Sctm - Cuarzoarenitas, arcilolitas, lodolitas grises y, ocasionalmente, calizas y conglomerados.
- E1-St - Arenitas de grano fino a medio intercaladas con lodolitas y mantos de carbón. En ocasiones, calizas y arenitas calcáreas.
- E2-Pi - Granodioritas que varían a cuarzodioritas y cuarzomonzonitas
- J-Hf - Pórfidos dacíticos y andesíticos
- J-Pi - Granodioritas que varían de sienogranitos a tonalitas y de cuarzomonzonitas a cuarzomonzodioritas
- J-VI - Riolitas
- J1J2-VCc - Arenitas, limolitas y calizas intercaladas con tobas, brechas, aglomerados y lavas riolíticas a andesíticas.
- J2J3-VCc - Ignimbritas félsicas, tobas y lavas riolíticas.
- MP3NP1-Mag - Gneises cuarzofeldespáticos, migmatitas, granulitas, anfibolitas, ortogneises, cuarcitas y mármoles.
- N1-Sm - Calizas intercaladas con arenitas calcáreas y arcilolitas limosas
- N1-St - Arcilolitas, limolitas, arenitas y conglomerados
- P-Sctm - Conglomerados basales, arenitas rojas y calizas.
- PT-VCm - Limolitas silíceas, shales, cuarzoarenitas y calizas arenosas intercalados con basaltos o diabasas espilíticas.
- Q-al - Depósitos aluviales y de llanuras aluviales
- Q-ca - Abanicos aluviales y depósitos coluviales
- Q-e - Depósitos eólicos (dunas) y loes
- Q2-m - Depósitos de gravas y arenas acumulados en playas, y de lodos ricos en materia orgánica asociados al desarrollo de manglares.
- b2-VI - Ignimbritas riolíticas ricas en fragmentos líticos de limolitas, basaltos, cuarzolitas y granitoides.
- b5k6-Sm - Calizas, lodolitas calcáreas y shales. También fosforitas, cherts, bentonitas y arenitas glauconíticas.
- k6E1-Sm - Shales y arenitas glauconíticas a la base; limolitas y arcilolitas intermedias, y calizas y shales calcáreos al tope.



(98) 6333321  
(57) 3138546038



gerencia@consener.com



Carrera 29 # 17-59 F-30  
Yopal, Casanare

En términos generales, la geología regional de la Costa Caribe se ha sintetizado bajo el concepto de terrenos geológicos, correspondientes a nueve sectores con litología, estratigrafía, estilo estructural e historia particulares. El área de estudio hace parte del terreno Ruma, el cual incluye la parte septentrional de la península de La Guajira, y está limitado estructuralmente por las fallas Cuisa y Simatúa. Este terreno está constituido por rocas metamórficas, plutónicas y sedimentitas que datan del Terciario; su estilo estructural está caracterizado por plegamientos isoclinales y foliación empinada con dirección Este - Noreste.

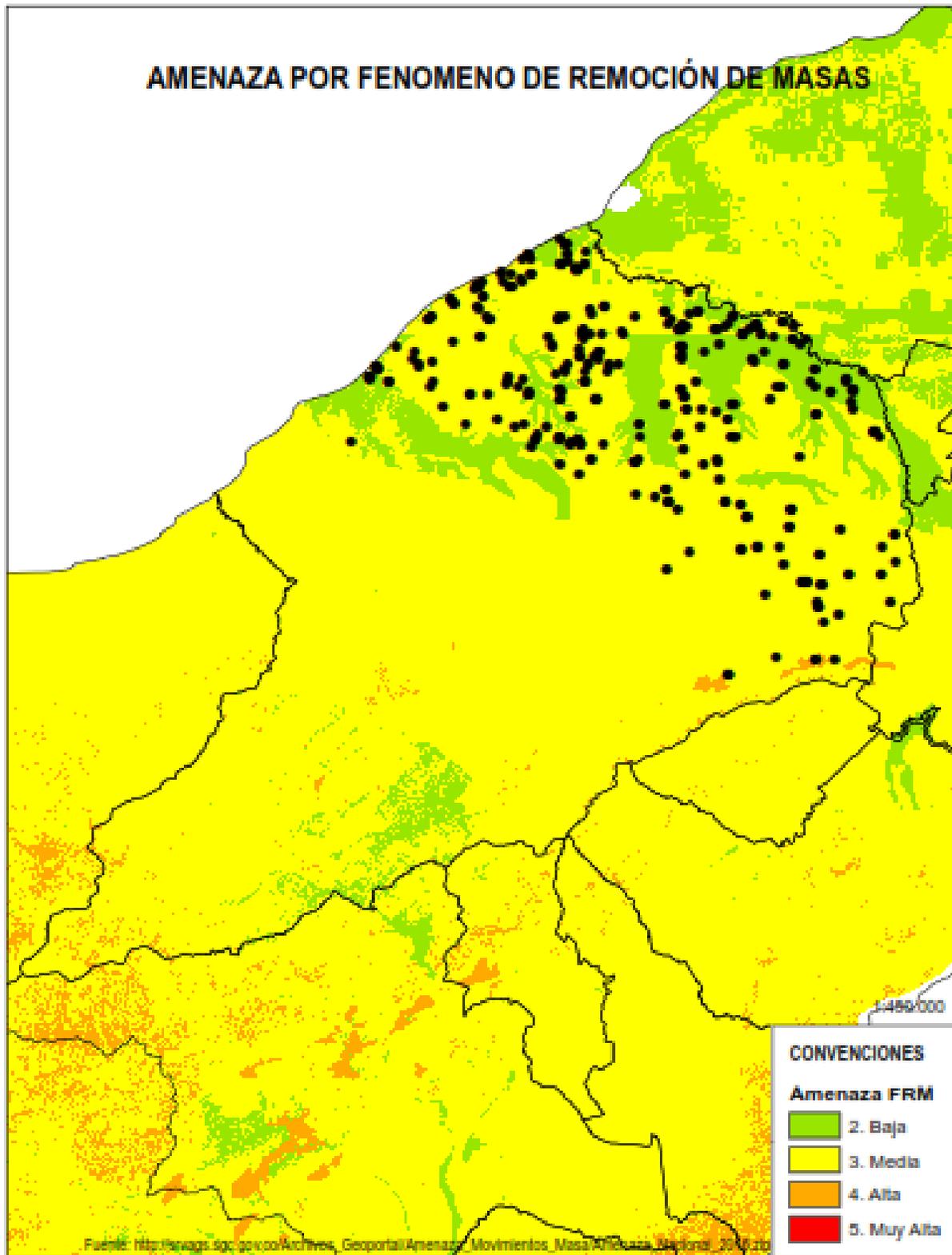
A nivel local, afloran mayoritariamente materiales sedimentarios de los periodos Terciario, Cuaternario, Cretáceo y Precámbrico. En el subsuelo inmediato (1 metro de profundidad) existen grandes cantidades de fósiles de arrecifes, arcilla y arena, así como depósitos recientes de cauce aluvial, de llanura aluvial y de playón. La unidad imperante son los depósitos de playón, de barra y aluviales que se encuentran paralelos a línea de costa y están conformados principalmente por gravillas y cantos pequeños de cuarzo.

### **1.3 GEOMORFOLOGIA**

El área exhibe un terreno plano, aunque con pequeñas diferencias de nivel. Predominan las dunas del litoral, las lagunas marinas y los playones arcillosos. En ella existen unidades clasificadas tanto de costas bajas como de costas altas (INVEMAR, 2006). Dentro de las primeras se pueden distinguir valles aluviales, salares y zonas de inundación, pantanos de manglar, lagunas costeras, playones, playas, espigas y barras, mientras que en las unidades geomorfológicas de costas altas se encuentran plataformas de abrasión elevadas y Yardangs.



## AMENAZAS GEOLOGICAS



## ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA EN COLOMBIA

El mapa de zonas de riesgo sísmico en Colombia indica la mayor o menor peligrosidad de las diferentes regiones del territorio nacional. Esto permite a los ingenieros, constructores y en general a los científicos interesados en este tipo de información, disponer de la actividad sísmica probable en una zona determinada, o mejor aún captar una visión general de la sismicidad global del país.

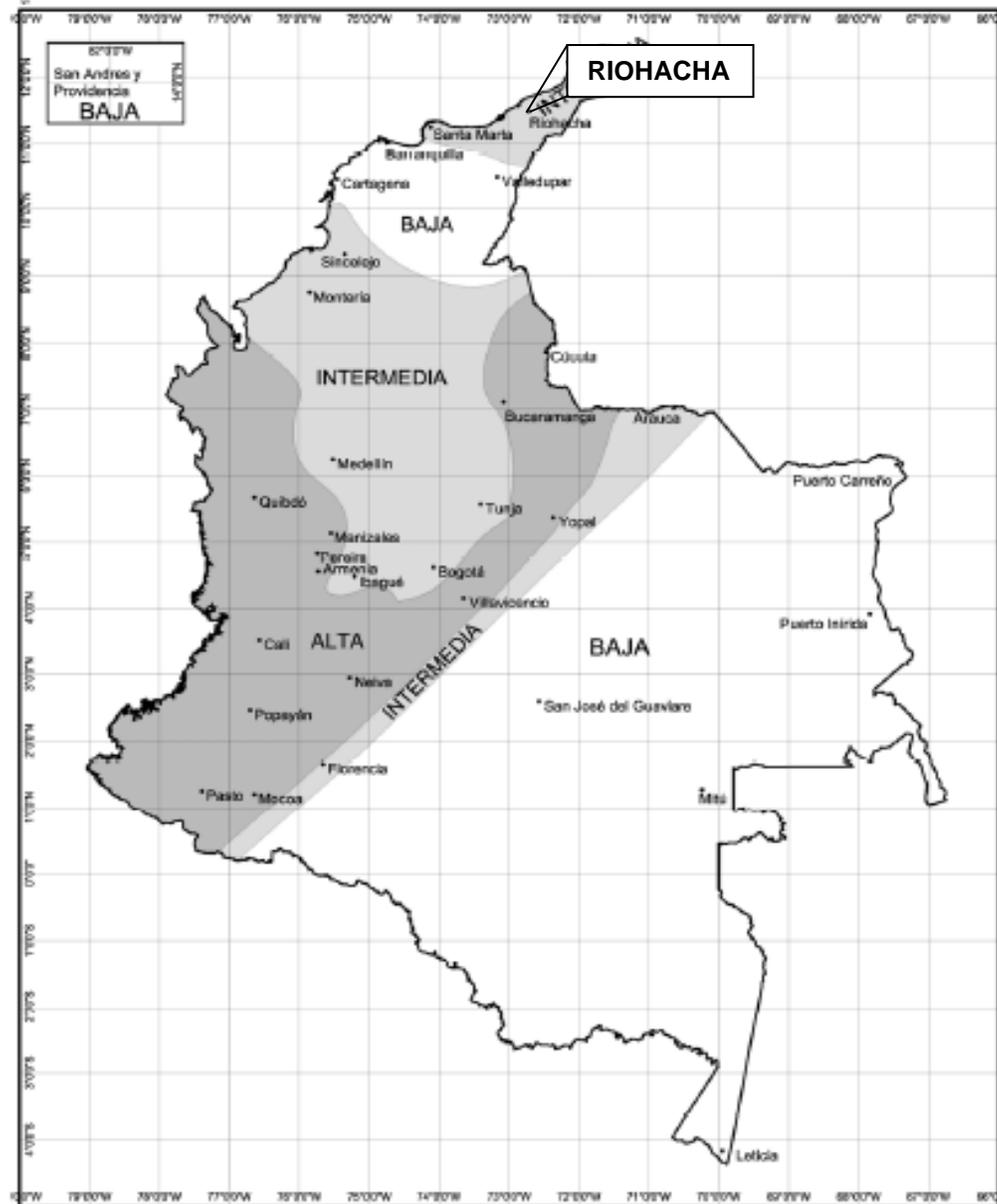


Figura 1. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av.

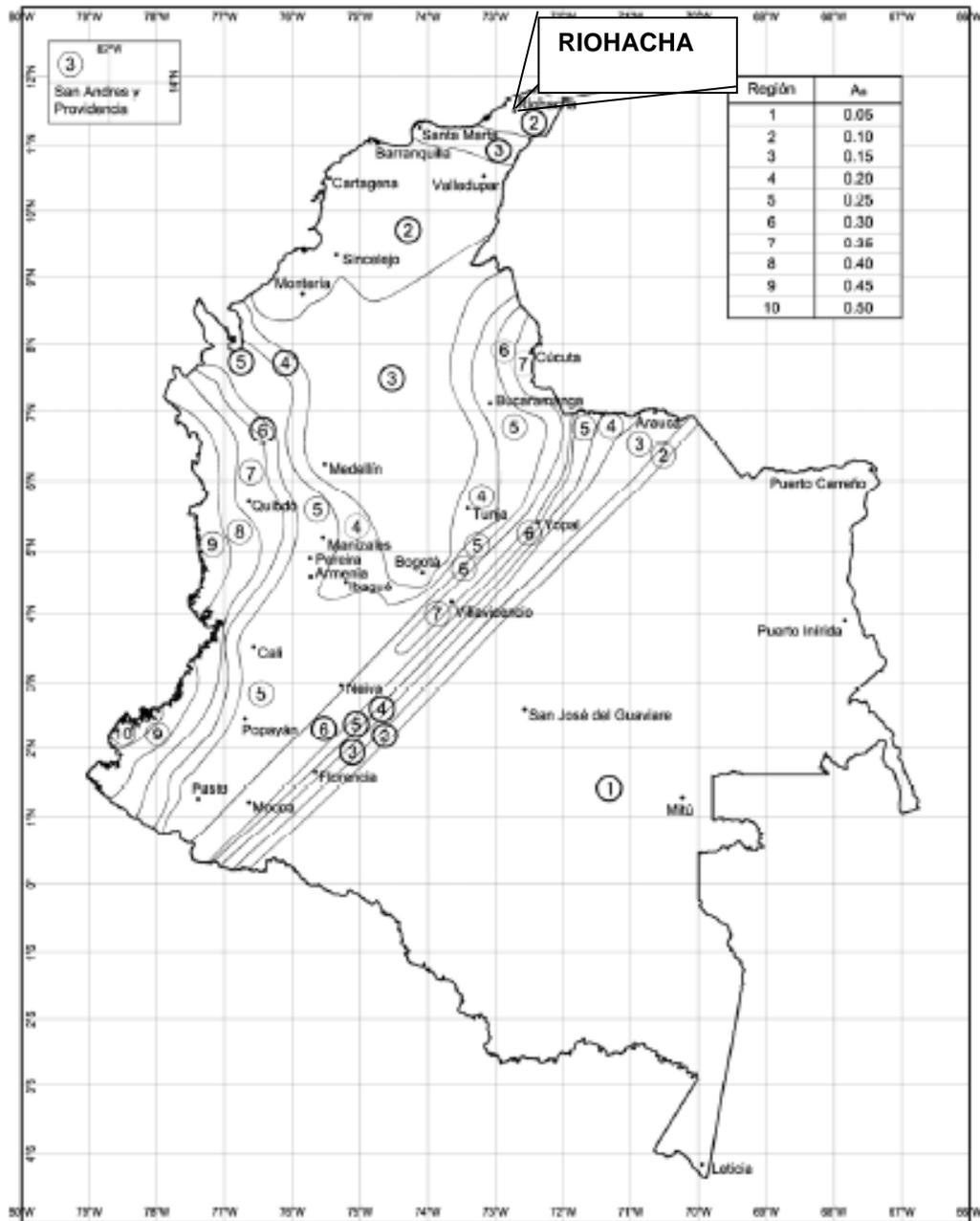


Figura 2. Mapa de valores de Aa.

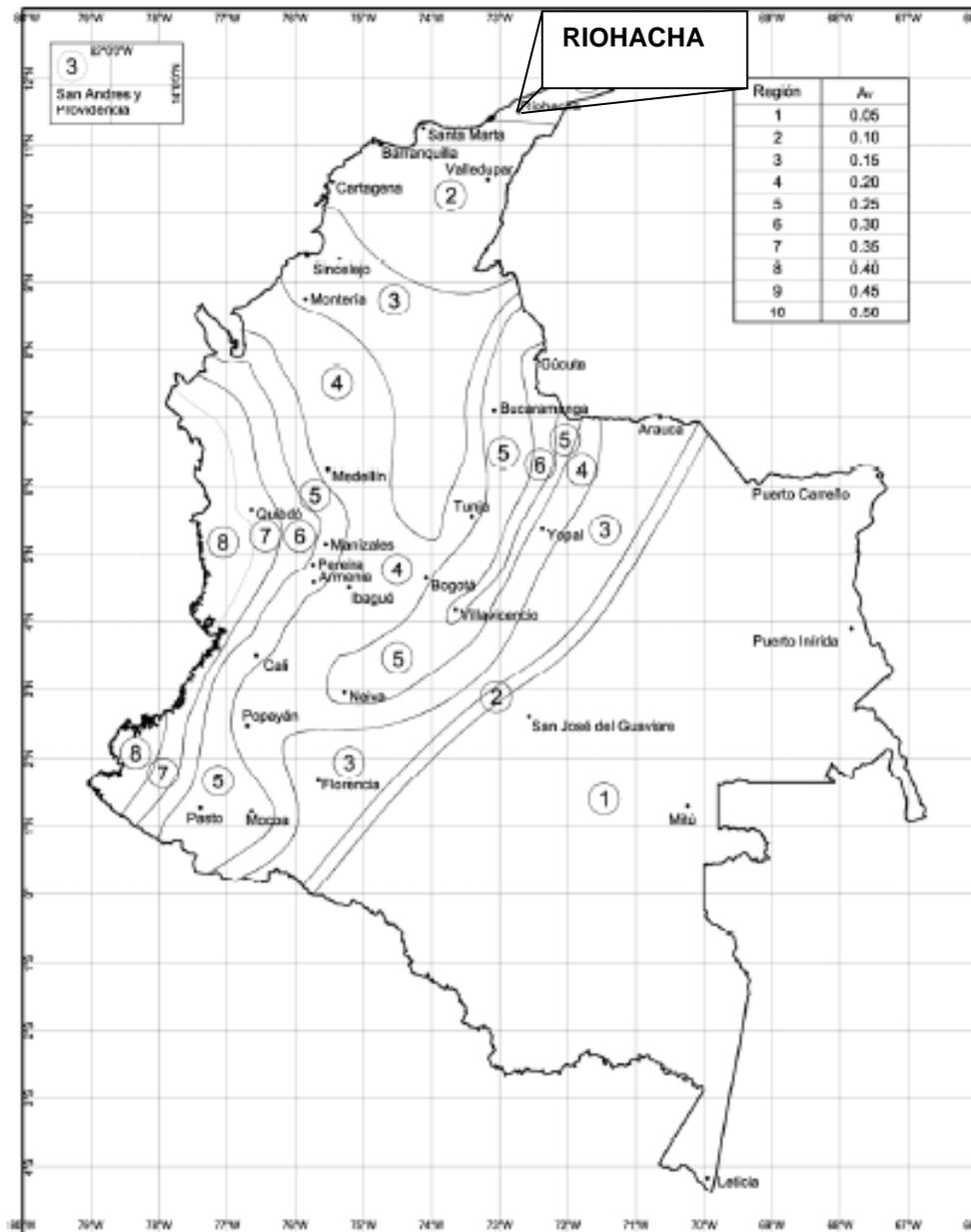


Figura 3. Mapa de valores de Av.

*Para poder entender un poco más del aspecto relacionado a continuación se harán varias distinciones:*

*Zona de Riesgo Sísmico: son regiones del país donde el riesgo sísmico se considera bajo, intermedio o alto.*

*Zona de Riesgo Sísmico Bajo: es aquella zona donde Aa como Av son menores o iguales a 0.10.*

*Zona de Riesgo Sísmico Intermedio: es aquella zona donde  $A_a$  o  $A_v$  o ambos son mayores o iguales a 0.10 y ninguno de los dos excede a 0.20.*

*Zona de Riesgo Sísmico Alto: es aquella zona donde  $A_a$  o  $A_v$  o ambos son mayores de 0.20.*

TABLA A. Valores de  $A_a$ ,  $A_v$  y Nivel de Amenaza Sísmica. N.S.R.-10 Capítulo A, para el departamento la Guajira.

**Departamento de la Guajira**

Municipio	Código Municipio	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica	$A_e$	$A_d$
Riohacha	44001	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Albania	44035	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Barrancas	44078	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
Dibulla	44090	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
Distracción	44098	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
El Molino	44110	0.10	0.10	Baja	0.06	0.04
Fonseca	44279	0.15	0.10	Intermedia	0.07	0.04
Hatonuevo	44378	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
La Jagua del Pilar	44420	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Maicao	44430	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Manaure	44560	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
San Juan del Cesar	44650	0.15	0.10	Intermedia	0.05	0.03
Uribía	44847	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Urumita	44855	0.10	0.10	Baja	0.06	0.03
Villanueva	44874	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03

*Movimiento Sísmico de Diseño: esta se define en función de la aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y de la velocidad pico efectiva ( $A_v$ ).*

*Según el espectro de diseño, los valores de  $A_a$  y  $A_v$ , para el sitio del proyecto son de 0.10 y 0.15 respectivamente lo cual nos representa una zona de riesgo sísmico **INTERMEDIA**.*

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

### 2.1 ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL ÁREA DEL PROYECTO

*El área donde se llevará a cabo el proyecto presenta las siguientes características:*

<i>Pendiente</i>	<i>Plana</i>
<i>Formación</i>	<i>llanura aluvial</i>
<i>Tipo de depósito</i>	<i>arena limosa con gravas</i>
<i>Vegetación</i>	<i>No evidencia.</i>

*El perfil estratigráfico generalizado del proyecto se caracteriza por ser una sucesión de arena limosa y limo de baja plasticidad, clasificado según la S.U.C.S. como un suelo "SM".*

### 2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

*Las cargas que se transmitirán al suelo de fundación se simulan entre 5 y 500 toneladas. Cabe anotar que las cargas mayoradas por fuerzas de sismo no superan en ningún caso el 20% de la carga real por peso propio de la estructura más la carga viva de utilización de las estructuras.*

## 3. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

### 3.1 EXPLORACIÓN CON PERFORACION MECANICA

*Para conocer el perfil estratigráfico, las propiedades geomecánicas de las capas y la posición y características del nivel freático; se realizaron **exploraciones** mediante **apique manual** y avance con cono dinámico hasta alcanzar una profundidad máxima de exploración de **3.00** metros.*

*La disposición de la exploración se planeó con el propósito de lograr una correlación tridimensional del perfil del subsuelo del área del proyecto.*



### 3.2 MUESTREO Y ENSAYOS DE CAMPO

*En cada exploración se efectuó un muestreo representativo para los diferentes estratos, tomando muestras alteradas en bolsa para clasificación y ensayo de resistencia a la penetración con cono dinámico SPT.*

*Todas las muestras se identificaron visualmente en campo y en laboratorio, y sobre un número representativo de los diferentes estratos se realizó el siguiente programa de ensayos:*

- *Ensayos de humedad natural.*
- *Granulometría y gradación*
- *Peso unitario*
- *Ensayo de penetración estándar.*
- *Límites de atterberg*

*En la sección de anexos se muestran los respectivos registros obtenidos tanto en campo como en laboratorio para cada exploración de la siguiente manera:*

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

*En el Anexo 1 de cada exploración se muestra el perfil geotécnico con la descripción de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio. En general se pudo establecer la presencia de **un suelo compuesto por arena limosa con gravas, clasificado según la S.U.C.S. como un suelo “SM”.***

### 4.2 NIVEL FREÁTICO Y AGUAS SUPERFICIALES

*Con el fin de realizar los cálculos geotécnicos y ante la posibilidad de ascensos piezométricos debido a la actividad hidrogeológica presente en este tipo de depósitos se tomo como crítico la profundidad de nivel freático  $D_w = 0.0$  metros. Esto condiciona que el cálculo de presión del suelo de fundación se hará con el peso unitario sumergido. En cada uno de los perfiles encontrados se presenta la posición del nivel freático.*

### 4.3 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL PERFIL DE SUELO

*La historia geológica del perfil de subsuelo explorado permite clasificarlo como un material normalmente consolidado de composición cohesivo. De acuerdo con la clasificación unificada de suelos S.U.S.C., el perfil explorado pertenece a los grupos “SM”.*



*El anexo 1, de cada exploración muestra un resumen de todos los resultados de ensayos de campo obtenidos para el perfil promedio establecido, recopilando los datos de todo el muestreo efectuado y tomando los registros de ensayos de campo para la exploración efectuada.*

*En general las propiedades geomecánicas encontradas en cada una de las capas del perfil de suelo explorado reflejan características **buenas** con relación a los requerimientos de la fundación del proyecto; relacionadas con la media resistencia al corte y a la naturaleza friccionante del suelo. La resistencia al corte tiene un comportamiento constante contra la profundidad del perfil.*

*Las propiedades geomecánicas e índice por capas pueden resumirse así: humedad natural media (HN), límites de Atterberg bajos (LL, LP e IP), pesos unitarios o gamma medios ( $\gamma_t$ ) en  $t/m^3$ , pesos específicos medios (Gs), esfuerzos efectivos de preconsolidación medios a bajos ( $\sigma_p$ ) en  $t/m^2$ .*

#### **4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN**

*Con base en los resultados de investigación del subsuelo, en cuanto a su resistencia y compresibilidad, teniendo en cuenta la topografía del terreno y suelo de fundación al igual que las características estructurales del proyecto; se realizó el análisis de estabilidad (Capacidad portante) para cimentación superficial por los métodos de NSR-10 (Meyerhof). Los asentamientos se evaluaron del tipo elástico o inmediato.*

#### **4.5 TIPO DE CIMENTACIÓN Y NIVEL DE FUNDACIÓN**

*La profundidad de cimentación para las estructuras proyectadas se determina según su tipo de uso. Para el cálculo se utilizó una profundidad de desplante **Df = 1.0 metros**, sin embargo, se presenta para las demás profundidades hasta llegar a la máxima de exploración. Anexo 4 y 5. El tipo de cimentación recomendada es:*



## 5. CAPACIDAD PORTANTE

### 5.1 EXPLORACIÓN 1 A 1

#### 5.1.1 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL. $D_f = 1.0$ m.

Teniendo en cuenta el nivel de fundación adoptado y la estratigrafía del suelo, se establece la presión de hundimiento por falla general para suelos de naturaleza mixta de la siguiente manera:

##### 5.1.1.1 CARGA ADMISIBLE EN FUNCIÓN DEL GOLPETEO DEL ENSAYO SPT PARA SUELOS MIXTOS

En pruebas de penetración estándar tipo SPT para suelos con cohesión, y considerando el valor de  $N$  a una presión de sobrecarga efectiva de  $10 \text{ Ton/m}^2$  como estándar, el factor de corrección  $C_N$  que hay que aplicar a los valores de campo de  $N$  para otras presiones diferentes esta dado aproximadamente por:

$$C_N = 0.77 * \log_{10}\left(\frac{200}{\bar{P}}\right)$$

$\bar{P}$  = Presión vertical efectiva por sobrecarga en  $T/m^2$  a la profundidad de la prueba de penetración. Ecuación válida para:

$$\bar{P} \geq 2.5T / m^2$$

Luego con el valor corregido de  $N$  se aplica la ecuación (Anexo 3):

$$\sigma_a = N * \left(1 + \frac{1}{3.3 * B}\right)^2 * \frac{1}{12}$$

Donde  $B$  es el ancho de la cimentación y teniendo en cuenta la corrección por nivel freático.

$$C_w = \frac{1}{2} * \left(1 + \frac{D_w}{D + B}\right)$$

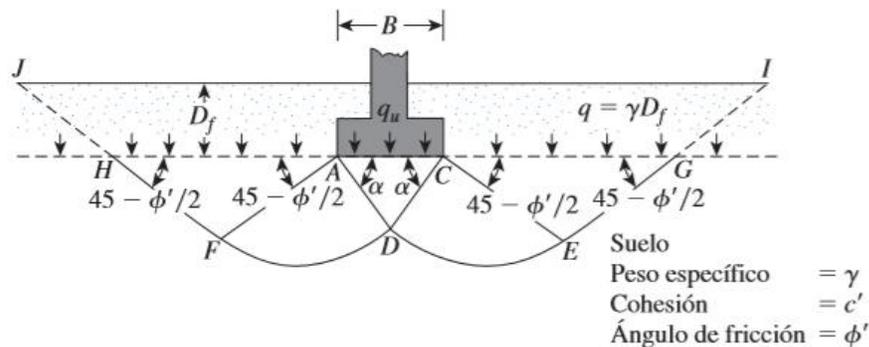
##### 5.1.1.2 ECUACIÓN NSR 10

Metodología cálculo de la Capacidad Portante – Terzaghi



Esta teoría consiste en la determinación de la carga última de las cimentaciones superficiales, donde se evalúa si dicha cimentación es superficial evaluando la relación entre la profundidad con respecto a su ancho, donde esta debe ser menor o igual. Aun así, se consideró que profundidades de 3 o 4 veces su ancho también podrían ser definidas como cimentaciones superficiales.

El modelo de Terzaghi se puede implementar para cimentaciones corridas o continuas, cuadradas y circulares. Esta teoría se basa bajo el modelo establecido en la Teoría capacidad portante Terzaghi, donde se relacionan los factores del suelo tales como su peso específico, cohesión y Ángulo de fricción, los cuales determinan la capacidad de carga en una cimentación rígida continua.



Donde:

$\phi'$  = ángulo de fricción (°)

$\gamma$  = peso específico del suelo ( $kN/m^3$ )

$c'$  = cohesión del suelo (KPa)

$q_u$  = carga (KN)

Acorde a la figura anterior, se puede observar cómo los ángulos CAD y ACD son iguales al ángulo de fricción, determinando como la sobrecarga que reemplaza la parte posterior de suelo genera una falla cortante por desplazamiento del suelo en los puntos GI y HJ.

Con base en el modelo anterior se establecieron los análisis del modelo el cual arrojó las siguientes ecuaciones para la determinación de la sobrecarga acorde al tipo de suelo y su profundidad.

Para cimentaciones corridas o continuas

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Para cimentaciones cuadradas

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Para cimentaciones circulares

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$



Donde:

$B$  = Ancho de la zapata (m)

$\gamma$  = Peso específico del suelo (kN/m<sup>3</sup>)

$c$  = Cohesión del suelo (kPa)

$q$  = Sobrecarga (kPa)

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  = factores de carga (adimensionales), calculados por las siguientes ecuaciones:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) * \tan \phi$$

Según lo anterior, y considerando la geometría de la cimentación propuesta, se aplicará la ecuación para cimentaciones circulares.

Capacidad portante neta de seguridad: Adoptando un factor de seguridad (F.S.) = 3. Para una profundidad de **1.0 metros**.

$$q_{ad} = q_0 / F.S.$$

$$F.S. = 3$$

## VER ANEXO 4

### 5.1.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTOS

Tomando las condiciones máximas de carga axial última de columnas para los rangos más frecuentes, según datos analizados por áreas aferentes, se calcula el ancho mínimo de cimientos ( $B$ ), considerando la capacidad portante neta de seguridad y la fundación con base en la alternativa de concreto ciclopeo, la ecuación de cálculo es la siguiente:  $B = (Q/q_{ad})^{1/2}$ .

El **anexo 5** muestra las dimensiones para las condiciones de carga más probables y relevantes en el análisis de estabilidad..

### 5.1.1.4 CALCULO DE ESFUERZOS INDUCIDOS AL SUELO DE FUNDACIÓN



Para las condiciones de carga con concreto ciclopeo, los anchos de cimiento calculados, se efectúa el cálculo para esfuerzos de contacto, esfuerzos de descarga por excavación y esfuerzos netos transmitidos al suelo, comparados con la capacidad portante de seguridad. El **anexo 5** muestra estos resultados.

Donde:  $\sigma_c$  = Esfuerzo de contacto.

$D_p$  = Esfuerzo de descarga por excavación.

$\sigma_n$  = Esfuerzo neto transmitido al suelo de fundación.

Como puede observarse en el **anexo 5** de cada sondeo, para todas las condiciones de carga con los anchos de cimiento calculados, los esfuerzos netos reales ( $\sigma_n$ ) inducidos al perfil del suelo bajo la fundación se encuentran por debajo de la capacidad portante. Lo anterior permite verificar que, las condiciones de estabilidad y deformación son óptimas para cualquier sistema de fundación.

#### 5.1.1.5 ASENTAMIENTOS TOTALES

El asentamiento o deformación total es el siguiente:

$$\delta_t = \delta_i + \delta_{cp} + \delta_{cs}$$

Donde:  $\delta_t$  = Asentamiento total.

$\delta_i$  = Asentamientos inmediatos o elásticos.

$\delta_{cp}$  = Asentamientos por consolidación primaria.

$\delta_{cs}$  = Asentamientos por consolidación secundaria.

Asentamientos Inmediatos ( $\delta_i$ ): Se calcula el asentamiento inmediato por el método elástico, en éste se considera una deformación tridimensional producida casi simultáneamente con la aplicación de la carga durante la construcción, los parámetros de cálculo son los siguientes:

Compresibilidad: Para el cálculo de asentamientos se adopta un módulo de deformación elástica a partir de las siguientes correlaciones:

- (No Drenado) =  $E_u = 400 * Q_{ad}, T/m^2$ .

- (Drenado) =  $E_d = 2/3 * (1-\mu) * E_u, T/m^2$ .

• Se toma la relación de poisson ( $\mu = 0.50$ ) para suelos mixtos en estado saturado.

El asentamiento inmediato para cimientos aislados se calcula por la teoría de Timoshenko y Goodier (1970), tomando las mismas condiciones de cargas estructurales del **anexo 4**, siendo estas las más críticas:

$$\delta_i = C_d * B * \sigma_c * (1 - \mu^2) / E_d$$



Donde:  $C_d$  = factor de forma y rigidez del cimiento = 1,08. (CCP-95)

$B$  = Dimensión menor del cimiento (m).

$\sigma_c$  = Esfuerzo de contacto ( $T/m^2$ ).

$\delta_i$  = Asentamiento inmediato en (cm).

En el anexo 5 y gráfica 4 se aprecian los resultados de los asentamientos inmediatos ( $\delta_i$ ), calculados para las diferentes cargas consideradas, con los anchos mínimos de cimiento requeridos.

## 6 COEFICIENTE LATERAL DE PRESIÓN DE TIERRAS

La presión que el suelo o depósito ejerce sobre las paredes de la cimentación, depende en términos generales del desplazamiento del conjunto. La hipótesis de diseño corresponde a que el relleno ceda generando una disminución de la presión hasta un mínimo que se identifica como el estado activo.

El valor del coeficiente activo de presión de tierras es entonces  $K_A$ :

$$K_A = \frac{1 - \text{Sen}\phi}{1 + \text{Sen}\phi} = \text{Tan}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

Los resultados se presentan en el Anexo 6 para cada una de las exploraciones realizadas.



## 7 CONCLUSIONES

1 El área donde se llevará a cabo el proyecto presenta las siguientes características:

Pendiente	relativamente plana
Formación	llanura aluvial
Tipo de depósito	arena limosa con gravas

2. El perfil estratigráfico generalizado puntual del proyecto se caracteriza por ser una sucesión de arena limosa con gravas clasificado según la S.U.C.S. como un suelo “SM”.

3. Las propiedades índices y geomecánicas encontradas en cada una de las capas del perfil del suelo explorado, reflejan características **buenas** con relación a los requerimientos de la fundación del proyecto; en cuanto a la resistencia al corte.

4. El nivel de cimentación recomendado es de 1,0 **metros**, calculo hasta la profundidad máxima de sondeo y su utilización está condicionada según requerimiento estructural. La cimentación debe ser sobre un mejoramiento tipo solado de 0,10 metros, revisada y aprobada por el diseñador estructural del proyecto.

5. Geotécnicamente el suelo del proyecto puede caracterizarse como de consistencia media a baja con actividad potencial alta entre 0.0 m y 1.00 m en promedio de profundidad y de consistencia media con actividad potencial baja entre 1.00 m y 3.0m.

6. Las características del proyecto y del suelo de fundación permiten establecer que, para la **obra**, lo más adecuado técnica y económicamente es un sistema cimentación tipo placa, cumpliendo los chequeos estructurales a volcamiento (Momentos).

Las dimensiones de la estructura de cimentación, cuantía de esfuerzo y resistencia del concreto a utilizar, queda sujeto a criterio del ingeniero calculista.

## 8 RECOMENDACIONES

### 8.1. TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Para la fundación de las estructuras se recomienda adoptar una cimentación superficial mediante concreto ciclópeo.

El nivel de fundación para el proyecto, si finalmente los chequeos de esfuerzos y áreas, dan viabilidad a estas alternativas, debe implantarse a la profundidad descrita en el numeral 4.5.



## 8.2. COEFICIENTE LATERAL DE PRESIÓN DE TIERRAS

Se recomienda adoptar los valores de coeficientes de presión lateral de tierras propuestos en el anexo 6.

## 8.3. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

Según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Ley 400 de agosto 1997 modificada ley 1229 de 2008 y Decreto 926 de marzo de 2008) y teniendo en cuenta los criterios locales de esfuerzos activos producidos por las Fallas, se debe tomar los siguientes parámetros:

Tremor sísmico en escala de intensidad de Mercalli = 7.25 a 7.50.

Zona de amenaza sísmica = intermedia

$A_a = 0.10$

$A_v = 0.15$

Tipo de perfil de suelo = D.  $N < 15$

$F_a = 1,6$

$F_v = 2,2$

Grupo de uso = I.

Coefficiente de importancia (I) = 1.

La orientación del sismo más peligroso debe tomarse en dirección aproximada Este - Oeste, siendo ésta la orientación del eje principal de esfuerzos tectónicos ( $\sigma_1$ ) que plegaron y fallaron las rocas regionalmente; el efecto de la fuerza sísmica sobre las estructuras debe ser aplicado en las dos direcciones.



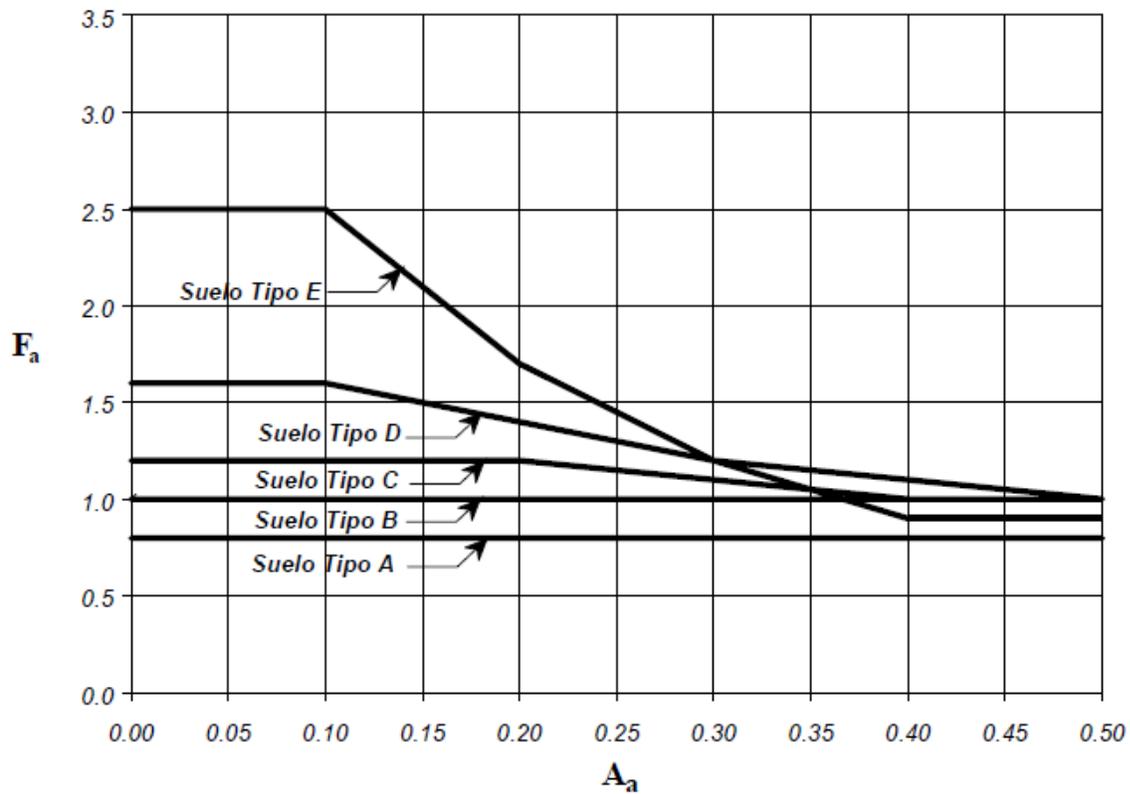
**TABLA B. Valores del coeficiente  $F_a$  para la zona de periodos cortos del espectro**

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 C. Valores del coeficiente  $F_v$  para la zona de periodos intermedios del espectro**

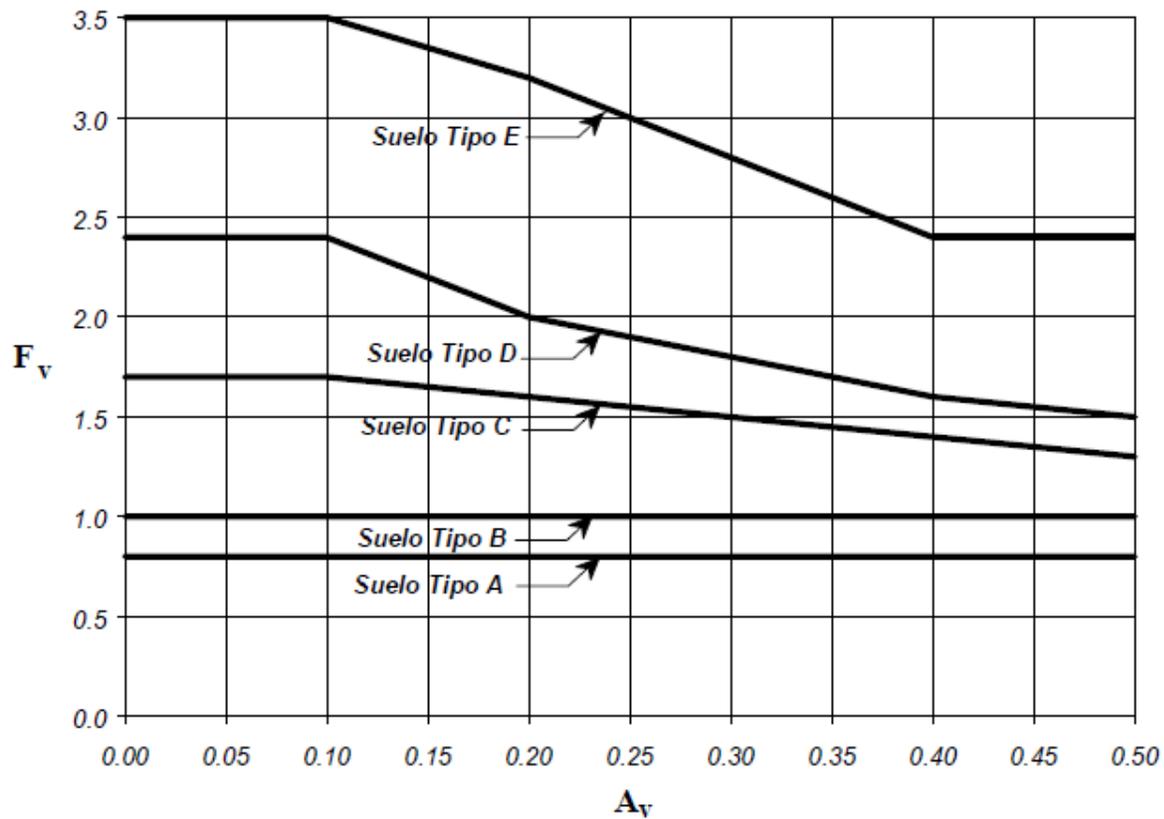
Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota





**FIGURA 4. Coeficiente de amplificación  $F_a$  del suelo para la zona de períodos cortos del espectro.**





**FIGURA 5. Coeficiente de amplificación  $F_v$  del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro.**

#### **8.4. EXCAVACIONES Y RELLENOS**

*Las excavaciones para los cimientos y los cortes de adecuación del proyecto, deben planearse obligatoriamente en período seco. Las excavaciones de cimientos **no se pueden hacer con taludes verticales** atendiendo el cálculo de altura crítica.*

#### **8.5. OTRAS RECOMENDACIONES**

*Para dar una correcta interpretación y aplicabilidad al estudio de suelos este debe ser contemplado en su totalidad sin limitaciones a los capítulos de conclusiones y recomendaciones.*

*Se deberá enviar al Ingeniero Geólogo una copia de los planos de cimentación, para su revisión desde el punto de vista del comportamiento geotécnico y de interacción SUELO - ESTRUCTURA para su referencia posterior.*

*La construcción de la cimentación debe hacerse preferiblemente en época de verano para evitar alteraciones y remoldeos en la base de cimentación, problemas de inestabilidad en las excavaciones e incrementos de caudales de evacuación.*

*Bajo ninguna circunstancia se debe permitir la descarga de aguas superficiales en las zonas aledañas al lote del proyecto una vez hecha la fundación.*

*Los asentamientos en condiciones normales surgidos por las propiedades de compresibilidad, consideradas por deformación elástica, serán de medios a altos, proporcionales a las cargas, lo cual permite esforzar el suelo a un 100% de su resistencia al corte mediante presiones de trabajo equivalentes; sin embargo debe hacerse un chequeo detallado con las cargas reales de diseño. De cualquier forma la fundación diseñada debe descartar totalmente asentamientos de tipo diferencial*



## 9 LIMITACIONES

*Los resultados obtenidos en este estudio, lo mismo que las recomendaciones dadas están basados en las características estructurales del proyecto, lo mismo que las propiedades geomecánicas del subsuelo explorado mediante pruebas de campo y laboratorio. Cualquier modificación posterior en las características arquitectónicas y estructurales del proyecto con relación a las suministradas por el diseñador, implicarán nuevas condiciones de estabilidad y deformación que deben ser calculadas.*

*Si durante la construcción aparecen circunstancias no previstas en este informe, se deberá avisar al Ingeniero Geólogo para buscar las soluciones y recomendaciones más convenientes.*

*El proceso de excavación debe ser muy técnico evitando remoldeos en el suelo de fundación o las paredes excavadas, lo que posteriormente pueda ocasionar asentamientos.*

*El proceso constructivo excavación-cimentación debe efectuarse en el menor tiempo posible con el fin de controlar el levantamiento del fondo de la excavación debido al rebote de estratos y/o presiones negativas de subpresión.*

***El piso de cimentación deberá ser aprobado por el Ingeniero Geólogo.***

***Se debe incluir obligatoriamente en la valla de obra el geotecnista del proyecto con nombre y matrícula profesional.***



## **LISTA DE ANEXOS Y GRAFICAS**

- **Anexos cimentación superficial**

- *Anexo 1; Parámetros geotécnicos de diseño.*
- *Anexo 2; Tablas de diseño de la prueba de resistencia a la penetración estándar SPT.*
- *Anexo 3; Carga admisible en función del golpeteo del ensayo SPT para suelos mixtos.*
- *Anexo 4; Capacidad portante NSR-10 para profundidad variable.*
- *Anexo 5; Capacidad portante  $D_f = 1.0$  metros.*
- *Anexo 6; Coeficientes de Presión de Tierras Activo ( $K_a$ ) Y Pasivo ( $K_p$ ).*
- *Gráfica 1; Capacidad portante del suelo, SPT.*
- *Gráfica 2; Presión admisible variable.*
- *Gráfica 3; Carga admisible  $D_f = 1.0$  metros.*
- *Gráfica 4; Asentamientos elásticos  $D_f = 1.0$  metros.*
- *Gráfica 5; Modulo de reacción del suelo  $K_s$  variable.*

- **Resultados de laboratorio**



## ***CALCULOS CIMENTACION SUPERFICIAL RIOHACHA***



**ANEXO 1 - EXPLORACION 1-1**

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO**

1-1

**PERFILES TERRENO**

		<b>REGISTRO DE CAMPO</b>	
<b>PROYECTO:</b>	ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	APIQUE	1
<b>UBICACIÓN:</b>	VEREDA WALASCHEIN		

GUIA (M)	PROFUNDIDAD (M)	N.F.	SPT	PERFIL	DESCRIPCION
0,00					0,0 - 3.0 m ARENA LIMOSA SM
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					
0,60					
0,70					
0,80					
0,90					
1,00	<b>1,00</b>		N = 5		
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00	<b>2,00</b>				
2,20					
2,40					
2,60					
2,80					
3,00					
3,20					

**ANEXO 2 - EXPLORACION 1-1**

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA  
TABLAS DE DISEÑO DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA PENETRACION ESTANDAR SPT.**

N	En arcillas		$\phi$ ángulo rozamiento interno (°)	E kg/cm <sup>2</sup>	Ic índice consistencia	q <sub>d</sub>	q <sub>d</sub>	q <sub>a</sub>	q <sub>a</sub>
	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	Descripción: Consistencia				cuadrada	continua	cuadrada	continua
<2	<0.25	muy blanda	0	3	<0	<0.92	<0.71	<0.3	<0.22
2 · 4	0.25 - 0.50	blanda	0 · 2	30	0 - 0.25	0.92 - 1.85	0.71 - 1.42	0.30 - 0.60	0.22 - 0.45
4 · 8	0.50 - 1.00	media	2 · 4	45 - 90	0.25 - 0.50	1.85 - 3.70	1.42 - 2.85	0.60 - 1.20	0.45 - 0.90
8 · 15	1.00 - 2.00	compacta	4 · 6	90 - 200	0.50 - 1.00	3.70 - 7.40	2.85 - 5.70	1.20 - 2.40	0.90 - 1.80
15 · 30	2.00 - 4.00	muy compacta	6 · 12	>200	LP>H>LR (Ic>1)	7.40 - 14.80	5.70 - 11.40	2.40 - 4.80	1.80 - 3.60
	>4.00	dura	>14	>200	H<LR (Ic>>1)	>14.80	>11.40	>4.80	>3.60

LR: límite de retracción

LP: límite plástico

H: humedad

N	En arenas		$\phi$ ángulo rozamiento interno (°)	E kg/cm <sup>2</sup>	Id índice densidad	q <sub>a</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Compacidad relativa Cr (%)	Descripción: Densidad relativa				
0 · 4	0 · 15	muy floja	28	100	0 - 0.15	Requieren
5 · 10	16 · 35	floja	28 - 30	100 - 250	0.15 - 0.33	compactación
11 · 30	36 · 65	media	30 - 36	250 - 500	0.33 - 0.67	0.7 - 2.5
31 · 50	66 · 85	densa	36 - 41	500 - 1000	0.67 - 0.85	2.5 - 4.5
>50	86 · 100	muy densa	>41	>1000	0.85 - 1	> 4.5

Para Arenas húmedas se puede adoptar un ángulo de fricción interno de 10° a 15°. Ref.: "Mecánica de suelos y cimentaciones". Carlos Crespo Villalaz. Pág. 175.

Ref.: "Mecánica de suelos y cimentaciones". Carlos Crespo Villalaz.

Ref.: Guía geotécnica para cimentaciones de edificios en la comunidad de Madrid

Ref.: Geotécnia y cimientos III, primera parte.

ANEXO 3 - EXPLORACION 1-1

ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE  
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA  
PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE EN FUSION DEL GOLPETEO DEL ENSAYO SPT

Profundidad nivel freático bajo la superficie, Dw:	1,00	m
Profundidad de desplante bajo la superficie, D:		m
Arena fina bajo el nivel freático SI (s) o NO (n):		N
Perfil friccionante (F) o cohesivo (C)		F

$$C_u \left( \frac{T}{m^2} \right) = \frac{(29 * N^{0.72})}{(9.81 * 2)}$$

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{cor} - 0.00054N_{cor}^2$$

PRUEBAS DE CAMPO											
Sondeo	N <sub>30</sub> SPT	Inicio	Fin	Media	Peso unitario $\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	Q <sub>0</sub> (T/m <sup>2</sup> )	N <sub>corr</sub>	N <sub>corr</sub>	Parametro	Angulo de friccion	Cohesion
1-1	5	0,00	0,30	0,15	1,77	0,27	5,00	5,00	F	28,6	0
1-1	5	0,30	0,60	0,45	1,77	0,80	5,00	5,00	F	28,6	0
1-1	5	0,60	0,90	0,75	1,77	1,33	5,00	5,00	F	28,6	0
1-1	5	0,90	1,20	1,05	1,77	1,86	5,00	5,00	F	28,6	0
1-1	5	1,20	1,50	1,35	1,77	2,39	5,00	5,00	F	28,6	0
1-1	5	1,50	1,80	1,65	1,77	2,92	7,07	7,07	F	29,2	0
1-1	5	1,80	2,10	1,95	1,77	3,45	6,79	6,79	F	29,1	0
1-1	5	2,10	2,40	2,25	1,77	3,98	6,55	6,55	F	29,0	0
1-1	5	2,40	2,70	2,55	1,77	4,51	6,34	6,34	F	29,0	0
1-1	5	2,70	3,00	2,85	1,77	5,04	6,15	6,15	F	28,9	0
1-1	5	3,00	3,30	3,15	1,77	5,58	5,99	5,99	F	28,9	0

PRUEBAS DE LABORATORIO									
Profundidad	Q <sub>adm</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )					Cohesion	USC	E (Ton/m <sup>2</sup> )	
	1	2	3	4	5				
0,15	6,250	5,525	5,051	4,822	4,687	0,000	SM	400,00	
0,45	6,250	5,525	5,051	4,822	4,687	0,000	SM	400,00	
0,75	6,250	5,525	5,051	4,822	4,687	0,000	SM	400,00	
1,05	6,250	5,525	5,051	4,822	4,687	0,000	SM	400,00	
1,35	6,250	5,525	5,051	4,822	4,687	0,000	SM	400,00	
1,65	8,834	7,809	7,139	6,815	6,625	0,000	SM	565,36	
1,95	8,485	7,500	6,857	6,546	6,363	0,000	SM	543,01	
2,25	8,185	7,236	6,615	6,315	6,138	0,000	SM	523,87	
2,55	7,924	7,005	6,404	6,113	5,942	0,000	SM	507,13	
2,85	7,691	6,799	6,216	5,934	5,768	0,000	SM	492,25	
3,15	7,482	6,614	6,047	5,773	5,611	0,000	SM	478,86	
<b>B (m):</b>	<b>&lt;= 1,30</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>	<b>4,00</b>	<b>5,00</b>		<b>SM</b>	Módulo defor.	
<b>Cw:</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>				

En pruebas de penetración estándar tipo SPT, y suelos sin cohesión, y considerando el valor de N a una presión de sobrecarga efectiva de 10 Ton/m<sup>2</sup> como estándar, el factor de corrección CN que hay que aplicar a los valores de campo de N para otras presiones diferentes esta dado aproximadamente por:

$$CN = 0.77 * \log_{10} \left( \frac{200}{P} \right)$$

P - Presión vertical efectiva por sobrecarga en T/m<sup>2</sup> a la profundidad de la prueba de penetración. Ecuación válida para:

$$P \geq 2.5 T / m^2$$

**ANEXO 5 - EXPLORACION 1-1**

ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA  
CAPACIDAD PORTANTE UNITARIA NSR-10 PARA UNA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE DE 1,5 METROS

$\phi = 28,59$  Angulo de friccion del suelo en grados  
 $\phi = 0,50$  Angulo de friccion del suelo en radianes  
 $\tan \phi = 0,54$   
 $e^{\pm \tan \phi} = 5,54$   
 $((\pi/4) + (\phi/2)) = 59,29$  A  
 $\tan^2 A = 2,83$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma$$

Tipo de Suelo = **FRICCIONANTE**

Cu = 0,00 T/m2 Cohesión no drenada ( Veleta )  
 N = 5,00  
 Nq = 15,70  
 Nc = 26,98  
 N $\gamma$  = 16,03

B<sup>3</sup> = 6,38  
 B<sup>2</sup> = 27,80

$\gamma$  fundacion= 0,770 T/m3  
 $\gamma$  sobrecapa = 1,770 T/m3  
 Df = 1,00 m  
 B = 0,45 m

q =  $\gamma \cdot Df$  1,77 T/m2

qd = 29,50 T/m2

F.S. = 3,00

qad = 9,83 T/m2

QU = 9,83 T/m2

EU = 3932,99

$\mu = 0,35$

Cd = 1,08

Ed = 1704,29

Ks = 1161,315 T/m3

BALASTO

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE						
1,0						
B	C/qad	qad	CARGA	$\sigma_p$	ASENTAMIENTO	
(m)	(m2)	(T/m2)	(T)	(T/m2)	m	Cm
0,67	0,45	11,17	5,00	11,17	0,0042	0,416
0,92	0,84	11,88	10,00	11,88	0,0061	0,606
1,10	1,21	12,40	15,00	12,40	0,0076	0,758
1,25	1,56	12,82	20,00	12,82	0,0089	0,890
1,38	1,90	13,18	25,00	13,18	0,0101	1,010
1,49	2,22	13,50	30,00	13,50	0,0112	1,119
2,26	5,10	15,68	80,00	15,68	0,0197	1,970
2,48	6,13	16,30	100,00	16,30	0,0225	2,245
3,28	10,76	18,58	200,00	18,58	0,0339	3,390
3,85	14,85	20,21	300,00	20,21	0,0433	4,329
4,09	16,76	20,89	350,00	20,89	0,0475	4,755
4,31	18,60	21,51	400,00	21,51	0,0516	5,158
4,70	22,11	22,61	500,00	22,61	0,0591	5,913

MIN	0,67	0,45	11,17	5,00	11,17	0,00	0,42
MAX	4,70	22,11	22,61	500,00	22,61	0,06	5,91



**ANEXO 6 - EXPLORACION 1-1**

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MANAURE DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**CALCULO DE COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS ACTIVO (ka) Y PASIVO (kp)**

**Coulomb**

$\phi$ (grad)	$\phi$ (rad)	$\pi$	$\text{sen}\phi$
28,6	0,50	3,14	0,48

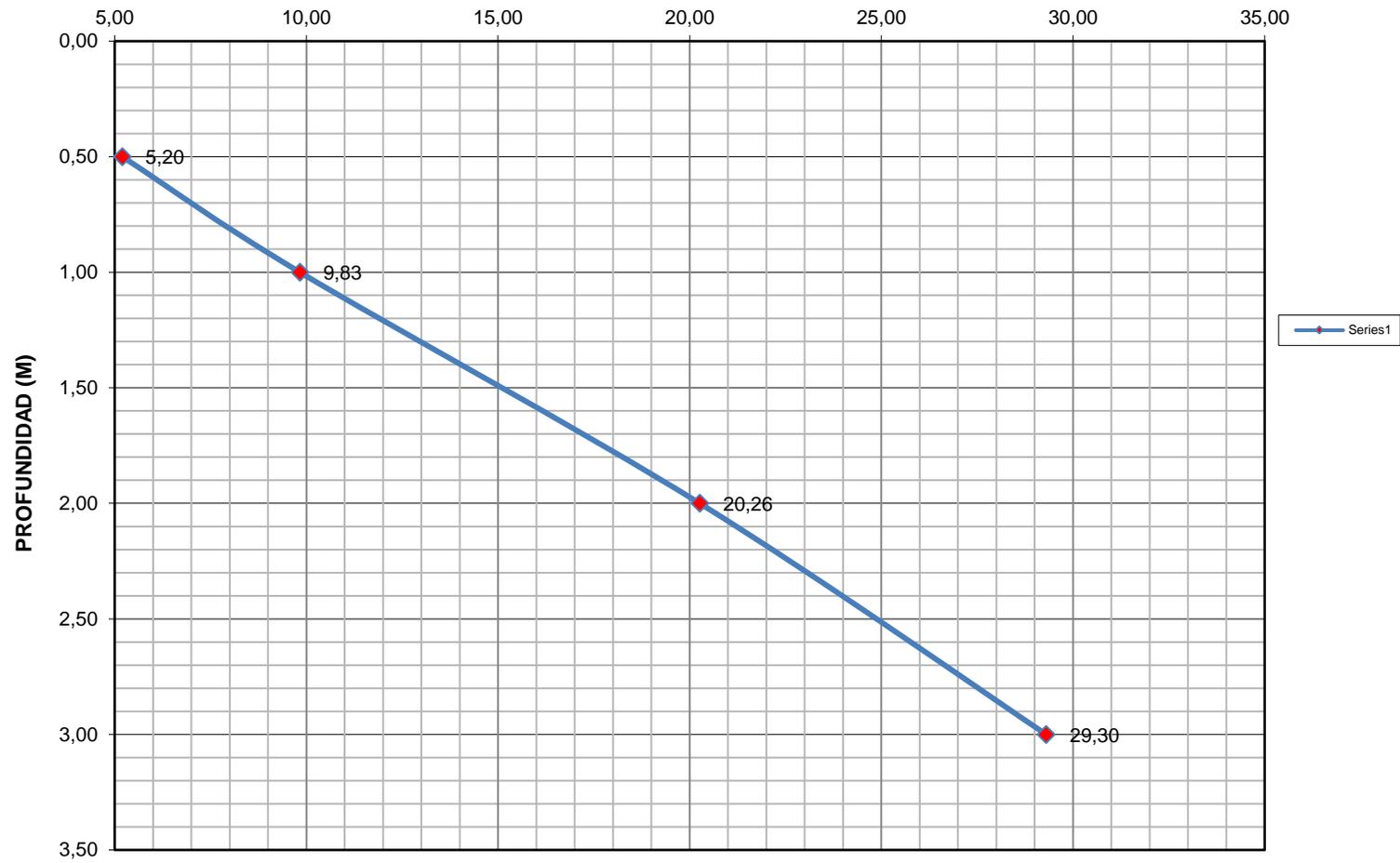
**ka = 0,35**  
**kp = 2,83**

Para Arenas y arcillas húmedas se puede adoptar un ángulo de fricción interno de 10° a 15°. Para cálculo de empujes Ref.: "Mecánica de suelos y cimentaciones". Carlos Crespo Villalaz. Pág. 175.

**Mononobe-Okabe** (análisis pseudo-estático)

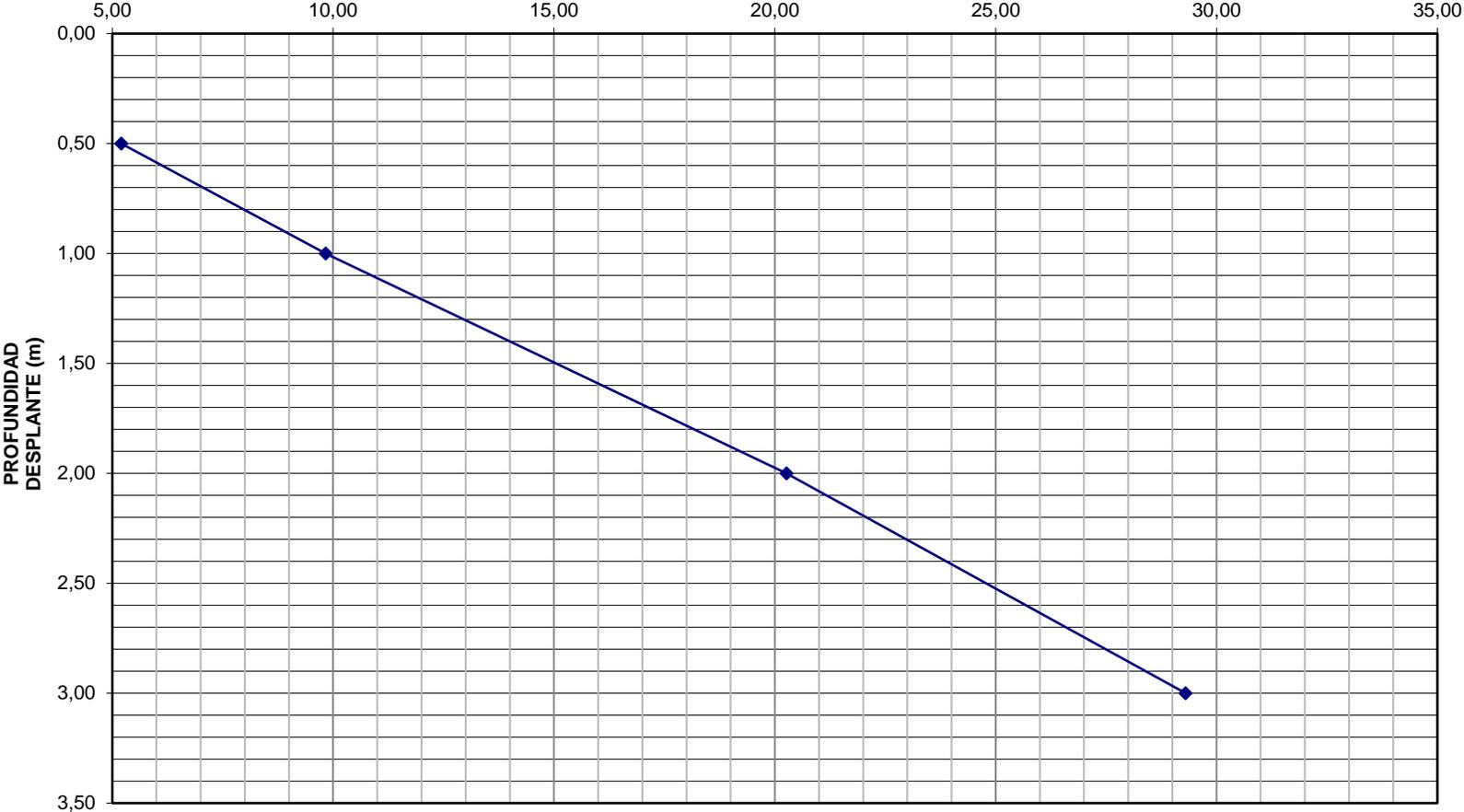
$\beta$ (rad)	$\beta$ (grad)	$\phi$ (rad)	$\phi$ (grad)	$\delta'$ (rad)	$\delta'$ (grad)	$\alpha$ (rad)	$\alpha$ (grad)	$a_h$	$a_v$	$\psi$ (rad)	$\psi$ (grad)	
0,00	0	0,50	28,6	0	0	1,57	90	0,2	0,03	0,203	11,65	
						<b>DA</b>	1	2	3			
						1,89	0,14	1,00	0,37			
						<b>KA</b>	<b>1(sen(<math>\alpha+\phi+\psi</math>))</b>	<b>2(sen2(<math>\alpha+\phi+\psi</math>))</b>	<b>3(sen<math>\alpha</math>)</b>	<b>4(sen2<math>\alpha</math>)</b>		
						0,55	0,96	0,92	1,00	1,00		
						<b>Dp</b>	1	2	3			
						0,27	0,23	1,00	0,48			
						<b>Kp</b>	<b>1(sen(<math>\alpha-\phi</math>))</b>	<b>2(sen2(<math>\alpha-\phi</math>))</b>	<b>3(sen<math>\alpha</math>)</b>	<b>4(sen2<math>\alpha</math>)</b>		
						2,83	0,88	0,77	1,00	1,00		

PERFIL PROMEDIO. GRAFICA 1. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO, SPT.  
Qa (Ton/m2)

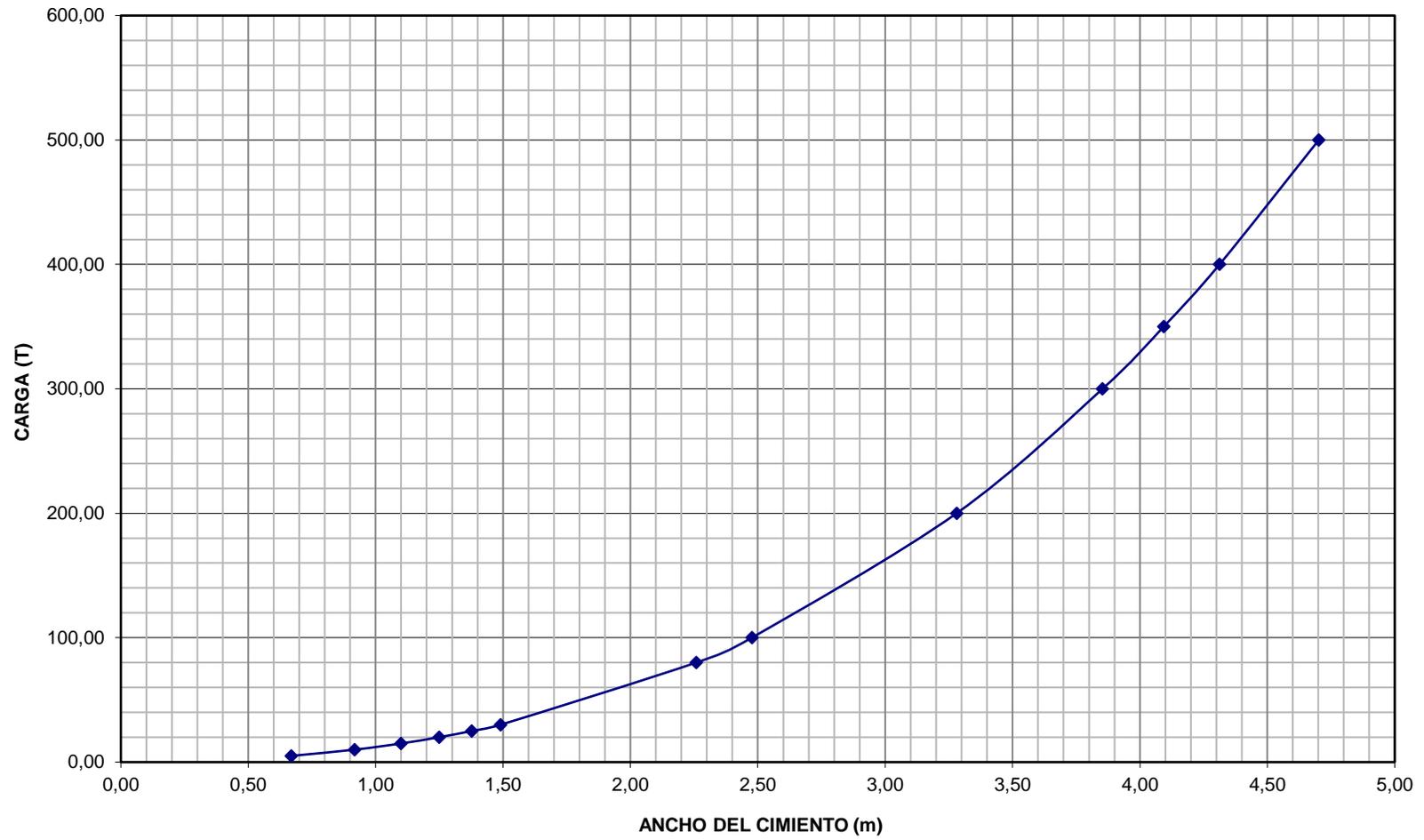


PERFIL PROMEDIO. GRAFICA 2 "PRESION ADMISIBLE VARIABLE HASTA 3,0m"

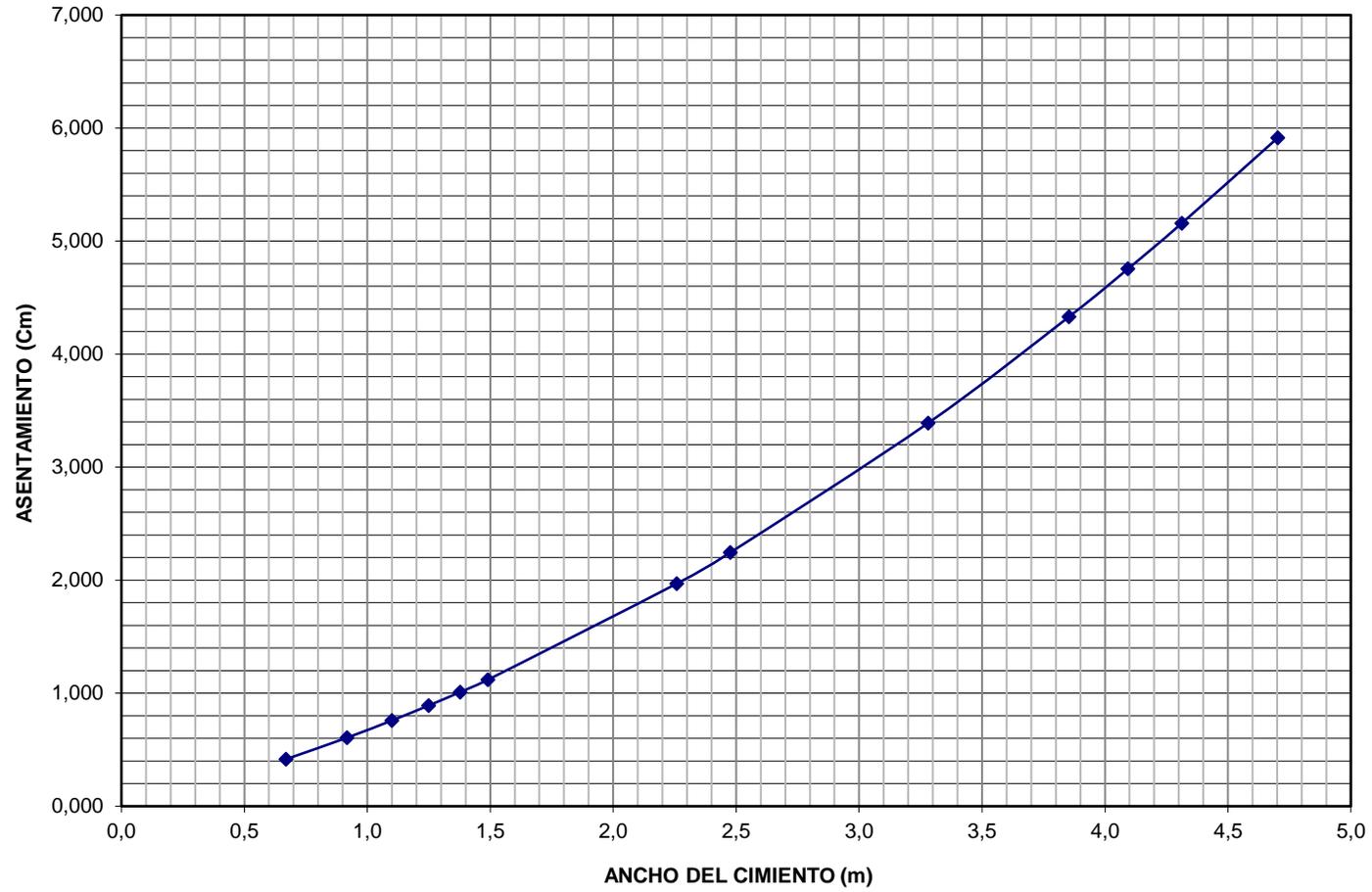
PRESION ADMISIBLE (T/m<sup>2</sup>)



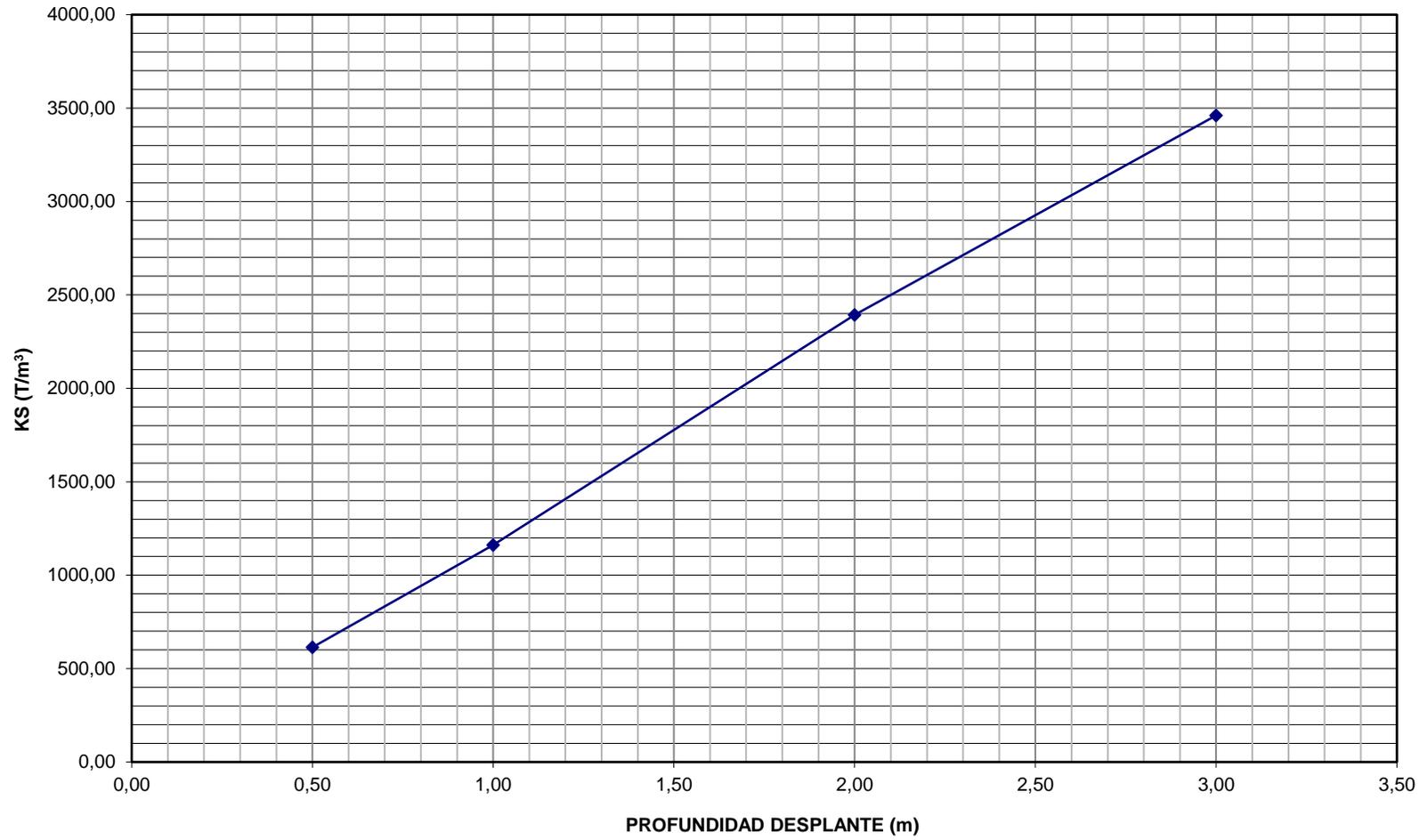
PERFIL PROMEDIO. GRAFICA 3 "CARGA ADMISIBLE DF = 1,5 METROS"



PERIL PROMEDIO. GRAFICA 4" ASENTAMIENTOS ELASTICOS DF = 1,5 METROS"



PERFIL PROMEDIO. GRAFICA 5 "MODULO DE REACCION DEL SUELO VARIABLE HASTA 6,00 METROS



## **RESULTADOS DE LABORATORIO RIOHACHA**



**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**

PROYECTO: SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS

SONDEO: 1 MUESTRA: 1

PROFUNDIDAD (m): 0,0 - 3,0 FECHA: may-21

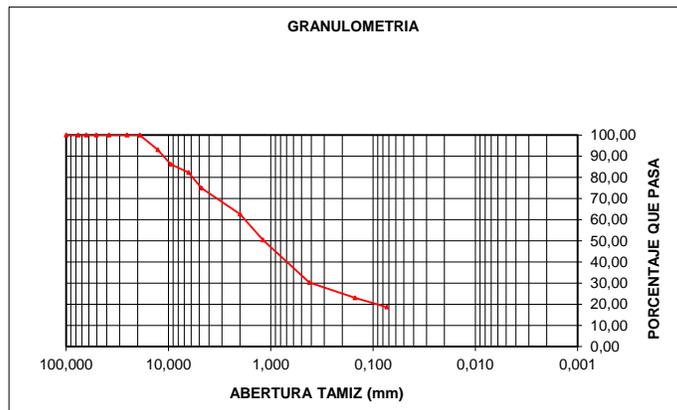
PHum: 876,40 Plavado: 713,00

Tamiz (mm)	(%) Pasa	(%) Acumulado	(%) Retenido	% Retenido (gr)
100,000	100,00	0,00	0,00	0,00
3"	76,200	100,00	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	100,00	0,00	0,00
2"	50,800	100,00	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	100,00	0,00	0,00
1"	25,400	100,00	0,00	0,00
3/4"	19,050	100,00	0,00	0,00
1/2"	12,700	93,10	0,00	0,00
3/8"	9,525	86,19	13,81	121,00
No. 3	6,350	82,31	17,69	34,00
No. 4	4,750	74,90	25,10	65,00
No. 10	2,00	62,63	25,10	0,00
No. 20	1,191	50,37	49,63	215,00
No. 40	0,419	30,28	69,72	176,00
No. 100	0,150	22,98	77,02	64,00
No. 200	0,074	18,64	81,36	38,00
FONDO	0,00	100,00	18,64	163,40

redas

Límite líquido LL	0,00%	Color
Límite plástico LP	0,00%	<b>GRIS CLARO</b>
Índice plasticidad IP	0,00%	

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	74,90%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	18,64%
D60:	1,83 mm
D30:	0,41 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura o gradacion (Cc, Cz):	

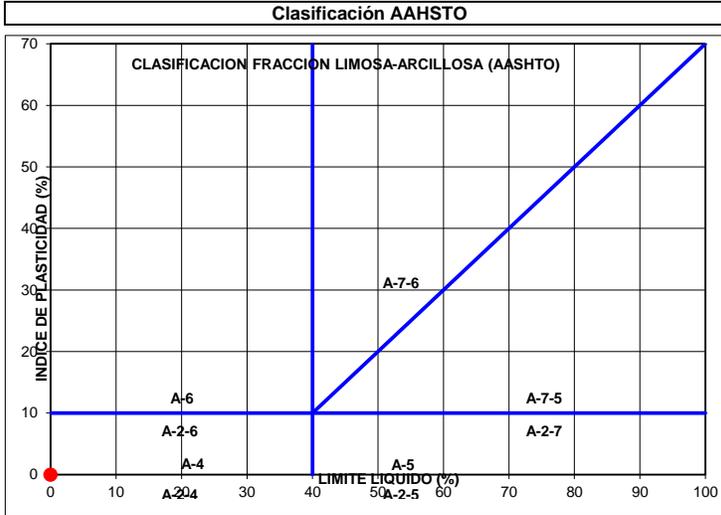


ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	LAB. NELSON BOHORQUEZ

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**CLASIFICACION SUELOS**

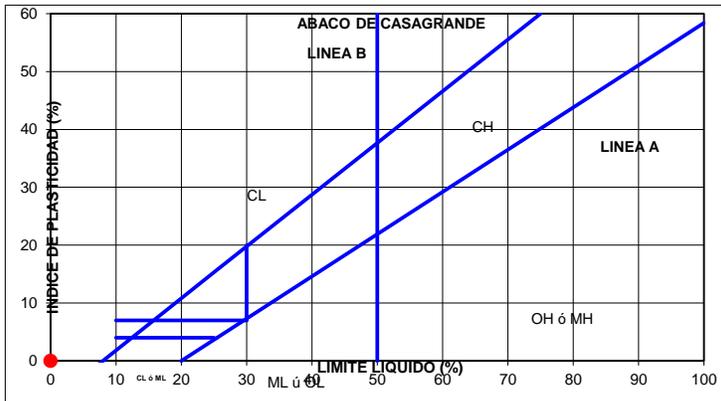
PROYECTO: SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS  
 SONDEO: 1 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD (m): 0,0 - 3,0 FECHA: may-21



**Material granular**  
 Excelente a bueno como subgrado

**Valor del índice de grupo (IG):**

**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**



Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).  
**Arena limosa con grava SM**

ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	LAB. NELSON BOHORQUEZ

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**

PROYECTO: SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI

SONDEO: 2 MUESTRA: 1

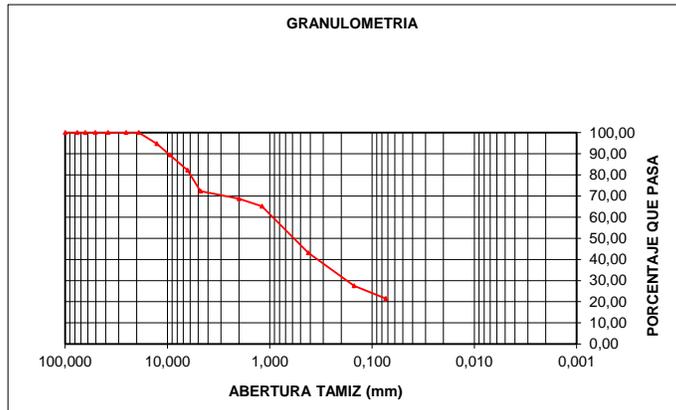
PROFUNDIDAD (m): 0,0 - 3,0 FECHA: may-21

PHum: 934,60 Plavado: 733,40

Tamiz (mm)	(%) Pasa	(%) Acumulado	(%) Retenido	% Retenido (gr)
100,000	100,00	0,00	0,00	0,00
3"	76,200	100,00	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	100,00	0,00	0,00
2"	50,800	100,00	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	100,00	0,00	0,00
1"	25,400	100,00	0,00	0,00
3/4"	19,050	100,00	0,00	0,00
1/2"	12,700	94,72	0,00	0,00
3/8"	9,525	89,44	10,56	98,70
No. 3	6,350	82,16	17,84	68,00
No. 4	4,750	72,31	27,69	92,10
No. 10	2,00	68,70	27,69	0,00
No. 20	1,191	65,09	34,91	67,50
No. 40	0,419	43,11	56,89	205,40
No. 100	0,150	27,56	72,44	145,30
No. 200	0,074	21,53	78,47	56,40
FONDO	0,00	100,00	21,53	201,20

Límite líquido LL	0,00%	redas
Límite plástico LP	0,00%	Color
Índice plasticidad IP	0,00%	GRIS CLARO

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	72,31%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	21,53%
D60:	1,01 mm
D30:	0,19 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura o gradacion (Cc, Cz):	

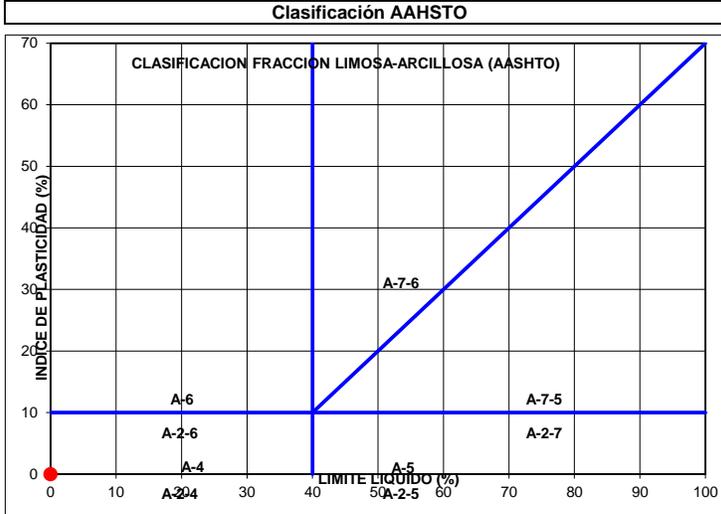


ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	LAB. NELSON BOHORQUEZ

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES  
SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE  
LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

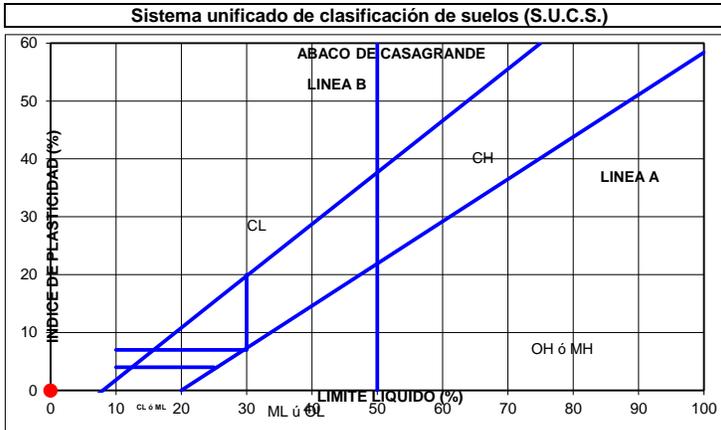
**CLASIFICACION SUELOS**

PROYECTO: SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA  
COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI  
SONDEO: 2 MUESTRA: 1  
PROFUNDIDAD (m): 0,0 - 3,0 FECHA: may-21



**Material granular**  
Excelente a bueno como subgrado

**Valor del índice de grupo (IG):**



Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).  
**Arena limosa con grava SM**

ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	LAB. NELSON BOHORQUEZ

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**CLASIFICACION SUELOS**

PROYECTO:

SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI

SONDEO:

3

MUESTRA:

1

PROFUNDIDAD (m):

0,0 - 3,0

FECHA:

may-21

PHum: 1.005,40

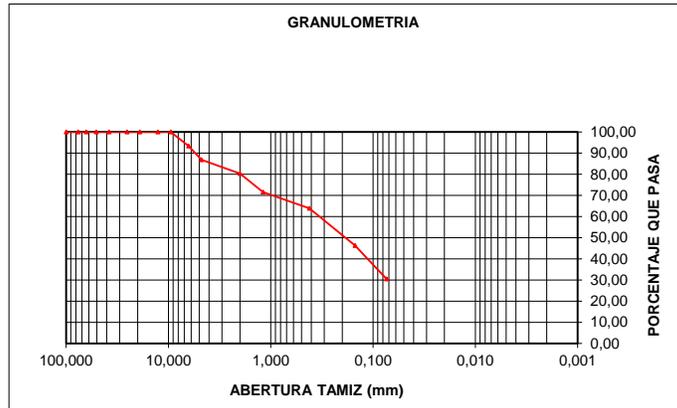
Plavado: 699,10

Tamiz (mm)	(%) Pasa	(%) Acumulado	(%) Retenido	% Retenido (gr)
100,000	100,00	0,00	0,00	0,00
3"	76,200	100,00	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	100,00	0,00	0,00
2"	50,800	100,00	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	100,00	0,00	0,00
1"	25,400	100,00	0,00	0,00
3/4"	19,050	100,00	0,00	0,00
1/2"	12,700	100,00	0,00	0,00
3/8"	9,525	100,00	0,00	0,00
No. 3	6,350	93,43	0,00	0,00
No. 4	4,750	86,86	13,14	132,10
No. 10	2,00	80,36	19,64	65,40
No. 20	0,75	71,61	28,39	87,90
No. 40	0,419	63,90	36,10	77,50
No. 100	0,150	46,36	53,64	176,40
No. 200	0,074	30,47	69,53	159,80
FONDO	0,00	100,00	30,47	306,30

redas

Límite líquido LL	0,00%	Color
Límite plástico LP	0,00%	<b>CAFÉ CLARO</b>
Índice plasticidad IP	0,00%	

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	86,86%
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	30,47%
D <sub>60</sub> :	0,36 mm
D <sub>30</sub> :	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura o gradacion (Cc, Cz):	

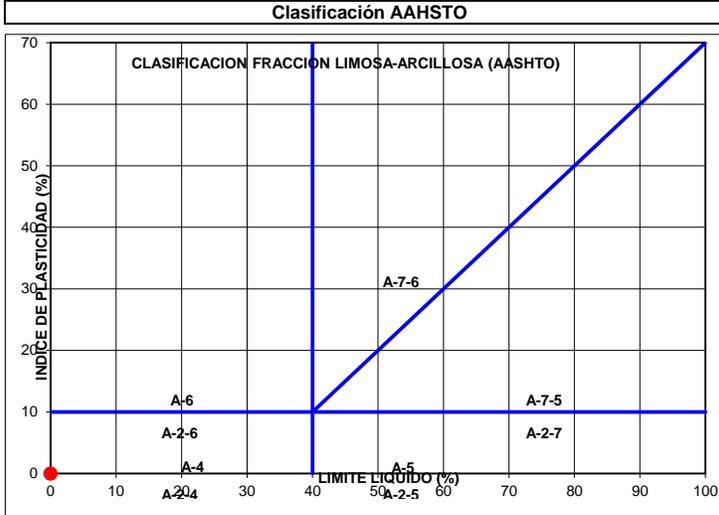


 ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	 LAB. NELSON BOHORQUEZ
--	---

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

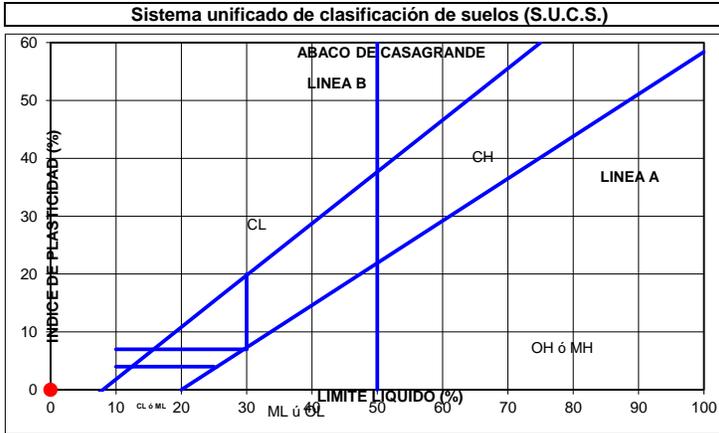
**CLASIFICACION SUELOS**

PROYECTO: SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI  
 SONDEO: 3 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD (m): 0,0 - 3,0 FECHA: may-21



**Material granular**  
 Excelente a bueno como subgrado

Valor del índice de grupo (IG):



Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).  
**Arena limosa con grava SM**

ING. GEOLOGO ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	LAB. NELSON BOHORQUEZ

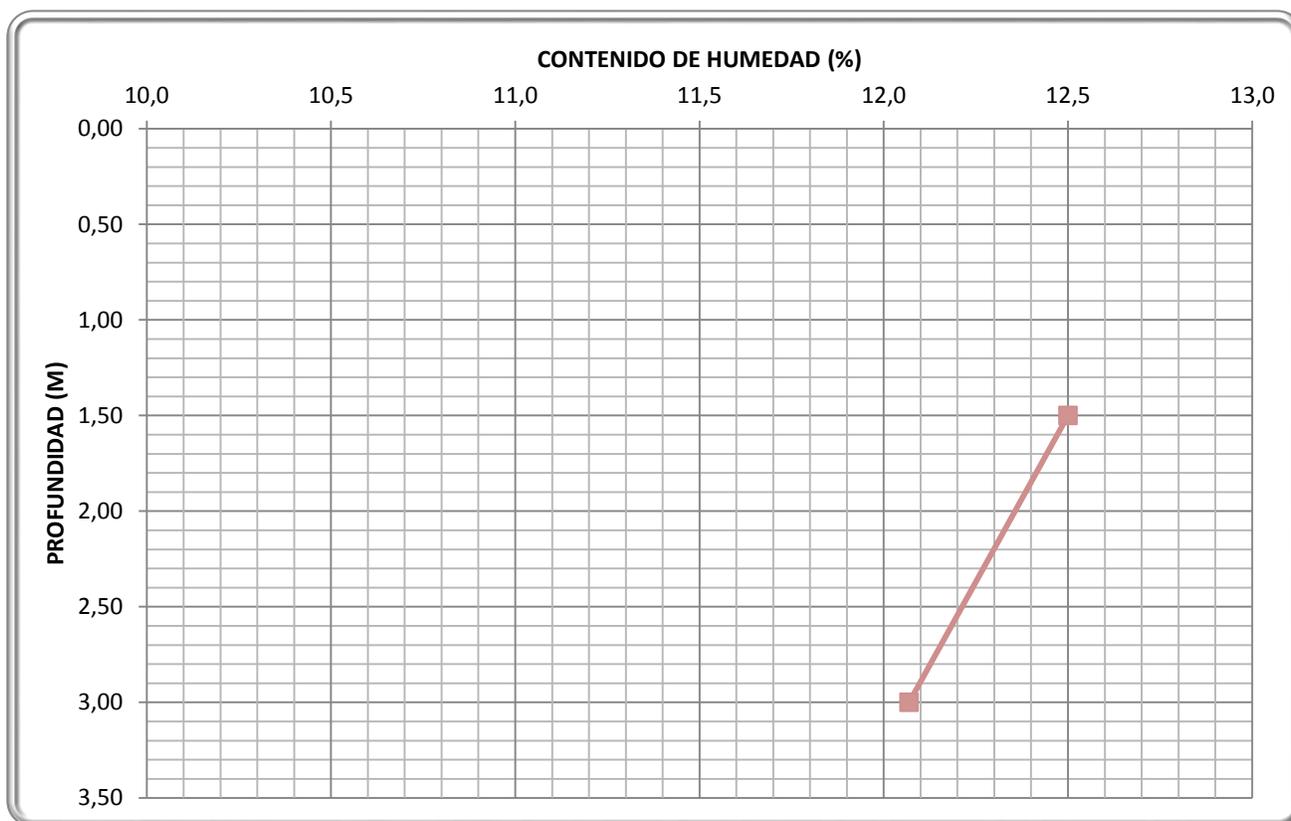
## CONTENIDO DE HUMEDAD

ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES  
FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE  
RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

**PROYECTO:**

	SONDEO 1					
	1	2	3	4	5	6
Muestra No.						
Profundidad (m)	1,50	3,00				
Peso rec.+sue. húm. (P1) (gr)	75,00	77,00				
Peso rec.+sue. seco (P2) (gr)	68,00	70,00				
Peso recipiente (P3) (gr)	12,00	12,00				
Peso del agua (gr)	7,00	7,00				
Peso del suelo seco (gr)	56,00	58,00				
<b>Humedad (%)</b>	<b>12,5</b>	<b>12,1</b>				

**VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON LA PROFUNDIDAD**



**ELABORA**

NELSON E. BOHORQUEZ  
Laboratorista

**REvisa**

**AUTORIZA**

ING. ALIRIO ERNESTO ACEVEDO  
Ingeniero geotecnista

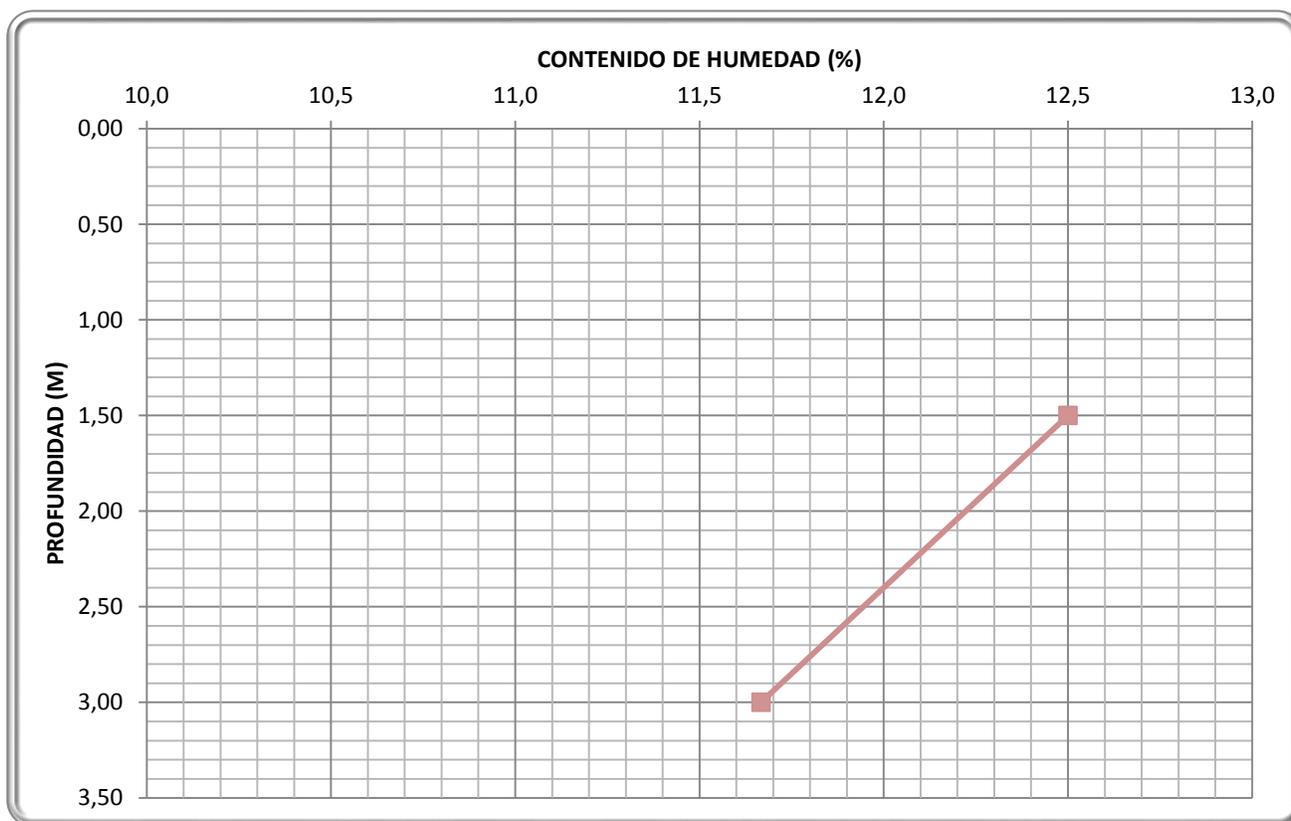
## CONTENIDO DE HUMEDAD

ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES  
FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE  
RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

**PROYECTO:**

Muestra No.	SONDEO 1					
	1	2	3	4	5	6
Profundidad (m)	1,50	3,00				
Peso rec.+sue. húm. (P1) (gr)	75,00	79,00				
Peso rec.+sue. seco (P2) (gr)	68,00	72,00				
Peso recipiente (P3) (gr)	12,00	12,00				
Peso del agua (gr)	7,00	7,00				
Peso del suelo seco (gr)	56,00	60,00				
<b>Humedad (%)</b>	<b>12,5</b>	<b>11,7</b>				

**VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON LA PROFUNDIDAD**



**ELABORA**

**REVISAR**

**AUTORIZA**

*Nelson E. Bohorquez*  
NELSON E. BOHORQUEZ  
Laboratorista

*Alirio Ernesto Acevedo*  
ING. ALIRIO ERNESTO ACEVEDO  
Ingeniero geotecnista

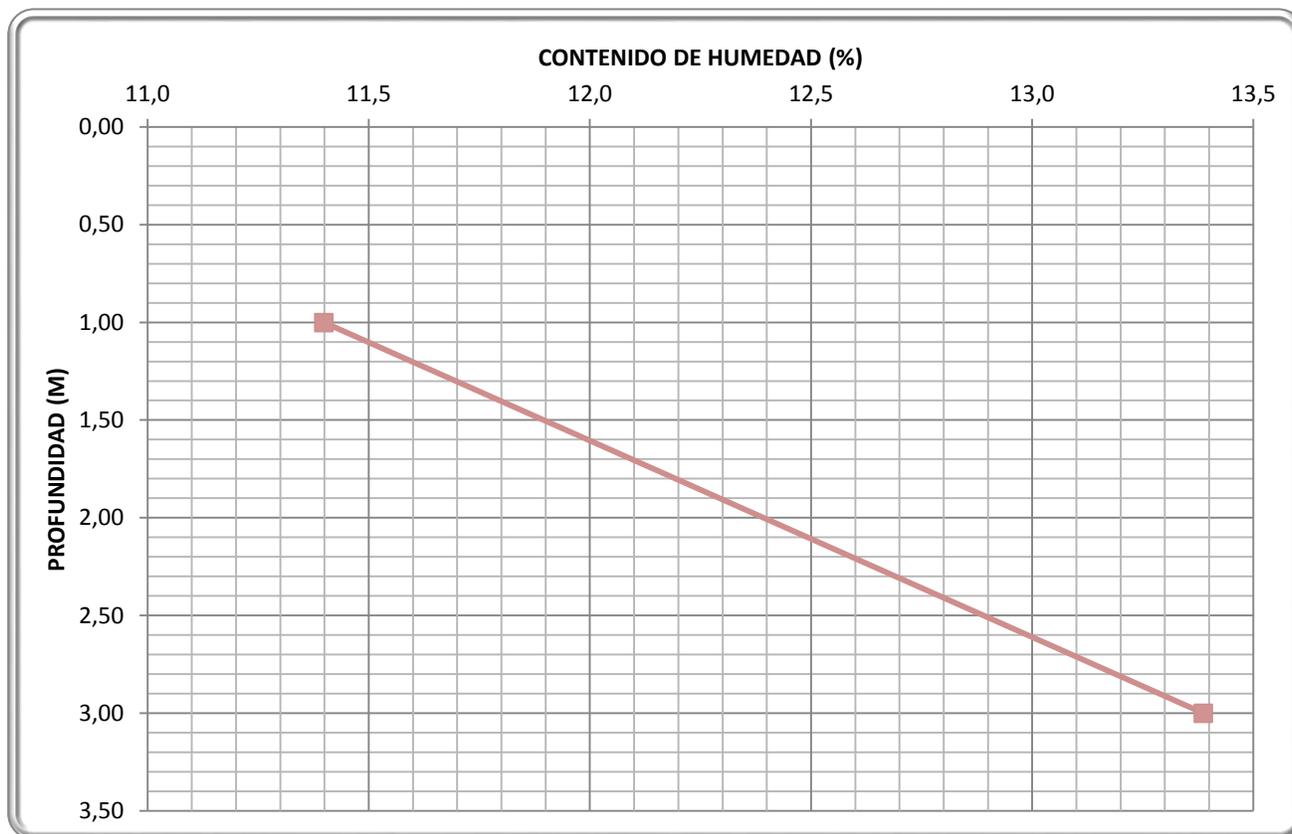
## CONTENIDO DE HUMEDAD

ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES  
FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE  
RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

**PROYECTO:**

Muestra No.	SONDEO 1					
	1	2	3	4	5	6
Profundidad (m)	1,00	3,00				
Peso rec.+sue. húm. (P1) (gr)	85,40	82,30				
Peso rec.+sue. seco (P2) (gr)	77,90	74,00				
Peso recipiente (P3) (gr)	12,10	12,00				
Peso del agua (gr)	7,50	8,30				
Peso del suelo seco (gr)	65,80	62,00				
<b>Humedad (%)</b>	<b>11,4</b>	<b>13,4</b>				

**VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON LA PROFUNDIDAD**



ELABORA	REVISA	AUTORIZA
 NELSON E. BOHORQUEZ Laboratorista		 ING. ALIRIO ERNESTO ACEVEDO Ingeniero geotecnista

**PERFILES TERRENO**

**REGISTRO DE CAMPO**

**PROYECTO:** ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA APIQUE 1

GUIA (M)	PROFUNDIDAD (M)	N.F.	SPT	PERFIL	DESCRIPCION
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					
0,60					
0,70					
0,80					
0,90					
1,00	1,00		N = 7		
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00	2,00		N = 9		
2,20					
2,40					
2,60					
2,80					
3,00					
3,20					

0,0 - 3,0 m ARENA LIMOSA CON GRAVA SM

Observaciones :	Realizó :  NELSON E. BOHORQUEZ	Revisó :  ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	Aprobó :
-----------------	---	---	----------

PERFILES TERRENO

REGISTRO DE CAMPO

**PROYECTO:** ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA APIQUE 2

GUIA (M)	PROFUNDIDAD (M)	N.F.	SPT	PERFIL	DESCRIPCION
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					
0,60					
0,70					
0,80					
0,90					
1,00	1,00		N = 6		
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00	2,00		N = 7		
2,20					
2,40					
2,60					
2,80					
3,00					
3,20					

0,0 - 3,0 m ARENA LIMOSA CON GRAVA SM

Observaciones :	Realizó :  NELSON E. BOHORQUEZ	Revisó:  ALIRIO ERNESTO ACEVEDO	Aprobó:
-----------------	---	--	---------

PERFILES TERRENO

REGISTRO DE CAMPO

**PROYECTO:** ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIONES DE SISTEMAS INDIVIDUALES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA COMUNIDADES RURALES Y DISPERSAS DE LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA APIQUE 3

GUIA (M)	PROFUNDIDAD (M)	N.F.	SPT	PERFIL	DESCRIPCION
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					
0,60					
0,70					
0,80					
0,90					
1,00	1,00		N = 7		
1,10					
1,20					
1,30					
1,40					
1,50					
1,60					
1,70					
1,80					
1,90					
2,00					
2,20					
2,40					
2,60					
2,80					
3,00					
3,20					

0,0 - 3.0 m ARENA LIMOSA CON GRAVA SM

Observaciones :

Realizó :



NELSON E. BOHORQUEZ

Revisó:



ALIRIO ERNESTO ACEVEDO

Aprobó:



TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS





TOMA DE MUESTRA EN BOLSA

