Bogotá, D. C., 28 de junio de 2024

MIG112A/24

Arquitecta

**MARÍA INÉS GARCÍA – REYES**

ANZELLINI GARCÍA – REYES ARQUITECTOS SAS

Bogotá, D. C.

|  |  |
| --- | --- |
| Ref.: | **SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA DIRECCIÓN TERRITORIAL PACIFICO, INCLUYENDO LA GESTIÓN DE LICENCIAS Y PERMISOS – Estudio de Suelos PNN Los Katíos, Sede Sautatá, Municipio de Riosucio, Chocó** |

Estimada María Inés:

A continuación, le presento un informe con el estudio de suelos y las recomendaciones de cimentación para la sede Sautatá del Parque Nacional Natural Los Katíos, la cual está ubicada en el municipio de Riosucio, departamento del Chocó.

Este informe incluye una descripción del perfil estratigráfico encontrado, una evaluación de las condiciones de cimentación y las recomendaciones constructivas correspondientes. Se anexan también las memorias y la localización de los apiques, el resumen de ensayos de laboratorio y las memorias de cálculo.

Tendré el mayor gusto en colaborar con usted en todo lo referente a este estudio.

Atentamente,



**Marta Inés González S.**

Ingeniero Civil M Sc. Geotecnia

**SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA DIRECCIÓN TERRITORIAL PACÍFICO, INCLUYENDO LA GESTIÓN DE LICENCIAS Y PERMISOS**

**Estudio de Suelos Sede SAUTATÁ, MUNICIPIO DE RIOSUCIO, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ.**

**Arq. María Inés García – Reyes R.**

**ANZELLINI GARCÍA – REYES ARQUITECTOS SAS**

**MIG112A/24**

**Bogotá, D. C., 28 de junio de 2024**.

RESUMEN

Este informe contiene el estudio de suelos y las recomendaciones de cimentación para la Sede Sautatá del PNN Los Katíos, la cual está ubicada en la vereda Sautatá, de municipio de Riosucio, en el Departamento del Chocó. El proyecto arquitectónico incluye tres cabañas con habitaciones, de las cuales dos se construirán y una quedará solo proyectada, y dos cabañas más con zonas de trabajo y zona social. Las cabañas de habitaciones tienen su acceso por una plataforma peatonal de 2.0 m de anchura, ubicada al costado occidental, en sentido norte – sur, la cual conduce a las otras dos cabañas principales. Todas las estructuras están planteadas de un piso, elevado 0.6 m sobre el terreno natural, y se construirán totalmente en madera. Teniendo en cuenta las características de las estructuras a cimentar, las propiedades del perfil estratigráfico encontrado, y la topografía del lugar, se valuó una cimentación superficial por medio de zapatas cuadradas apoyadas a profundidades de 0.6 m, sobre un estrato de arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad (CH), para la cual se estimó una capacidad portante admisible de 8.8 T/m2. Para cargas por columna de 0.7 a 5.2 T, resultaron anchos de zapatas cuadradas de 0.5 a 1.0 m, los cuales garantizan asentamientos diferenciales dentro de los rangos admisibles.

CONTENIDO

[INTRODUCCIÓN 6](#_Toc168992428)

[1 PRELIMINARES 6](#_Toc168992429)

[1.1 Características de la Estructura 6](#_Toc168992430)

[1.2 Exploración 7](#_Toc168992431)

[1.3 Ensayos de Laboratorio 8](#_Toc168992432)

[2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO ENCONTRADO 9](#_Toc168992433)

[2.1 Relleno de Material de Excavación 9](#_Toc168992434)

[2.2 Arcilla algo Arenosa Roja, de Alta Plasticidad (CH) 9](#_Toc168992435)

[2.3 Arcilla algo Arenosa Roja, de Alta Plasticidad, Húmeda (CH) 9](#_Toc168992436)

[2.4 Arcilla Gris Clara, de Alta Plasticidad, Húmeda (CH) 9](#_Toc168992437)

[2.5 Nivel Freático 10](#_Toc168992438)

[3 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN 10](#_Toc168992439)

[3.1 Zapatas Cuadradas 10](#_Toc168992440)

[3.1.1 Capacidad portante 10](#_Toc168992441)

[3.1.2 Asentamientos 10](#_Toc168992442)

[4 RECOMENDACIONES 11](#_Toc168992443)

[4.1 Zapatas Cuadradas 11](#_Toc168992444)

[4.2 Parámetros Sísmicos 11](#_Toc168992445)

[4.3 Proyecto Definitivo 11](#_Toc168992446)

[BIBLIOGRAFÍA 12](#_Toc168992447)

**LISTA DE TABLAS**

[Tabla 1 – Características de cimentación de las Zapatas Cuadradas 11](#_Toc168992448)

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1 – Principales Zonas Contempladas dentro del Proyecto. 7](#_Toc168992449)

[Figura 2 - Localización de Sondeos. 8](#_Toc168992450)

**LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A**

**Anexo B**

**Anexo C**

# INTRODUCCIÓN

Parques Nacionales Naturales de Colombia, con financiación de KFW, y la Dirección Territorial Pacífico aprobaron la realización de un proyecto arquitectónico para la Sede Sautatá del PNN Los Katíos, la cual está ubicada en el municipio de Riosucio, departamento del Chocó.

Dentro de las diferentes actividades necesarias para completar este diseño fue necesario realizar el presente Estudio de Suelos, el cual tiene por objeto evaluar los suelos y las condiciones de cimentación de las estructuras que componen la sede, con el fin de seleccionar y dimensionar el tipo de cimentación y la cota de apoyo recomendada en este caso.

En la realización del Estudio de Suelos se desarrollaron las siguientes actividades:

* Planeación de trabajos de campo, con base en la información general disponible y la ubicación del proyecto arquitectónico.
* Visita al sitio con el fin de localizar los sondeos a realizar y reunir información adicional, proveniente de personas del lugar, en lo que respecta a niveles de agua, etc.
* Orden de ensayos de laboratorio, dependiendo del tipo de suelos encontrados.
* Creación de un perfil estratigráfico típico del lote, con base en la información obtenida de los sondeos, los resultados de los ensayos de laboratorio y el levantamiento topográfico.
* Análisis de las cimentaciones a proponer para las estructuras contenidas en el proyecto arquitectónico y ubicadas dentro del perfil estratigráfico encontrado. Esto incluyó cálculo de capacidad portante y estimativos de asentamientos.
* Revisión de cumplimiento de normas y factores de seguridad, ajustados en un todo a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.

## PRELIMINARES

La sede Sautatá del PNN Los Katíos está ubicada en Sautatá, un antiguo ingenio azucarero, y está circundada en todos sus costados por el área de reserva.

El acceso a la sede se realizó por vía fluvial, desde el municipio de Apartadó, navegando río arriba por el río Atrato, hasta Sautatá. Luego se sigue por vía terrestre, unos 700.0 m, hasta llegar a la sede existente.

Debido al mal estado de las construcciones existentes, y a que estas no cumplen con las normas sismo resistentes, se planteó hacer una obra totalmente nueva.

### Características de la Estructura

El proyecto arquitectónico para la sede Sautatá del PNN Los Katíos comprende la construcción de tres cabañas con habitaciones, de las cuales una quedará proyectada, para ser construida posteriormente, y dos cabañas más con zonas de trabajo, comedor, salones, etc.

Todas las estructuras están planteadas de un piso, elevado 0.60 m sobre el terreno natural, y se construirán totalmente en madera. En la figura 1 se presenta la distribución arquitectónica de las cabañas.



Figura 1 – Principales Zonas Contempladas dentro del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Las cabañas para alojamiento de funcionarios tienen áreas de 6.0 x 9.0 m, y cada una de ellas incluye cuatro habitaciones, un baño y un estar de cabaña. Su estructura tiene luces típicas de 3.0 m entre columnas. Para efectos del desarrollo de este informe se estimaron cargas por columna variando de 1.2 a 3.0 T. Se anota, sin embargo, que las cargas reales serán las suministradas por los ingenieros calculistas del proyecto.

Las cabañas tienen su acceso por una plataforma peatonal de 2.0 m de anchura, ubicada al costado occidental, en sentido norte – sur, la cual conduce a las otras dos cabañas principales. Para esta plataforma se estimaron cargas típicas de 1.0 T por columna.

Las otras dos cabañas tienen áreas en planta de 12.0 x 9.0 m, con luces entre columnas variando de 2.0 a 9.0 m. En una de estas cabañas está dispuesta un área de trabajo, un estar múltiple - comedor, cocina, alacena y baños. En la otra se tienen ubicados un salón múltiple, una bodega y una batería de baños. De nuevo, para efectos del desarrollo de este informe se estimaron cargas por columna de 0.7 a 5.2 T.

### Exploración

El jueves 4 de abril de 2024 se excavaron nueve (9) apiques en el lote en estudio. Seis (6) de los apiques se ubicaron en el área donde se proyecta construir la sede del parque, uno (1), en el área de la vía de acceso, y otros dos (2) apiques se localizaron junto a dos apoyos existentes, con el fin de estudiar el estado de un apoyo de madera y de otro concreto.

Los apiques se excavaron manualmente, se llevaron a profundidades 1.0 a 2.2 m, y permitieron tomar muestras representativas del perfil estratigráfico encontrado, muchas de las cuales fueron ensayadas luego en el laboratorio. En combinación con el proceso de muestreo se efectuaron también mediciones de resistencia a la compresión inconfinada, mediante un penetrómetro de bolsillo.

La descripción de los suelos encontrados y los resultados de los ensayos de campo se presentan en las Memorias de Apiques, **Anexo A**. A continuación, se presenta una figura con la localización de los apiques realizados.

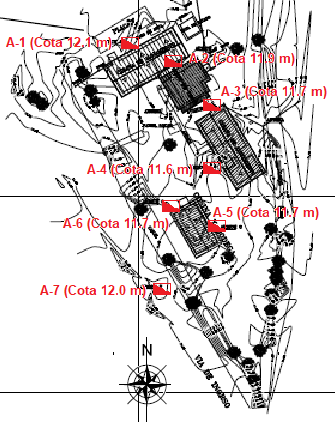


Figura 2 - Localización de Sondeos.

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayos de Laboratorio

El programa de ensayos de laboratorio incluyó la medición de humedades naturales y la determinación de límites líquidos y plásticos, propiedades que permiten evaluar, entre otros, la plasticidad de los suelos finos, y ensayos de resistencia a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, para determinar la resistencia al corte de los suelos cohesivos. También se ordenaron ensayos de lavado sobre el tamiz No.200, con el fin de establecer los porcentajes de suelos finos presentes en algunos de los suelos encontrados.

Los resultados de los ensayos de laboratorio aparecen en el cuadro titulado “Resumen de Ensayos de Laboratorio”, contenido en el **Anexo B** Ensayos de Laboratorio. En este anexo también se incluyó una “Representación Gráfica del Perfil Estratigráfico Encontrado” y las memorias correspondientes a cada ensayo.

## PERFIL ESTRATIGRÁFICO ENCONTRADO

### Relleno de Material de Excavación

Aparece en todos los apiques, a excepción del A-4 y el A.5, desde la superficie del terreno, cotas 12.1 a 11.7 m, hasta cotas de 11.9 a 11.5 m. Este relleno deberá ser totalmente removido en el área de los cimentos de las nuevas edificaciones.

En el apique A-4, apareció, desde la superficie del terreno, cota 11.6 m, hasta la cota 11.4 m, un limo carmelito oscuro, con raíces, agrietado, el cual también deberá removerse en el área de los cimientos para las nuevas edificaciones.

### Arcilla algo Arenosa Roja, de Alta Plasticidad (CH)

Enseguida se encontró una arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad, clasificada como CH, según la Clasificación Unificada de los Suelos. Esta arcilla desciende desde cotas de 11.9 a 11.5 m, hasta cotas de 11.2 a 10.5 m, y se caracteriza por tener contenidos de humedad de 36 a 39%, límites líquidos de 44 a 67% y límites plásticos de 24 a 27%. Se registraron además resistencias a la compresión inconfinada medidas con penetrómetro de bolsillo, de 1.20 a 2.50 kg/cm2, y resistencias a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, de 1.05 a 1.09 kg/cm2, con pesos unitarios húmedos de 1.35 a 1.50 T/m3 y pesos unitarios secos de 0.99 a 1.08 T/m3.

### Arcilla algo Arenosa Roja, de Alta Plasticidad, Húmeda (CH)

A continuación, desde cotas de 11.2 a 10.5 m, hasta cotas de 10.4 a 9.5 m, se encontró una arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad (CH), húmeda, con resistencias a la compresión inconfinada medidas con penetrómetro de bolsillo, de 0.75 a 2.20 kg/cm2, resistencias a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, de 0.49 a 1.21 kg/cm2, pesos unitarios húmedos de 1.35 a 1.65 T/m3 y pesos unitarios secos de 0.98 a 1.13 T/m3, contenidos de humedad de 38 a 46%, límites líquidos de 66 a 68% y límites plásticos de 30 a 33%.

En el apique A-3, apareció, entre cotas de 10.8 a 10.1 m, un limo rojo de alta plasticidad, húmedo (MH), el cual presenta contenidos de humedad de 46%, límites líquidos de 66%, límites plásticos de 33% y una resistencia a la compresión inconfinada sobre muestra remoldeada de 0.49 kg/cm2.

### Arcilla Gris Clara, de Alta Plasticidad, Húmeda (CH)

Enseguida se encontró, desde cotas de 10.4 a 9.9 m, hasta la terminación de los apiques a cotas de 10.1 a 9.4 m, una arcilla gris clara, de alta plasticidad, húmeda (CH), con resistencias a la compresión inconfinada medidas con penetrómetro de bolsillo, de 0.50 a 1.10 kg/cm2, resistencias a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, de 0.52 a 1.16 kg/cm2, pesos unitarios húmedos de 1.60 a 1.96 T/m3 y pesos unitarios secos de 1.10 a 1.37 T/m3, contenidos de humedad de 43 a 47%, límites líquidos de 64 a 65% y límites plásticos de 27 a 29%.

### Nivel Freático

El nivel freático apareció en los apiques A-1, A-2 y A-3, a profundidades de 2.0 a 2.1 m, las cuales corresponden a cotas de 10.1 a 9.6 m.

En los apiques A-4 a A-7 no se registró presencia de nivel freático.

## EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta las características de las estructuras a cimentar, las propiedades del perfil estratigráfico encontrado y la topografía general del lugar, se evaluó una cimentación superficial por medio de zapatas cuadradas apoyadas a profundidades de mínimo 0.6 m, con respecto al nivel actual del terreno, dentro de la arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad (CH) que aparece a continuación del relleno de material de excavación, desde cotas de 11.9 a 11.5 m, en los puntos donde se ubicaron los apiques.

### Zapatas Cuadradas

#### Capacidad portante

Se proporcionaron zapatas cuadradas apoyadas a 0.6 m de profundidad dentro del estrato de arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad (CH) que se caracteriza por resistencias a la compresión inconfinada medidas con penetrómetro de bolsillo, de 1.20 a 2.50 kg/cm2, y resistencias a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, de 1.05 a 1.09 kg/cm2, con pesos unitarios húmedos de 1.35 a 1.50 T/m3 y pesos unitarios secos de 0.99 a 1.08 T/m3.

Tomando un valor ponderado por profundidad para la resistencia a la compresión inconfinada de 1.00 kg/cm2, resultó una capacidad portante máxima admisible de 8.8 T/m2.

Al realizar un proporcionamiento de zapatas cuadradas, para asentamientos diferenciales mínimos, para las Cabañas Social y de Trabajo (cabañas grandes), resultaron anchos de zapata de 0.3 a 1.0 m, para cargas estimadas de 0.7 a 5.2 T por columna.

En el caso de las Cabañas de Habitaciones, resultaron anchos de zapata de 0.4 a 0.7 m, para cargas estimadas de 1.2 a 3.0 T por columna.

#### Asentamientos

Para el rango de cargas evaluado en las Cabañas Social y de Trabajo, se estimaron asentamientos totales máximos de 0.031 m, y asentamientos diferenciales de máximos de 0.017 m, los cuales se consideran admisibles, al compararlos con un asentamiento máximo admisible de 0.018 m, calculado como 0.0030 de la luz, para una luz de 6.0 m.

En cuanto a las Cabañas de Habitaciones, resultaron asentamientos totales máximos de 0.026 m y asentamientos diferenciales máximos de 0.008 m, inferiores a los máximos admisibles de 0.013 m, para una luz de 4.24 m, entre las columnas B4 y A5.

## RECOMENDACIONES

### Zapatas Cuadradas

En mi opinión, las cinco (5) cabañas de la sede Sautatá, del PNN Los Katíos, podrán cimentarse mediante zapatas cuadradas, apoyadas a 0.6 m de profundidad, dentro del estrato de arcilla algo arenosa roja, de alta plasticidad (CH) que se caracteriza por tener resistencias a la compresión inconfinada, de 1.20 a 2.50 kg/cm2, y resistencias a la compresión inconfinada sobre muestras remoldeadas, de 1.05 a 1.09 kg/cm2.

Las zapatas se deberán proporcionar de acuerdo con la **Tabla 1:**

| **ANCHO** | **FATIGA** | **CARGA** |
| --- | --- | --- |
| **(m)** | **(T/m2)** | **(T)** |
| 0,5 | 6,9 | ≤1,6 |
| 0,6 | 6,5 | 2,2 |
| 0,7 | 6,2 | 2,9 |
| 0,8 | 5,9 | 3,6 |
| 0,9 | 5,7 | 4,5 |
| 1,0 | 5,6 | 5,4 |

Tabla 1 – Características de cimentación de las Zapatas Cuadradas

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se recomienda usar un módulo de reacción del suelo variable entre 1.389 kN/m3 y 1.677 kN/m3.

### Parámetros Sísmicos

De acuerdo con la información geotécnica obtenida, el perfil de suelo se puede clasificar como del tipo E, en una zona de riesgo sísmico alto, con una aceleración pico efectiva de Aa de 0.35 y una velocidad horizontal pico efectiva Av de 0.35, según las normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NRS-10), sección A.

### Proyecto Definitivo

Se recomienda que una vez se tenga el plano definitivo de cimentación, me sea remitido junto con las correspondientes cargas, para su revisión y aprobación.

# BIBLIOGRAFÍA

TERZAGHI K. y PECK R.B., *Soil Mechanics in Engineering Practice* - Approximate methods for the computation of the bearing capacity of foundations under consideration of both friction and cohesión of the soil. New York: 1948, Art.29, pp 169 – 173, ISBN 10: 0471852732ISBN 13: 9780471852735.

PECK R.B., HANSON W.E. y THORNBURN T.H. *Ingeniería de Cimentaciones* - *Capítulo 3: Características de la consolidación de los suelos.* México D.F.: 1975, Limusa Noriega Editores 2da. Edición, págs. 91 a 98, ISBN 0-471-67585-7.

LEONARDS G.A., *Foundation Engineering* - *Influence charts for Infinitely Long Foundation y Square Foundation.* New York: 1962 Civil Engineering Series, – Mc Graw Hill, págs. 558 y 559, ISBN-10: 0070371989; ISBN-13: 978-0070371989.

HOUSEL W.S., *Applied soil mechanics*. Michigan: 1960, Edwards Brothers Inc, Ann Arbor.

**ANEXOS**

ANEXO A: MEMORIAS DE APIQUES

ANEXO B: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO C: MEMORIAS DE CÁLCULO