

**CELDA DE COMUNICACIONES  
ESTACIÓN CERRO AZUL**

**YARUMAL ANTIOQUIA - COLOMBIA**



***ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS  
SUELOS Y CIMENTACIONES***



**JVS IAN.SAS**  
**INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN**

***BOGOTÁ, D.C., MAYO 2016***

---

Telefax 684 1900 / 312 498 2320 Bogotá - Colombia  
e-mail: [jvsiansas@yahoo.com](mailto:jvsiansas@yahoo.com)

## CONTENIDO

Pag.

1.	INTRODUCCION. ....	3
2.	INVESTIGACION DEL SUBSUELO.....	3
2.1.	Exploración del subsuelo .....	3
2.2.	Procedimiento en la toma de muestras para los ensayos de laboratorio .....	3
2.3.	Estratigrafía y condiciones mecánicas del subsuelo .....	5
3.	ASPECTOS SISMICOS DEL PROYECTO .....	7
4.	ANALISIS DE INGENIERIA .....	8
5.	RECOMENDACIONES .....	11
6.	LIMITACIONES. ....	14

## ***ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS*** SUELOS Y CIMENTACIONES

CELDA COMUNICACIONES ESTACIÓN CERRO AZUL

### **1. INTRODUCCION.**

*En el desarrollo del presente informe contempla los resultados del estudio de mecánica de suelos (suelos y cimentaciones) a partir de muestras y ensayos de laboratorio enviadas por otra firma (sierra laboratorio) del predio cuyo objeto es la verificación, refuerzo o construcción de una celda de comunicaciones estación Cerro Azul, ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia en Colombia. El actual informe es de estudio de mecánica de suelos y analiza básicamente el área con destino únicamente a la construcción de este proyecto.*



## **2. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.**

*Con el propósito de conocer el perfil del subsuelo y evaluar los parámetros que rigen su comportamiento ante la imposición de cargas, se realizaron los siguientes trabajos:*

### **2.1. Exploración del subsuelo.**

*La metodología para la realización de las perforaciones (sondeos) depende fundamentalmente del tipo del suelo, su dureza o consistencia Norma Sismo Resistente NSR10 título H. La exploración consistió en la ejecución de dos (02) sondeos, el sondeo se han realizado con equipo mecánico de percusión, hasta la profundidad razonable o máxima explorada en promedio, suficiente para hallar la capacidad portante del terreno; la cual permite determinar las características y propiedades geomecánicas del sitio para el análisis de ingeniería.*

*Es necesario que el ingeniero de cálculo estructural confirme las cargas a nivel de cimentación de tal forma que no supere las estimadas, caso contrario notificar al ingeniero de suelos para proceder a su modificación.*

*El cálculo de capacidad portante y profundidad de desplante de la cimentación partió de la exploración del subsuelo:*

- *Información del tipo de materiales encontrados y elaboración de un perfil estratigráfico para cada sondeo o punto de investigación del subsuelo.*
- *Resultados del ensayo de penetración estándar "SPT".*
- *Resultados de laboratorio.*
- *Niveles freáticos.*

### **2.2. Procedimiento en la toma de muestras para los ensayos de Laboratorio.**

*Los sondeos se ubican en el área de proyecto, y se enumeran respectivamente. Todas las muestras obtenidas se identificaron visualmente, se empacan y rotulan.*

*Con el propósito de hacer un muestreo continuo y detallado del subsuelo, y dependiendo del tipo de suelo se recuperan muestras a diferentes profundidades. Para suelos granulares o arcillas duras se realiza mediante penetración estándar (S.P.T), obteniéndose las respectivas muestras con el tubo partido (Split Spoon). Por encontrarse suelos de carácter cohesivo a profundidades intermedias se toman muestras inalteradas con el tubo de pared delgada (Tubo Shelby). De los suelos de relleno superficiales, se obtienen muestras alteradas. Para todos los sondeos y muestras, se realiza un registro continuo de los suelos explorados.*

Sobre una cantidad representativa de cada uno de los tipos de suelo encontrados, se realizan ensayos de laboratorio requeridos tanto para clasificar los materiales como para determinar sus propiedades mecánicas.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Clasificación.	Límite líquido
	Límite plástico
	Pasa tamiz N° 200
Propiedades In-Situ.	Humedad Natural
	Peso Unitario
Resistencia	Ensayo de penetración estándar
	Resistencia al corte mediante la veleta
	Ensayo en campo con el Penetrómetro de bolsillo
	Ensayo de Compresión In Confinada

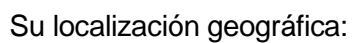
En las **tablas del Anexo No. 1, Investigación del Subsuelo**, se resumen los ensayos de laboratorio realizados.

### 2.3. ESTRATIGRAFÍA Y CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SUBSUELO.

A partir de los trabajos obtenidos en campo y de laboratorio en mecánica de suelos (suelos y cimentaciones) enviadas por otra firma (sierra laboratorio) del predio cuyo objeto es la verificación, refuerzo o construcción de una celda de comunicaciones estación Cerro Azul, ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia en Colombia, objeto del presente informe, se elaboró el registro definitivo de la exploración y se estableció el perfil estratigráfico típico del subsuelo, el cual tiene como nivel de referencia 0.00 m, correspondiendo a los puntos del sondeo y se presentan a continuación:

- ✓ **ESTRATO 1.**  
Desde la superficie actual del terreno hasta una profundidad de 0.50 metros en promedio se encuentra un limo arenoso de color café.
- ✓ **ESTRATO 2.**  
A partir de la profundidad anterior se encuentra limo de color amarillo oscuro, hasta una profundidad promedio de 1.80m, medida desde la superficie.
- ✓ **ESTRATO 3.**  
A partir de la profundidad anterior se encuentra limo gravo arenoso de color amarillo oscuro, hasta una profundidad promedio de 2.60m, medida desde la superficie.

Durante la ejecución de la perforación no se halló nivel freático promedio N.F.



Latitud:

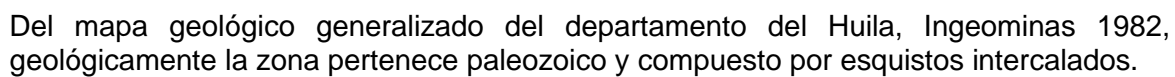
6°58'38.6"

Longitud:

075°24'23.5"

Altura:

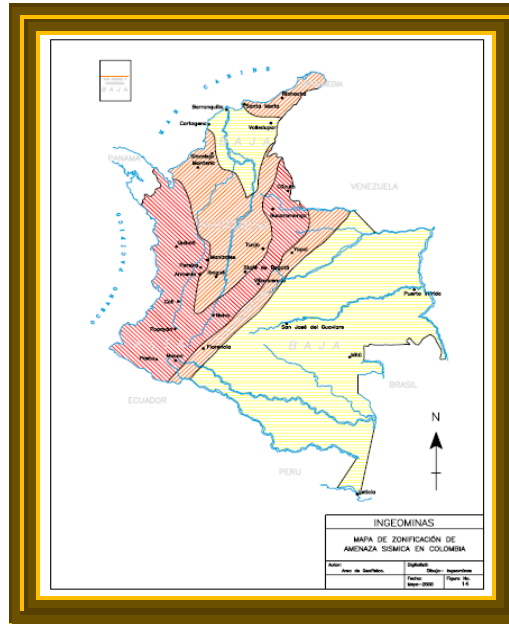
2825 msnm





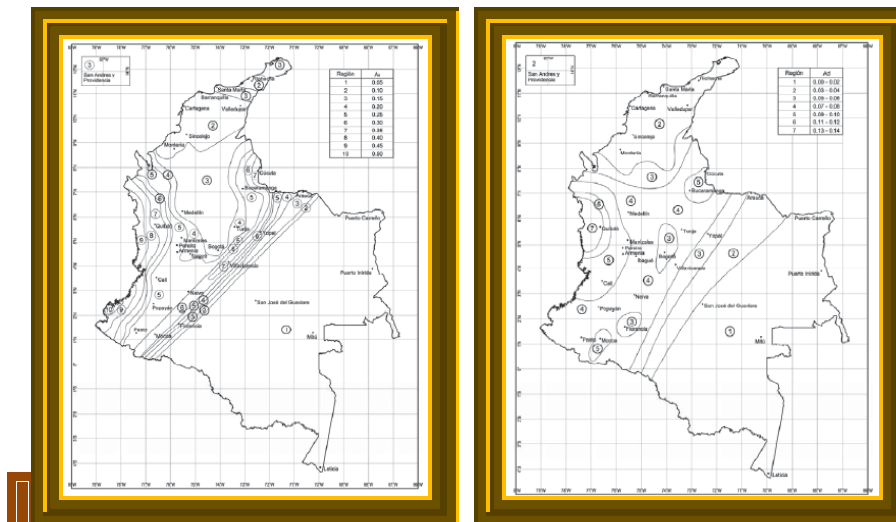
### 3. ASPECTOS SÍSMICOS DEL PROYECTO

De acuerdo con los resultados obtenidos de los trabajos de investigación del subsuelo y teniendo en cuenta lo establecido en la Norma Sismo-Resistentes de 2010, se determinó que el perfil del subsuelo corresponde al tipo D, clasificando la zona presente como de riesgo sísmico alto.



Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para diseño;  
Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva;

$A_a = 0.15$   
 $A_v = 0.20$



Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida;  
Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, umbral de daño;  
Coeficiente de ampliación en zona de periodos cortos, efectos de sitio;  
Coeficiente de ampliación en zona de periodos medios de espectro;

$A_e = 0.09$   
 $A_d = 0.05$   
 $F_a = 1.50$   
 $F_v = 2.00$

#### 4. ANÁLISIS DE INGENIERÍA

Los cálculos se generaron con el siguiente patrón de desarrollo:

- ▶ A partir del SPT y el perfil del subsuelo se definió un estrato, que permita definir parámetros geomecánicos de resistencia a partir de los sondeos ejecutados a lo largo del lineamiento, en la que presente un comportamiento de mejores características ingenieriles para poder cimentar.
- ▶ Con esta información de SPT, los “N” golpes para cada sondeo y con el fin de definir la profundidad de desplante acorde al perfil, se escogió el valor más bajo “N” para efectos de cálculo y situación crítica.
- ▶ Con esto, se pueden hacer estimativos de parámetros de resistencia del suelo portante, que aunque no son rigurosos, son aproximados y útiles. Es importante recalcar que las correlaciones existentes en la literatura se han ejecutado principalmente para suelos granulares.
- ▶ Con el valor del parámetro geomecánico de resistencia, se procedió a calcular la capacidad portante del estrato donde se recomienda cimentar. Para esto se usó la propuesta inicial de Karl Terzaghi, mejorada por Meyerhof.

Todas las muestras fueron recuperadas a partir de perforaciones manuales y mecánicas con percusión con tubo Split Spoon y en unos pocos con tubo Shelby para las muestras cohesivas, así como barreno, dependiendo del tipo de perfil; como se describe en el numeral 2.2 de este informe.

En ninguno de los casos los datos de los ensayos de campo como veleta y penetró metro de bolsillo son utilizados para efectos de cálculo de cimentación, pero si se hace referencia, ya que es un medio válido, alterno, recursivo y de verificación y alterno al corte directo en mecánica de suelos. Entre varias de las formulaciones presentes en mecánica de suelos, están son utilizadas para este informe, y se toma la de Meyerhof, cuya base es la de Karl Terzaghi.

$$\sigma_U = q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 1/2 * \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

$\sigma_U$  capacidad neta última

$B$  base de la cimentación

$D_f$  profundidad de la cimentación

$N_q$  Factor de capacidad

$N_\gamma$  Factor de capacidad de carga

$\gamma$  peso unitario

$F_{qs}$ ,  $F_{\gamma s}$  factores de forma

$F_{qd}$ ,  $F_{\gamma d}$  factores de profundidad

$F_{qi}$ ,  $F_{\gamma i}$  factores de inclinación

$q = \gamma D_f$

Estos afectados por un factor de seguridad dependiendo del tipo de material encontrado, luego se proceden a hallar los respectivos asentamientos.

Para otros reportes de cimentación se basa en las formulaciones de Terzaghi,



$$Q = Ap*(Cu*Nc + \sigma_{vo}) + \Sigma(L*as*C_u')$$

Donde los factores de capacidad son los estudiados por Skempton.

Para el caso de perfiles con registros cohesivos, se tiene la formulada por Meyerhof, a partir de los análisis de Terzaghi:

$$\sigma_u = C_u * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 1/2 * \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

Donde,

$\sigma_u$  capacidad neta última

$B$  base de la cimentación

$D_f$  profundidad de la cimentación

$N_c, N_q, N_\gamma$  Factor de capacidad de carga

$N_\gamma$  Factor de capacidad

$\gamma$  peso unitario

$F_{qs}, F_{\gamma s}$  factores de forma

$F_{qd}, F_{\gamma d}$  factores de profundidad

$F_{qi}, F_{\gamma i}$  factores de inclinación

$q = \gamma D_f$

Esta capacidad última afectada por un factor de seguridad, se procede a hallar los asentamientos, elástico o inmediato, por consolidación.

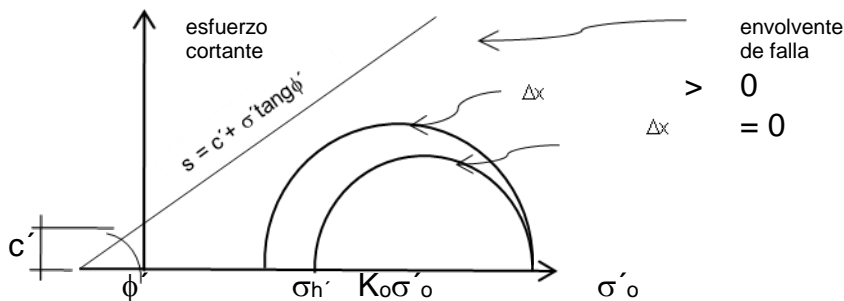
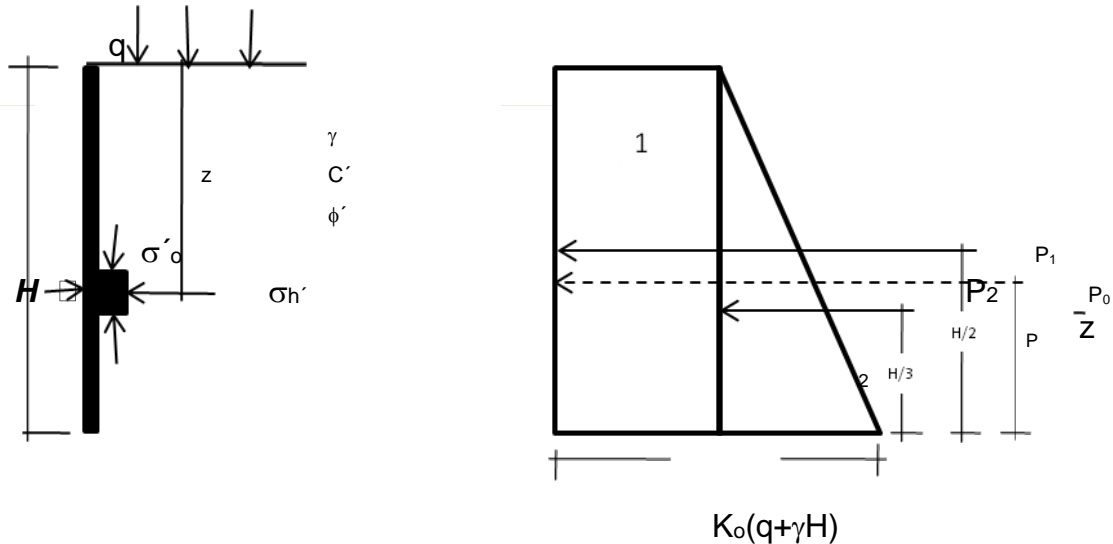
Todos los cálculos de capacidad portante y análisis de asentamiento se presentan en el anexo "Análisis de Estabilidad y Deformación", presentado en este informe.

La cimentación de una celda de comunicaciones, a partir de muestras y ensayos de laboratorio enviadas por otra firma (sierra laboratorio) del predio cuyo objeto es la verificación, refuerzo o construcción de una celda de comunicaciones estación Cerro Azul, ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia en Colombia se sugiere conformarla zapata con viga de amarre de la cual nacen los pedestales, apoyada sobre un material compactado en un espesor no menor a  $e = 0.25$  en material seleccionado, luego un concreto pobre o de baja resistencia en espesor de  $e = 0.05$  m. El ingeniero de cálculo estructural debe comprobar que la reacción de la base no salga del tercio medio de la fundación de la estructura, y es quien establecerá finalmente las dimensiones de la cimentación.

Profundidad de cimentación (m)	2.50
Tipo de cimentación	zapata con viga de amarre
Estrato a encontrar	limo gravo arenoso de color amarillo oscuro
Capacidad portante (t/m <sup>2</sup> )	6.43
Asentamiento total teórico (cm)	1.40
Módulo de reacción $K$ (t/m <sup>3</sup> )	458.47
Angulo de fricción $\phi^\circ$	29
Peso unitario $\gamma$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77
Coefficiente de presión activa $K_a$	0.347

La placa de contra-piso tendrá un espesor como mínimo de 0.10 m, será en concreto reforzado y diseñada para soportar cambios por temperatura y retracción. Esta placa deberá estar apoyada sobre una sub-base granular como mínimo de 0.25 m.

Del factor de seguridad directos como indirectos, de la NSR10 aparte H.2.3, se tiene; que esta se obtiene de la fuerza resistente del suelo o capacidad de carga (presión) por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo a nivel de desplante de la cimentación sobre la fuerza actuante o carga aplicada. Quiere decir que de la envolvente de falla en el círculo de Mohr o resistencia al corte al analizar el cálculo general de capacidad portante y factores de seguridad tenemos;



El valor del factor de seguridad directo o básico

$$F_{SB} = F_R/F_A = \tau_f/\tau_A = s/\tau_A = [c' + (\sigma_v' \tan \phi')]/\tau_A.$$

Cuando el materiales normalmente consolidado  $c' = 0$ , de esta forma el factor de seguridad, se tiene

$$F_{SB} = (q + \gamma z) \tan \phi' / \tau_A.$$

Lo cual corresponde a lo encontrado en la literatura de ingeniería de suelos y además, a lo indicado en la tabla H2.4-1 de la NSR10.

Por otro lado el número de sondeos, la profundidad y el factor de seguridad indirecto, como parte del análisis del tipo de proyecto, donde la NSR10, entre otras contempla:

- 10% del esfuerzo interface suelo-cimentación.
- 1.5 veces el ancho de la losa.
- 2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión.
- 1.25 veces la longitud del pilote más largo.
- 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión.

La profundidad de los sondeos está dada teniendo en cuenta el criterio anterior. Si se considera los estados límites de falla, estos no se presentan por falla de capacidad de carga toda vez que no se supere la capacidad portante, no se presenta por pérdida de apoyo por erosión del terreno o deslizamiento horizontal bajo el efecto de empuje del suelo. Como no se presenta un nivel freático se sugieren medidas preventivas como el uso de filtros, canalizaciones, etc. Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final como alcantarillado (aplica en este caso) o tanque séptico; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la estabilidad del proyecto.

El terreno actual y a su alrededor no presenta movimiento de inestabilidad hasta el momento. El predio se encuentra en una zona cuyo terreno en el momento de la verificación técnica no evidencia daños o patologías que permitan identificar o definir la presencia de procesos de inestabilidad geotécnica y de remoción en masa.

Esta se presenta sobre un terreno estable, no se visualizan agrietamientos en viviendas y en las vías existentes no están afectadas por movimientos verticales u horizontales. Además, su litología de acuerdo a los sondeos no es de disgregación del suelo que permitan desplomes o desprendimiento o tal vez flujos, desplazamientos o volcamiento, es decir; no hay material erodable o dispersivos ni los suelos encontrados son colapsables como aluviales o coluviales, eólicos, volcánicos ni mucho menos residuales, además; no se observan cárcavas.

Por otro lado, como lo emite la DPAE, "se advierte que cualquier intervención que se realice, debe tener en cuenta la presencia de la infraestructura aledaña, por lo que el responsable del proyecto debe garantizar en todo momento la estabilidad general del lote y su contorno".

## 5. RECOMENDACIONES

- Las excavaciones para la construcción de la cimentación, podrán ser efectuadas con taludes 1.0H:1.2V, pero éstas deberán permanecer abiertas el menor tiempo posible con el fin de evitar el desprendimiento de materiales de las paredes. En caso de inestabilidad del corte se recomienda aplicar una lechada con cemento al talud expuesto, con el fin de protegerlo contra el agua.
- Excavar dejando bermas en cimientos con vecinos y andén exterior berma perimetral con anchos mínimos de 1.20 m, taludes 1.0H:1.0V y en la pata del talud apuntalar con tableros, no almacenar cargas en la berma.

- Es preciso adelantar rápidamente los procesos de excavación y construcción, con el fin de reducir el rebote o hinchamiento del suelo.
- Las recomendaciones generales para entibados en el presente proyecto, para lo cual se tuvo en cuenta lo establecido en la norma EAB NS-072 Entibados y Tablestacados. En dicha norma se encuentran los esquemas y recomendaciones generales para estas estructuras temporales de protección de excavaciones.

Las excavaciones podrán ser verticales, preferiblemente mediante entibamiento temporal para profundidades superiores a los 1.50 m. La excavación en zanjas sus cortes y taludes deben en lo posible ser verticales para garantizar la distribución de esfuerzos cortantes, son criterios de seguridad para los operarios y obra.

Para profundidades de excavación de zanja de hasta 2.50m se recomienda emplear el entibado Tipo ED 1 Entibado Discontinuo en Madera, que consiste en un sistema de entibado discontinuo en madera, con base en el uso largueros, puntales y codales en madera o metálicos. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

**Puntales:** Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0.04 x 0.20 m, con espacios libres máximos de 0.20 m.

**Largueros:** Vigas en madera de sección mínima 0.10 x 0.20 x 3.00 m.

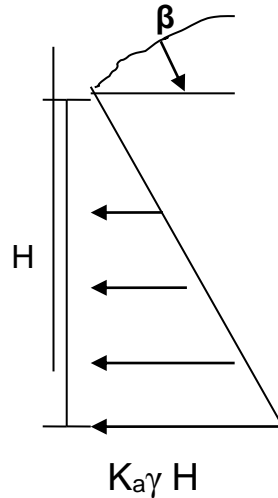
**Codales.** Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo 101.6 mm (4") o elementos en madera de 0.12 m de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 metros y separación horizontal máxima de 1.60 m en la zona central del larguero y de 1.40 en los extremos del larguero.



- En los sitios donde a nivel de cimentación se encuentren suelos de consistencia blanda por efecto de aguas servidas locales o rellenos demasiado heterogéneos, se recomienda estabilizar el material de apoyo del fondo con el hundimiento de piedra rajón en cantidad suficiente, con ayuda del balde de una retroexcavadora.
- Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final ya sea alcantarillado o tanque séptico, los cuales deberán quedar alejados de las zonas de terraza y pendientes fuertes; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno, se generen asentamientos considerables y deslizamientos por la saturación de los suelos. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la estabilidad del proyecto. Además, se sugiere la construcción de un filtro perimetral o un medio de aislamiento con el fin de evitar sobrepresiones y filtraciones de agua en este nuevo proyecto.
- Muros de contención y columnas de lindero contra construcciones vecinas, ejecutar manualmente su excavación mediante trincheras por tramos menores a 2.0 m.

- Aislar tanto losas como columnas a construir con vecindades mediante la colocación de aislantes como icopor grueso.
- Con el fin de evitar sobre presiones diferenciales en la fundación, lo cual daría lugar a inclinación del proyecto, el centro de gravedad de las cargas debe coincidir con el centro de empuje del propósito.

Diagrama de presión de tierras:



Donde  $\gamma = 1.60 \text{ T/m}^2$  y  $\phi = 29^\circ$

B	$K_a$
0°	0.33
5°	0.34
10°	0.35
15°	0.37

- Las zonas donde se llevará a cabo la colocación de material de relleno, deberá ser efectuado con material seleccionado, con bajo contenido de finos y estar libre de materia orgánica, con granulometría que se describe a continuación. Se deben colocar en capas de igual espesor, y luego compactadas con equipo mecánico por capa al 95% del próctor modificado. Se deben realizar ensayos de densidad en terreno para cada una de las capas.

TAMIZ	% PASA
2 1/2"	100
2"	75 - 100
1"	50 - 80
N° 4	20 - 50
N° 200	0 - 20

- Límite líquido: < 25%.
- Índice de plasticidad < =6%.

El desgaste de la máquina de los ángeles debe ser menor al 35% y ensayo de pérdida de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio menor al 12% para los materiales de selección con destino a mejorar el suelo existente.

- Se debe tener precaución de no remoldear los contornos una vez se este excavando, esto con el fin de evitar la caída de material de las paredes laterales de la excavación, y sugerible la colocación de una lechada en cemento.

- La verificación, refuerzo o construcción de una celda de comunicaciones estación Cerro Azul, ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia en Colombia, a partir de muestras y ensayos de laboratorio enviadas por otra firma (sierra laboratorio) debe contar con rigidez suficiente para soportar efectos sísmicos, posibles excentricidades y asentamientos diferenciales.
- Por efecto de cargas de intensidad variable y corta duración, como son las originadas en los movimientos sísmicos no se producirán asentamientos significativos, pero puede provocar falla por rotura de la base si se excede la capacidad de soporte del suelo.
- Confirmar que las cargas definitivas, evaluadas por el ingeniero estructural no exceda las establecidas en este informe.
- Realizar pruebas a los materiales para que cumplan con las condiciones de especificación tales como granulometría, límites de Atterberg, compactación del terreno y toma de cilindros para concreto.
- Con el objeto de evitar mal entendidos de tipo constructivo, se solicita copia del plano de cimentación, elaborado por el ingeniero estructural, para su revisión.

## 6. LIMITACIONES.

Los análisis de ingeniería, conclusiones y recomendaciones que en éste informe se presentan, se fundamentan en la información obtenida de los trabajos del sitio del proyecto y sus respectivos ensayos en laboratorio. Si durante el proceso de construcción del proyecto se encuentran condiciones diferentes a las aquí consideradas como típicas a partir de muestras y ensayos de laboratorio enviadas por otra firma (sierra laboratorio), se deberá informar para introducir los ajustes del caso al proyecto de verificación, refuerzo o construcción de una celda de comunicaciones estación Cerro Azul, ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia en Colombia.

De acuerdo a la protección de medios escritos y magnéticos se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización escrita del ingeniero que firma este documento.

Bogotá, D.C., Mayo de 2016  
Telefax 684 1900 Bogotá D.C  
312 498 2320


## JVS IAN.SAS

Ingeniería, Consultoría y Construcción  
**LUIS ROBERTO ROSAS MARIN**  
M. P 25202-70230 CND  
ING. CIVIL ESP GEOTECNIA  
Representante Legal

Anexo: Tarjeta Profesional



***ANEXO No. 1***  
***INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO***

	SIERRA LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.	ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE UN SUELO	Formato: SLSP-EL-001-TEC
OBRA: RTVC			
SONDEO/APIQUE: S-1		MUESTRA: 1	
LOCALIZACIÓN: CERRO AZUL YARUMAL - ANTIOQUIA		PROFUNDIDAD m: 2,60	
DESCRIPCIÓN: LIMO GRAVILLO ARENOSO, COLOR AMARILLO OSCURO.			
CLIENTE: OCITEL DE COLOMBIA SAS		FECHA: 16-may-16    ORDEN DE ENSAYO No: 0168-113	

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**LIMITE LIQUIDO**

NORMA INV E - 125

Determinación No.	1	2	3	4
Número de Golpes				
Recipiente No.				
Masa recipiente + Suelo Humedo (g)				
Masa recipiente + Suelo Seco (g)				
Masa recipiente (g)				
Masa del Agua (g)				
Masa Suelo Seco (g)				
Contenido de Agua %				

**LIMITE PLÁSTICO**

NORMA INV E - 126    HW NTC 1495 E - 122

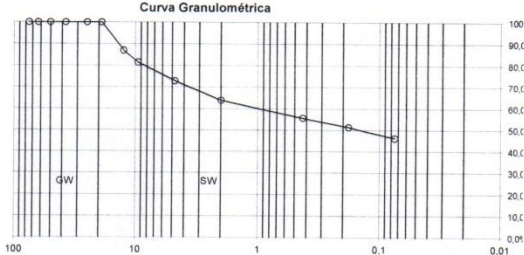
Recipiente No.		
Masa recipiente + Suelo Humedo (g)		
Masa recipiente + Suelo Seco (g)		
Masa recipiente (g)		
Masa del Agua (g)		
Masa Suelo Seco (g)		
Contenido de Agua %		

**GRADACIÓN**

Masa muestra despues de lavado (g)					69,2
Masa muestra antes de lavado (g)					128,8
Tamiz (mm)	Tamiz (Pig)	Masa Reten.	% Reten.	%Ret.Acum.	%Pasa
75,00	3"				
63,00	2 1/2"				
50,00	2"				
37,50	1 1/2"				
25,00	1"				
19,00	3/4"				
12,50	1/2"	16,70	13,0%	13,0%	87,0%
9,50	3/8"	7,10	5,5%	18,5%	81,5%
8,00	1/4"				
4,75	4	11,10	8,6%	27,1%	72,9%
2,00	10	11,50	8,9%	36,0%	64,0%
0,85	20				
0,60	30				
0,43	40	10,70	8,3%	44,3%	55,7%
0,25	60				
0,18	80	5,50	4,3%	48,6%	51,4%
0,15	100				
0,11	140				
0,08	200	6,60	5,1%	53,7%	46,3%
Pasa 200		59,60	46,3%	100,0%	
Lavado		59,60	46,3%		
total		128,80			

**Curva Granulométrica**



**RESULTADOS**

Límite Líquido _____ %	Cu = _____	Índice de Consistencia _____
Límite Plástico _____ %	Cc = _____	Índice de Fluidez _____
Índice Plasticidad _____ %	GRAVAS 27,1%	Contenido Orgánico (Si ó No) _____
Clasificación U.S.C. <u>GM</u>	ARENA 26,6%	A.A.S.H.T.O. <u>A - 4</u>
Índice de Liquidez _____	FINOS 46,3%	Índice de Grupo <u>2</u>

OBSERVACIONES

Los resultados presentados corresponden solamente a la muestra sometida a ensayo.  
Este informe no es válido sin la firma original del Jefe de Laboratorio y el sello.

Ensayó: W.Z.L.	Digitó: A.G.	Revisó: J.E.S.P.
Fecha: 16-may-16	Fecha: 18-may-16	Fecha: 18-may-16

	<b>SIERRA LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.</b>	<b>ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE UN SUELO</b>	Formulario: SLSP-EL-001-TEC
<b>OBRA:</b> RTVC			
<b>SONDEO/APIQUE:</b> S-1		<b>MUESTRA:</b> 2	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> CERRO AZUL YARUMAL - ANTIOQUIA		<b>PROFUNDIDAD m:</b> 1,80	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> LIMO COLOR AMARILLO OSCURO, PLASTICIDAD MEDIA.			
<b>CLIENTE:</b> OCITEL DE COLOMBIA SAS		<b>FECHA:</b> 16-may-16 <b>ORDEN DE ENSAYO No:</b> 0168-113	

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
LÍMITE LIQUIDO**

NORMA INV E - 125

Determinación No	1	2	3	4
Número de Golpes	35	25	15	15
Recipiente No	286	379	62	62
Masa recipiente + Suelo Húmedo (g)	26,18	30,47	19,05	19,05
Masa recipiente + Suelo Seco (g)	21,77	24,68	14,72	14,72
Masa recipiente (g)	13,22	13,60	6,59	6,59
Masa del Agua (g)	4,41	5,79	4,33	4,33
Masa Suelo Seco (g)	8,55	11,08	8,13	8,13
Contenido de Agua %	51,58	52,26	53,26	53,26

**LÍMITE PLÁSTICO**

NORMA INV E - 126

Recipiente No	358	356
Masa recipiente + Suelo Húmedo (g)	27,24	28,90
Masa recipiente + Suelo Seco (g)	24,01	25,25
Masa recipiente (g)	13,47	13,28
Masa del Agua (g)	3,23	3,65
Masa Suelo Seco (g)	10,54	11,97
Contenido de Agua %	30,65	30,49

HW  
NTC 1495  
E - 122

Recipiente No	358	356
Masa recipiente + Suelo Húmedo (g)	27,24	28,90
Masa recipiente + Suelo Seco (g)	24,01	25,25
Masa recipiente (g)	13,47	13,28
Masa del Agua (g)	3,23	3,65
Masa Suelo Seco (g)	10,54	11,97
Contenido de Agua %	30,65	30,49

**GRADACIÓN**

Masa muestra despues de lavado (g)					
Masa muestra antes de lavado (g)					
Tamiz (mm)	Tamiz (Pig)	Masa Reten.	% Reten.	%Ret.Acum.	%Pasa
75,00	3"				
63,00	2 1/2"				
50,00	2"				
37,50	1 1/2"				
25,00	1"				
19,00	3/4"				
12,50	1/2"				
9,50	3/8"				
8,00	1/4"				
4,75	4				
2,00	10				
0,85	20				
0,60	30				
0,43	40				
0,25	60				
0,18	80				
0,15	100				
0,11	140				
0,08	200				
	Pasa 200				
	Lavado				
	total				

**Curva Granulométrica**

**RESULTADOS**

Límite Líquido	52 %	Cu =		Índice de Consistencia	2,410
Límite Plástico	31 %	Cc =		Índice de Fluidéz	1,980
Índice Plasticidad	22 %	GRAVAS		Contenido Orgánico (Si ó No)	
Clasificación U.S.C	MH	ARENA		A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 5
Índice de Liquidez		FINOS		Índice de Grupo	15

**OBSERVACIONES**

Los resultados presentados corresponden solamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no es válido sin la firma original del Jefe de Laboratorio y el sello.

Ensayó:	W.Z.L.	Digitó:	A.G.		J.E.S.P.
Fecha:	16-may-16	Fecha:	18-may-16	Fecha:	18-may-16



[illegible]

***ANEXO No. 2***  
***ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN***



LUIS ROBERTO ROSAS MARÍN  
INGENIERO CIVIL

## HOJA DE CÁLCULO

PROYECTO: ESTACIÓN CERRO AZUL  
UBICACIÓN: YARUMAL ANTIOQUIA  
ASUNTO: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS  
FECHA: MAYO DE 2016

HOJA 1 DE 5

### ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

SUELOS Y CIMENTACIONES PARA ESTACIÓN DE COMUNICACIONES UBICADA EN LA ESTACIÓN CERRO AZUL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN

#### 1) CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

##### CAPACIDAD NETA ÚLTIMA ( $\sigma_u$ )

ZAPATA CON VIGA DE AMARRE $D_f = 2,50$ m $N_{cor} = 10$				Meyerhof			
$\sigma_u = C_u \cdot N_c \cdot f_c + q \cdot N_q \cdot F_q + \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot F_g / 2$				$\sigma_{nu}$ = esfuerzo último			
$f_c = 1.0 + 0.19 \cdot (B/L)$				$C_u$ = resistencia al corte no drenada			
$= 1,19$				$N_c$ = factor de capacidad, cohesión, $H_2O$			
$\sigma_u = 19,3 \text{ t/m}^2$				$f_c$ = factor de forma			
				$\gamma$ = Peso unitario del suelo			
				$q$ = sobrecarga			
				$N_q$ = factor de confinamiento, $H_2O$			
				$F_q$ = factor de confinamiento			

##### CAPACIDAD PORTANTE DE SEGURIDAD ( $\sigma_{us}$ )

$\sigma_{ns} = \sigma_u / F.S$				$\phi$ = ángulo de fricción, condición no drenada			
$= 6,43 \text{ t/m}^2$				FS = factor de seguridad			
				$q_u = 5,0$ $l_p = 22,0$			
				LL = 52,0 $w = 50,8$			

##### CAPACIDAD NETA ÚLTIMA ( $\sigma_u$ )

CIMIENTO CORRIDO $D_f = 1,20$ m $N_{cor} = 5$				$\sigma_{nu}$ = esfuerzo último			
$\sigma_u = C_u \cdot N_c \cdot f_c + q \cdot N_q \cdot F_q + \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot F_g / 2$				$C_u$ = resistencia al corte			
$f_c = 1.0 + 0.19 \cdot (B/L)$				$N_c$ = factor de capacidad, cohesión, $H_2O$			
$= 1,05$				$f_c$ = factor de forma			
$\sigma_u = 13,8 \text{ t/m}^2$				$\gamma$ = Peso unitario del suelo			
				$q_u = 4,4$ $l_p = 22,0$			
				LL = 52,0 $w = 50,8$			

##### CAPACIDAD PORTANTE DE SEGURIDAD ( $\sigma_{us}$ )

$\sigma_{ns} = \sigma_u / F.S$				FS = factor de seguridad			
$= 5,02 \text{ t/m}^2$							





## HOJA DE CÁLCULO

PROYECTO: ESTACIÓN CERRO AZUL  
UBICACIÓN: YARUMAL ANTIOQUIA  
ASUNTO: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS  
FECHA: MAYO DE 2016

HOJA 2 DE 5

### ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

SUELOS Y CIMENTACIONES PARA ESTACIÓN DE COMUNICACIONES UBICADA EN LA ESTACIÓN CERRO AZUL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN

#### 2) ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS ZAPATA CON VIGA DE AMARRE

##### 2.1) ASENTAMIENTO ELÁSTICO ( $\rho_e$ ) o INMEDIATO

$$\rho_e = C_d \cdot \Delta P \cdot B \cdot (1 - \nu^2) / E_s$$

$$\Delta P = 6,4 \text{ t/m}^2$$

$C_d$  = Factor que depende de la rigidez  
y forma de la cimentación

$$\nu = 0,5$$

$\Delta p$  = Presión máxima aplicada

$$= 0,80 \text{ cm} > 1,00 \text{ cm}$$

$\nu$  = Relación de Poisson

$E_s$  = Módulo de elasticidad

#### 3) ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS CIMIENTO CORRIDO

##### 3.1) ASENTAMIENTO ELÁSTICO ( $\rho_e$ ) o INMEDIATO

$$\rho_e = C_d \cdot \Delta P \cdot B \cdot (1 - \nu^2) / E_s$$

$$\Delta P = 5,0 \text{ t/m}^2$$

$C_d$  = Factor que depende de la rigidez  
y forma de la cimentación

$$\nu = 0,5$$

$\Delta p$  = Presión máxima aplicada

$$= 0,19 \text{ cm} < 1,0 \text{ cm}$$

$\nu$  = Relación de Poisson

#### 4) ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN ( $\rho_c$ ) ZAPATA CON VIGA DE AMARRE

$$\rho_c = (\mu \cdot \Delta H \cdot C_r / (1 + e_o) \cdot \lg((\sigma_{vo} + \Delta \sigma_v) / \sigma_{vo})) \cdot 100$$


$$\Delta H = 3,8$$

$\mu$  = coeficiente de reducción por asentamiento

$\Delta H$  = espesor estrato compresible

$e_o$  = relación de vacíos

$$= W \cdot G_s / S$$

 <b>LUIS ROBERTO ROSAS MARÍN</b> INGENIERO CIVIL		<b>HOJA DE CÁLCULO</b>	
PROYECTO: ESTACIÓN CERRO AZUL UBICACIÓN: YARUMAL ANTIOQUIA ASUNTO: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS FECHA: MAYO DE 2016		HOJA 3 DE 5	
<b>ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS</b> <b>SUELOS Y CIMENTACIONES PARA ESTACIÓN DE COMUNICACIONES UBICADA EN LA ESTACIÓN CERRO AZUL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA</b> <b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN</b>			
$\sigma_v =$ esfuerzo vertical efectivo en la mitad del estrato $\Delta\sigma_v =$ análisis de incremento de esfuerzos			
$C_c = 0,38$	$e_o = 1,35$	$\Delta\sigma_v = 1,04 \text{ t/m}^2$	Ábacos de Newmark
$C_r = 0,04$	$\sigma_o = 4,0 \text{ t/m}^2$	$\mu = 0,9$	
$\rho_c = 0,61 \text{ cm}$			
$\sigma_a = \gamma \cdot D_f < \Delta P$	$\gamma = 1,60$	$D_f = 2,50$	
$= 4,0 \text{ t/m}^2$	Subcompensada		
$\Delta Q = \Delta P - \sigma_a$			
$= 8,0 \text{ t/m}^2$			
<b>5) ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN (<math>\rho_c</math>) CEMENTO CORRIDO</b>			
$\rho_c = \mu \cdot \Delta H \cdot C_r / (1 + e_o) \cdot \lg((\sigma_v + \Delta\sigma_v) / \sigma_v)$ $\Delta H = 1,8$			
$\mu =$ Coeficiente de reducción por asentamiento $\Delta H =$ Espesor estrato compresible $e_o =$ Relación de vacíos $\sigma_v =$ Esfuerzo vertical efectivo en la mitad del estrato $\Delta\sigma_v =$ Análisis de incremento de esfuerzos			
$C_c = 0,38$	$e_o = 1,35$	$\Delta\sigma_v = 0,96 \text{ t/m}^2$	Ábacos de Newmark
$C_r = 0,04$	$\sigma_o = 1,9 \text{ t/m}^2$	$\gamma = 1,60$	$D_f = 1,20$ $\mu = 0,9$
$\rho_c = 0,50 \text{ cm}$			



LUIS ROBERTO ROSAS MARÍN  
INGENIERO CIVIL

## HOJA DE CÁLCULO

PROYECTO: ESTACIÓN CERRO AZUL  
UBICACIÓN: YARUMAL ANTIOQUIA  
ASUNTO: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS  
FECHA: MAYO DE 2016

HOJA 4 DE 5

### ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

SUELOS Y CIMENTACIONES PARA ESTACIÓN DE COMUNICACIONES UBICADA EN LA ESTACIÓN CERRO AZUL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA

### ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN

#### 6) ASENTAMIENTO CIMIENTO ZAPATA CON VIGA DE AMARRE

$$\sigma_p = C_u / (0.2687 + 0.00063 \cdot I_p) \quad I_p = 22,0$$

$$= 8,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{VO} + \Delta \sigma_v' < \sigma_p$$

$$5,0 < 8,8 \text{ t/m}^2 \quad \text{Suelo Subconsolidado}$$

$$\sigma_t = 1,40 \text{ cm} > 1,0 \text{ cm} \quad \text{Mejorar suelo según sugerencias en este informe}$$

#### 7) ASENTAMIENTO CIMIENTO CORRIDO

$$\sigma_a = \gamma \cdot D_f < \Delta P$$

$$= 1,9 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta Q = \Delta P - \sigma_a = 48,1 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_p = C_u / (0.2687 + 0.00063 \cdot I_p) \quad I_p = 22,0$$

$$= 7,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{VO} + \Delta \sigma_v' < \sigma_p$$

$$2,9 < 7,8 \text{ t/m}^2 \quad \text{Suelo Subconsolidado}$$

$$\sigma_t = 0,69 \text{ cm} < 1,0 \text{ cm} \quad \text{Mejorar suelo según sugerencias en este informe}$$

#### 8) ESFUERZOS HORIZONTALES ZAPATA CON VIGA DE AMARRE

A corto plazo

$$P_H = K_a \cdot \gamma \cdot D_f \quad K_a = 0,347 \quad \gamma = 1,60 \text{ gr/cm}^3 \quad D_f = 2,50 \text{ m} \quad \phi^\circ = 29 \quad K_p = 2,882$$

$$1,39 \text{ t/m}^2 \quad K = 458,47 \text{ t/m}^3$$





## HOJA DE CÁLCULO

PROYECTO: ESTACIÓN CERRO AZUL  
UBICACIÓN: YARUMAL ANTIOQUIA  
ASUNTO: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS  
FECHA: MAYO DE 2016

HOJA 5 DE 5

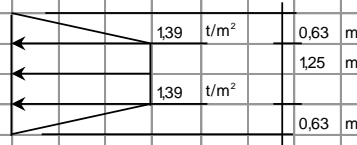
### ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

SUELOS Y CIMENTACIONES PARA ESTACIÓN DE COMUNICACIONES UBICADA EN LA ESTACIÓN CERRO AZUL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA  
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DEFORMACIÓN

A largo plazo  
por sobre carga

$$\alpha = \Delta P / H$$

$$= 1,69 \text{ t/m}^2$$



### 9) ESFUERZOS HORIZONTALES CIMIENTO CORRIDO

A corto plazo

$$P_H = K_a \cdot \gamma \cdot D_f \quad K_a = 0,406 \quad \gamma = 1,60 \text{ gr/cm}^3 \quad D_f = 1,20 \text{ m} \quad \phi^\circ = 25 \quad K_p = 2,464$$

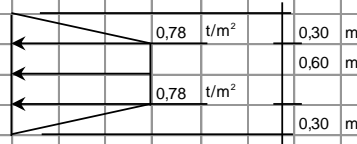
$$0,78 \text{ t/m}^2$$

$$K = 724,71 \text{ t/m}^3$$

A largo plazo  
por sobre carga

$$\alpha = \Delta P / H$$

$$= 1,32 \text{ t/m}^2$$



***ANEXO No. 3***  
***COPIA TARJETA PROFESIONAL***

Bogotá, D.C., Mayo de 2016.

Señores  
**CURADURIA  
PLANEACIÓN MUNICIPAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MUNICIPIO DE YARUMAL  
ANTIOQUIA - COLOMBIA**

Referencia: CELDA DE COMUNICACIONES  
Dirección: ESTACIÓN CERRO AZUL  
YARUMAL ANTIOQUIA COLOMBIA

Asunto: **MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD ESTUDIO DE SUELOS.**

Yo, LUIS ROBERTO ROSAS MARÍN, Ingeniero Civil, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 7'222.548 con matrícula profesional No. 25202 – 70230 del Consejo Profesional de Ingeniería y Arquitectura de Cundinamarca, en representación de JVS IAN.SAS, certifico que he realizado el informe del estudio correspondiente al predio de la referencia y la respectiva toma de muestras, ensayos y análisis de laboratorio.

Que todo el análisis a partir de toma de muestras y ensayos de laboratorio enviadas por otra firma (Sierra laboratorio), y para lo cual el estudio presentado ha sido elaborado siguiendo las normas contenidas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR10 (Decreto 926 de 2010 NSR10 y el Decreto 092 del 17 de Enero de 2011).

Cordialmente,

**JVS IAN.SAS**

Ingeniería, Consultoría y Construcción  
**LUIS ROBERTO ROSAS MARIN**  
C.C. 7'222.548. Ing. Civil Esp Geotecnia  
Mat. Prof. 25202 – 70230 CND.  
Representante Legal

Anexo: Copia tarjeta profesional







CERTIFICADO DE VIGENCIA Y ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS  
Nº E2016WEB00006978

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE  
INGENIERÍA  
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que ROSAS MARIN LUIS ROBERTO identificado (a) con Cédula de Ciudadanía Nº 7222548, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, como INGENIERO CIVIL con Matrícula Profesional Nº 25202-70230 CND desde el (los) diecinueve (19) día(s) del mes de febrero del año mil novecientos noventa y ocho (1998).
2. Que la (el) Matrícula Profesional es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que la (el) referida (o) Matrícula Profesional se encuentra vigente, por lo cual el profesional certificado actualmente NO está impedido para ejercer la profesión.
4. Que el profesional NO tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación tiene una validez de seis (6) meses y se expide en Bogotá, D.C., a los quince (15) días del mes (enero) del año dos mil dieciseis (2018).

**RUBÉN DARÍO OCHOA ARBELÁEZ**

Firma del titular (\*)

(\*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 327 de 1999.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web <http://gdocumental.copnia.gov.co/investicCSV> indicado el código que se encuentra en el costado izquierdo de este documento

Calle 78 Nº 9 - 57 Piso 13 - Bogotá D.C. Pbx: 3220102 - Correo-e: [info@copnia.gov.co](mailto:info@copnia.gov.co)  
[www.copnia.gov.co](http://www.copnia.gov.co)

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA

Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 3220102 - Bogotá D.C.

email: [info@copnia.gov.co](mailto:info@copnia.gov.co) - [pqr@copnia.gov.co](mailto:pqr@copnia.gov.co)

[www.copnia.gov.co](http://www.copnia.gov.co)



Documento firmado por: CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA, N° de serie: 52908192428853033756032904156936605191.  
Emisor del certificado: AC TESTINTE CERTICAMARA S.A., Fecha de emisión de la firma: 15/01/2016 08:46:08.  
Código Seguro de Verificación (CSV): <http://gdocumental.copnia.gov.co/investicCSV> s3drtHtpQZmly51XU3W1tPp/www.copnia.gov.co  
Página 1 de un total de 1 página(s).

***ANEXO No. 4***  
***REGISTRO FOTOGRÁFICO***

