



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

**DATOS PRELIMINARES
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y
ADECUACIÓN DEL CENTRO DE SALUD DEL
CORREGIMIENTO DE LOS ÁNGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**SOLICITA: E.S.E HOSPITAL DEL TAMBO CAUCA
Dr. ALEXANDER DE JESÚS SÁNCHEZ**

**ELABORÓ: ING. JOSÉ ANDRÉS MARTÍNEZ DORADO
M.P. 19202 – 81425 DEL COPNIA – CAUCA**

**INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO, ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES DE
INGENIERÍA NECESARIOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS
OBRAS EN CONTACTO CON EL SUELO**

POPAYÁN, MARZO DE 2018

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email:geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

I PROPÓSITO Y CONTENIDO DEL ESTUDIO DE SUELOS

El presente informe recopila el conjunto de actividades que comprenden la exploración del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño de las obras en contacto con el suelo en el predio destinado para la construcción y adecuación del centro de salud en el Corregimiento Los Ángeles perteneciente al Municipio de El Tambo (Cauca).

El Estudio incluye los perfiles estratigráficos de los sondeos y apiques realizados, ensayos de laboratorio, plano de localización de perforaciones, recomendaciones pertinentes a la cota de fundación, capacidad portante del suelo de cimentación, tipos de cimientos aplicables, asentamientos probables y demás recomendaciones requeridas para el diseño y construcción de fundaciones acorde al Título H del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes NSR-2010 y otras bases teóricas disponibles en el Manual de Cimentaciones del Instituto Nacional de Vías, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado del conjunto estructural y arquitectónico.

II LOCALIZACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO

El sitio destinado para la construcción y adecuación del centro de salud se ubica en el Corregimiento Los Angeles al Suroeste de la cabecera del Municipio de El Tambo (Cauca). Las coordenadas geográficas de amarre del lugar por el Sistema Magna Sirgas se enuncian a continuación:

2°24'58.39" NORTE 76°55'2.17" ESTE Cota: 1.812 msnm.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



III CRITERIOS GENERALES PARA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

De acuerdo a las características del proyecto de infraestructura hospitalaria, este se clasifica como una **Unidad de Construcción** de Categoría **BAJA** según la Tabla H.3.1 – 1 de la Norma NSR -10, ya que se trata de una edificación de hasta tres niveles, con cargas de servicio en columnas menores a 800 KN.

La metodología de los trabajos de exploración In situ se ciñe a las características y distribución de los sondeos descritos en el literal H.3.2.4 centrándose básicamente en los siguientes aspectos:

H.3.2.4 - Características y distribución de los sondeos:

- a) Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo
- b) En los sondeos con muestreo se toman muestras cada metro en los primeros 6 m de profundidad
- c) Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones
- d) Los sondeos practicados en el Estudio Preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dadas en la Norma NSR-2010
- e) El número de sondeos debe cubrir el área que ocupa cada unidad de construcción, así como las áreas que no quedan ocupadas directamente por las edificaciones, pero que serán afectadas por taludes de cortes u otro tipo de intervención que modifique el entorno geotécnico de las estructuras y su entorno.



GEOANÁLISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

En lo referente al Artículo H.3.2.5 – Profundidad de los Sondeos, para las características del proyecto las perforaciones deben alcanzar los 6.0 metros de profundidad.

La norma establece que la investigación del suelo para una Unidad de Construcción de Categoría BAJA se adelante con la perforación de al menos TRES sondeos, mínimo a seis metros de profundidad cada uno, con recuperación de muestras de tal manera que se de cumplimiento al literal H.3.2.4 – Características y distribución de los sondeos.

El Programa de Exploración del subsuelo comprende varias etapas, entre ellas la recolección de información, el reconocimiento y la investigación del sitio. En total se realizan tres perforaciones, que se consideran representativas de la Unidad de Construcción adosada de un solo nivel y con una longitud perimetral menor de 80 metros.

El proceso de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen bajo la estructura se adelanta en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos GEOANÁLISIS LAB, donde además de caracterizar físicamente los suelos, se pretende obtener mediante pruebas axiales de compresión simple y de Penetración Estándar o SPT una idea de la consistencia y cohesión de los estratos de suelos finos a diferentes profundidades.

IV SELECCIÓN DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Con los trabajos de exploración y muestreo se planifica la caracterización física y mecánica del sub-suelo encontrado, el programa de laboratorio contempló la realización de los siguientes ensayos:

- La estratificación de suelos encontrados nos indica la profundidad de desplante o de retiro de capa de suelo orgánico del proyecto.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

- Sobre muestras seleccionadas se efectuaron granulometrías y Límites de Atterberg, cuyos resultados aportaron los elementos básicos para el análisis de asentamientos y para la clasificación de los suelos mediante los sistemas de la A.A.S.H.T.O. y U.S.C.
- Con las muestras inalteradas de tubos Shelby, se llevaron a cabo compresiones confinadas, contenidos de humedad y pesos unitarios, requeridos para el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación.
- Los valores de las resistencias a compresión simple se aplican para determinar el Perfil de Suelo del sitio del Proyecto, punto de arranque para la determinación de los coeficientes sísmicos de carácter geotécnico estipulados en el título A de la norma sismo resistente colombiana.
- Con las perforaciones ejecutadas, los estratos identificados y los ensayos de caracterización, se proceden a calcular los asentamientos y capacidad portante que garanticen la estabilidad y funcionalidad de las estructuras, también se elaboran las recomendaciones de tipo constructivo acorde a la Normatividad vigente.

V PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS ENCONTRADOS

El Programa de Exploración del subsuelo comprende varias etapas, entre ellas la recolección de información, el reconocimiento y la investigación del sitio.

El proceso de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen bajo la estructura de diseño tiene como propósito además de caracterizar físicamente los suelos, obtener mediante pruebas axiales de compresión simple y de Penetración Estándar o SPT una idea de la consistencia y cohesión de los estratos de suelos finos a diferentes profundidades.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

Las Perforaciones Exploratorias de Campo y muestreo se realizan con la ayuda de barrenas manuales hincadas por percusión. La toma de muestras inalteradas se logra con la ayuda de un muestreador de media caña (shelby).

Para mayor entendimiento de la caracterización de los suelos encontrados en el área del estudio los resultados se agrupan en los Cuadros de Resumen de Exploración y en el Perfil Estratigráfico a partir de la superficie, de la siguiente manera:



ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO (CAUCA)

SOLICITA: E.S.E HOSPITAL DEL TAMBO CAUCA - Dr. ALEXANDER DE JESUS SANCHEZ

PROFUNDIDAD (mts)	SONDEO N° 1	SONDEO N° 2	SONDEO N° 3	PROFUNDIDAD (mts)
0				0
0.10		Relleno en escombros		0.10
0.20				0.20
0.40		Suelo organico color negro		0.40
0.60				0.60
0.70				0.70
0.80				0.80
1	Limo café con vetas negras - MH			1
1.20		Limo color amarillo - MH		1.20
1.50				1.50
1.80				1.80
2			Limo color amarillo con vetas cafés - MH	2
2.20				2.20
2.50				2.50
2.90				2.90
3		Limo color amarillo con vetas negras - MH		3
3.20				3.20
3.50				3.50
3.70				3.70
4	Limo color amarillo con vetas negras - MH			4
4.20				4.20
4.50				4.50
4.80		Limo color amarillo - MH		4.80
5				5
5.20				5.20
5.40				5.40
5.50				5.50
5.80				5.80
6		Fin de la perforacion		6
6.20				6.20
6.30				6.30

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO (CAUCA)

SOLICITA: E.S.E HOSPITAL DEL TAMBO CAUCA - Dr. ALEXANDER DE JESUS SANCHEZ

Unidades: Compresión Simple : q_u (Tn/m²) ; Peso Unitario Húmedo : Y_h (Tn/m³); Peso Unitario Seco : Y_s (Tn/m³); Cohesión : c (Tn/m²)

Consistencia del Suelo (INVIAS E-152-07): MUY BLANDA : $q_u < 2,5$ Tn/m²; BLANDA: $2,5 < q_u < 5,0$ Tn/m²; MEDIANA: $5,0 < q_u < 10,0$ Tn/m²; FIRME : $10,0 < q_u < 20,0$ Tn/m²; MUY FIRME : $20,0 < q_u < 40$ Tn/m², DURA: $q_u > 40$ Tn/m²

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PESOS UNITARIOS HÚMEDOS Y SECOS																	
Prof (m)		SUELO TIPO	SONDEO 1			SUELO TIPO	SONDEO 2			SUELO TIPO	SONDEO 3			VALOR PONDERADO			
De	a		qu	Yh	Ys		qu	Yh	Ys		qu	Yh	Ys	qu	c	Yh	Ys
0.00	1.00									MH	14.0	1.27	0.75	14.00	7.00	1.27	0.75
1.00	2.00	MH	14.4	1.26	0.72	MH	25.9	1.30	0.84					14.40	7.20	1.26	0.72
2.00	3.00	MH	17.1	1.26	0.83	MH	22.7	1.30	0.80	MH	14.2	1.09	0.71	14.20	7.10	1.09	0.71
3.00	4.00					MH	14.3	1.26	0.80	MH	14.5	1.37	0.87	14.30	7.15	1.26	0.80
4.00	5.00	MH	10.2	1.27	0.85									10.20	5.10	1.27	0.85
5.00	6.00	MH	12.6	1.18	0.73	MH	23.2	1.26	0.80	MH	14.5	1.35	0.87	12.60	6.30	1.18	0.73
CONSISTENCIA DEL SUELO (INVIAS E-152)										FIRME				13.28	6.64	1.22	0.76
Prof. Nivel Freático (m)		N/A			N/A			N/A			N/A		Prof. De diseño del N.F.				

CUADROS RESUMEN ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO

SOLICITA: E.S.E HOSPITAL DEL TAMBO CAUCA - Dr. ALEXANDER DE JESUS SANCHEZ

Consistencia del Suelo (Según Terzaghi y Peck) : MUY BLANDA < 2 Golpes; BLANDA: 2-4 Golpes; MEDIA: 4-8 Golpes; FIRME : 8-15 Golpes; MUY FIRME : 15-30 Golpes, DURA: >30 Golpes

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)									
Prof (m)		SONDEO 1		SONDEO 2		SONDEO 3		Ñ	CONSISTENCIA
De	a	SUELO	N	SUELO	N	SUELO	N		
0.00	1.00								
1.00	2.00	MH	5	MH	5	MH	6	5	MEDIANA
2.00	3.00	MH	4	MH	4	MH	4	4	BLANDA
3.00	4.00			MH	6	MH	6	6	MEDIANA
4.00	5.00	MH	6	MH	7	MH	7	6	MEDIANA
5.00	6.00	MH	7					7	MEDIANA

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

CUADRO RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y LÍMITES DE ATTERBERG

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO (CAUCA)

SOLICITA: E.S.E HOSPITAL DEL TAMBO CAUCA - Dr. ALEXANDER DE JESUS SANCHEZ

SONDEO	Df (m)		CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y LÍMITES DE ATTERBERG									GRADACIONES				CBR%	CONSISTENCIA
	De	Di	SUELO	LL%	LP%	IP%	W%	IL	IC	AASHTO	IG	%RET-4	Pasa-4	Pasa-4 Ret-200	Pasa-200		
1	1.00	2.00	MH	117.0	47.3	69.7	73.6	0.4	0.6	A-7-5	76	0.0	100.0	11.3	88.7	1.6	BLANDA
	4.00	5.00	MH	70.0	34.1	35.9	48.8	0.4	0.6	A-7-5	37	0.0	100.0	12.8	87.2	3.2	BLANDA
2	2.00	3.00	MH	91.0	43.5	47.5	63.0	0.4	0.6	A-7-5	50	0.0	100.0	12.9	87.1	2.4	BLANDA
	5.00	6.00	MH	83.0	38.2	44.8	59.8	0.5	0.5	A-7-5	46	0.0	100.0	14.4	85.6	2.6	BLANDA
3	2.00	3.00	MH	86.0	37.5	48.5	54.2	0.3	0.7	A-7-5	48	0.0	100.0	14.5	85.5	2.4	BLANDA

El Artículo H.2.5 de la NSR-2010 establece los criterios para establecer la diferencia entre suelos no cohesionados o granulares y suelos cohesionados. El Literal H.2.5.1 (b) indica que todos los materiales en los cuales 30% o menos del peso pase por el tamiz No. 200 y que tengan límite líquido LL ≤ 30% e índice plástico IP ≤ 10% se considera como suelos no cohesionados o granulares. Por tanto para este caso los suelos encontrados son **NETAMENTE COHESIVOS**

La Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 2002 propone utilizar para la determinación del CBR de la subrasante correlaciones con las propiedades índice de los suelos. Para los suelos que presentan plasticidad la expresión es la siguiente:

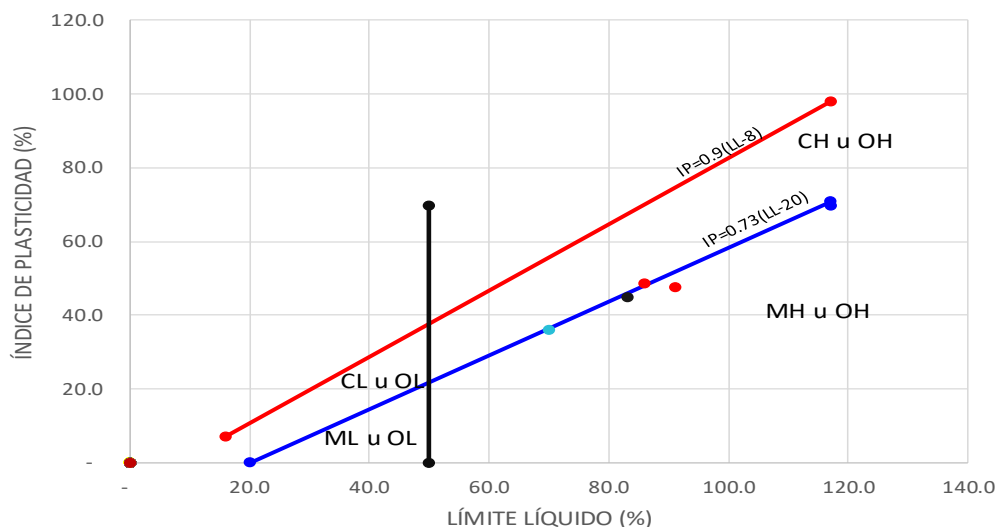
$$CBR = \frac{75}{1 + 0.728(w * IP)}$$

w*IP : Índice de plasticidad ponderado, debe ser mayor que cero.

w : Fracción que pasa el tamiz N°200, en tanto por uno, la cual debe ser mayor de 11%

IP : Índice de Plasticidad en porcentaje

CURVA SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS



Profundidad del estrato :



ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



IDENTIFICACIÓN DE COLAPSABILIDAD EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL ESTRATO

H.9.3.3.

Prof (m)	Gs (gr/cm3)	Yw (gr/cm3)	LL	Yd _{crit} (gr/cm3)	Yd (gr/cm3)	Yd/Y _{dcrit}
1-2	2.67	1	1.17	0.65	0.72	1.11
2-3	2.67	1	0.91	0.78	0.71	0.91
4-5	2.67	1	0.7	0.93	0.85	0.91
5-6	2.67	1	0.83	0.83	0.73	0.88

H.9.3.3.1 - Criterio de Evaluación

LL : Límite líquido en fracción decimal

Si $Y_d/Y_{dcrit} > 1$, el suelo es estable o expansivo

Si $Y_d/Y_{dcrit} \leq 1$, el suelo es potencialmente colapsable

IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

NORMA INVIAS E-132

Prof (m)	LL	LP	IP	IC	GRADO EXPANSIÓN	CRITERIO
1-2	117.0	47.3	69.7	26.7	MUY ALTO	H.9.1-1 NSR/10
2-3	91.0	43.5	48.5	21.2	MUY ALTO	H.9.1-1 NSR/10
4-5	70.0	34.1	35.9	13.6	MUY ALTO	H.9.1-1 NSR/10
5-6	83.0	38.2	44.8	17.3	MUY ALTO	H.9.1-1 NSR/10

Con respecto al potencial de expansión MUY ALTO del suelo cohesivo se tienen las siguientes consideraciones:

La norma NSR-2010 en el literal H.9.1.3 – *Identificación de los suelos expansivos*, permite fijar un criterio a partir de la observación del comportamiento de edificaciones vecinas, en cuanto a señales de asentamientos diferenciales, pérdida de verticalidad, fisuras en los pisos o muros, etc, como resultado de procesos de expansión y contracción volumétrica del suelo.

Las estructuras y viviendas en la periferia no presentan ningún tipo de fisura en sus paredes. Los pisos internos no exhiben hundimientos propios de los procesos de



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

expansión. Los andenes de concreto al exterior de la sede hospitalaria no evidencian fracturas o deformaciones. La vía de acceso no muestra deformaciones o señales de inestabilidad por hinchamiento o contracción. Los postes de alumbrado se hallan completamente verticales.

El numeral *H.9.1.4 – Humedad de equilibrio* – introduce un concepto adicional en la identificación de suelos expansivos. Se define la humedad de equilibrio como aquella que corresponde a la avidez natural del suelo por el agua, si la humedad natural es inferior, el suelo buscara satisfacerla, proceso en el cual se da la expansión. Este parámetro geotécnico se determina a partir de la siguiente expresión:

H.9.1.4 _ HUMEDAD DE EQUILIBRIO

$$W_{eq} = 0.47 * LL + 3.6$$

Límite Líquido Máx. a nivel superficial, LL = 117 %

$$W_{eq} = 59 \%$$

De acuerdo a este criterio, la humedad media del estrato es mayor que la humedad de equilibrio, por tanto el potencial de hinchamiento es bajo.

El Método de Komormk y David es una comparación estadística de resultados medidos que han permitido predecir la presión de hinchamiento con base en la determinación del Límite Líquido (LL), de la densidad seca (Y_d) y del contenido de humedad natural (W_n). La ecuación encontrada se formula así:



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

$$\text{Log}(P_{\text{exp}}) = -2.132 + 0.0208 (LL) + 0.000655 (yd) - 0.263 (W_n)$$

Donde:

LL = 1.17, Límite Líquido a nivel superficial en tanto por uno.

W_n = 0.542, humedad natural a nivel superficial en tanto por uno.

yd = 0.75 Kg/cm³, densidad seca a nivel superficial.

$$\text{Log}(P_{\text{exp}}) = -2.25$$

$$P_{\text{exp}} = 0.006 \text{ Kg/cm}^2 = 0.056 \text{ Tn/m}^2 \quad 56 \text{ Kg/m}^2$$

(Fuente: Principios Básicos de Mecánica de Suelos, Ing. Margarita Polanco Florez, 1 Edición, Editorial Universidad del Cauca, Página 189)

Considerando el carácter aleatorio del muestreo geotécnico, existe la probabilidad de ocurrencia del proceso o fenómeno de expansión en el suelo cohesivo. Por seguridad se recomienda la extensión y compactación de una capa de material granular que disipe la presión de expansión por su espesor y peso propio.

La carga estabilizante transmitida por la sobrecarga se calcula de la siguiente manera:

Tipo de material granular: RECEBO TIPO 2 RE-75 (Artículo 610_Rellenos para estructuras)

Espesor = 0.20 metros

Densidad máxima de compactación, yd = 1.65 Tn/m³

La carga total transmitida al suelo por el relleno en material granular, compacto al 95% del Proctor Mod. es:

$$P_{\text{total}} = 0.33 \text{ Tn/m}^2$$

Luego, comparando esfuerzos se tiene:

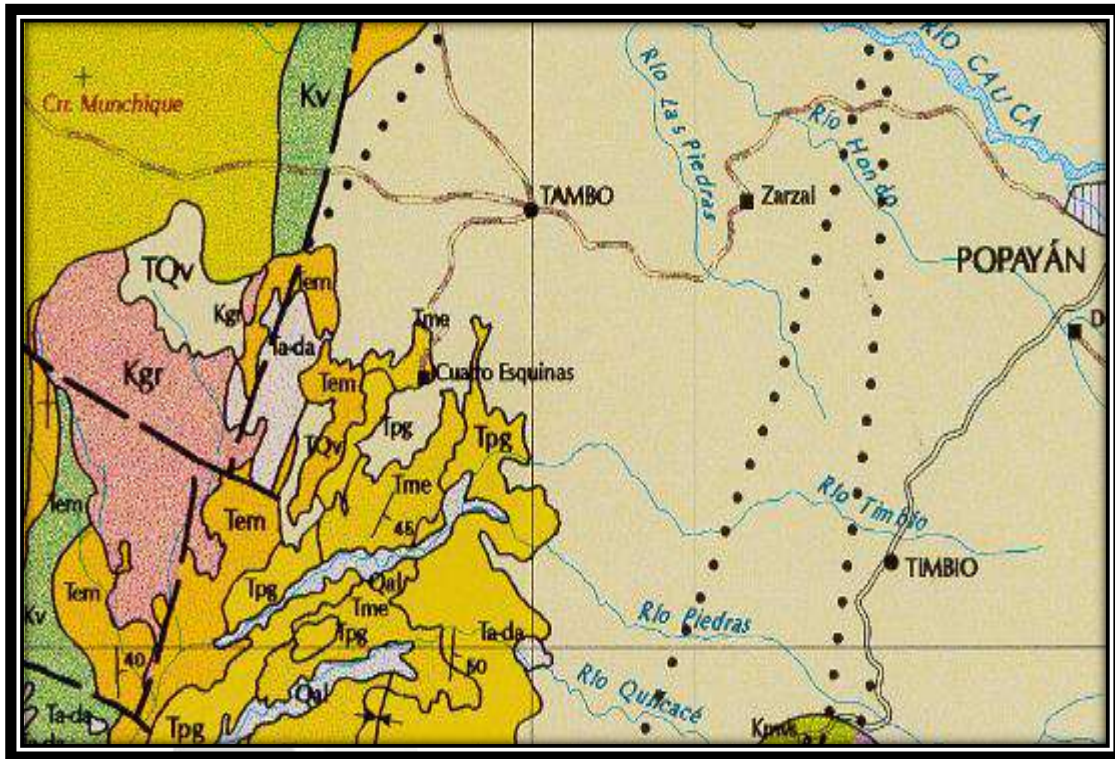
$$P_{\text{total}} = 0.33 \text{ Tn/m}^2 > P_{\text{exp}} = 0.056 \text{ Tn/m}^2$$

De esta manera se descarta que el potencial expansivo del suelo cohesivo ocasiona fisuramientos en los elementos no estructurales y en los pisos de la edificación proyectada. Los suelos granulares tienen un Módulo Resiliente que les permite recuperarse una vez presentan deformaciones pequeñas.



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

VI GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL



El sitio del proyecto se localiza según la cartografía geológica del Departamento del Cauca en la zona central de la Depresión Cauca-Patía.

El basamento está constituido por rocas basálticas de edad cretácica, a las cuales suprayacen discordantemente rocas sedimentarias terciarias de la Formación Esmita (Tme), las cuales se encuentran recubiertas en el techo por cenizas volcánicas de la Formación Popayán (Tplv).

El conjunto rocoso está intruído por un stock ígneo de textura porfíritica y de composición andesítica-dacítica que constituye el rasgo geomorfológico más importante de la región.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email:geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

Las cenizas de caída tienen un espesor mayor de 10 metros y aparecen como arcillas rojizas color escarlata o limos de tono amarillo intenso por laterización de cenizas originales.

Los depósitos de flujos y cenizas de caída, presentan geoformas de colinas redondeadas de poca altura, con un espesor aproximado de 40 m. Los flujos están constituidos por materiales cohesivos amarillos y naranja, como producto de la meteorización, contienen magnetitas intercaladas con cristales de cuarzo, plagioclasa y micas.

Para nuestro caso en particular el Perfil Estratigráfico se ajusta a los parámetros geológicos locales, los valores de límite líquido calculados para las muestras son mayores de 70 % y son propios de los suelos arcillosos caolinizados con lo cual se confirma el marco teórico anteriormente expuesto.

VII SISMICIDAD REGIONAL Y LOCAL

Por su ubicación en el Departamento del Cauca, el Municipio de El Tambo hace parte de una región montañosa reciente y de gran actividad tectónica, por ende es susceptible de ser afectado por movimientos sísmicos de diferente intensidad originados por los sistemas de fallas de profundidad variable que atraviesan tanto su territorio, como la región: Los rasgos geológicos y estructurales del sistema de cordillera andino en Colombia, son producto de la interacción de las Placas de Nazca y Suramericana. Respuestas al proceso de colisión con sus formaciones y el vulcanismo.

Ahora se procede a relacionar la información geotécnica del Proyecto con una serie de parámetros consagrados en el Capítulo A.2 de la Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-2010 con el objeto de prescribir un procedimiento que

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com

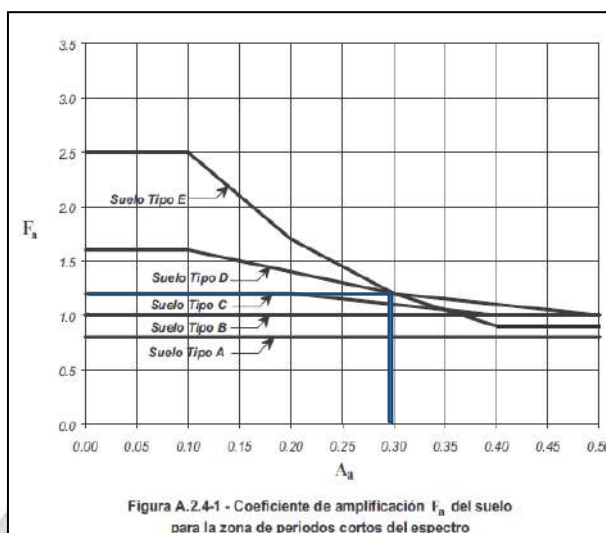
determine los efectos en los movimientos sísmicos de diseño de la transmisión de las ondas sísmicas en el suelo existente debajo de la edificación, los cuales se detallan a continuación:

Movimientos Sísmicos de Diseño (Capítulo A.2)		
Nivel de Amenaza Sísmica según los Artículos A.2.2 y A.2.3 de la NSR - 2010		Valor
Departamento	CAUCA	
Municipio	EL TAMBO	
Código del Municipio según Apéndice A-4		19256
Coef. de aceleración pico efectiva del sitio del proyecto (A_a)		0.30
Coef. de velocidad pico efectiva del sitio del proyecto (A_v)		0.25
Valor mayor entre A_a y A_v		0.30
Nivel de Amenaza Sísmica (A.2.3)		ALTA
Región según Mapa de Amenaza Sísmica (Tabla A.2.3-1)		5
Efectos Locales (A.2.4)		Valor
A.2.4.3.2- Número medio de Golpes del Ensayo de Penetración Estándar		6
A.2.4.3.3- Resistencia Media al Corte ($S_u = C < 2.5 \text{ Kg/cm}^2$)		0.664
A.2.4.3.4- Índice de Plasticidad Máximo del Perfil de Suelo		69.7
A.2.4.3.4- Humedad Natural máxima del Perfil de Suelo		73.6
A.2.4.4- Definición del Tipo de Perfil de Suelo		E
A.2.4.5.5- Coef. amplificación de la aceleración en la zona de periodos cortos, por efectos de sitio (F_a)		1.24
A.2.4.5.6- Coef. de amplificación de la aceleración en la zona de periodos intermedios (F_v)		3
Coeficiente de Importancia (A.2.5)		Valor
A.2.5.1- Grupo de Uso :	Edificación Indispensable	GRUPO IV
Coeficiente de Importancia (I)		1.50

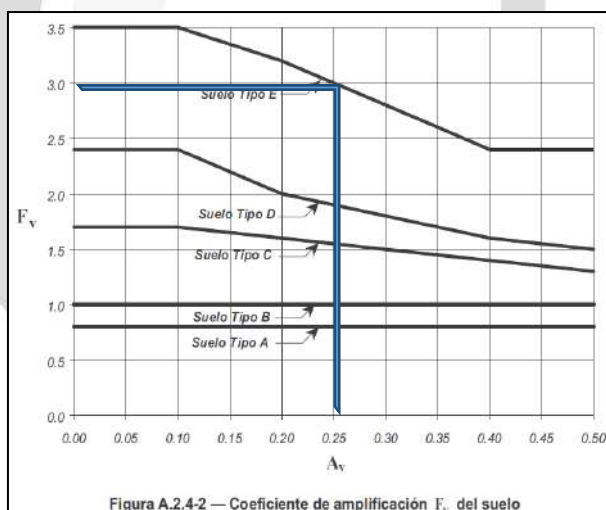


GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos



$F_a = 1.24$



$F_v = 3.0$

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com

VIII ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

- 1- Se aplican los criterios básicos de diseño de cimentaciones superficiales.
- 2- El objetivo principal del presente capítulo es determinar la capacidad de carga de cimentaciones cuadradas y corridas empotradas a una profundidad D_f de 0.60 m. Al tratarse de estructuras relativamente livianas y por economía del proyecto, es válido utilizar zapatas aisladas para el sistema de pórticos en concreto reforzado o cimentaciones corridas para un sistema estructural del tipo muros de carga, en los dos casos el nivel de excavación es aquel que permita proteger las obras en contacto con el suelo de los efectos del intemperismo y garantiza la estabilidad ante deslizamiento por las fuerzas sísmicas.
- 3- La profundidad de desplante D_f se mide a partir del nivel de piso terminado. Según el perfil estratigráfico existen rellenos de baja calidad y suelos orgánicos que se deben remover para ser remplazados por un suelo adecuado. De esta manera el nivel de soporte estará compuesto por un estrato de suelo netamente cohesivo, sin presencia de nivel freático.
- 4- Análisis de Capacidad Portante: Se aplica la Ecuación General de la Capacidad de Carga:
$$q_c = c N_c F_{cs} F_{cd} + q N_q F_{qs} F_{qd} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga que son función del ángulo de fricción del suelo. En suelos netamente cohesivos $\phi = 0^\circ$.

Para $\phi = 0^\circ$, $N_c = 5.14$, $N_q = 1$, $N_\gamma = 0$

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de profundidad

Al aplicar los diferentes factores y correlacionar las Expresiones de autores como Terzaghi, Skempton, Meyerhof y Vesic se tiene:



Para Zapatas Cuadradas y $D_f / B \leq 1$:

$$q_c = c \cdot 5.14 (1.2) (1 + 0.4 D_f / B) + \gamma D_f$$

Para Zapatas Corridas y $D_f / B \leq 1$:

$$q_c = c \cdot 5.14 (1 + 0.2 B / L) (1 + 0.4 D_f / B) + \gamma D_f$$

$q = \gamma D_f$: Sobrecarga efectiva, en Tn/m^2

D_f : Profundidad de entrada del cimiento en el suelo, en m

γ : Peso Específico ponderado del suelo en estudio, en Tn/m^3

B : Ancho del cimiento, en m

L : Ancho del cimiento, en m

$C = Su = q_u / 2$, Cohesión ponderada del suelo sin drenar. En tn / m^2

- 5- Capacidad Portante de Cimientos Superficiales por el Método de Esfuerzos de Trabajo para la Combinación de Carga Muerta + Carga Viva Normal según la tabla H.4.7-1 de la Norma NSR 2010

$$q_p = q_c / F_s ; \quad F_s \geq 3$$

Para efectos de diseño el Factor de Seguridad se asume $F_s=3$

- 6- Carga Neta de Contacto: El ingeniero calculista debe determinar las cargas verticales del peso propio + carga muerta + carga viva de cada estructura (Cargas de Servicio) para luego dividir las por un área o ancho de zapata propuesto, de tal manera que chequee por Capacidad Portante y por Asentamientos.

$$q_n = P_s / A \text{ y para todos los casos } q_p \geq q_n$$

Dónde:

P_s : Cargas de servicio transmitidas por una columna o muro de la estructura (Tn)

A : Área de la zapata propuesta (m^2).

CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO (CAUCA)

CASO 1 : ZAPATA CUADRADA PARA UNA COLUMNA, ESTRATO DE SUELO NETAMENTE COHESIVO

Datos Básicos:

q_u	13.28	(Tn/m ²)	C	6.64	(Tn/m ³)	γ	1.22	(Tn/m ³)
Φ	0.00	(grados)	$\text{sen}\Phi$	0.000		$\text{tg}\Phi$	0.000	

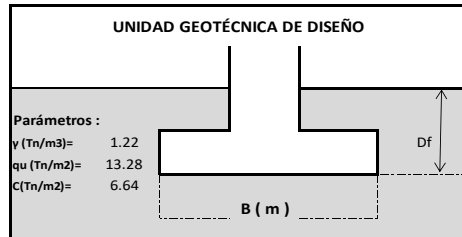
Factores de Capacidad de Carga según VESIC:

$N_c = \cot\phi(N_q - 1)$	5.14	$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi \tan\phi}$	1.00	$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$	0.00
---------------------------	------	--	------	---------------------------------	------

Existe presencia de Nivel Freático S/N:	N
Profundidad H _{NF} =	

Capacidad última de carga según VESIC :

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$



GEOMETRÍA			1er TÉRMINO		2o TÉRMINO			3er TÉRMINO			CAPACIDAD DE CARGA			COEF. BALASTO	
Df	B	L	Fcs	Fcd	q	Fqs	Fqd	Fys	Fyd	γ	q ult	qp	Padm	Ks	Ks
(m)	(m)	(m)									(Tn/m ²)	(Tn/m ²)	Tn/m	Tn/m³	Kg/cm³
0.6	1.00	1.00	1.19	1.24	0.73	1.00	1.00	0.6	1.0	1.22	51.30	17.10	17.10	684.0	0.684
0.6	1.15	1.15	1.19	1.21	0.73	1.00	1.00	0.6	1.0	1.22	50.02	16.67	22.05	667.0	0.667
0.6	1.25	1.25	1.19	1.19	0.73	1.00	1.00	0.6	1.0	1.22	49.34	16.45	25.70	657.9	0.658
0.6	1.35	1.35	1.19	1.18	0.73	1.00	1.00	0.6	1.0	1.22	48.76	16.25	29.62	650.2	0.650
0.6	1.50	1.50	1.19	1.16	0.73	1.00	1.00	0.6	1.0	1.22	48.04	16.01	36.03	640.5	0.640

qc : Capacidad Portante del Suelo para una zapata cuadrada de ancho B a una profundidad Df

qp = qc / FS, donde FS = 3 (Factor de Seguridad)

Se chequea que : qp > qn en todos los casos

Padm : Carga máxima admisible para la zapata cuadrada y profundidad propuesta

(Carga máxima transmitida por la columna tipo a la cimentación)

NOTA : Con este cuadro el diseñador estructural tiene una idea de las cargas máximas que soporta cualquiera de las cimentaciones propuestas con un Factor de Seguridad de 3 a la profundidad Df señalada

CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

OBRA : CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE LOS ANGELES - MUNICIPIO DE EL TAMBO (CAUCA)

CASO 2 : ZAPATA CORRIDA, ESTRATO DE SUELO NETAMENTE COHESIVO

Datos Básicos:

q_u	13.28	(Tn/m ²)	C	6.64	(Tn/m ³)	γ	1.22	(Tn/m ³)
Φ	0.00	(grados)	$\text{sen}\Phi$	0.000		$\text{tg}\Phi$	0.000	

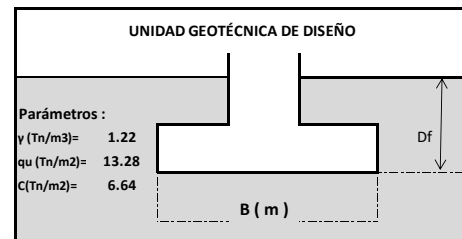
Factores de Capacidad de Carga según VESIC:

$N_c = \cot\phi(N_q - 1)$	5.14	$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi \tan\phi}$	1.00	$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$	0.00
---------------------------	------	--	------	---------------------------------	------

Existe presencia de Nivel Freático S/N:	N
Profundidad H _{NF} =	0

Capacidad última de carga según VESIC :

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$



GEOMETRÍA			1er TÉRMINO		2o TÉRMINO			3er TÉRMINO			CAPACIDAD DE CARGA			COEF. BALASTO	
Df	B	L	Fcs	Fcd	q	Fqs	Fqd	Fys	Fyd	γ	q ult	qp	Padm	Ks	Ks
(m)	(m)	(m)									(Tn/m ²)	(Tn/m ²)	Tn/m	Tn/m³	Kg/cm³
0.6	0.60		1.02	1.40	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	49.46	16.49	9.89	659.4	0.659
0.6	0.65		1.02	1.37	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	48.39	16.13	10.48	645.1	0.645
0.6	0.70		1.02	1.34	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	47.47	15.82	11.08	632.9	0.633
0.6	0.75		1.02	1.32	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	46.67	15.56	11.67	622.3	0.622
0.6	0.80		1.02	1.30	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	45.98	15.33	12.26	613.0	0.613
0.6	0.85		1.02	1.28	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	45.36	15.12	12.85	604.8	0.605
0.6	0.90		1.02	1.27	0.73	1.00	1.00	1.0	1.0	1.22	44.82	14.94	13.44	597.5	0.598

qc : Capacidad Portante del Suelo para una zapata continua de ancho B a una profundidad Df

qp = qc / FS, donde FS = 3 (Factor de Seguridad)

Se chequea que : qp > qn en todos los casos

NOTA : Con este cuadro el diseñador estructural tiene una idea de las cargas máximas que soporta cualquiera de las cimentaciones propuestas con un Factor de Seguridad de 3 a la profundidad Df = 0.6 m

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



IX ASENTAMIENTOS

- **Asentamientos por Consolidación Primaria**

Esta deformación se da a lo largo del tiempo y ocurre principalmente en suelos cohesivos cuando son sometidos a una carga creciente causada por la construcción de una cimentación. Para nuestro caso se considera como carga crítica aquella que ocasione un asentamiento de 7.5 cm, que es un valor admisible por la Norma NSR-2010 para las dimensiones de cimentaciones propuestas y para la profundidad de empotramiento o desplante señalada.

De acuerdo al perfil estratigráfico el suelo cohesivo o estrato consolidable tiene un espesor mayor de 6.0 m, sin presencia de nivel freático. El bulbo de presiones en las zapatas aisladas se aproxima a $2.0 \cdot B$ y en las corridas a $3.0 \cdot B$, que es la profundidad donde se disipan en un 90% los esfuerzos verticales producidos por las cargas netas de contacto.

Se toman como referencia los datos obtenidos en los ensayos de caracterización y algunos parámetros de uso común recomendados en el Manual de Cimentaciones del Instituto Nacional de Vías:

- Gravedad Específica: $G_s = 2.67$ (Valor típico en la transición de arcillas y limos)
- Peso Unitario Promedio: $\gamma_d = 1.22 \text{ Tn/m}^3$
- Humedad del estrato: $W_n = 73.6 \%$
- Relación de vacíos inicial : $e_o = W_n \cdot G_s = 1.97$
- Límite Líquido en la superficie de contacto : 117%

De acuerdo a los resultados de la prueba de compresión simple el suelo limoso es



capaz de soportar cargas uniaxiales altas, que van de 14 a 25.9 Tn/m² a diferentes profundidades. Por las presiones admisibles se deduce que el suelo se halla sobreconsolidado, por tanto la tendencia del asentamiento por consolidación primaria se aproxima a la trayectoria de recompresión.

Para este caso el asentamiento por consolidación primaria se proyecta usando el coeficiente de expansión (Cs) en la ecuación general:

$$\Delta H = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right]$$

Formula de Rendón Herrera (1985):

$$C_c = 0.141 G_s^{1.2} \left[\frac{1 + e_0}{G_s} \right]^{2.38}$$

$$e_0 = 1.970$$

$$G_s = 2.670$$

$$C_c = 0.590$$

$$C_s = \frac{1}{5} * C_c = 0.118$$

Formula alternativa de Nagaraj y Murty (1985):

$$C_s = 0.0463 * \left[\frac{LL(\%)}{100} \right] * G_s$$

$$LL = 117.00 \text{ y } G_s = 2.670$$

$$C_s = 0.145$$

$$C_s = 0.145 \text{ para el chequeo geotécnico}$$



En la valoración de asentamientos por consolidación de las zapatas cuadradas y corridas con las geometrias propuestas, se toma como presión de contacto para el cálculo de esfuerzos efectivos el esfuerzo límite de falla qp hallado en el análisis de capacidad portante, siguiendo este procedimiento:

Para calcular el Esfuerzo Vertical causado por un área rectangularmente cargada se aplica la Teoría de NEWMARK

$$\sigma_z = 4 * q_n * I (m,n)$$

Donde : $m = 0.5 * B / Z$ y $n = 0.5 * L / Z$

Se divide el Area total en cuatro reticulos para cargar el esfuerzo en su centroide

Z : Profundidad por debajo de la fundación

$q_n = P_a / A$: Presión de contacto

P_a : Carga vertical transmitida por la columna o muros portante

A = Area de la cimentación a una profundidad de desplante Df

I(m,n) : Factor de Influencia

$$I(m,n) = \left\{ \frac{2mn(m^2+n^2+1)^{1/2}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \times \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} \arctang \left\{ \frac{2mn(m^2+n^2+1)^{1/2}}{m^2+n^2-m^2n^2+1} \right\} \right\}$$

Si $m^2n^2 > m^2+n^2+1$ el término I(m,n) se vuelve negativo, luego se hace necesario modificar la ecuación de la siguiente manera :

$$I(m,n) = \left\{ \frac{2mn(m^2+n^2+1)^{1/2}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \times \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} \arctang \left\{ \frac{2mn(m^2+n^2+1)^{1/2}}{m^2+n^2-m^2n^2+1} \right\} + \pi \right\}$$

El valor del Factor de Influencia I(m,n), siempre deberá estar entre :

$$0 < I (m,n) < 0.25$$

El espesor del Bulbo de Presiones se obtiene cuando $\sigma_z \geq 0.10 q_n$



CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA ESTRATO DE SUELO TIPO LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD (MH)

Parametros :

H : Espesor del estrato netamente cohesivo que se va a consolidar, para este caso es igual a la Profundidad del Bulbo de Presiones. Se presentan dos condiciones geotécnicas:

En zapatas cuadradas $H = 2B$

En zapatas corridas $H = 3B$

Cs: Índice de expansión para suelos preconsolidados o sobreconsolidados

e_0 : Relación de vacíos

σ'_0 : Presión efectiva inicial antes de colocar la carga calculada en la mitad del estrato que se va a consolidar

$$\sigma'_0 = \gamma * (D_f + H/2)$$

ΔH : Asentamiento por consolidación (m), se proyecta un valor de 0.075 m para toda zapata

$\Delta \sigma'$: Incremento del esfuerzo vertical debido a la sobrecarga y calculada en la mitad del estrato que se va a consolidar, es decir para $z = H / 2$.

CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA ΔH PARA LA MÁXIMA PRESIÓN DE CONTACTO ADMISIBLE DE CIMENTACIONES AISLADAS , UN SOLO ESTRATO DE SUELO COHESIVO Y PROFUNDIDAD DE EMPOTRAMIENTO $D_f = 0.60$ m

Espesor neto del Estrato de suelo cohesivo : 6.00 metros

D_f (m)	B (m)	L (m)	γ (Tn/m ³)	H (m)	Cs	e_0	σ'_0 (Tn/m ²)	ΔH (m)	$q_n = q_p$ (Tn/m ²)	Z (m)	$I(m,n)$	$\Delta \sigma'$ (Tn/m ²)
0.6	1.00	1.00	1.22	2	0.145	1.97	1.95	0.058	17.10	1.00	0.084	5.75
0.6	1.15	1.15	1.22	2.3	0.145	1.97	2.14	0.063	16.67	1.15	0.084	5.60
0.6	1.25	1.25	1.22	2.5	0.145	1.97	2.26	0.065	16.45	1.25	0.084	5.53
0.6	1.35	1.35	1.22	2.7	0.145	1.97	2.38	0.068	16.25	1.35	0.084	5.46
0.6	1.50	1.50	1.22	3	0.145	1.97	2.57	0.072	16.01	1.50	0.084	5.38

Aquí se calculan los asentamientos por consolidación primaria que se producen en las cimentaciones propuestas cuando la presión de contacto es igual al esfuerzo máximo admisible del suelo q_p (Tn/m²). Los valores de asentamiento están por debajo de los máximos admisibles recomendados en H.4.9.2. Es decir las condiciones geotécnicas del suelo de fundación son buenas, lo cual se refleja en asentamiento por consolidación primaria bajos y capacidad portante media. Cabe mencionar que las cargas de chequeo están sobredimensionadas.



CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA ΔH PARA LA MÁXIMA PRESIÓN DE CONTACTO ADMISIBLE DE CIMENTACIONES CORRIDAS, UN SOLO ESTRATO DE SUELO COHESIVO Y PROFUNDIDAD DE EMPOTRAMIENTO $D_f = 0.60$ m

Espesor neto del Estrato de suelo cohesivo : 6.00 metros

D_f	B	L	γ	H	C_s	e_o	σ'_o	ΔH	$q_n = q_p$	Z	$I(m,n)$	$\Delta \sigma'$
(m)	(m)	(m)	(Tn/m ³)	(m)			(Tn/m ²)	(m)	(Tn/m ²)	(m)		(Tn/m ²)
0.6	0.60		1.22	1.8	0.145	1.97	1.83	0.058	16.49	0.90	0.099	6.51
0.6	0.65		1.22	1.95	0.145	1.97	1.92	0.060	16.13	0.98	0.099	6.37
0.6	0.70		1.22	2.1	0.145	1.97	2.02	0.063	15.82	1.05	0.099	6.25
0.6	0.75		1.22	2.25	0.145	1.97	2.11	0.065	15.56	1.13	0.099	6.14
0.6	0.80		1.22	2.4	0.145	1.97	2.20	0.067	15.33	1.20	0.099	6.05
0.6	0.85		1.22	2.55	0.145	1.97	2.29	0.069	15.12	1.28	0.099	5.97
0.6	0.90		1.22	2.70	0.145	1.97	2.38	0.071	14.94	1.35	0.099	5.90

Aquí se calculan los asentamientos por consolidación primaria que se producen en las cimentaciones propuestas cuando la presión de contacto es igual al esfuerzo máximo admisible del suelo q_p (Tn/m²). Los valores de asentamiento están por debajo de los máximos admisibles recomendados en H.4.9.2. Es decir las condiciones geotécnicas del suelo de fundación son buenas, lo cual se refleja en asentamiento por consolidación primaria bajos y capacidad portante media. **Cabe mencionar que las cargas de chequeo están sobredimensionadas con respecto a las presiones de contacto reales.**

- **Asentamientos por Consolidación Secundaria**

Estos no se consideran ya que cualquier suelo orgánico por debajo de las áreas de las cimentaciones debe ser removido y remplazado con un SUELO ADECUADO acorde al Artículo 610_RELLENOS de la Norma del Instituto Nacional de Vías 2013.

- **Asentamientos elásticos o instantáneos**

Tampoco se tienen en cuenta porque estos se evidencian en estratos con suelos netamente granulares y no corresponden a este caso particular.

En el artículo H.4.9.2 de la Norma NSR - 2010 se establecen los límites de los asentamientos totales de la siguiente manera:

- a. Para construcciones aisladas 30 cm, siempre y cuando no se afecte la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.
- b. Para construcciones entre medianeros 15 cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

Los asentamientos totales son la suma de asentamientos inmediatos, por consolidación y secundarios, cuando estos últimos sean importantes.

Para las condiciones geotécnicas del presente estudio se da el caso de los asentamientos por consolidación primaria en un estrato netamente cohesivo.

En el diseño estructural de toda cimentación deben calcularse las excentricidades que haya entre el punto de aplicación de las cargas y el centroíde geométrico de la cimentación. Dichas excentricidades tienen que tenerse en cuenta en el cálculo de la capacidad ante falla, asentamientos totales, diferenciales y giros.

Al calcular los asentamientos se acepta suponer que el medio es elástico y se pueden usar las soluciones analíticas existentes o métodos numéricos.

La distribución de presiones de contacto deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Que exista equilibrio entre las presiones de contacto y las fuerzas internas y momentos transmitidos por la estructura.
- Que los asentamientos inmediatos más los de consolidación calculados con las presiones de contacto sean de magnitud admisible (H.4.9).
- Que las deformaciones diferenciales instantáneas más las de largo plazo, del sistema subestructura-superestructura, sean de magnitud admisible (H.4.9).

Para las condiciones de este proyecto se planteó que la capacidad de carga máxima de las cimentaciones es aquella que produce un asentamiento $\Delta H \leq 7.5$ cm.

Se demuestra numéricamente que al igualar la presión de contacto al esfuerzo límite de falla de las zapatas aisladas propuestas, a una profundidad de desplante de 0.60 metros, se pueden producir asentamientos por consolidación primaria del orden de 72 mm. Bajo las mismas condiciones se proyectan asentamientos de menos de 71 mm en las cimentaciones corridas.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com

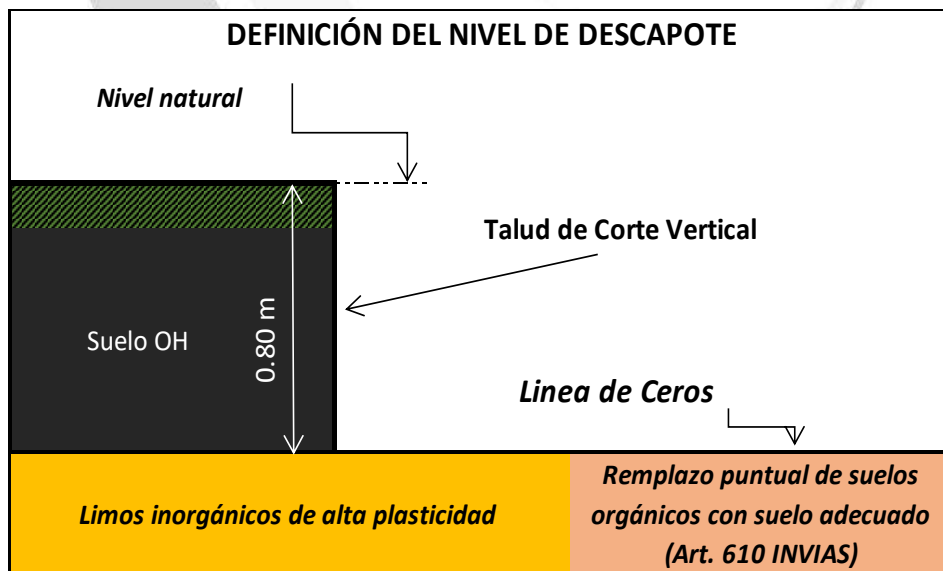


Con todo esto, se da cumplimiento al literal H.4.2.3 de la Norma Sismo Resistente que dice que la Capacidad Admisible de diseño para toda cimentación deberá ser el menor valor entre el esfuerzo límite de falla (H.4.2.1), reducido por el Factor de Seguridad y el que produzca asentamientos iguales a los máximos permitidos según H.4.8.

X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El perfil estratigráfico indica que el suelo natural de fundación está compuesto por LIMOS INORGÁNICOS DE ALTA PLASTICIDAD (MH). En la periferia de los sondeos 1 y 2, se observa a nivel superficial un relleno heterogéneo con material granular y escombros que llega a 0.20 metros de grosor. Por debajo de este, aparece un manto de suelo orgánico de color negro que llega a los 0.80 metros de profundidad. No hay presencia de nivel freático.

Se propone fijar un corte medio de **0.80 metros** de espesor en toda el área a intervenir. Esta cota se denomina línea de ceros.





GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

El volumen resultante de la excavación se debe remplazar técnicamente – con una compactación controlada - con SUELOS ADECUADOS, tal como los descritos en la Tabla 610-1 del Artículo 610 RELLENOS PARA ESTRUCTURAS de la Norma Invia 2013. El material de préstamo con estas características no modifica los términos del diseño geotécnico planteado en el presente estudio ya que tiene un CBR mínimo de 5 %, superior al de la subrasante natural obtenido por el Método de la AASHTO 2002.

Art. 610

Instituto Nacional de Vías
Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras

Tabla 610 - 1. Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota 1)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Nota 2. La muestra para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 610.5.2.2.1 y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

2. Los cimientos se diseñaran para evitar todo posible daño a la fundación y elementos no estructurales por las deformaciones y contracciones de los suelos. Uno de los objetivos es mantener controlado el contenido de humedad de tal manera que se minimicen los movimientos diferenciales que puedan causar daño en la estructura. El principal problema que se puede apreciar a partir de la información de campo es el potencial de colapso.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



De manera gráfica, empleando la curva del Manual de Cimentaciones del INVIAS, se puede observar que el suelo limoso presenta límites líquidos por encima de 70% y pesos unitarios secos por debajo de 0.85 Tn/m³.

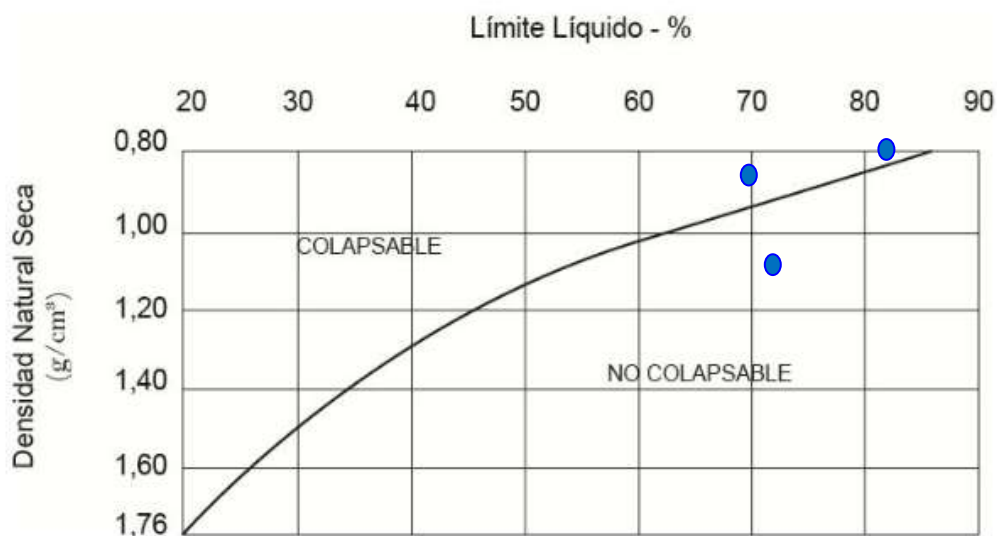


Figura 4.27. Criterios del potencial de colapso

En el literal H.9.3 de la Norma NSR-10 se detalla que los suelos colapsables son depósitos formados por arenas o limos, que si bien resisten cargas considerables en su estado seco, sufren pérdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan.

Por esta razón una vez la explanación llegue a la línea de ceros, se debe compactar toda la superficie con un equipo de vibrocompactación hasta alcanzar la densidad del proctor estándar, con ello se densifica el suelo natural a la profundidad de influencia de los bulbos de presiones de las zapatas. Luego se sigue con la extensión y compactación de un relleno de 0.80 metros de grosor en suelo seleccionado con las características descritas en el Artículo 610_ Rellenos para estructuras de la Norma INVIAS 2010, recuperando así la cota superficial de



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

terreno, ya que por la pendiente llana el manejo de aguas lluvias se dificulta y se pueden producir procesos indeseados de infiltración.

Queda claro que las cimentaciones se van a apoyar directamente sobre un mejoramiento con suelo adecuado.

Adicional a esto se debe colocar por encima de la cota del remplazo en suelo adecuado una **SOBREELEVACIÓN** de 0.20 metros de espesor en todas las superficies del diseño arquitectónico. El relleno se debe construir con material de **RECEBO TIPO 2 RE-75**, tal como aparece en el Artículo 320 de la Norma Invias 2013.

Tabla 610 - 2. Requisitos para material de recebo

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	65
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1.0	1.0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0
Resistencia del material (F)			
CBR de laboratorio, mínimo (%) <i>(Nota 1)</i>	E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

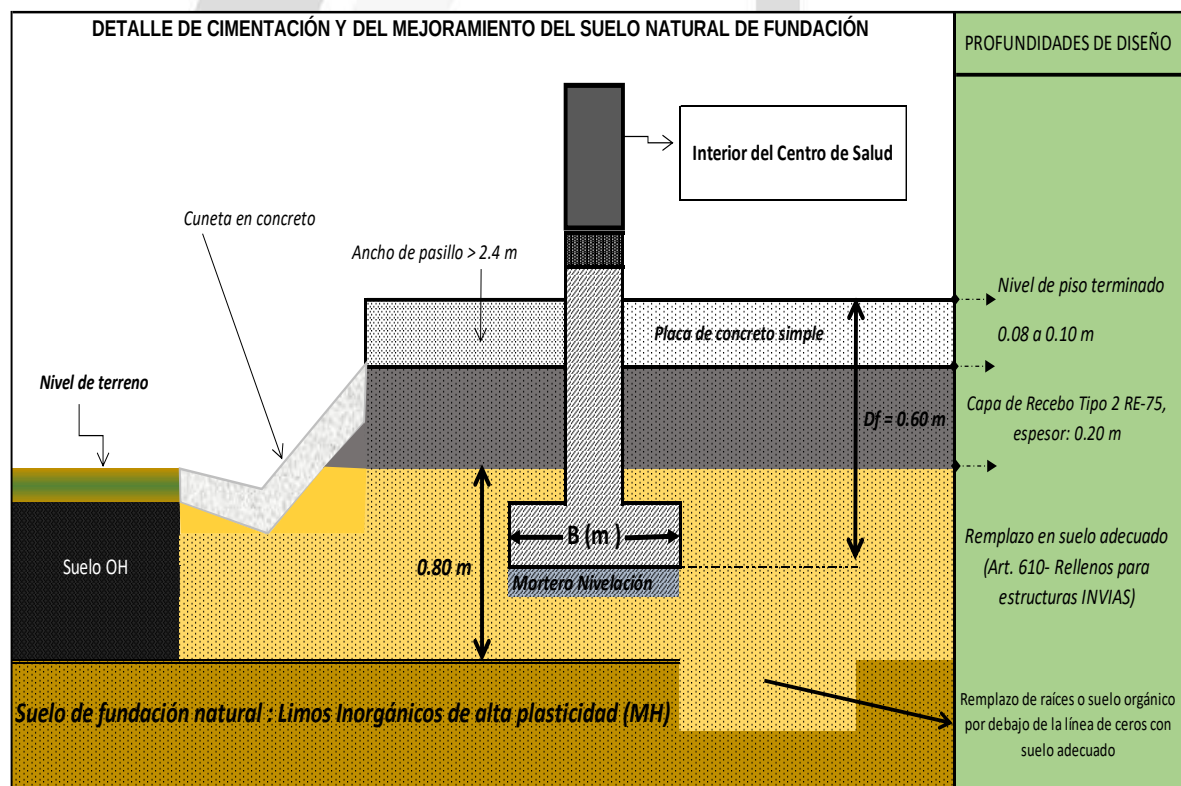
Tabla 610 – 3. Franjas granulométricas para material de recebo

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)				
	75	38	25.0	4.75	0.075
	3"	1 1/2 "	1"	No. 4	No. 200
	% PASA				
RE-75	100	-	70-100	30-75	5-30
RE-38	-	100	70-100	30-75	5-30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	7 %			6 %	3 %

La extensión y conformación de este terraplén, cumple la finalidad de aislar los pisos del incremento de la humedad producida por la infiltración de las aguas lluvias, el módulo resiliente de la capa granular le permite absorber cualquier movimiento diferencial del suelo expansivo que generalmente pueden producir fisuras en los elementos no estructurales y arquitectónicos. El material granular debidamente compactado, brinda un confinamiento vertical y lateral que no se alcanzaría con los suelos netamente cohesivos.

El nivel de piso terminado se considera como el Nivel 0+00 del diseño estructural y a partir de allí se mide la profundidad de desplante de las cimentaciones.

Para mayor entendimiento se presenta el detalle del mejoramiento propuesto:



- El suelo limoso de fundación hallado en las perforaciones presenta las siguientes propiedades físicas y mecánicas:



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE SUELO COHESIVO				
TIPO:	LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD			MH
Profundidad del Nivel Freático,			H _{NF} (mts) =	N/A
PARÁMETRO	VALORES			
	Mínimo		Máximo	
Compresión Simple: qu	10.20	Tn/m2	14.40	Tn/m2
Cohesión: C = qu/2	5.10	Tn/m2	7.20	Tn/m2
Consistencia: f(qu)	Firme		Firme	
Ensayo SPT : N	4	Golpes	7	Golpes
Consistencia: f(N)	Blanda		Mediana	
Límite Líquido	70.00	%	117.00	%
Límite Plástico	34.10	%	47.3	%
Índice de Plasticidad	35.90	%	69.7	%
Humedad Natural	48.80	%	73.6	%
Índice de Consistencia	0.52		0.66	
Consistencia	Blanda		Blanda	
%RET-4	0.0	%	0.0	%
Pasa N°4 - Ret 200	11.3	%	14.5	%
Pasa 200	85.5	%	88.7	%

DESCRIPCIÓN DEL SUELO NATURAL ENCONTRADO	
CONCEPTO	OBSERVACIONES
H.2.5_Suelos no cohesivos o granulares y suelos cohesivos.	Como el %Pasa200>30%, el LL%>30% y el IP%>10%, el suelo se considera NETAMENTE COHESIVO.
H.9.1.3_Identificación de Suelos Expansivos	De acuerdo a los Límites de Atterberg el suelo cohesivo tiene un Potencial de Expansión MUY ALTO
H.9.2_Suelos Dispersivos o Erodables	El suelo limoso por su cohesión y por presentar un IP>15% y un Pasa200>10% no es susceptible de presentar una separación acelerada de partículas al entrar en contacto con flujos de aguas
H.9.3_Suelos Colapsables	Los asentamientos por consolidación menores de 75 mm y la relación entre el Límite Líquido y los pesos unitarios, indican que el suelo limoso proveniente de cenizas de caídapresenta un potencial de colapso moderado.
Condiciones de Drenaje Superficial.	Considerando la pluviosidad de la región, se requiere diseñar y construir un sistema perimetral de alcantarillado pluvial, que permita direccionar por medio de cunetas y demas obras hidráulicas, las aguas lluvias que drenan al interior del área tributaria del proyecto de infraestructura.
Presencia y remoción de suelos y/o materiales de mala calidad	Se recomienda el corte y retiro de un manto de suelo orgánico de color negro de 0.8 metros de espesor, para remplazarlo por suelos adecuados.
Rellenos para Estructuras de acuerdo a la Norma Invias 610_13	Por debajo de la placa de concreto primario se debe extender y compactar una capa de RECEBO RE-75 - TIPO 2 de 0.20 m de espesor, que cumpla con los requisitos de calidad estipulados en las Tablas 610-2 y 610-3 del Artículo 610_Rellenos para estructuras de la Norma INVÍAS-2013.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email:geoanalisislab@hotmail.com

4. Para el Análisis Geotécnico se definen dos Condiciones de Diseño, en la primera aplicando las Teorías de Mecánica de Suelos se evalúa la Capacidad de Carga **qc** (Tn/m²) de cimentaciones aisladas o corridas empotradas a una profundidad de desplante de 0.6 m. La profundidad de desplante **Df** para toda estructura, se mide a partir del nivel de rasante del piso terminado.

Luego se halla la Capacidad Portante de Cimientos Superficiales por el Método de Esfuerzos de Trabajo para la Combinación de Carga Muerta + Carga Viva Normal según la tabla H.4.7-1 de la Norma NSR 2010 la cual se determina de la siguiente manera:

$$q_p = q_c / F_s ; \quad F_s = 3$$

$q_p > q_n$, donde q_n es la presión de contacto de cada uno de los elementos estructurales.

En la segunda condición se toma como presión de contacto para el cálculo de los esfuerzos efectivos de los Asentamientos por Consolidación Primaria los esfuerzos límites de falla de las cimentaciones propuestas. Los valores obtenidos se comparan con un límite del orden de 7.5 cm que es un valor de uso común para este tipo de proyectos, es decir se toma como referencia un valor admisible para asentamientos totales acorde al artículo H.4.9.2 de la Norma NSR – 2010.

En esta situación, la máxima deformación calculada es del orden de 72 mm, que es un valor tolerable a todo punto de vista de la norma. El literal H.4.2.3 de la Norma Sismo Resistente establece además que la Capacidad Admisible de diseño para toda cimentación deberá ser el menor valor entre el esfuerzo límite de falla (H.4.2.1), reducido por el Factor de Seguridad y el que produzca asentamientos iguales a los máximos permitidos según H.4.8.

5. En el área del proyecto se encuentran limos con potencial de colapso y de expansión, originando consistencias blandas del mismo, por este motivo es

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



fundamental garantizar que en todo momento el suelo natural de fundación se encuentre impermeabilizado. Entonces se hace necesario el diseño y construcción de un sistema de alcantarillado pluvial, acorde a la normatividad vigente compuesto por cunetas, canales, bajantes de aguas lluvias y pisos de patios en concreto que cumplen la función principal de garantizar que los cambios de humedad y la saturación afecten mínimamente la resistencia, durabilidad y capacidad portante de los suelos por debajo de las obras civiles.

6. Se escoge para la sobreelevación de 0.20 metros de grosor, el material de RECEBO TIPO 2 RE-75, por sus propiedades cohesivo friccionantes que permiten mayor densidad y baja permeabilidad. La deformación total no contempla los asentamientos instantáneos ni secundarios por no tener relación con las características del estrato natural.
7. La capacidad de carga de las **CIMENTACIONES CUADRADAS Y CORRIDAS** a una profundidad de desplante **Df = 0.60 metros**, analizadas acorde al Título H de la NSR-2010 se presenta a continuación:

GEOMETRÍA			CAPACIDAD DE CARGA			COEF. BALASTO	
Df	B	L	q _{ult}	qp	P _{adm}	Ks	Ks
(m)	(m)	(m)	(Tn/m ²)	(Tn/m ²)	Tn	Tn/m ³	Kg/cm ³
0.6	1.00	1.00	51.30	17.10	17.10	684.0	0.684
0.6	1.15	1.15	50.02	16.67	22.05	667.0	0.667
0.6	1.25	1.25	49.34	16.45	25.70	657.9	0.658
0.6	1.35	1.35	48.76	16.25	29.62	650.2	0.650
0.6	1.50	1.50	48.04	16.01	36.03	640.5	0.640



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

qc : Capacidad Portante del Suelo para una zapata cuadrada o corrida de ancho B a una profundidad Df

qp = qc / FS, donde FS = 3 (Factor de Seguridad)

Se chequea que : qp > qn en todos los casos

qn: Presión de contacto para el Estado D+L por el Método de Esfuerzos de Trabajo

GEOMETRÍA		CAPACIDAD DE CARGA			COEF. BALASTO	
Df	B	q ult	qp	Padm	Ks	Ks
(m)	(m)	(Tn/m ²)	(Tn/m ²)	Tn/m	Tn/m ³	Kg/cm ³
0.6	0.60	49.46	16.49	9.89	659.4	0.659
0.6	0.65	48.39	16.13	10.48	645.1	0.645
0.6	0.70	47.47	15.82	11.08	632.9	0.633
0.6	0.75	46.67	15.56	11.67	622.3	0.622
0.6	0.80	45.98	15.33	12.26	613.0	0.613
0.6	0.85	45.36	15.12	12.85	604.8	0.605
0.6	0.90	44.82	14.94	13.44	597.5	0.598

El literal H.4.2.3 de la Norma Sismo Resistente 2010 establece que la Capacidad Admisible de diseño para toda cimentación deberá ser el menor valor entre el esfuerzo límite de falla (H.4.2.1), reducido por el Factor de Seguridad y el que produzca asentamientos iguales a los máximos permitidos según H.4.8.

El Coeficiente de Balasto está definido como el valor obtenido del cociente entre el incremento de presión de contacto (q) y el desplazamiento esperado (δ) tal como aparece a continuación:

$$K_s = q / \delta \text{ (Tn/m}^3\text{)}$$

Es decir es una relación conceptual entre la presión admisible del suelo y la deformación del suelo, que es muy usada en el diseño por el Método Flexible de zapatas continuas y losas de fundación. Existen diferentes expresiones que nos permiten correlacionar la información de campo y obtener un valor racional de este término también conocido como Coeficiente de Winkler:

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



En este caso se aplica el Método de Bowles cuya expresión se relaciona con la capacidad última de carga y una deformación esperada de 25 mm:

$$K_s (Tn/m^3) = 40 q_p (Tn/m^2)$$

8. Se concluye que para la estructura Tipo Pórticos en concreto reforzado la fundación más adecuada es con Cimentaciones aisladas, amarradas entre sí de forma ortogonal configurando anillos rectangulares en planta, de tal manera que se asegure la transmisión de las cargas al suelo en forma integral y equilibrada. Para el Sistema antisísmico de Muros de Carga es válido emplear cimentaciones corridas con las mismas condiciones de rigidez en ambas direcciones. Se calcula la capacidad portante con diferentes anchos o tamaños para garantizar presiones de contacto similares entre cimentaciones consecutivas, con lo cual se evitan los asentamientos diferenciales. Para todos los casos, el *nivel de desplante* $D_f=0.60\text{ m}$ se mide a partir del nivel de piso terminado.
9. Todo concreto reforzado en contacto con suelo debe llevar un solado de nivelación de espesor mínimo de 50 mm en concreto de baja resistencia (17.5MPa), el cual cumple la función de garantizar la limpieza del refuerzo y del concreto al momento de la fundición a la vez que sirve como referencia de nivelación. El recubrimiento del acero de refuerzo de los elementos estructurales en contacto con el suelo debe ser mínimo de 75 mm en cualquier dirección.
10. Queda claro que el alcance de este estudio se aplica solamente a una UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE CATEGORÍA BAJA. Una cimentación de dimensión diferente a las consignadas en las Tablas de Diseño de este Documento debe ser consultada para realizar los chequeos respectivos acorde a la Formulación Matemática y los criterios expuestos de manera concisa en los Capítulos VIII, IX y X de este documento técnico.

11. Los valores de los coeficientes que intervienen en el cálculo de las cargas sísmicas horizontales del Centro de Salud en el Corregimiento Los Angeles, Municipio de El Tambo (Cauca), son los siguientes:

**COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE EN LA BASE DE LA ESTRUCTURA
(A . 4 . 3 . 1)**

Parámetros Básicos para el Análisis Sísmico de la Edificación Título A NSR - 2010		Valor
Departamento	CAUCA	
Municipio	EL TAMBO	
Código del Municipio según Apéndice A-4		19256
Coef. de aceleración pico efectiva del sitio del proyecto (Aa)		0.30
Coef. de velocidad pico efectiva del sitio del proyecto (Av)		0.25
Nivel de Amenaza Sísmica (A.2.3)		ALTA
A.2.4.4- Definición del Tipo de Perfil de Suelo		E
A.2.4.5.5- Coef. amplificación de la aceleración en la zona de periodos cortos, por efectos de sitio (Fa)		1.24
A.2.4.5.6- Coef. de amplificación de la aceleración en la zona de periodos intermedios (Fv)		3
A.2.5.1- Grupo de Uso :	Edificación Indispensable	GRUPO IV
Coeficiente de Importancia (I)		1.50

12. El Proceso Constructivo de la cimentación se señala a continuación:

- Se localizan con equipos topográficos las áreas del proyecto de infraestructura hospitalaria y se realiza el descapote hasta llegar a la **línea de ceros** del proyecto arquitectónico. Los suelos remanentes de la excavación deben ser acarreados y depositados en un sitio autorizado por la interventoría, que cumpla con las normatividades ambientales y directrices estipuladas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca –CRC- .
- Una vez se llegue al nivel de la **línea de ceros**, se debe supervisar que el resto de área del proyecto esté libre de raíces y demás sustancias perjudiciales, en caso de presentarse esta situación, los suelos orgánicos se excavan y se



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

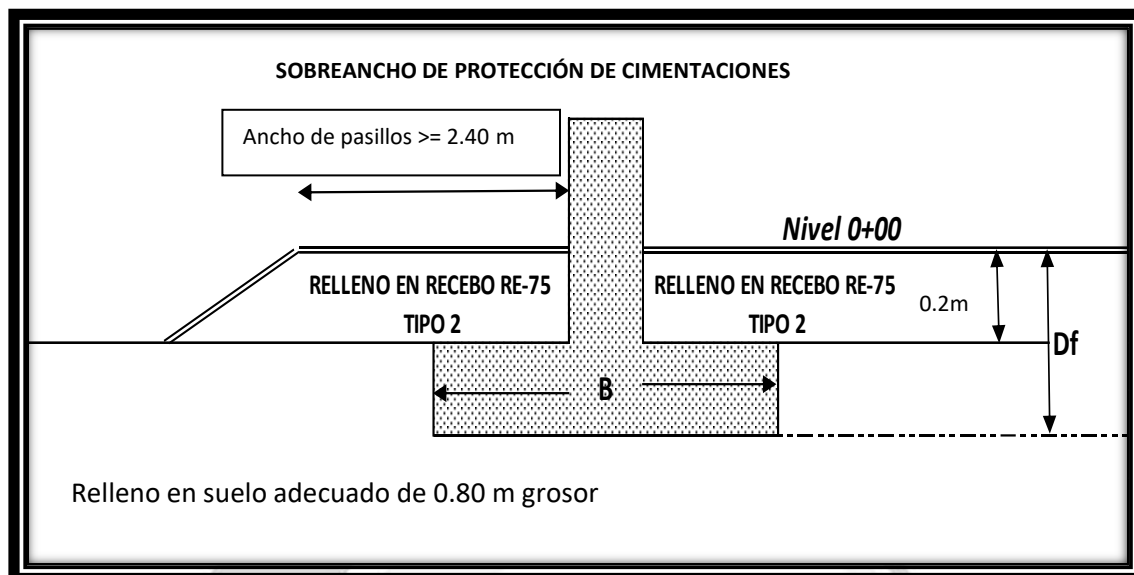
remplazan por suelos adecuados, los cuales se compactan hasta que alcancen la densidad de campo del Proctor Normal.

- Se realiza la extensión y compactación de un relleno en material tipo SUELO SELECCIONADO con un espesor de 0.80 metros en las áreas del proyecto de infraestructura en salud. Se conforman capas de no más de 0.10 m de espesor, las cuales se reciben por densidades y por topografía de acuerdo a las carteras del diseño urbanístico. Para evitar retrasos en el cronograma se recomienda compactar las capas por el lado de la rama seca de la curva de compactación del ensayo Proctor Modificado.
- Se construyen las redes de las instalaciones hidrosanitarias y el alcantarillado pluvial.
- Se prosigue con la extensión y compactación de una sobrecarga en material de RECEBO TIPO 2 RE-75 con un grosor de 0.20 metros en toda la superficie del nuevo centro de salud. Se conforman capas de no más de 0.10 m de espesor, las cuales se reciben por densidades y por topografía de acuerdo a las carteras del diseño urbanístico. Se recomienda compactar las capas por el lado de la rama seca de la curva de compactación del ensayo Proctor Modificado.
- Cuando se alcance el nivel de corona del relleno de acuerdo al diseño topográfico y con las densidades requeridas, la comisión de topografía ubica los ejes de las fundaciones de las diferentes estructuras. Alrededor de estos ejes perimetrales se debe garantizar un sobreancho de protección de las cimentaciones, también en recebo RE-75 TIPO2 de 40 cm de grosor, el cual no debe ser menor a 2.40 m.

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



- Las cuadrillas de obreros realizan la excavación manual de las profundidades de desplante D_f señaladas en los planos estructurales y 0.05 m adicionales para la colocación de los solados de nivelación. Luego se siguen los procedimientos normales de amarre de aceros y fundición en concreto.
- Los elementos que componen la estructura de cimentación deben fundirse de forma monolítica. Se debe prever toda la logística relacionada con el volumen y suministro oportuno, idoneidad del personal y equipos de extensión y vibrado debidamente calibrados y con un equipo de relevo en caso de daño. En todo momento el contratista debe contar con personal calificado y cumplir con todos los requisitos de ley que impone la Norma Colombiana de Construcciones Sismoresistentes para esta categoría de edificaciones. El sentido de la fundición debe arrancar desde la esquina más alejada y terminar en el eje más cercano a la ruta de acceso. En caso de presentarse una junta de construcción por un evento imprevisto se debe disponer para el uso inmediato de una Cinta SIKA-PVC V-15 en rollos de 30 m x 0.15 m que permitan formar un diafragma hermético que prevenga el paso del líquido a través de la junta.
- Para evitar fisuras en la placas en concreto simple que sirven de piso primario al

interior del centro de salud, por efecto de los esfuerzos de alabeo y por los cambios de temperatura, se recomienda hacer losas cuadradas, que trabajen por trabazón de agregados, con una longitud equivalente al 25% del espesor tomado en centímetros, es decir $L (m) < 0.25 H (cm)$.

- Se proceden a construir las cunetas en concreto simple y velar por la correcta instalación de cajas y acometidas de los bajantes de la estructura de cubierta, de tal manera que se unan al alcantarillado pluvial.
- En la periferia de las áreas constructivas no deben quedar superficies expuestas al intemperismo. Se pueden sembrar espedones en brachiaria o pastos típicos de la región, de tal manera que se evite la infiltración de aguas lluvias.

13. Las recomendaciones del presente estudio técnico se ajustan a los registros de perforación y a los cálculos teóricos. Si durante la etapa de construcción del proyecto se encuentran condiciones no previstas en el análisis técnico, se solicita se comunique de manera oportuna la novedad para realizar los ajustes pertinentes.

Ing. JOSÉ ANDRÉS MARTÍNEZ DORADO
MAT. 19202-81425 DEL COPNIA
CC. 76.326.139 POPAYÁN

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

INGENIERO CONSULTOR

El suscrito Ingeniero Civil JOSÉ ANDRÉS MARTÍNEZ DORADO con matrícula profesional 19202 -81425 CAUCA del Copnia, como responsable de este estudio y conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 “Experiencia del Ingeniero en Geotecnia” (Título H.1, Literal H.1.1.21: Firma de los Estudios) certifico que cumplo con la Norma y asumo la responsabilidad del presente Estudio Geotécnico exonerando a las autoridades Municipales competentes, conforme a lo establecido por la NSR – 2010 (Ley 400 de 1997, Título III, Capítulo I, Artículos 5 y 6 : Responsabilidad de los diseños), en cualquier caso , situación o eventualidad que pudiera presentarse, en el proyecto al que hace referencia el presente estudio, no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo, no se asume responsabilidad civil ni penal alguna.

Además por medio del presente Certifico que los protocolos utilizados en el Estudio Geotécnico para el Proyecto CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD DEL CORREGIMIENTO LOS ANGELES, MUNICIPIO DE EL TAMBO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, solicitado por E.S.E Hospital del Tambo Cauca - Dr. Alexander De Jesús Sánchez, son los que están contemplados en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR – 2010, en el Manual de Cimentaciones y de Especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías, la Ley 1229 de 2008 y demás decretos reglamentarios.

Para constancia se firma en Popayán en el mes de Marzo del año 2018.

Atentamente

JOSÉ ANDRÉS MARTÍNEZ DORADO
INGENIERO CIVIL M.P. 19202 - 81425 CAUCA
C.C. 76.326.139 DE POPAYÁN
Cel 311 363 8787



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos



JOSÉ ANDRÉS MARTÍNEZ DORADO
INGENIERO CIVIL M.P. 19202 - 81425 CAUCA
C.C. 76.326.139 DE POPAYÁN
Cel 311 363 8787

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email: geoanalisislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos



CERTIFICADO DE VIGENCIA Y ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS
Nº E2018VEN00053728

REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE
INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que MARTINEZ DORADO JOSE ANDRES identificado (a) con Cédula de Ciudadanía Nº 76326139, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, como INGENIERO CIVIL con Matrícula Profesional Nº 19202-81425 CAU desde el (los) quince (15) día(s) del mes de junio del año dos mil (2000).
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 nueve (9) días del mes (marzo) del año dos mil dieciocho (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 527 de 1999.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web <http://gdocumental.copnia.gov.co/investiteCSV> 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: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co



Documento firmado por: CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA, Nº de serie: 12310838-4675637-908992322119189060538850.
Emisor del certificado: AC TESTINTE CERTIFICAMARA S.A., Fecha de emisión de la firma: 09/03/2018 21:40:21
Código Seguro de Verificación (<http://gdocumental.copnia.gov.co/investiteCSV>): J431R56P-05KIH-Wos5NC <http://www.copnia.gov.co>
Página 1 de un total de 1 página(s).

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán
Email:geoanalisislab@hotmail.com

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD DEL GEOTECNÓLOGO

El suscrito Geotecnólogo **Luis Enrique Tobar Plaza** con matrícula profesional 19516009060 CAU, Representante legal del laboratorio de suelos concretos y pavimentos GEOANALISIS-LAB, se hace responsable por la ejecución de los ensayos de laboratorio del Estudio Geotécnico para el Proyecto CONSTRUCCION Y ADECUACION DEL CENTRO DE SALUD CORREGIMIENTO LOS ANGELES, MUNICIPIO DE EL TAMBO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, solicitado por E.S.E Hospital del Tambo Cauca - Dr. Alexander De Jesús Sánchez y certifica que la información se ajusta a las Normas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, y de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, las cuales forman parte integrante del Reglamento NSR – 2010.

Para constancia se firma en Popayán en el mes de Marzo del año 2018.

Atentamente



Luis Enrique Tobar Plaza
Geoanálisis - Lab
MAT 19516009060 CAU



GEOANALISIS - LAB

Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos



ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email:geoanalisislab@hotmail.com



**ENSAYOS DE LABORATORIO Y REGISTRO
PERFORACIÓN**

Email: geoanalysislab@hotmail.com



XII REGISTROS FOTOGRÁFICOS

Email: geoanalysislab@hotmail.com



GEOANALISIS - LAB
Laboratorio de Concretos, Suelos y Pavimentos

XIII LOCALIZACIÓN DE SONDEOS

ESTUDIO DE SUELOS-ENSAYOS DE LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD

Calle 42N No.6-28 Barrio Vega de Prieto Tel. 8202306 Cel.3154683980 Popayán

Email:geoanalisislab@hotmail.com

TABLA DE CONTENIDO

- I. *PROPÓSITO Y CONTENIDO DEL ESTUDIO DE SUELOS*
- II. *LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE PROYECTO*
- III. *CRITERIOS GENERALES PARA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO*
- IV. *SELECCIÓN DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO.*
- V. *PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS ENCONTRADOS*
- VI. *GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL*
- VII. *SISMICIDAD REGIONAL Y LOCAL*
- VIII. *ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO*
- IX. *ASENTAMIENTOS*
- X. *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*
- XI. *REGISTROS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO*
- XII. *REGISTROS FOTOGRÁFICOS*
- XIII. *LOCALIZACIÓN DE SONDEOS*