



INTERVENTOR:  
CONSULOBRAS

CONSORCIO AMP - P & D  
ESTUDIOS DE SUELOS



INF-SU\_01-V1  
04-07-2014

## INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS

BUGA - 9124

### SENA

CONTRATAR LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y LOS DISEÑOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES, CON FUNDAMENTO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 DE EDIFICACIONES DEL SENA A NIVEL NACIONAL, UBICADAS EN ZONAS DE AMENAZA SÍSMISCA ALTA E INTERMEDIA.

FECHA:  
JULIO 04 DE 2014

REVISIÓN. 00

## TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCION.-	3
1.1	OBJETO-	3
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-	3
1.3	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	3
2.0	TOPOGRAFÍA.-	4
3.0	GEOLOGÍA.-	4
4.0	INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-	5
4.1	DESCRIPCION DEL SUBSUELO.-	6
4.2	ENSAYOS DE LABORATORIO.-	10
4.2	NIVEL DE AGUAS.-	11
5.0	PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-	11
6.0	METODOLOGIAS DE DISEÑO.-	12
7.0	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-	13
7.1	ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-	13
7.2	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-	20
8.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-.	21
9.0	PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-	23
10.0	OBSERVACIONES FINALES.-	23

### ANEXOS

- ANEXO 1 SONDEOS
- ANEXO 2 ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEXO 3 CALCULOS

<b>Fecha</b>	<b>Versión</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Modificaciones</b>	<b>Motivo</b>
20-06-14	1	47 Estructuras	---	---
03-07-14	2	47 Estructuras	Se revisa factor de seguridad actual para cimientos tipo 2, 4 y 6 de acuerdo con las cargas suministradas por el cliente	Solicitud cliente

Bogotá, D.C., Julio 03 de 2014  
EYR-S 12999 - Buga

Doctora  
**GABRIELA MENDEZ**  
Ciudad

Estimada Doctora:

Tenemos el gusto de entregarle el estudio de suelos definitivo para las estructuras del **CENTRO AGROPECUARIO DE BUGA – HACIENDA LA JULIA CAISA (código 9124)**, ubicado en el Municipio de Buga (Valle del Cauca).

A continuación se ilustra la localización general de la zona de estudio:



Localización general del predio obtenida de una vista panorámica en **Google Earth**.

## **1.0 INTRODUCCION.-**

### **1.1 OBJETO-**

El presente estudio tiene por objeto realizar la evaluación geotécnica de la cimentación de las estructuras existentes para verificar su condición de trabajo. Dentro del análisis geotécnico se establecen las características de la cimentación y su profundidad, las propiedades geomecánicas de los diferentes estratos que conforman el subsuelo, los parámetros geotécnicos de trabajo actuales incluyendo factores de seguridad para evaluar así la necesidad de proyectar refuerzo a los cimientos existentes.

### **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.-**

De acuerdo con la información suministrada a esta consultoría en la zona de estudio se tiene un total de 47 estructuras de 1 a 2 pisos. Dichas estructuras están construidas en muros de carga y/o pórticos de concreto reforzado con luces entre ejes de muros y/o columnas entre 3.0m y 5.0m. Las cargas actuales, estimadas por áreas aferentes, son inferiores a 6.0 ton/ml para cargas distribuidas e inferiores a 40 toneladas para cargas puntuales.

### **1.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS**

Con base en todo lo anterior se programaron perforaciones exploratorias para determinar las características geomecánicas del subsuelo. El presente informe incluye una evaluación de los parámetros de trabajo actuales de la cimentación de las estructuras así como los parámetros para un posible refuerzo y/o incremento en las cargas.

## **2.0 TOPOGRAFÍA.-**

El predio donde se encuentran implantadas las estructuras existentes presenta una topografía con pendientes que oscilan entre 0.20% y 1.00%.

## **3.0 GEOLOGÍA.-**

El Municipio de Buga se ubica prácticamente en el piedemonte del flanco occidental de la Cordillera Central y algunas urbanizaciones están emplazadas en las estribaciones rocosas de la cordillera. El tectonismo indudablemente afecto los depósitos del Cuaternario levantándolos y disectando la zona con formas de abanicos dentro de los cuales se destaca el ápice de la ciudad de Buga como material más reciente.

El estrato del Cuaternario denominado Abanicos Recientes QALr corresponden a los abanicos recientemente depositados por el río Guadalajara los cuales están constituidos hacia el ápice por bloques de rocas ígneas fundamentalmente derivadas del batolito de Buga, su composición petrográfica es de cuarzodiorita; también coexisten con estos materiales fragmentos de anfibolitas y gabros provenientes de la desintegración del macizo ofiolítico de Ginebra. Este tipo de material se puede observar sobre el río Guadalajara en las cercanías de una bocatoma que existe agua abajo (unos 200 m) del cruce de la vía que conduce al cerro del Derrumbado. El abanico de Buga hace parte de la misma litología del depósito aluvial del río Guadalajara que se extiende hacia el costado Oriental<sup>1</sup>.

---

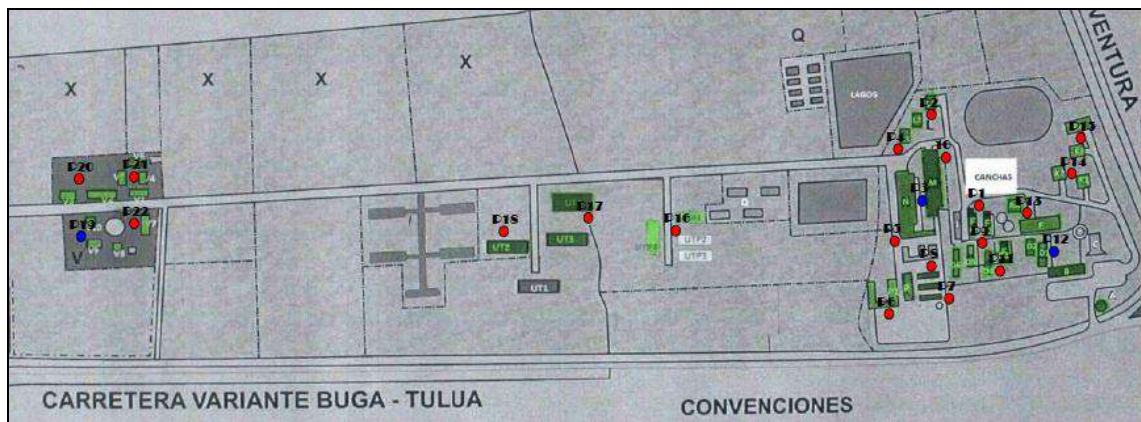
<sup>1</sup> Tomado de la *Microzonificación Sísmica y Estudios Generales de Riesgo Sísmico en las ciudades de Palmira, Tuluá y Buga. Capítulo 2 Reconocimiento Geológico y Geomorfológico. Universidad de los Andes, 2005. CVC.*

#### 4.0 INVESTIGACIÓN SUBSOLAR.-

Cabe anotar que el número de perforaciones final fue determinado de acuerdo con el capítulo H.3.2.3 tabla H.3.2.1 de la NSR-10 en el que se expresa el número mínimo de sondeos y profundidad por categoría de la unidad de construcción, que para el presente proyecto corresponde a categoría baja.

De acuerdo con lo anterior se efectuaron 22 sondeos distribuidos así: 3 de 8.0m de profundidad y 19 de 4.0m de profundidad perforados con equipo de percusión y lavado. A lo largo de los sondeos se realizó el ensayo de penetración estándar como índice de la consistencia de los suelos limosos y arcillosos y como medida de la densidad de los estratos granulares allí detectados. Finalmente se tomó un número suficiente de muestras alteradas para inspección visual y posterior envío al laboratorio para ensayos de límites de Atterberg, humedad natural, pesos unitarios, granulometría, compresión confinada, dispersión y clasificación USCS y AASHTO.

A continuación se muestra un esquema con la localización de los sondeos efectuados:



Así mismo a continuación se ilustran algunas fotografías de los trabajos de campo adelantados:

	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
1		<p>Instalación del equipo de perforación</p>
2		<p>Ejecución de perforaciones</p>

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO.-

A continuación se describe la estratigrafía promedio detectada a partir de los niveles actuales del terreno:

- a) 0.0 – 0.50/2.30 m.                      Capa vegetal, arcilla limosa carmelita oscura de consistencia firme a muy dura con raíces y/o relleno



conformado por arcilla, limo y gravas. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 5 y 49 golpes/pie. Este estrato no se ha encontrado en todos los sondeos y el mayor espesor se detectó en el sondeo No. 4 con 2.30m de espesor.



b) 0.50/2.30 – 1.20/6.50 m.

Limo arenoso carmelito y/o amarillo verdoso de consistencia dura a muy dura, con vetas de color gris y algunos trazos rojos. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 15 y 63 golpes/pie. En los sondeos No. 8, 9 y 11 no se encontró este estrato. Así mismo de acuerdo con el ensayo de dispersión efectuado, se tiene que este estrato es dispersivo.

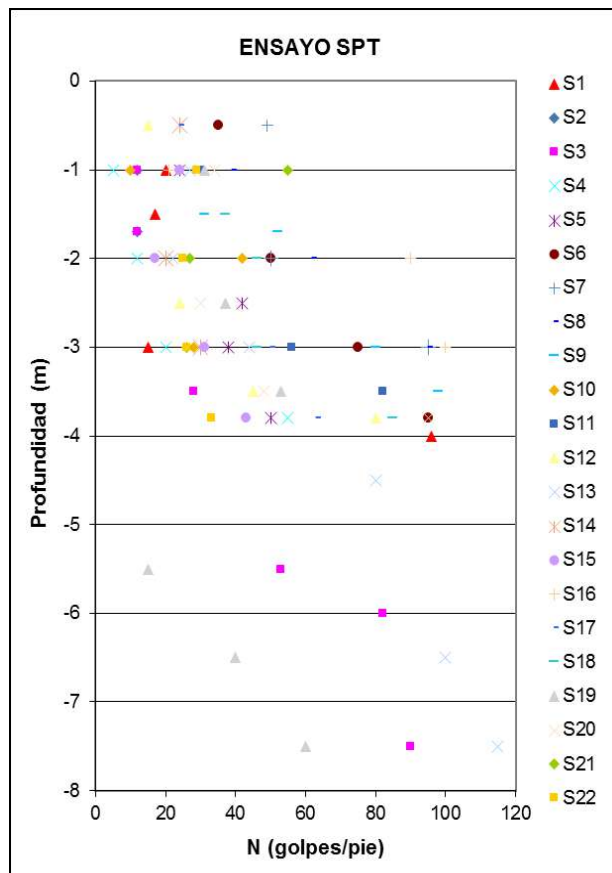


c) 1.20/6.50 – 8.00 m.

Arena limosa carmelita y/o amarilla con gravas de densidad compacta a muy compacta, con pintas negras y con algunas intercalaciones de limo arenoso. El ensayo de penetración estándar arrojó valores de N entre 26 y 115 golpes/pie. En los sondeos No. 1, 3 y 16 se encontró un estrato de grava limo arenosa amarilla.

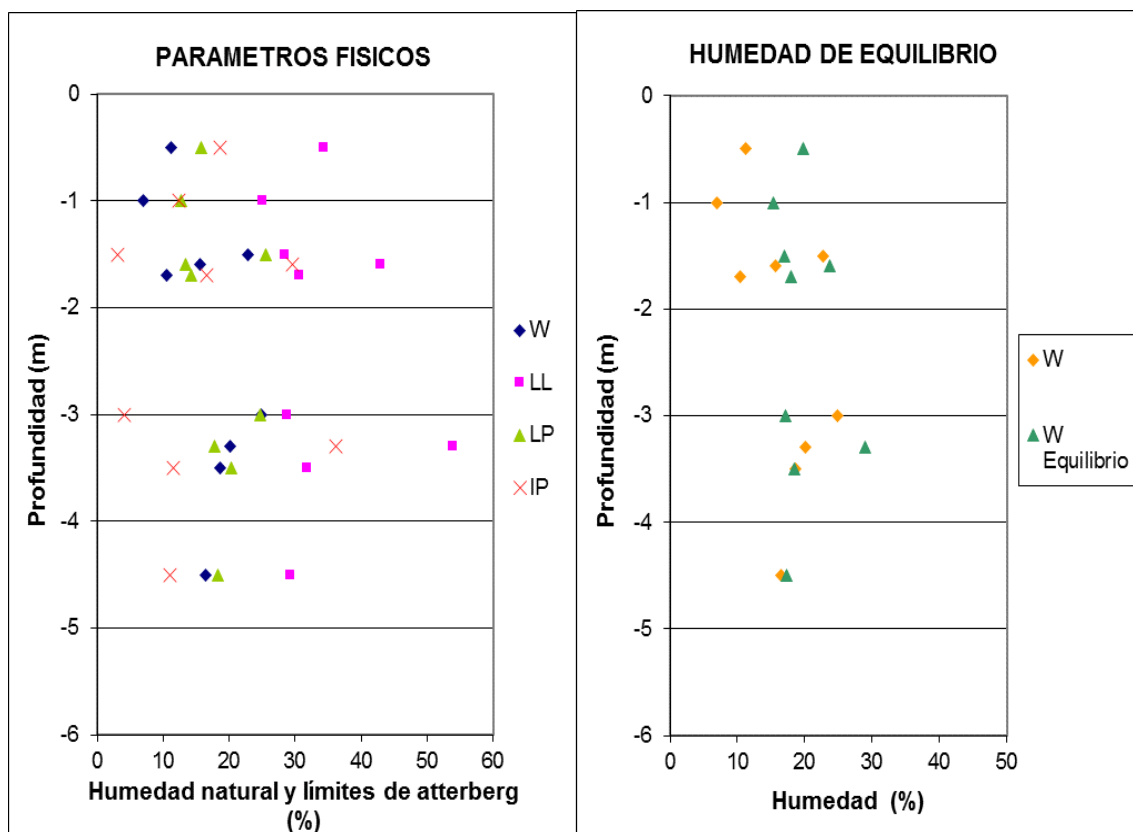


Con base en los ensayos de penetración estándar efectuados en campo se realizó una gráfica de N en función de la profundidad, como se ilustra a continuación:



## 4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.-

Teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada a lo largo de la zona explorada y de acuerdo con la frecuencia y tipos de ensayos especificados se tomaron muestras representativas de los mantos para enviar al laboratorio a realizar los diferentes ensayos. A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de humedad natural y límites de Atterberg, se realizaron gráficas de los parámetros físicos en función de la profundidad obteniendo algunos puntos con humedades de equilibrio superiores a la humedad natural, condición que indicaría condiciones expansivas de los suelos como se ilustra a continuación:



Sin embargo se revisó la condición de expansión a la luz de la NSR-10, de

acuerdo con la tabla H.9.1-1 de dicha norma, obteniendo que, para los límites líquidos e índices de plasticidad obtenidos, el suelo del proyecto presenta un potencial expansivo bajo a medio como se muestra a continuación:

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup>	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra ( $\mu$ )	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

#### 4.2 NIVEL DE AGUAS.-

No se detectó agua libre a las profundidades exploradas.

#### 5.0 PARAMETROS GEOTECNICOS DE DISEÑO.-

Teniendo en cuenta las características geomecánicas del subsuelo obtenidas del programa de ensayos de campo y laboratorio, se determinaron los parámetros de resistencia al corte y compresibilidad de los mantos a lo largo de la profundidad explorada obteniendo lo siguiente:

Estrato	Profundidad (m)	$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	N (golpes/pie)	$\phi$ (°)	E (t/m <sup>2</sup> )
1	0.00 – 0.50/2.30	1.50	---	---	5 a 49	26	653
2	0.50/2.30 – 1.20/6.50	1.95	2.00	1.00	15 a 53	---	1445
3	1.20/6.50 – 8.00	1.99	---	---	16 a 115	32	3945

- Los valores de peso unitario ilustrados en el cuadro corresponden al promedio de los obtenidos en los ensayos de laboratorio en cada estrato.
- Los valores de Qu ilustrados se obtuvieron a partir de correlaciones con el

ensayo SPT.

- Los valores de ángulo de fricción en los estratos granulares fueron obtenidos a partir de las formulaciones de Osaki en función del SPT de la siguiente manera:

$$\text{Osaki: } F_i = (20N)^{1/2} + 15$$

- Los módulos de elasticidad fueron calculados a partir de las correlaciones de acuerdo con la literatura, Tabla 5-5 Equations for stress-strain modulus  $E_s$  by several test methods (FOUNDATION –ANALYSIS AND DESIGN- JOSEPH E. BOWLES), donde se tiene lo siguiente:

<u>Arenas y/o material granulares:</u>	$E \text{ (kPa)} = 500 (N+15)$
	$E \text{ (kPa)} = 18000 + 750N$
	$E \text{ (kPa)} = (15200 \text{ to } 22000) \ln N$

<u>Rellenos, arcillas y/o limos:</u>	$E \text{ (kPa)} = 320 (N+15)$
	$E \text{ (kPa)} = (100 \text{ to } 500) c$

Finalmente no sobra anotar que los parámetros finales adoptados hacen parte de los criterios y la experiencia del geotecnista de diseño.

## 6.0 METODOLOGIAS DE DISEÑO.-

Para efectos del desarrollo de los diseños se seguirán metodologías elásticas clásicas, modelos clásicos de la Ingeniería geotécnica incluidos en la literatura especializada y utilizada ampliamente por esta oficina a lo largo de su ejercicio profesional. Así mismo se utilizaron los siguientes modelos o paquetes computacionales:

- Programa de sondeos.

- Cbear: Para el cálculo de capacidad portante de cimientos superficiales.
- Slide 5.0 de Rocscience para el cálculo de factor de seguridad en sismo para capacidad portante.
- Settle 3D: Programa de elementos finitos para el cálculo de asentamientos.
- PHASE: Para la modelación mediante métodos de elementos finitos de la interacción suelo-estructura. En el caso particular del presente análisis se utilizaron modelos constitutivos de suelo basados en el modelo elástico-plástico.

## **7.0 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.-**

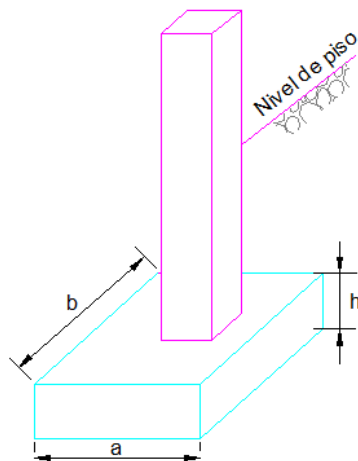
A continuación se efectúa un diagnóstico del comportamiento geotécnico de la cimentación de las estructuras existentes, revisando los parámetros de trabajo actual.

### **7.1 ANÁLISIS CIMENTACION EXISTENTE.-**

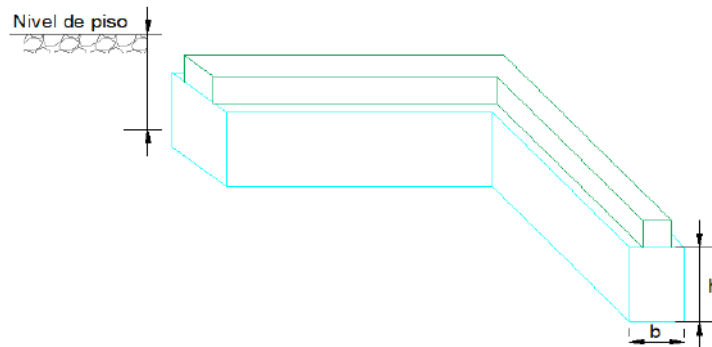
De acuerdo con los planos de cimentación y levantamientos de campo suministrados a esta consultoría se tiene que las estructuras existentes se encuentran cimentadas mediante una serie de cimientos superficiales en concreto reforzado y/o en concreto ciclópeo, apoyados entre 0.34 y 2.00m de profundidad o bien sobre el limo arenoso carmelito y/o amarillo verdoso de consistencia dura a muy dura, con vetas de color gris y algunos trazos rojos o bien sobre la arena limosa carmelita y/o amarilla con gravas de densidad compacta a muy compacta que allí se encuentran. Así mismo y dado el desplante de algunos cimientos con profundidades < 0.80m, es probable que dichos cimientos se encuentren apoyados directamente sobre el relleno detectado en algunos sectores. Dicha condición se ha tenido en cuenta en los análisis efectuados.

A continuación se describen los diferentes tipos de cimientos para cada una de las estructuras y sus correspondientes dimensiones:

### Cimiento aislado



### Cimiento corrido



ESTRUCTURA	CIMIENTO	a x b (m)	h (m)	PROFUNDIDAD DE APOYO (m)	OBSERVACIONES
1	Corrido	0.29	0.38	0.86	
2	a	0.80 x 0.70	0.15	1.50	
	b	0.80 x 0.84	0.30	1.85	



3	Corrido	0.32	0.20	0.75	No se observa la presencia de vigas de amarre. Se observa la presencia árboles cuyas raíces podrían afectar la cimentación.	
4	Corrido	0.35	0.49	0.68	No se observa la presencia de vigas de amarre.	
5	Aislado	1.25 x 0.75	0.15	1.96	No se observa la presencia de vigas de amarre.	
6	a	Aislado	0.85 x 0.80	0.35	1.25	No se observa la presencia de vigas de amarre.
	b	Aislado	1.10 x 0.80	0.27	1.48	No se observa la presencia de vigas de amarre.
7	Aislado	1.20 x 0.90	0.15	1.77		
8	a	Aislado	0.78 x 0.87	0.60	0.97	No se observa la presencia de vigas de amarre.
	b	Aislado	0.80 x 0.80	1.33	1.35	No se observa la presencia de vigas de amarre.
9	Aislado					
10	a	Aislado	1.24 x 1.14	0.20	1.70	Se observan asentamientos diferenciales en los muros no estructurales.
	b	Aislado	1.10 x 1.10	0.20	1.77	
11	Aislado	1.10 x 0.90	0.24	1.37		
12	Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.	
13	Aislado				Se observan grietas en andenes. Se evidencian asentamientos diferenciales en los muros no estructurales. No se observa la presencia de vigas de amarre.	
14	Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.	
15	Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.	
16	Aislado					
17	Aislado	0.90 x 0.90	0.24	0.87		
18	Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.	
19	Aislado	0.80 x 0.66	0.16	1.01	No se observa la presencia de vigas de amarre.	
20	Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.	
21	Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.	

<b>23</b>		Corrido	0.38	0.55	0.85	No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>24</b>		Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>25</b>		Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>27</b>		Aislado	0.87 x 0.79	0.22		Se observan grietas en andenes. Presencia de árboles inclinados. Se evidencia abombamiento en las placas de contrapiso. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>28</b>		Aislado	0.43 x 0.43	0.55	0.71	
<b>29</b>		Corrido	0.40	0.45	0.45	No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>30</b>	<b>a</b>	Aislado	0.77 x 0.77	0.77	0.87	No se observa la presencia de vigas de amarre.
	<b>b</b>	Aislado	0.90 x 0.90	0.35	0.50	No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>31</b>		Aislado				
<b>32</b>		Aislado	1.00 x 0.95	0.40	1.57	
<b>33</b>		Corrido	0.35	0.30	0.70	Se observan grietas en andenes. Se observa la presencia de árboles cuyas raíces han levantado andenes.
<b>34</b>	<b>a</b>	Aislado	1.05 x 1.05	0.30	1.50	Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
	<b>b</b>	Aislado	0.62 x 0.51	0.35	1.09	
<b>35</b>	<b>a</b>	Aislado	1.05 x 1.05	0.30	1.50	Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
	<b>b</b>	Aislado	0.62 x 0.51	0.35	1.09	
<b>36</b>		Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>37</b>		Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>38</b>		Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>39</b>		Aislado				Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
<b>40</b>		Aislado				No se observa la presencia de vigas de amarre.

41	Aislado	0.83 x 0.60	0.26	1.04	No se observa la presencia de vigas de amarre.
42	Aislado				
43	Aislado	0.65 x 0.65	0.12	0.34	
44	Aislado	1.45 x 1.25	0.40	1.68	
45	Corrido	0.80	0.39	0.94	Se observan grietas en el suelo.
46	Aislado	0.85 x 0.60	0.35	0.89	Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
47	Aislado	0.67 x 0.65	0.25	0.47	Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.
48	Aislado	1.02 x 0.70	0.24	0.95	
49	Aislado	1.28 x 0.84	0.14	1.05	Se observan grietas en andenes. No se observa la presencia de vigas de amarre.

De acuerdo con lo anterior y para efectos de análisis se han seleccionado diferentes tipos de zapatas de acuerdo con sus características geométricas, tal como se ilustra en los siguientes cuadros para cimientos aislados y corridos. Se anota que se analizan únicamente las zapatas de las estructuras No. 1, 8, 28, 33, 34, 43, 47 y 48 las cuales se consideran representativas de la totalidad de cimientos:

<b>CIMENTOS AISLADOS</b>		
<b>Zapatas tipo</b>	<b>a x b (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
1	0,78 x 0,87	0,68
2	0,43 x 0,43	0,18
3	1,05 x 1,05	1,10
4	0,67 x 0,65	0,44
5	1,02 x 0,70	0,71
6	0,65 x 0,65	0,42

<b>CIMIENTOS CORRIDOS</b>	
<b>Zapatas tipo</b>	<b>b (m)</b>
7	0,29
8	0,35

Con base en las cargas actuales estimadas por esta consultoría a partir de áreas aferentes se tiene que actualmente los cimientos aislados se encuentran dimensionados para trabajar con una presión de contacto variable entre 4.90 y 17.80 Ton/m<sup>2</sup>. Los cimientos corridos se encuentran trabajando a una presión de contacto entre 13.80 y 14.30 Ton/m<sup>2</sup>.

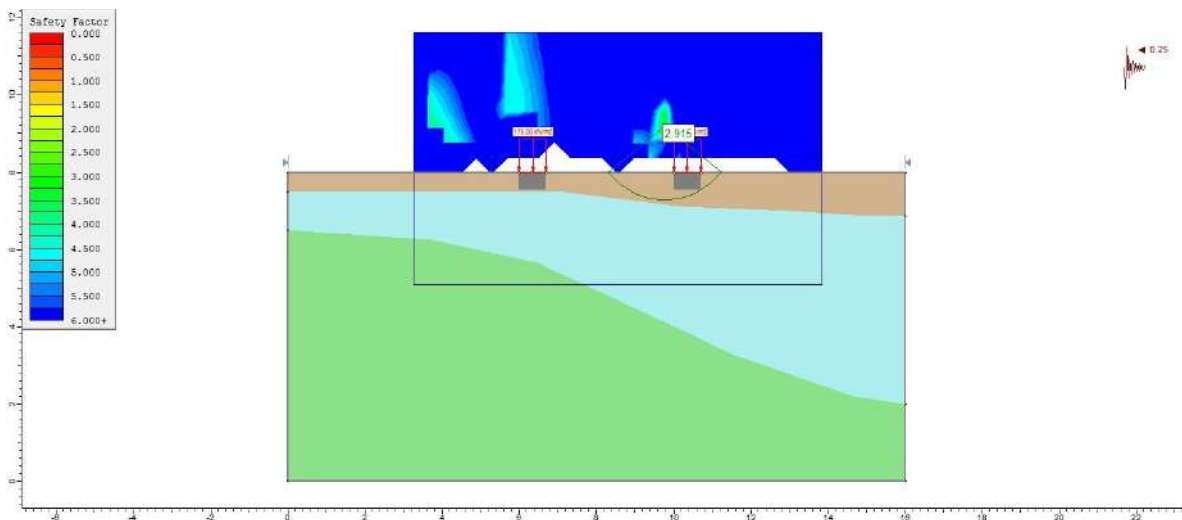
Así mismo y de acuerdo con la resistencia al corte y/o ángulo de fricción del suelo de cimentación de cada uno de los elementos, se tiene que el estrato sobre el cual se apoyan los cimientos presenta una capacidad portante última variable entre 80.02 y 96.48 Ton/m<sup>2</sup> para las zapatas aisladas y entre 63.05 y 112.37 Ton/m<sup>2</sup> para las zapatas corridas. Anexo al presente informe se incluyen las memorias de cálculo.

<b>CIMIENTOS AISLADOS</b>				
<b>Zapatas tipo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Presión de contacto - Condición actual (Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad portante última (T/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de seguridad Condición actual</b>
1	0,68	9,2	90,39	9,8
2	0,18	12,5	89,00	7,1
3	1,10	17,8	96,48	5,4
4	0,44	4,9	80,02	16,2
5	0,71	17,5	89,89	5,1
6	0,42	9,5	84,61	8,9

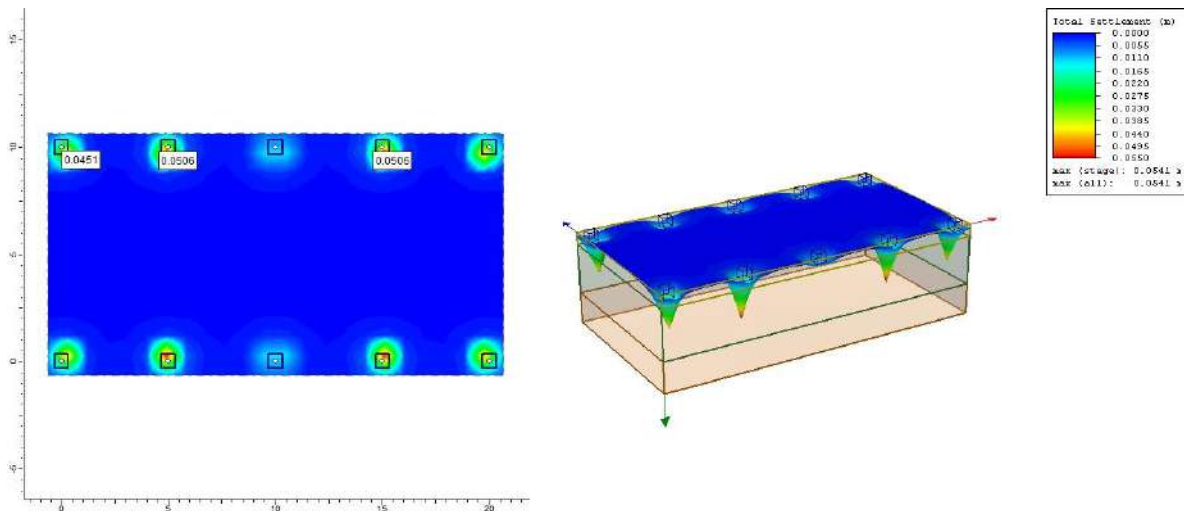
CIMIENTOS CORRIDOS				
Zapatas tipo	b (m)	Presión de contacto - Condición actual (Ton/m <sup>2</sup> )	Capacidad portante última (T/m <sup>2</sup> )	Factor de seguridad Condición actual
7	0,29	13,8	112,37	8,1
8	0,35	14,3	63,05	4,4

A partir de lo anterior se tienen factores de seguridad aceptables para la totalidad de las estructuras.

Así mismo a continuación se ilustra el análisis de capacidad portante en la condición sismo para el cimiento aislado tipo 5 obteniendo que el actual factor de seguridad de 5.10 en condición estática alcanzaría un valor de 2.92 ante la eventualidad de sismo de  $A_a=0.25g$  (NSR-10) el cual se considera aceptable.



Adicionalmente se tiene que los asentamientos que debió presentar la cimentación durante la construcción de la estructura por efectos de las cargas generadas por ésta debieron alcanzar los 5cm como se ilustra a continuación:



Los anteriores asentamientos fueron ya desarrollados dada la edad de la estructura.

## 7.2 COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS SISMICAS.-

A partir de un incremento estimado del orden del 30% ante cargas de sismo (Hipótesis de sismo) se revisó la condición de trabajo de las zapatas existentes obteniendo lo siguiente:

CIMIENTOS AISLADOS				
Zapatas tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m <sup>2</sup> )	Capacidad portante última (T/m <sup>2</sup> )	Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo
1	0,68	12,0	90,39	7,5
2	0,18	16,3	89,00	5,5
3	1,10	23,1	96,48	4,2

4	0,44	6,4	80,02	12,5
5	0,71	22,8	89,89	3,9
6	0,42	12,3	84,61	6,9

<b>CIMENTOS CORRIDOS</b>				
<b>Zapatas tipo</b>	<b>b (m)</b>	<b>Presión de contacto - Condición actual + hipótesis de sismo (Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad portante última (T/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de seguridad Condición actual + hipótesis de sismo</b>
7	0,29	17,9	112,37	6,3
8	0,35	18,6	63,05	3,4

Con base en lo anterior se tienen que todas las zapatas presentan factores de seguridad aceptables para la condición actual y ante un eventual sismo.

## **8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-.**

De acuerdo con todo lo anterior a continuación se resumen las principales conclusiones:

- Las estructuras de 1 a 2 pisos existentes se encuentran apoyadas mediante cimientos superficiales tipo zapatas aisladas y/o corridas adecuadas para la época de construcción y el nivel de cargas dado.
- De la información suministrada se tiene que los cimientos presentan dimensiones variables entre 0.43m x 0.43m y 1.45m x 1.25m de lado para los cimientos aislados y entre 0.29m y 0.80m de ancho para cimientos corridos,

apoyados a profundidades variables entre 0.34m y 2.00m de profundidad o bien sobre el limo arenoso carmelito y/o amarillo verdoso de consistencia dura a muy dura, con vetas de color gris y algunos trazos rojos o bien sobre la arena limosa carmelita y/o amarilla con gravas de densidad compacta a muy compacta que allí se encuentran. Así mismo y dado el desplante de algunos cimientos con profundidades < 0.80m, es probable que dichos cimientos se encuentren apoyados directamente sobre el relleno detectado en algunos sectores.

- Los cimientos se encuentran trabajando actualmente a una presión de contacto variable entre 4.90 Ton/m<sup>2</sup> y 17.80 Ton/m<sup>2</sup>.
- Se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales obteniendo factores de seguridad aceptables para todos los cimientos. Así mismo se revisó la condición de los cimientos teniendo en cuenta las cargas actuales y ante hipótesis de sismo obteniendo factores de seguridad aceptables.
- Adicionalmente y de acuerdo con el levantamiento de campo suministrado a esta consultoría se tiene que en las estructuras No. 12, 13, 15, 25, 27,33 34, 35, 36, 37, 38, 39, 46, 47 y 49 se evidencian grietas en los andenes.
- En las estructuras No. 10 y 13 se evidencian asentamientos diferenciales en los muros no estructurales.
- De acuerdo con los resultados de laboratorio se tienen que los suelos de la zona son dispersivos. Por lo tanto esta consultoría considera necesario proyectar andenes, de 1.50m de ancho, perimetrales a las estructuras para evitar el acceso directo de las aguas lluvias al suelo de fundación.



- En las estructuras No. 3 y 33 se observan árboles aledaños, cuyas raíces han levantado y fisurado los andenes. Por tanto deberán ser retirados en el corto a mediano plazo.
- En la estructura No. 27 se observan árboles inclinados en mal estado, así como abombamiento en las placas de contrapiso. Por tanto los cimientos de dicha estructura deberán ser objeto de una revisión detallada de su condición estructural.
- Dada la ausencia de vigas de amarre en la mayoría de la estructuras se tiene que el ingeniero estructural deberá tener en cuenta dicha condición en sus modelos.

## **9.0 PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO.-**

De acuerdo con la NSR-10 el suelo de este proyecto es tipo **C** con los siguientes parámetros de diseño sísmico:

$$A_a = 0.25 \qquad F_a = 1.15$$

$$A_v = 0.20 \qquad F_v = 1.60$$

## **10.0 OBSERVACIONES FINALES.-**

Las recomendaciones aquí incluidas se basan en el proyecto y estratigrafía descritos. De presentarse alguna variación se deberá dar aviso a esta oficina para tomar las medidas pertinentes.

Sin pormenores para más, nos suscribimos de ustedes.

Atentamente,

**E Y R ESPINOSA Y RESTREPO S.A.**



Ing. Carlos Restrepo G.  
Matrícula No. 2520222127  
AYR/asv