

Quito, 13 octubre de 2017

Oficio N°CTO-Q-2017-25

Ing. Galo Maldonado, ADMINISTRADOR DEL CONTRATO EMGIRS – EP

Presente.-

De nuestras consideraciones:

Tema: Informe de diseño de cubetos en El Troje 4

Expongo a continuación consideraciones que guiaron la implementación de los cubetos de lodos en El Troje 4, Fase 2:

1. El METRO de Quito entrega a la escombrera lodos producto de las perforaciones de los túneles de la línea 1, que en estos últimos días llegan en una relación 60% lodos saturados, 40 % lodos y escombros.
2. La saturación de estos lodos llega al 100 % de humedad.
3. Estamos recibiendo de manera continua e ininterrumpida un promedio de 11000 m3 diarios, lo cual no permite realizar operaciones de disminución de humedad.
4. La compactación de los suelos requiere grados de humedad aceptables, lo cual no se consigue.
5. Las compactaciones mecánicas permanentes que realizamos, promueven la liberación de aguas de saturación.
6. Dada la continuidad de los ingresos diarios, se ha dispuesto que en el sector oriental de la escombrera se generen plataformas con contra-gradiente, que generan bermas y muros con material con un grado de humedad aproximado al 20% para conseguir una compactación adecuada que resista los empujes generados por la masa de lodos que serán recibidos en su momento programado para los meses de enero, febrero y marzo.
7. Los lodos saturados recibidos actualmente son mezclados con materiales secos en las plataformas conformadas con contra-gradientes ubicadas en el sector occidental de la escombrera.
8. Para la generación de cubetos en distintas ubicaciones del sector occidental de la escombrera, utilizamos material seco para la conformación de muros perimetrales que intersecan con masas de tierra estabilizada anteriormente, como por ejemplo con El Troje 3, donde las descargas realizadas por varias volquetas simultáneamente, fluyen sin problema en esa dirección.
9. Los lodos de capas inferiores, reciben la sobrecarga de las capas superiores generando procesos de CONSOLIDACIÓN SECUNDARIA con liberaciones de agua que será encausada a cauces naturales a través de sub-drenes construidos con geotextil, tubos perforados y piedra filtro.
10. Hemos tenido la experiencia de 7 meses de trabajo donde los muros construidos para la conformación de cubetos han trabajado sin ningún tipo de colapso.
11. Las dimensiones y la estabilidad de estos muros son calculados con un programa que calcula muros a gravedad con el siguiente análisis:



PROYECTO: DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS EN EL TROJE 4, FASE 2
 UBICACIÓN: EL TROJE, QUITO

MURO DE CONTENCIÓN
 TIPO A

X₁ = 2,50 [m] L = 22,50 [m]
 X₂ = 8,00 [m] H = 8,00 [m]
 X₃ = 3,00 [m] r = 4,50 [m]
 X₄ = 8,00 [m] t = 3,50 [m]
 X₅ = 1,00 [m] h = 3,50 [m]

PESO ESPEC. MATERIAL RELLENO: $\gamma_{mat} = 1400$ [Kg/m³]
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA: $\phi = 32$ [°]
 PESO ESPECÍFICO DEL SUELO: $\gamma_{H^0} = 1600$ [Kg/m³]
 SOBRECARGA EN EL TERRAPLEN: $Q_s = 500$ [Kg/m²]
 CAPACIDAD PORTANTE TERRENO: $Q_{adm} = 12000,00$ [Kg/m²]
 COEF. FRICCIÓN ENTRE H° Y SUELO: $\mu = 0,25$

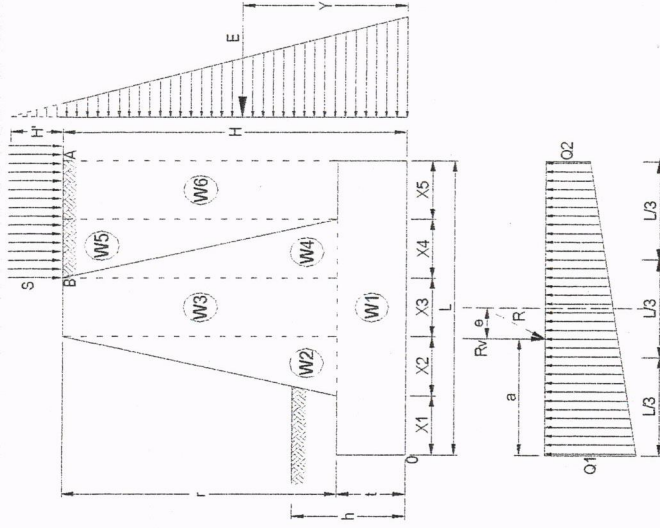
COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO: $K_a = 0,30$
 ALTURA EQUIVALENTE IMAGINARIA: $H' = 0,36$ [m]
 EMPUJE ACTIVO: $E_a = 14767,22$ [Kg]
 PUNTO DE APLICACIÓN DEL EMPUJE: $Y = 2,78$ [m]
 COEFICIENTE DE EMPUJE PASIVO: $K_p = 3,30$
 EMPUJE PASIVO: $E_p = 28337,10$ [Kg]

MOMENTO DE VOLCAMIENTO: $M_{(vol)} = 40993,1455$ [Kg.m]

MOMENTO ESTABILIZADOR:	DETALLE	W [Kg]	BRAZO [m]	M _(est) [Kg.m]
	W ₁	126000,00	11,25	1417500,00
	W ₂	28800,00	7,83	225600,00
	W ₃	21600,00	12,00	259200,00
	W ₄	28800,00	16,17	465600,00
	W ₅	25200,00	18,83	474600,00
	W ₆	6300,00	22,00	138600,00
	Sobrecarga	4500,00	18,00	81000,00
	TOTAL	236700,00		2981100,00

$M_{(est)} / M_{(vol)} > 2,00$

$M_{(est)} / M_{(vol)} = 72,72$
 PERFECTO, LA ESTRUCTURA NO VUELCA



FUERZA DE FRICCIÓN: $F_h = 59175,00$ [Kg]
 EMPUJE PASIVO: $E_p = 28337,0952$ [Kg]
 FUERZA ESTABILIZANTE TOTAL: $F_{(est)} = 87512,10$ [Kg]

$F_{(est)} / E_a > 1,50$
 $F_{(est)} / E_a = 5,93$

PERFECTO, LA ESTRUCTURA NO SE DESLIZA

FUERZA NORMAL TOTAL: $R_v = 241200,00$ [Kg]
 UBICACIÓN DE LA RESULTANTE: $a = 12,53$ [m]
 EXCENTRICIDAD: $e = -1,28$ [m]
 $L/6 = 3,75$ [m]

CAE DENTRO DEL TERCIO CENTRAL

DISTRIB. DE PRESIONES:
 EN LA PUNTA: $Q_1 = 7074,29$ [Kg/cm²]
 EN EL TALLÓN: $Q_2 = 14365,71$ [Kg/cm²]

PERFECTO, EL SUELO SOPORTA LA CARGA

[Handwritten signature and date 219]

12. Las dimensiones del muro de tierra que trabajará para resistir los suelos saturados, son las dimensiones de ancho de berma superior, talud de berma, plataforma superior que permite el tránsito de la excavadora que conforma y del rodillo que compacta, altura del muro, altura de la berma de base.
13. Las propiedades de los suelos de conformación del muro y del relleno que contendrá, fueron estudiados en los laboratorios de la PUCE determinando el peso específico del suelo, ángulo de fricción interna, capacidad portante del terreno, coeficiente de fricción entre suelos.
14. Los resultados del estudio son satisfactorios y comprueban la bondad de lo implementado hasta el momento.
15. Continuamos con el monitoreo de los mojoneros testigos ubicados en diferentes sitios de la escombrera El Troje 4 que a 4 de octubre de 2017 atestiguan:

LISTADO DE COORDENADAS Y COTAS DE TESTIGOS DE DESPLAZAMIENTOS EN ESCOMBRERA EL TROJE 4, FASE I Y II

MOJÓN	AL 4 AGOSTO 2017			AL 4 OCTUBRE 2017			DIFERENCIAS		
	COORDENADAS			COORDENADAS					
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA
1	9963456,312	498158,013	3089,707	9963456,300	498158,004	3089,686	0,012	0,009	0,021
2	9963455,873	498166,976	3087,071	TAPADOS			TAPADOS		
3	9963455,210	498174,934	3083,929	TAPADOS			TAPADOS		
4	9963454,134	498183,326	3081,145	TAPADOS			TAPADOS		
5	9963453,002	498191,283	3077,942	TAPADOS			TAPADOS		
6	9963452,752	498199,744	3074,609	TAPADOS			TAPADOS		
7	9963499,362	498246,369	3059,534	9963499,367	498246,381	3059,515	-0,005	-0,012	0,019
8	9963458,689	498249,276	3061,862	9963458,708	498249,298	3061,818	-0,019	-0,022	0,044
9	9963415,925	498251,460	3064,276	9963415,960	498251,509	3064,220	-0,035	-0,049	0,056
10	9963327,893	498272,012	3064,033	9963327,892	498272,018	3064,011	0,001	-0,006	0,022
11	9963370,655	498264,576	3063,259	9963370,649	498264,595	3063,223	0,006	-0,019	0,036
12	9963415,834	498260,930	3060,724	9963415,837	498260,950	3060,701	-0,003	-0,020	0,023
13	9963458,771	498259,614	3058,011	9963458,778	498259,619	3057,978	-0,007	-0,005	0,033
14	9963499,412	498260,818	3054,096	9963499,422	498260,837	3054,079	-0,010	-0,019	0,017
15	9963499,855	498268,393	3050,714	9963499,859	498268,411	3050,685	-0,004	-0,018	0,029
16	9963459,005	498268,950	3054,315	9963459,013	498268,956	3054,293	-0,008	-0,006	0,022
17	9963416,353	498269,534	3057,632	9963416,364	498269,548	3057,609	-0,011	-0,014	0,023
18	9963371,561	498272,867	3059,976	9963371,566	498272,870	3059,973	-0,005	-0,003	0,003
19	9963329,653	498280,967	3060,605	9963329,662	498280,978	3060,613	-0,009	-0,011	0,008

220


20	9963331,176	498290,011	3057,174	9963331,185	498290,017	3057,188	-0,009	-	-
21	9963372,627	498280,587	3056,917	9963372,626	498280,572	3056,920	0,001	0,015	-
22	9963417,336	498276,841	3053,991	9963417,335	498276,832	3053,975	0,001	0,009	0,016
23	9963459,120	498276,951	3050,785	9963459,128	498276,949	3050,758	-0,008	0,002	0,027
24	9963499,414	498277,185	3047,192	9963499,419	498277,200	3047,159	-0,005	-	0,033
25	9963499,282	498288,013	3042,398	9963499,289	498288,024	3042,383	-0,007	-	0,015
26	9963459,310	498287,996	3045,433	9963459,313	498287,990	3045,423	-0,003	0,006	0,010
27	9963417,591	498283,111	3050,247	9963417,596	498283,108	3050,253	-0,005	0,003	-

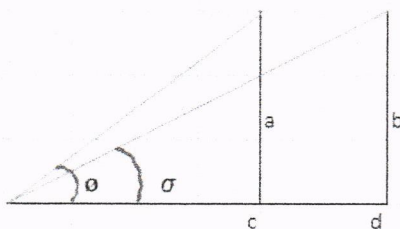
En el oficio anterior se adjuntó la planificación de conformación de plataformas y sus bermas donde se observa que el talud planificado tiene un ángulo de inclinación menor al definido en el estudio de estabilidad de la PUCE, con lo cual confirmamos que estamos usando un factor de

FACTOR DE SEGURIDAD

FASE		PUCE	PLANIFICADO	EJECUTAR	FACTOR SEGURIDAD
I	ÁNGULO	26,73		26	1,0
II	ÁNGULO	32,37	19,65	27	1,2

seguridad de 1,2 si conformamos las plataformas de modo que entre el pie de la escombrera y la cima se enmarque un ángulo de 27 grados.

La ejecución de la operación de la escombrera busca el cumplimiento de esta premisa.



$$\tan \theta = a/c$$

$$\theta = \arcsin \frac{a}{c}$$

a	c	θ
1	1,5	33,69

$$\tan \sigma = b/d$$

$$\sigma = \arcsin \frac{b}{d}$$

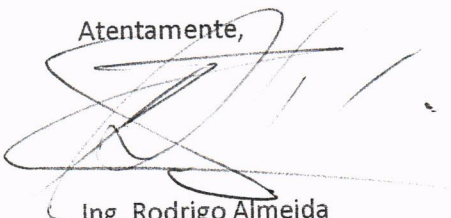
b	d	σ
1	2	26,57

FACTOR DE SEGURIDAD

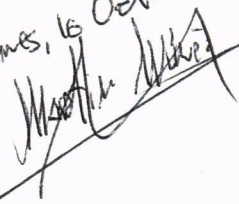
FASE		PUCE	PLANIFICADO	EJECUTADO	FACTOR SEGURIDAD
I	ÁNGULO	26,73		26	1,0
II	ÁNGULO	32,37	18,43	27	1,2

Sírvase encontrar adjunto los planos de conformación de cubetos.

Atentamente,



Ing. Rodrigo Almeida
Director de Obra

Recibí
Lunes, 16 Octubre 2017


20

