



Estudio Geotécnico

Torres UTE

Ruta 1 – Air Liquide - Río Santa Lucía

Departamento de San José

Noviembre, 2018

Estudio Geotécnico

Torres UTE

Air Liquide - Ruta 1 sobre Río Santa Lucía

Departamento de San José

1. Introducción

El presente informe refiere al estudio geotécnico realizado en dos sitios donde UTE construirá dos torres ubicadas en la proximidad de la planta de Air Liquide en Ruta 1 y el Río Santa Lucía, en el límite de los departamentos de Montevideo y San José. Los dos puntos de interés, caracterizados como "A" y "B", distan unos doscientos metros entre sí y están ambos en el departamento de San José. Su situación se ilustra en la figura 1.



Figura 1. Ubicación de los puntos del Estudio denominados A y B



1.1. Objetivo

El estudio tuvo por objetivo investigar el subsuelo en los sitios en cuestión, a los efectos de caracterizar su capacidad como cimiento y efectuar las recomendaciones del caso para las obras a proyectar, en todos los aspectos vinculados con el subsuelo.

Así, se procedió a evaluar las tensiones admisibles de trabajo y demás parámetros de comportamiento, los riesgos de expansión y asentamiento, y la presencia de agua en el subsuelo.

1.2. Antecedentes

A los efectos de la realización del estudio se dispuso de información acerca de las características geológicas y geotécnicas de la zona donde se sitúan los emplazamientos a analizar.

Desde el punto de vista geológico, en la zona inmediata a la estudiada es a señalar superiormente la presencia de sedimentos del Reciente y Actual, constituidos por aluviones y dunas, que exponen arcillas limosas y arenosas, y arenas, normalmente o poco consolidadas, o muy poco a poco densificadas. Estos materiales se apoyan sobre arcillas limosas y arenosas, y arenas, de las formaciones Dolores y/o Libertad-Chuy o directamente sobre el sustrato rocoso. Los materiales de Dolores y/o Libertad-Chuy son de colores marrones, con tonalidades rojizas y ocasionalmente verdosas y grisáceas, en el caso de las arcillas, que pueden asimismo presentar carbonatos, y blancuzcos en el de las arenas, y se presentan mucho a bastante más compactos/densos que la cobertura del Reciente y Actual.

El sustrato rocoso está constituido por rocas graníticas, neises y anfibolitas pertenecientes al Basamento Cristalino; estos materiales se presentan con coberturas de buena potencia en la zona.

En lo que tiene que ver con los aspectos geotécnicos vinculados específicamente al objetivo del estudio cabe señalar como antecedentes que los materiales del Reciente y Actual son suelos muy poco a poco resistentes por su escasa consolidación/densificación, mientras en las formaciones Dolores y/o Libertad-Chuy, son esperables materiales de resistencia baja a regular. Tratándose de suelos cohesivos pueden ser expansivos si tienen un contenido importante de montmorillonitas, lo que los hace experimentar, en las alternativas de humedad-sequedad, variaciones de volumen que pueden ser significativas. Asimismo sus deformaciones son muy lentas, continuando por largos períodos de tiempo luego de aplicada la carga. Las variedades arenosas, en cambio, no son expansivas y su deformación se produce en un corto lapso luego de la carga.

El sustrato rocoso, a su vez, expone diferente resistencia de acuerdo con el grado de alteración, pudiendo su resistencia ser equivalente a la de la cobertura arcilloarenosa en los niveles orgánico y descompuesto, aumentando sensiblemente en el desagregado y pasando a alta a muy alta en estado fresco, particularmente cuando presenta poca fracturación. Estos materiales, sin embargo, presentan una potencia del manto de descomposición-desagregación importante, por lo cual los terrenos de cierta frescura aparecen a profundidades apreciables.



2. Investigaciones Realizadas

De acuerdo a lo programado se efectuaron dos perforaciones, en las ubicaciones respectivas de ambas torres. Dada la relativa proximidad de los sitios y la uniformidad general de las características del subsuelo encontradas, se consideró el problema en su conjunto y no como dos casos distintos, cada uno correspondiente a una de las torres.

Simultáneamente con las perforaciones se realizaron ensayos de Penetración Normal ("S.P.T.", Norma A.S.T.M. D 1586) a cada metro de profundidad. Estos ensayos estaban previstos hasta la profundidad de 4.5m, previéndose según el comitente, que se fundaría a 2m, de modo de tener información sobre toda la zona abarcada por el bulbo de presiones.

En todas las perforaciones se procedió a efectuar una descripción del material.

La ubicación de las perforaciones se muestra sobre la foto aérea de la figura 1 y el detalle de los resultados obtenidos se incluye a su vez en el Anexo-Información de Campo.

3. Resultados Obtenidos

Los materiales

En los dos sitios estudiados hay un perfil de subsuelo similar, con algunas diferencias de litologías (sobre todo en la capa superficial) y profundidades.

Superiormente se exhibe una cobertura sedimentaria moderna que en el sitio "A" no llega al metro y en el "B" es de casi un metro y medio, con arenas en el tope, finas a medias y gruesas, que en los decímetros iniciales presentan restos de raíces, de coloración negra cuando edafizadas y de lo contrario de colores claros, seguidas de una capa de arcilla limosa con algo de arena. El freático en ambos casos aparece casi en superficie.

A estos materiales sucede una capa de arena fina a media, algo arcillosa, gris oscuro, con intercalación de finos estratos de arcilla con algo de arena fina a media, también gris oscuro. En este material, muy poco densificado, la perforación avanza con mucha facilidad, con producción de pequeños desmoronamientos. La potencia es de tres metros en el sitio "A" y poco más de dos en el "B".

Finalmente, por debajo de estas arenas gris oscuro y hasta la base de las perforaciones, a 4.5m de profundidad desde la boca de los pozos, la arena pasa a blanco grisáceo, continúa siendo fina a media y la densificación aumenta algo, aunque sigue siendo escasa. El espesor comprobado de este último horizonte es, por tanto, del orden de un metro.

Ensayos SPT

En este caso, más que la información por tipologías, dado que lo más importante es la consolidación/densificación que puedan tener las distintas capas, interesa el comportamiento en función de la profundidad. En ese sentido hay una gran regularidad de resultados en las dos perforaciones. Los valores de "N" (número de golpes de la masa estandarizada para penetrar



un pie en el terreno) son de 5 y 6 para el ensayo realizado al primer metro (que, dado que se toma la medida entre 1.15 y 1.45, corresponde a la profundidad 1.30 m); de 3 y 2 para el segundo; 4 y 5 para el tercero y 8 y 9 para el cuarto.

De todos modos, debe señalarse que para valores tan bajos de N (lo mismo que para los muy altos) las correlaciones de esos valores con la tensión admisible son menos seguras que cuando se trata de valores intermedios (mayores de 8-9 y hasta 20-25), por lo cual en estos casos es muy importante determinar directamente los parámetros geotécnicos, usando otro tipo de procedimientos (ensayo de corte directo o ensayos triaxiales sobre muestras inalteradas, ensayo de corte en sitio tipo "Vane Test"), lo que recomendamos realizar como complemento de los estudios efectuados. En este sentido la estrategia más correcta es usar los ensayos de penetración dinámica como un indicador de los suelos problemáticos, pero para definir la magnitud de esos problemas y asumir parámetros, usar ensayos más representativos.

El Agua

En las perforaciones practicadas se llegó al freático casi inmediatamente. En virtud de ello y del carácter granular del material, a pesar de las reducidas dimensiones de la perforación el avance fue presentando pequeños desmoronamientos, que seguramente harán necesaria la entibación trabajando en calicatas de mayores dimensiones.

4. Recomendaciones

4.1. Cimentación de Estructuras

El subsuelo en los dos sitios estudiados es muy comprometido, sobre todo tratándose de estructuras que transmiten cargas importantes y en soluciones de cimentación directa más o menos superficial. En efecto, se da la concurrencia de tres circunstancias desfavorables: terrenos muy débiles, presencia de agua casi superficial y suelos sin o con muy poca cohesión. Se aconseja por ello explorar la posibilidad de utilizar otros emplazamientos de mejores características, para lo cual un estudio preliminar en función de la geología del lugar puede aportar elementos importantes.

De cualquier modo, en este apartado se analizan las posibilidades de cimentación en los sitios estudiados. Se presentan las siguientes posibilidades:

Fundación Directa

Sobre la cobertura sedimentaria de arenas finas a medias, blanco grisáceo, con un empotramiento de un medio metro en las mismas y una vez superadas las capas de suelos débiles que están por encima. Eso implicará cimentar a una profundidad del orden de los cuatro metros, muy por debajo de la napa freática, y se podrá emplear una tensión de trabajo del terreno (tensión admisible) de 75 kPa (aproximadamente 0,75 kg/cm²).

Dado que las perforaciones según lo acordado sólo llegaron hasta los 4.5m, no se puede conocer si por debajo de los referidos suelos pueda haber otros de menor resistencia, cuya



capacidad habría que verificar. Si bien esto no es muy probable, porque la densificación originada por el peso de las capas superiores debería mejorar la resistencia del suelo, ello no es totalmente seguro, por lo cual convendrá al hacer las excavaciones, prolongar la perforación, en un diámetro pequeño hasta 6.5m, para descartar que por debajo pueda haber materiales débiles. Téngase en cuenta que esto ya es lo que sucede por debajo de los 1.5-2 m.

Los valores (y los correspondientes de las recomendaciones que siguen) tienen relación con cargas permanentes. Para cargas eventuales las tensiones máximas pueden incrementarse en hasta un 30%.

Fundación Indirecta

Mediante pilotes trabajando por fricción en las arenas finas a medias blanco grisáceo y eventualmente sobre los suelos que las suceden en profundidad. No debe considerarse una eventual contribución de las capas superiores (primeros 3.5m), por su compresibilidad. Para los coeficientes de trabajo en la resistencia por rozamiento de estos materiales puede tomarse un ángulo de rozamiento interno de 25°. De cualquier forma, de emplearse esta alternativa será conveniente extender la perforación por debajo de los 4.5m, usando procedimientos adecuados, para tener un mejor conocimiento del suelo por debajo de esa profundidad.

4.2. Riesgo de Expansión

Dadas las características de los materiales presentes en la subsuperficie del terreno, básicamente granulares, y la magnitud y forma de distribución de las cargas, no es a considerar la existencia de riesgos de expansión.

4.3. Riesgo de Asentamiento

Los riesgos de asentamientos excesivos de las cimentaciones estarán controlados en la medida que se trabaje con las tensiones recomendadas, que corresponden, precisamente, a deformaciones admisibles.

4.4. Tensiones a la compresión horizontal y parámetros geotécnicos

Con relación a los valores del módulo de reacción de la subrasante para esfuerzos verticales (o "coeficiente de balasto"), a partir de los resultados de los ensayos de Penetración Normal realizados y de las correlaciones propuestas por Terzaghi entre dichos valores y los del módulo de reacción de la subrasante para los materiales correspondientes, éste puede estimarse en 15.000 kN/m³ (aproximadamente 1,5 kg/cm³) en las arenas finas a medias blanco grisáceo.

Se ha optado para la adopción de estos coeficientes por una estimación conservadora, dado que debe apoyarse en relaciones empíricas y que en general este parámetro presenta un importante grado de dispersión en sus valores. En cambio, para los materiales que están por encima de ellos no se realizan estimaciones, dado que lo reducido de la resistencia y de los valores de los ensayos no lo autoriza. En esas capas no se aconseja contar con la reacción de la



subrasante.

Para asumir coeficientes más ajustados debería realizarse un ensayo de carga de placa, con determinación de asentamientos.

En la bibliografía se aconseja tomar, para el caso de solicitaciones horizontales, un valor 2/3 de los correspondientes a tensiones verticales.

En cuanto a los valores del ángulo de rozamiento interno, para las arenas finas a medias blanco grisáceo se aconseja tomar $\phi = 20^\circ$.

Cabe hacer las mismas consideraciones que antes en cuanto a la adopción de hipótesis conservadoras en estos casos, dada la forma indirecta de obtención de los parámetros.

Para el peso específico de las arcillas limosas puede tomarse $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

4.5. Coeficiente de Sulzberger

En relación con el coeficiente "C" de la teoría de Sulzberger, en la bibliografía no hemos encontrado relaciones que permitan vincularlo con los resultados del SPT, por lo que, con la información disponible de los ensayos realizados, no es posible estimarlo.

En diferentes trabajos los autores manejan en los ejemplos que se brindan, los valores que propuso originalmente Sulzberger para los suelos austríacos, a los que se entra en función de una descripción cualitativa del terreno (litología, resistencia).

De adoptarse esta estrategia, debería entrarse en las tablas (disponibles en la web, por ejemplo, en la dirección <https://sistemamid.com/preview/calculo-de-fundaciones-por-el-metodo-de-sulzberger-pdf>) a los valores correspondientes a arenas poco densas saturadas.

De cualquier modo, debe volver a insistirse que, para suelos de tan poca resistencia, el valor que tiene este tipo de asimilaciones es muy relativo.

Lic. Ernesto Goso



Anexo

Información de Campo



	Cliente	UTE	SONDEO	A	
	Obra				
	Localidad	Ruta 1 y Rio Santa Lucia			
	Fecha Inicio	1/11/18			

Escala 1:25	Estratigrafía	Profundidad	Descripción	S.P.T.				Nivel freático
				10	20	30	40	
			Arena fina a gruesa, blanco grisáceo, con restos de raíces. Fue detectada la presencia de agua a 0.2m. La perforación avanza con facilidad.					0.20
0.5		0.50	Arcilla limosa, con algo de arena fina a media, gris oscuro. La perforación avanza con mucha facilidad.					
		0.70						
1.0			Arena fina a media algo arcillosa, gris oscuro, con intercalación de finos estratos de arcilla con algo de arena fina a media gris oscuro. La perforación avanza con mucha facilidad, con pequeños desmoronamientos.	1.00				
				1.45				
1.5								
2.0				2.00				
				2.45				
2.5								
3.0				3.00				
				3.45				
3.5			Arena fina a media, blanco grisácea. La perforación avanza con facilidad.					
		3.70						
4.0				4.00				
				4.45				
4.5		4.50						
5.0								



	Cliete	UTE	SONDEO	B	
	Obra				
	Localidad	Ruta 1 y Rio Santa Lucia			
	Fecha Inicio	1/11/18			

Escala 1:25	Estratigrafia	Profundidad	Descripción	S.P.T.				Nivel freático
				10	20	30	40	
		0.20	Arena fina a media, blanco amarillento. Fue detectada la presencia de agua a 0.3m. La perforación avanza con facilidad.					0.30
		0.40	Areana fina a media, algo arcillosa, negra, con restos de raices. La perforación avanza con facilidad.					
		0.90	Arcilla limosa negra, con abundante materia orgánica. La perforación avanza con facilidad.					
		1.30	Arena fina a media algo arcillosa, verde. La perforación avanza con facilidad.	1.00				
		1.50		1.45				
		2.00						
		2.50		2.00				
		2.50		2.45				
		3.00	Arena fina a media algo arcillosa, gris oscura, con intercalación de finos estratos de arcilla con algo de arena fina a media, gris oscuro. La perforación avanza con mucha facilidad, con pequeños desmoronamientos.					
		3.50		3.00				
		3.50		3.45				
		3.60						
		4.00	Arena fina a media, blanco grisáceo. La perforación avanza con facilidad.	4.00				
		4.50		4.45				
		5.00						