	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 1 de 25


PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

ING40-4A-125-RL-502 INFORME GEOTECNICO

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FECHA:.....FIRMA:.....


FIRMA:					
0	PARA CONSTRUCCIÓN	11-04-17	V. SAAVEDRA	M. VACA	P. FRANCO
B	PARA APROBACIÓN	27-03-17	V. SAAVEDRA	M. VACA	P. FRANCO
A	PARA APROBACIÓN	17-03-17	V. SAAVEDRA	M. VACA	R. GÓNGORA
Rev.	Descripción	Fecha	Elaboró	Revisó	Aprobó

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 2 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	4
2. OBJETO DEL PROYECTO	4
3. AREA DE ESTUDIO	4
3.1. USOS Y ESTADO ACTUAL.....	4
3.2. CONDICIONANTES Y RIESGOS DEL ENTORNO.....	4
4. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS	5
4.1. TRABAJOS DE CAMPO	5
4.2. TRABAJOS DE LABORATORIO	10
4.3. TRABAJOS DE GABINETE	10
4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CAMPO	10
5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.....	10
5.1. NIVELES GEOTÉCNICOS	10
5.2. NIVEL FREÁTICO	14
5.3. DENSIDAD DEL MATERIAL	15
6. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.....	15
6.1. FUNDACIONES SUPERFICIALES	16
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
8. ANEXOS.....	25

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 3 de 25


PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS UTM DEL CENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	4
TABLA 2. CONSISTENCIA EN ARCILLAS Y CORRELACIÓN APROXIMADA CON EL NUMERO DE GOLPES N_{SPT}	6
TABLA 3. DETALLE DE UBICACIÓN DE SONDEOS SPT REALIZADOS.	7
TABLA 4. VALORES DE PENETRACIÓN N_{SPT}, PARA LOS SONDEOS REALIZADOS.....	8
TABLA 5. RESULTADOS DE CAMPO, CALICATAS DE EXPLORACIÓN PARA DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS.....	10
TABLA 6. NIVEL FREÁTICO.....	14
TABLA 7. DENSIDAD NATURAL DEL MATERIAL.....	15
TABLA 8. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 01.....	17
TABLA 9. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 02.....	18
TABLA 10. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 03.....	18
TABLA 11. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 04.....	19
TABLA 12. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 05.....	19
TABLA 13. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 06.....	20
TABLA 14. CAPACIDAD DE APOYO, SONDEO SPT-01. NIVEL:1.0 A 5.0 M.....	21
TABLA 15. CAPACIDAD DE APOYO, SONDEO SPT-05. NIVEL:1.0 A 1.5 M.....	21

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1. IMAGEN SATELITAL DE SONDEOS REALIZADOS.....	7
FIGURA 2. IMAGEN SATELITAL DE SONDEOS REALIZADOS.....	22
FIGURA 3. CORTE TIPO.....	24
FIGURA 4. ESQUEMA DE ANÁLISIS.....	24

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 4 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

1. INTRODUCCION

En el marco de la implementación del proyecto “EPC Adecuación del parque de esferas de propano, butano y GLP de la refinería Gualberto Villarroel”, se requirieron realizar sondeos geotécnicos para conocer los parámetros y características geotécnicas de los estratos por debajo del nivel estimado de fundación que permitan establecer las condiciones de cimentación de las obras civiles a construirse.

2. OBJETO DEL PROYECTO

Con este estudio se pretende obtener información acerca de todos los aspectos desde el punto de vista geotécnico que podrían afectar al proyecto. Asimismo la ejecución del mismo nos permitirá conocer los siguientes aspectos:

- Características geomecánicas del subsuelo, con obtención de los distintos parámetros geotécnicos de los materiales.
- Condiciones de cimentación: nivel de fundación, capacidad admisible del terreno de fundación.

3. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de los predios de la refinería Gualberto Villarroel en la zona de Valle Hermoso km 6.5 en la carretera que une Cochabamba con el Valle Alto en la provincia Cercado, dentro del Departamento de Cochabamba, específicamente en el área del parque de esferas de propano, butano y GLP y la subestación eléctrica D.

Topográficamente posee una cota aproximada de 2631 m. (s.n.m). El centro de la zona de estudio, corresponde aproximadamente, a las coordenadas UTM siguientes:

Coordenadas UTM	Altitud (msnm)
19 k 805582.00 m E 8068322.00 m S	2622

TABLA 1. COORDENADAS UTM DEL CENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La situación geográfica del área de estudio se indica en el plano que se adjunta en el Anexo E: Croquis y Ubicación de Sondeos.

3.1. USOS Y ESTADO ACTUAL


La zona de estudio se ha ubicado en el Parque de las Esferas de GLP, Butano y Propano de la Refinería Gualberto Villarroel. Adicionalmente se han realizado calicatas de inspección hasta 1,50 m de profundidad para verificar la existencia probables interferencias.

3.2. CONDICIONANTES Y RIESGOS DEL ENTORNO

3.2.1. EDIFICIOS PROXIMOS

No existen edificaciones próximas a los sondeos realizados. Solamente en la parte noroeste de la Refinería y de manera contigua a la Av. Petrolera se encuentra infraestructura destinada a administración y oficinas de la Planta.

De esta manera, no existirán afecciones que pudiera inferirse sobre la misma, en el proceso constructivo de ampliación y modernización de la Unidad.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 5 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

3.2.2. TALUDES

Dada las características de la zona de estudio y tipología de proyecto, no se considera necesario realizar un estudio específico de inestabilidad de taludes.

3.2.3. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES

Durante los trabajos de campo, en la zona objeto de estudio, se encuentran todas las unidades pertenecientes a la Refinería para la producción y almacenamiento de los siguientes productos:

- Gas Licuado de Petróleo (GLP)
- Propano
- Butano

4. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

Los puntos de reconocimiento realizados que conforman la campaña de campo, se han distribuido en torno a la zona de Adecuación del Parque de Esferas de GLP, Butano y Propano, con las especificaciones definidas por el Solicitante. En el trabajo de terreno, se ha tomado como cota de referencia para el inicio de los trabajos de reconocimiento, la correspondiente a la superficie del terreno.

4.1.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT

4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Correlativamente al sondeo exploratorio se ejecutó el ensayo de penetración dinámica S.P.T. según la norma ASTM D-1586.

El ensayo de penetración dinámica, es un ensayo de registro continuo que consiste en contabilizar el número de golpes N necesarios para hincar tramos de varillaje de 15 cm de longitud. Los golpes son dados por un martinete de peso conocido que cae libremente desde una altura constante.

Estos ensayos permiten una medida continua de la resistencia o deformabilidad del terreno, determinándose estas propiedades a través de correlaciones empíricas. El terreno más adecuado para este tipo de ensayos son arenas y limos arenosos, siendo de ninguna utilidad en terrenos rocosos, bolos y gravas compactas, niveles cementados o preconsolidados y rellenos antrópicos de bloques y fragmentos gruesos.


El objetivo fundamental de este ensayo es el de determinar el número de golpes N, necesario para hincar el penetrómetro (Cuchara de Terzaghi) una distancia estandarizada.

Así, a partir del número de golpes obtenido en campo será posible realizar estimaciones de los parámetros geotécnicos del suelo en diferentes profundidades que a su vez posibilitaran la estimación de la capacidad portante del estrato de fundación.

4.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO S.P.T.

Las principales características de acuerdo a Normas convencionalmente utilizadas son:

- Diámetro externo de la barra para el ensayo 1 1/4 pulgadas
- Diámetro interno de barra para ensayo 1/2 pulgadas

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 6 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

4.1.4. EQUIPO DE HINCA:

- Peso martinete 63.50 Kg. (140 libras).
- Cabeza de hinca y tubo guía.
- Altura con caída libre de 76 cm. (30 pulgadas).

Debido a las características propias del terreno del sitio de estudio, el Sondeo de Penetración Estándar (SPT) ha sido ejecutado haciendo uso de un equipo perforador geotécnico el que de manera posterior a la perforación, permite la introducción de la Cuchara de Terzaghi, realizándose el ensayo de la manera convencional una vez alcanzada la profundidad requerida. De esta manera, se han podido obtener a cada metro de profundidad, muestras disturbadas de la Cuchara de Terzaghi. La extracción de muestras inalteradas para la ejecución de ensayos especiales no ha sido posible a través de la utilización de tubos de pared delgada conocidos como Tubos Shelby debido a la elevada resistencia del material. En este sentido, solamente se ha podido extraer bloques de muestra inalterada a partir de calicatas excavadas de 1,50 m de profundidad.

La Tabla 2 a continuación presenta la relación de consistencia del material en función del número de golpes, NSPT.

Número de golpes	Consistencia
0-2	Muy Blanda
2-5	Blanda
5-10	Media firme
10-20	Firme
20-30	Muy firme
>30	Dura

TABLA 2. CONSISTENCIA EN ARCILLAS Y CORRELACIÓN APROXIMADA CON EL NUMERO DE GOLPES N_{SPT}

4.1.5. REGISTRO DE EXPLORACIÓN


Paralelamente a la perforación y obtención de muestras, se realizaron los registros preliminares de campo en cada uno de los sondeos, para su posterior verificación en laboratorio y la confección de los registros de exploración definitivos, los cuales indican en detalle las características geotécnicas del sustrato estudiado, como ser granulometría, límites de Atterberg y la clasificación del suelo después de realizar los ensayos de laboratorio.

Este perfil geotécnico muestra los tipos de suelos, el ángulo de fricción interna, valores de resistencia a la penetración (N), capacidad de carga admisible y la presencia o ausencia del nivel freático.

4.1.6. UBICACIÓN DE SONDEO SPT

La Tabla 3 presentada a continuación presenta el resumen de los ensayos realizados y la ubicación de los mismos en el sitio de estudio.

Sondeo	Prof. m	Coordenadas UTM	Altitud msnm	Sondeo
SPT-01	15,0	19k 805553 m E –8068431 m S	2613	SPT

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 7 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Sondeo	Prof. m	Coordenadas UTM	Altitud msnm	Sondeo
SPT-02	15,0	19k 805556 m E – 8068385 m S	2622	SPT
SPT-03	15,0	19k 805519 m E – 8068348 m S	2627	SPT
SPT-04	15,0	19 k 805628 m E 8068332 m S	2621	SPT
SPT-05	10,0	19 k 805647 m E-8068227 m S	2622	SPT
SPT-06	15,0	19 k 805616 m E 8068284 m S	2611	SPT

TABLA 3. DETALLE DE UBICACIÓN DE SONDEOS SPT REALIZADOS.

La Figura 1 a continuación, presenta la imagen satelital de la ubicación de los Sondeos realizados.




FIGURA 1. IMAGEN SATELITAL DE SONDEOS REALIZADOS.

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con el equipo y personal especializado de Geotecnia Tarifa Fernández SRL, bajo control y supervisión del personal técnico de la empresa, siguiendo las pautas y procedimientos normalizados que exigen nuestro control de calidad y la normativa por la que se rige cada ensayo.

En los apartados siguientes, se adjunta los resultados obtenidos.

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos a partir de los sondeos realizados.

Profundidad (m)	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06
	N _{SPT}	N _{SPT}	N _{SPT}	N _{SPT}	N _{SPT}	N _{SPT}
1,0 – 1,45	24	46	>50	25	>50	>50
2,0 -2,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
3,0 – 3,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 8 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Profundidad (m)	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06
4,0 -4,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
5,0 – 5,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
6,0 -6,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
7,0 – 7,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
8,0 -8,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
9,0 – 9,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
10,0 -10,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
11,0 – 11,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
12,0 -12,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
13,0 – 13,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
14,0 -14,45	>50	>50	>50	>50	>50	>50

TABLA 4. VALORES DE PENETRACIÓN N_{SPT} , PARA LOS SONDEOS REALIZADOS.


4.1.7. DESCRIPCION DE EXPLORACIONES POR CALICATA

Las calicatas de reconocimiento geotécnico son excavaciones que permiten la observación directa de la superficie y hasta una profundidad moderada del perfil geológico del terreno. Es un modo de acceso a tomas de muestras de los distintos niveles a investigar.

Para el presente estudio en particular, la excavación de Calicatas ha sido realizada a objeto de determinar la presencia de posibles interferencias. En este entendido, en estos sitios no se ha realizado la caracterización del material pues corresponden a calicatas de exploración.


La Tabla 5 a continuación presenta el detalle de la ubicación de las Calicatas excavadas, la descripción visual del material hallado y los elementos encontrados en las excavaciones hasta la profundidad alcanzada.

Calicata	Prof. m	Coordenadas UTM	Tipo de suelo	Observaciones
CAL-01	1,00	19K 805558 m E 8068392 m S 2612 msnm	0,00 – 0,40 Material de relleno arcilla limoso con fragmentos de roca lutita blanda. Color gris nube. Plasticidad baja, humedad baja. 0,40 – 1,00 Arcilla limosa con fragmentos de roca lutita color marfil, plasticidad baja, humedad baja.	Extracción de bloque de muestra inalterada a 1.00 m. Presencia de tubería de hidrante a 0.90 m de profundidad.
CAL -02	1,00	19K 805520 m E 8068370 m S 2612 msnm	0,00 – 0,40 Relleno limo arcilloso de color gris nube, plasticidad baja, humedad baja. 0,40 – 1,00 Relleno de arcilla limosa con fragmentos de lutita color gris nube, plasticidad media, humedad óptima.	Presencia de tubería de hidrante a 0.90 m de profundidad.
CAL -03	1,00	19K 805521 m E	0,00 – 0,40	Extracción de bloque

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 9 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Calicata	Prof. m	Coordenadas UTM	Tipo de suelo	Observaciones
		8068351 m S 2621 msnm	Relleno arcilla limosa color sepia plasticidad baja, sin humedad. 0,40 – 1,00 Fragmentos de roca lutita pizarrosa blanda, plasticidad baja, sin humedad.	de muestra inalterada a 0.80 m.
CAL -04	0,65	19K 805595 m E 8068341 m S 2617 msnm	0,00 – 0,40 Relleno de arcilla limosa color sepia plasticidad baja, humedad óptima. 0,40 – 0,65 Relleno de suelo arcilloso con fragmentos de lutita, plasticidad baja, humedad óptima.	Presencia de tubería a 0.65 m
CAL -05	0,25	19K 805637 m E 8068246 m S 2618 msnm	0,00 – 0,25 Relleno de arcilla limosa con fragmentos de lutita, plasticidad media, sin humedad.	Excavación de 0.40x7.50 m por 0.25 m de profundidad Se encontró una estructura de hormigón a 0.25 m.
CAL -06	0,60	19K 805641m E 8068240 m S 2618 msnm	0,00 – 0,60 Relleno de arcilla limosa con fragmentos de lutita color beige, plasticidad media, humedad óptima.	Presencia de 5 tubos de líneas eléctricas a 0.60 m de profundidad
CAL -07	0,70	19K 805657 m E 8068224 m S 2617 msnm	0,00 – 0,70 Relleno de arcilla limosa con fragmentos de lutita color beige, plasticidad media, humedad óptima.	Presencia de 5 tubos de líneas eléctricas a 0.70 m de profundidad
CAL -08	0,60	19K 805647 m E 8068233 m S 2615 msnm	0,00 – 0,60 Relleno arcilla limosa con fragmentos de lutita color beige, plasticidad media, humedad óptima.	Presencia de 5 tubos de líneas eléctricas a 0.70 m de profundidad
CAL -09	1,20	19K 805573 m E 8068266 m S 2615 msnm	0,00 – 1,20 Relleno de arcilla limosa con fragmentos de lutita con basura plasticidad media, humedad alta.	Presencia de tubería de hidrante a 1.20 m de profundidad. Nivel Freático a 0.70 m
CAL -10	1,50	19K 805651 m E 8068221 m S 2618 msnm	0,00 – 0,40 Material de relleno arcilla limosa con fragmentos de lutita, color marfil, plasticidad baja, sin humedad. 0,40 – 0,60 Fragmento de lutita con arcilla limosa color tostado, plasticidad baja, humedad óptima. 0,60 – 1,50	Extracción de bloque de muestra inalterada a 1.00 m y 1.50 m de profundidad. Extracción de muestra para Ensayo CBR

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 10 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Calicata	Prof. m	Coordenadas UTM	Tipo de suelo	Observaciones
			Lutita de resistencia baja color tostado, plasticidad baja, humedad óptima.	

TABLA 5. RESULTADOS DE CAMPO, CALICATAS DE EXPLORACIÓN PARA DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS.

4.2. TRABAJOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio se han realizado sobre las muestras obtenidas a partir de los sondeos. Los resultados correspondientes a los ensayos se han transcrito en los cuadros de valores y gráficas que acompañan al presente informe en el Anexo C: Ensayos de Laboratorio.

Los ensayos de laboratorio realizados sobre cada una de las muestras extraídas son los siguientes:

- Análisis granulométrico según Norma ASTM D-422-63
- Límites de Atterberg
- Límite Líquido según ASTM D-423-66
- Límite Plástico según ASTM D-424-59
- Índice de plasticidad
- Clasificación de suelos según Normas ASTM D-2487-69
- Densidad Natural a través del Método de la Parafina

Debe indicarse que la totalidad de los ensayos citados ha sido realizada sobre la porción de muestra alterada y desmenuzada durante la perforación, presente en la cuchara de muestreo. De esta manera, la caracterización del material está referida a la composición de las partículas que conforman la roca hallada en el sondeo.

4.3. TRABAJOS DE GABINETE

Los trabajos de gabinete consisten en la recopilación de datos, ensayos de laboratorio e interpretación de los mismos, así como, la confección de la presente memoria, en la que se incluyen las conclusiones del mismo.


4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CAMPO

El detalle de los resultados de los Ensayos de Campo desarrollados en párrafos anteriores, se presenta en las Planillas correspondientes a los Ensayos SPT realizados y en el Anexo C: Ensayos de Laboratorio.

5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

5.1. NIVELES GEOTÉCNICOS

El perfil estratigráfico del sitio de estudio ha sido determinado en función de la caracterización de las muestras extraídas de los sondeos realizados.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 11 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

De esta manera, en la determinación del perfil estratigráfico ha predominado la observación de la estructura del material en campo y el perfil estratigráfico presentado a continuación se ha basado por tanto en la combinación de los factores citados de manera precedente.

PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-01.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 1,00 m.

A partir de la superficie y hasta 1,00 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente limo arcilloso, con presencia de partículas gruesas correspondientes a fragmentos angulares de roca lutita.

NIVEL DOS: ALTERNANCIA DE ARCILLA (CL) Y LIMO (ML). De 1,00 a 6,00 m.

Por debajo del Nivel 1 y de manera continua hasta 6,0 m de profundidad, aparece un nivel de suelo fino conformado por una alternancia de material fino franco arcilloso y limoso de plasticidad baja y características de consistencia muy firme a dura. Se ha registrado en este nivel, la presencia de partículas de material grueso tanto al inicio como a la conclusión del estrato.

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 6,00 a 15,00 m.

Por debajo del Nivel 2 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado con presencia predominante de arcilla en algunos niveles de menor potencia hacia la conclusión del sondeo. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros, lo que le confiere al material un elevado grado de impermeabilidad. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 7,0 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos.

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse.


PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-02.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 1,00 m.

A partir de la superficie y hasta 1,00 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente limoso, con presencia de partículas de material grueso correspondiente a fragmentos de roca lutita.

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 1,00 a 15,00 m.

Por debajo del Nivel 1 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado hasta 8,0 m de profundidad. A partir de este nivel, la roca se encuentra conformada predominantemente por arcilla. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 2,5 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 12 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos.

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse.

PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-03.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 1,00 m.

A partir de la superficie y hasta 1,00 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente limo arcilloso, con presencia de partículas de material grueso correspondiente a fragmentos de roca lutita y partículas gruesas de origen arenisco.

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 1,00 a 15,00 m.

Por debajo del Nivel 1 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado con presencia predominante de arcilla en algunos niveles de menor potencia distribuidos de manera aleatoria en toda la profundidad atravesada por el sondeo. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros, lo que le confiere al material un elevado grado de impermeabilidad. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 3,0 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos.

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse.


PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-04.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 1,00 m.

A partir de la superficie y hasta 1,00 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente limo arcilloso, con presencia de partículas de grava arenisca de resistencia media.

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 1,00 a 15,00 m.

Por debajo del Nivel 1 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado con presencia predominante de arcilla en algunos niveles de menor potencia. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros, lo que le confiere al material un elevado grado de impermeabilidad, ya que en algunos casos se ha podido registrar, partículas de hidrocarburo las cuales han sido encapsuladas entre las láminas del material evitando que el mismo alcance niveles inferiores. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 2,5 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 13 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos. Se ha registrado de 5,0 a 7,0 m de profundidad la presencia de partículas de hidrocarburo que confieren al material un olor característico intenso propio de este componente

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse.

PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-05.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 0,5 m.

A partir de la superficie y hasta 0,50 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente arcilloso y con presencia de fragmentos angulares y aplanados de roca lutita de resistencia media. Este relleno corresponde aparentemente por sus características a material más profundo, proveniente del mismo sitio el cual ha sido entremezclado con material fino de características similares al material hallado a niveles superficiales.

NIVEL DOS: ARENA LIMOSA (SM). De 0,50 a 1,50 m.

Por debajo del relleno, hasta 1,50 m de profundidad, aparece un nivel conformado por arena limosa de baja plasticidad. Debe indicarse que a este nivel, el material grueso corresponde en su mayoría a fragmentos de roca lutita de resistencia alta los cuales no han logrado ser disgregados durante la operación de lavado en el análisis granulométrico de la muestra. Estos fragmentos provienen en su mayoría del nivel superficial de relleno.

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 1,50 a 15,00 m.


Por debajo del Nivel 1 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado con presencia predominante de arcilla en algunos niveles de menor potencia. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros, lo que le confiere al material un elevado grado de impermeabilidad, ya que en algunos casos se ha podido registrar, partículas de hidrocarburo las cuales han sido encapsuladas entre las láminas del material evitando que el mismo alcance niveles inferiores. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 2,0 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos. Se ha registrado de 4,5 a 7,0 m de profundidad la presencia de partículas de hidrocarburo que confieren al material un olor característico intenso propio de este componente.

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse.

PERFIL ESTRATIGRAFICO. SPT-06.

NIVEL UNO: RELLENO. De 0,0 a 0,6 m.

A partir de la superficie y hasta 0,60 m de profundidad, se ha presentado superficialmente un nivel de suelo fino predominantemente limo arcilloso, con presencia de fragmentos sub angulares de material granular grueso de resistencia media.

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 14 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

NIVEL DOS: ROCA LUTITA. De 0,60 a 15,00 m.

Por debajo del Nivel 1 y de manera continua a lo largo de toda la profundidad atravesada por el sondeo, aparece un nivel conformado por roca lutita compuesta predominantemente por limo consolidado hasta 9,0 m de profundidad. A partir de este nivel, la roca se encuentra conformada predominantemente por arcilla. Las lutitas halladas en el sondeo están conformadas entonces, por material fino consolidado de plasticidad baja a media. La configuración de los granos conforma un material con una escasa a prácticamente nula presencia de poros, lo que le confiere al material un elevado grado de impermeabilidad. La estructura laminar comienza a definirse claramente a partir de 3,15 m de profundidad y se acentúa a medida que se avanza en profundidad, lo cual es signo de que el grado de consolidación de la roca aumenta a medida que se avanza en profundidad. El material hallado ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad alta a media en niveles más profundos.

De 0,60 a 1,50 m de profundidad, el material se encuentra altamente fracturado, y se encuentra conformado básicamente por fragmentos de roca lutita con presencia de material fino de plasticidad media en los intersticios.

De manera general debe indicarse que este tipo de material es difícil de recuperar en sondajes, por su tendencia a romperse

5.2. NIVEL FREÁTICO


El nivel freático ha sido detectado en la totalidad los sondeos realizados. La presencia de este último se ha detectado como napas colgadas de agua las cuales se registran a un cierto nivel y han ascendido por el área de perforación hasta niveles más superficiales.

La Tabla 6 a continuación, presenta la profundidad del Nivel Freático en cada uno de los sondeos realizados.

Sondeo	Nivel estático (m)	Nivel Piezométrico (m)
SPT-01	12,00	12,00
SPT-02	4,00	4,00
SPT-03	6,00	2,60
SPT-04	5,50	3,50
SPT-05	6,20	3,50
SPT-06	5,50	3,50

TABLA 6. NIVEL FREÁTICO.

En todos los casos se presenta la profundidad del nivel freático determinada para cada uno de los sondeos. La Tabla 6 presenta, la profundidad a la cual se ha registrado este nivel y la profundidad a la cual se ha registrado el ascenso del nivel piezométrico de agua. En los Sondeos SPT-04 y SPT-06, la presencia del nivel freático ha incrementado de manera considerable el contenido de humedad del suelo durante la perforación, en los niveles de suelo que se encuentran por debajo del nivel freático.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 15 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

5.3. DENSIDAD DEL MATERIAL

Se ha determinado la densidad del material hallado en los diferentes sondeos a través de la determinación de la Densidad Natural por el Método de la Parafina. En el caso de los sondeos que atraviesan la roca lutita, el parafinado se ha realizado sobre bloques cuadrados del material.

La Tabla 7 presenta los valores de densidad determinados en los sitios de las Calicatas CAL-01, CAL-03 y CAL-10, determinados entre 1,0 y 1,5 m de profundidad.

La determinación de esta propiedad a profundidades mayores ha sido imposibilitada debido a la resistencia del material.

Ubicación	Prof. m	Humedad natural	Densidad (gr/cm ³)	
			Natural	Seca
Calicata 1	1,00	10,5	1,950	1,764
	1,20	9,9	1,966	1,789
	1,50	11,3	1,980	1,778
Calicata 2	0,80	10,1	1,991	1,809
	1,00	9,1	1,960	1,797
	1,50	9,5	2,034	1,857
Calicata 3	1,00	10,4	2,114	1,915
	1,50	11,0	2,032	1,830

TABLA 7. DENSIDAD NATURAL DEL MATERIAL.

En este sentido, es necesario indicar, que no se ha determinado la densidad a nivel superficial debido a que en todos los casos, este nivel se encuentra conformado por material de relleno, el cual ha sido emplazado sin guardar ninguna conformación específica por lo que se espera que el mismo presente características heterogéneas, razón por la cual la determinación de esta propiedad no sería representativa para el nivel en su conjunto.

De manera general, puede indicarse que los niveles superficiales corresponden afloramientos de roca alterada, que al ser sometidos cierta energía de compactación y en condiciones extremas de saturación, se comportan como suelos cohesivos, presentando una resistencia a la penetración moderada con índices de expansión medios.


6. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Una vez obtenida toda la información se elaboró el registro exploratorio definitivo, el cual indica las propiedades físicas y mecánicas de los niveles investigados.

Dichos registros comprenderán:

- Descripción del Tipo de suelo
- Propiedades físico-mecánicas del suelo
- Nivel freático
- Capacidad portante del suelo

A objeto de este último parámetro, es necesario indicar que la misma será determinada en función del tipo de material que compone el perfil estratigráfico del sitio de estudio.

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0 Página 16 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Para el presente proyecto en particular, el perfil estratigráfico está conformado predominantemente por roca lutita, razón por la cual la determinación de la capacidad será determinada a través de la utilización de la fórmula de Serrano y Oalla, descrita en párrafos posteriores. Finalmente, para el Sitio del Sondeo SPT-01, donde se ha registrado en el estrato superficial de 5,0 m la presencia de material franco arcilloso consolidado, la capacidad de apoyo del suelo ha sido determinada a través del Método de Meyerhoff.

6.1. FUNDACIONES SUPERFICIALES

6.1.1. CAPACIDAD ADMISIBLE

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible, q_{adm} , debemos recordar que esta última se define como la presión para la cual existe un coeficiente de seguridad adecuado frente al hundimiento. Esta tensión no tiene por qué ser admisible para la estructura, por lo tanto depende del tipo de estructura.

Por otra parte, la capacidad de carga admisible de trabajo, $q_{adm, trab}$ es la tensión de cimentación admisible para una determinada estructura teniendo en cuenta su tolerancia a los asentamientos. Obviamente puede ser mucho menor que q_{adm} .

Así, las propiedades físico-mecánicas del suelo, vale decir, los valores de cohesión no drenada, c_u y ángulo de fricción Φ , pueden ser determinados a partir de los valores propuestos por Carlos Crespo Villalaz, en función al número de golpes N determinado a partir del ensayo SPT. Para el estudio realizado, puede observarse que para la mayor parte de los niveles atravesados por los Sondeos realizados, se han obtenido valores de NSPT muy próximos o superiores al rechazo, por lo que se infiere que la determinación de la capacidad de apoyo a partir de este ensayo presentaría valores que no toman en cuenta las características reales de material que conforma el perfil estratigráfico estudiado.

De esta manera, a fin de poder obtener las propiedades geotécnicas del material, se ha determinado la capacidad de apoyo teniendo en cuenta las características de la roca lutita presentada de manera general a partir de 1,00 m de profundidad.

El método utilizado para la determinación de este parámetro a nivel de cimentación, establece que se puede asignar una carga de hundimiento que viene determinada mediante la fórmula de Serrano y Oalla

La expresión que proporciona la carga de hundimiento P_h es:

$$P_h = \beta (N_\beta - \zeta)$$


En donde:

$$\beta = \frac{m\sigma_{ci}}{8} = \frac{m_i\sigma_{ci}}{8} \exp \frac{RMR - 100}{28}$$

$$\zeta = \frac{8s}{m^2} = \frac{8}{m^2} \exp \frac{RMR - 100}{25.2}$$

Dónde:

- σ_c : Resistencia a compresión simple del macizo rocoso.
 s : Constante que depende de la roca y del macizo rocoso.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 17 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

m : Constante que depende de la roca y del macizo rocoso.

HOEK y BROWN (1988), proponen unas relaciones entre el índice de calidad del macizo rocoso (RMR), y las constantes m y s.

Este método determina la carga admisible dividiendo la carga de hundimiento P_h , entre un coeficiente de seguridad global, F, que puede expresarse como producto de dos factores, F_p , que considera las variaciones estadísticas de los parámetros de la roca, y la magnitud esta también vinculada a la probabilidad de rotura del cimient, el otro factor que se considera es el, F_m , este factor cubre la posibilidad de que la rotura por fragilidad, de una parte o de la totalidad del cimient, no se ajuste al modelo de comparación.

El coeficiente de seguridad parcial F_m , depende de las incertidumbres relacionadas con el criterio plástico.

Para caracterizar el macizo rocoso, se ha empleado la Clasificación de BIENIAWSKI (1974), que, en esencia, permite asignar a cada tipo de terreno un índice de calidad denominado ROCK MASS RATIO (R.M.R.).

El índice de calidad RMR tiene un rango de variación comprendido entre 0 y 100.


En función de RMR asignado, los macizos rocosos se clasifican en cinco categorías siguientes:

- I.- Roca muy buena: RMR entre 81 y 100.
- II.- Roca buena: RMR entre 61 y 80.
- III.- Roca media: RMR entre 41 y 60.
- IV.- Roca mala: RMR entre 21 y 40.
- V.- Roca muy mala: RMR menor que 20.

Las Tablas 8 a 13, a continuación presentan un resumen de las características de la roca hallada en el sitio para los diferentes sondeos. Dicha Tabla presenta el Índice de Calidad de la Roca, RMR, la capacidad admisible de ésta, Q_{adm} , la Resistencia a la Compresión de la roca y el Grado de Alteración de la misma.

Sondeo SPT - 01							
Prof. (m)	Q_{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	C_u (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
6,0	3,45	180	31	Clase IV	1.4	20	30
7,0	3,58						
8,0	3,70						
9,0	5,10	240	42	Clase III	1.9	26	38
10,0	5,21						
11,0	10,02						
12,0	10,09	300	61	Clase II	3.0	29	65
13,0	10,16						
14,0	10,26						
15,0	10,38						

TABLA 8. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 01.

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 18 de 25


PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Sondeo SPT - 02							
Prof. (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	Cu (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
1,0	1,73	170	22	Clase IV	0.9	16	22
2,0	2,02						
3,0	2,96	185	31	Clase IV	1.2	22	29
4,0	3,14						
5,0	3,30						
6,0	3,45						
7,0	3,59						
8,0	4,89	250	43	Clase III	2.0	27	40
9,0	5,01						
10,0	5,12						
11,0	5,22						
12,0	5,33						
13,0	5,42						
14,0	5,51						
15,0	5,60						

TABLA 9. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 02.

Sondeo SPT - 03							
Prof. (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	Cu (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
1,0	1,53	165	21	Clase IV	0.85	16	21
2,0	2,90	190	34	Clase IV	1.40	24	28
3,0	3,11						
4,0	3,30						
5,0	3,47						
6,0	3,60						
7,0	3,74	255	44	Clase III	2.1	26	40
8,0	5,10						
9,0	5,23						
10,0	5,34						
11,0	5,44						
12,0	5,55						
13,0	5,65						
14,0	5,74						
15,0	5,83						

TABLA 10. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 03.

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 19 de 25


PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Sondeo SPT - 04							
Prof. (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	Cu (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
1,0	1,28	145	18	Clase IV	0.75	13	15
2,0	1,54						
3,0	2,47	150	22	Clase IV	0.80	15	20
4,0	3,15	175	32	Clase IV	1.30	23	25
5,0	3,33						
6,0	3,49						
7,0	3,55	205	35	Clase IV	1.55	25	30
8,0	7,53	315	62	Clase II	2.90	31	50
9,0	9,39						
10,0	4,07	225	36	Clase IV	1.70	27	35
11,0	4,18						
12,0	4,28						
13,0	4,36						
14,0	4,45						
15,0	4,54						

TABLA 11. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 04.

Sondeo SPT - 05							
Prof. (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	Cu (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
1,5	2,50	190	33	Clase IV	1.28	22	25
2,0	2,78						
3,0	2,98						
4,0	3,16						
5,0	3,32						
6,0	3,46	205	35	Clase IV	1.80	26	30
7,0	4,12						
8,0	10,54	315	63	Clase II	3.00	30	60
9,0	10,63						
10,0	4,54	210	40	Clase IV	1.90	28	38
11,0	4,65						
12,0	4,76						
13,0	4,84						
14,0	4,93						
15,0	5,02						

TABLA 12. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 05.

	INFORME		ING40-4A-125-RL-502
			Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO		Rev.: 0
			Página 20 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Sondeo SPT - 06							
Prof. (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	RMR (%)	Grado de alteración	Cu (Kg/cm ²)	Φ (Grados)	K (Kg/cm ³)
1,5	2,50	160	22	Clase IV	0.75	15	17
2,0	2,78						
3,0	2,98	190	31	Clase IV	1.25	22	23
4,0	3,16						
5,0	3,32						
6,0	3,46						
7,0	4,12	210	35	Clase IV	1.50	26	28
8,0	10,54	320	62	Clase II	3.00	31	55
9,0	10,63						
10,0	4,54	220	36	Clase IV	1.75	28	40
11,0	4,65						
12,0	4,76						
13,0	4,84						
14,0	4,93						
15,0	5,02						

TABLA 13. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LA ROCA, SONDEO SPT – 06.


Para el sitio del Sondeo SPT-01, se ha registrado en los primeros 6,0 m superficiales, la presencia de material fino limoso y arcilloso de plasticidad baja a media y de características de consistencia muy firme a dura. El material corresponde entonces a suelo consolidado, razón por la cual la determinación de la capacidad de apoyo en este punto ha sido realizada a través del Método de Meyerhoff, que según Bowles (1988) es uno de los más ampliamente utilizados y que produce resultados similares a los obtenidos en la realidad. Las hipótesis realizadas para la utilización del método corresponden a la de carga vertical centrada y superficie horizontal de fundación.

De esta manera, la capacidad última de carga, es determinada considerando la condición crítica de acuerdo al tipo de suelo, es decir, considerando una condición no drenada ($\Phi = 0$) para el caso de suelos cohesivos y por el contrario condiciones drenadas ($c = 0$) para el caso de suelos granulares.

Finalmente, se determina la capacidad de carga admisible, q_{adm} , que es igual a la carga neta última de apoyo, $q_u - \gamma D_f$, dividida por un factor de seguridad adecuado más la sobrecarga inicial del suelo, γD_f .

La elección de un adecuado valor para el factor de seguridad depende tanto del criterio como de la experiencia profesional del ingeniero. Coduto (1994) indica que deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- El tipo de suelo. Se recomienda usar valores altos para arcillas y valores bajos para arenas.
- El nivel de incertidumbre en la definición del perfil de suelo y en la determinación de los parámetros de resistencia al corte para diseño.
- La importancia de la estructura y las consecuencias de una posible falla.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 21 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Por tanto, los valores de carga admisible presentados en el resumen de cada sondeo de ensayo SPT realizado, corresponde a la capacidad de carga admisible y no así a la carga admisible de trabajo. El valor de FS asumido corresponde a un valor de 3 para arcillas y limos y 2.5 para arenas.

La Tabla 14 a continuación presenta el valor de capacidad determinado para el estrato de suelo fino consolidado que se sitúa entre 1,0 a 5,0 m de profundidad.

Prof. (m)	Capacidad admisible (Kg/cm ²)									
	Fundaciones Aisladas									
	q _a (Kg/cm ²)					K (Kg/cm ³)				
	B=1.00 m	B=2.00 m	B=3.00 m	B=4.00 m	B=5.00 m	B=1.00 m	B=2.00 m	B=3.00 m	B=4.00 m	B=5.00 m
1.00	1.67	1.40	1.37	1.35	1.34	3,11	2,92	2,87	2,83	2,81
2.00	1.92	1.70	1.62	1.59	1.56	3,85	3,76	3,32	3,26	3,20
3.00	2.37	2.03	1.92	1.87	1.83	4,74	4,06	3,85	3,77	3,68
4.00	2.48	2.10	1.98	1.92	1.88	4,96	4,20	3,95	3,86	3,78
5.00	2.87	2.65	2.24	2.16	2.11	5,74	5,30	4,48	4,32	4,22

TABLA 14. CAPACIDAD DE APOYO, SONDEO SPT-01. NIVEL:1.0 A 5.0 M.

Finalmente, para el Sondeo SPT-05, se ha registrado de 0,60 a 1,50 m de profundidad, la presencia de un nivel de suelo granular fino areno limoso carente de plasticidad con presencia de partículas de grava. El valor de capacidad de apoyo ha sido determinado a partir de las consideraciones anteriores y es presentado en la Tabla 15.

Prof. (m)	Capacidad admisible (Kg/cm ²)									
	Fundaciones Aisladas									
	q _a (Kg/cm ²)					K (Kg/cm ³)				
	B=1.00 m	B=2.00 m	B=3.00 m	B=4.00 m	B=5.00 m	B=1.00 m	B=2.00 m	B=3.00 m	B=4.00 m	B=5.00 m
1.00	1.67	1.93	2.25	2.59	2.93	3,41	3,86	4,50	5,18	5,86

TABLA 15. CAPACIDAD DE APOYO, SONDEO SPT-05. NIVEL:1.0 A 1.5 M.

Finalmente el Cuadro 2 a continuación presenta un resumen de las características de resistencia del material hallado en campo.

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Prof. [m]	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06
	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE	ALTERACIÓN/ COMPRESIÓN SIMPLE
1,0	SUELO FINO LIMOSO Y ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD Y ELEVADO GRADO DE CONSOLIDACIÓN	170	165	145	ARENA LIMOSA	160
2,0						
3,0						
4,0						
5,0		185	190	175	190	190
6,0	180					
7,0					205	210
8,0	240			315	315	320
9,0						
10,0						
11,0		250	255			
12,0	300			225	210	220
13,0						
14,0						
15,0						

FIGURA 2. IMAGEN SATELITAL DE SONDEOS REALIZADOS.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES


Se ha realizado el Estudio Geotécnico a objeto de conocer las características geotécnicas del sitio destinado al proyecto EPC Adecuación Parque de Esferas. Con este fin, se han efectuado los estudios geotécnicos requeridos a fin de poder obtener la información necesaria para las diferentes etapas de diseño del citado proyecto.

La Figura 1 presenta la imagen satelital donde se observa la totalidad de los Sondeos realizados. De la misma manera, la Tabla 3 presenta la ubicación de los citados estudios, y la profundidad alcanzada en cada uno de ellos.

De esta manera, el estudio ha considerado la ejecución de seis sondeos profundos de 15,0 m y 10 calicatas de observación, las cuales han sido ejecutadas con el fin de registrar la presencia de posibles interferencias en el sitio de proyecto. La Tabla 5, presenta la información relevada a partir de la realización de este trabajo.

Para la ejecución de los sondeos profundos se ha hecho uso de un equipo perforador que ha permitido la realización del ensayo SPT una vez alcanzada la profundidad requerida. Asimismo, en algunos casos, ha sido necesaria la utilización de un martillo neumático con el propósito de alcanzar niveles más profundos en la perforación. La profundidad y sondeos en los que se ha hecho uso de este implemente en el equipo de perforación son detallados en las Planillas de SPT en la Columna: Muestreo. Las muestras extraídas a partir de los sondeos corresponden a muestras disturbadas cuyo contenido de humedad ha sido afectado en algunos niveles debido a la presencia del nivel freático. Todas las consideraciones expuestas, son presentadas en el cuadro de Observaciones, existente en la Planilla SPT, y que ha sido elaborado para cada sondeo en particular.

La caracterización del material ha sido realizada en laboratorio, a partir del material extraído de la cuchara de muestreo utilizada en la totalidad de los Ensayos SPT. A este objeto, debe indicarse que si bien la caracterización obtenida en laboratorio de las muestras da cuenta de material fino limoso y

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 23 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

arcilloso; este material ha sido obtenido a través del proceso de machacado de fragmentos de muestras extraídas de la cuchara y a través del proceso de lavado para el tamizado. De esta manera, los ensayos de laboratorio han permitido caracterizar en todos los casos el material componente principal de las rocas que conforman el perfil. Esto ha sido posible debido, en la mayoría de los casos, al elevado grado de fisibilidad del material y a la baja de resistencia ante la saturación del material.

Con las consideraciones anteriores, se ha establecido el perfil estratigráfico del sitio de estudio. De manera general, puede indicarse que en la totalidad de los sitios, se ha registrado a nivel superficial, la presencia de un relleno artificial de material conformado por suelo fino limo arcilloso y partículas de material grueso correspondientes ya sea a fragmentos de roca lutita en algunos casos o en otros a partículas de grava arenisca. Este relleno a nivel superficial se extiende hasta 0,50 a 0,60 m de profundidad, a excepción del Sondeo SPT-01, en el cual se extiende hasta 1,0 m de profundidad.


Por debajo de este nivel, se ha registrado para todos los Sondeos a excepción del Sondeo SPT-05, un perfil estratigráfico compuesto por roca lutita conformada por material predominantemente limoso con presencia esporádica de lentes de roca con predominancia de material fino franco arcilloso. De manera general, la roca presenta características de resistencia baja hasta 8,0 m de profundidad. A partir de este nivel, la roca presenta características de resistencia baja a media. En todos los casos se ha registrado de 8,0 a 10,0 m de profundidad, un nivel de roca de características de resistencia media a alta. El Cuadro 2 corresponde a un Cuadro resumen de las características de resistencia de la roca hallada en la totalidad de los sondeos. La roca denota de igual manera, permeabilidad muy baja y se ha observado en algunos sitios (SPT-04 y SPT-05) presencia de hidrocarburo encapsulado entre las láminas de la roca que ha denotado en todos los niveles características de fisibilidad. Esta última características presenta un grado elevado en niveles superficiales y un grado medio a partir de 8,0 m de profundidad.

Finalmente, para el Sondeo SPT-01, se ha hallado hasta 5,0 m de profundidad un estrato de suelo conformado por material fino limoso de elevado grado de consolidación y características de consistencia muy firme a dura.

La posición del Nivel Freático ha sido determinada para la totalidad de sondeos. Esta es presentada en la Tabla 6. En la mayoría de los casos se ha registrado un nivel piezométrico de agua por encima de la profundidad del nivel freático hallado.

Los Sondeos de Penetración (SPT) ejecutados sobre el material han arrojado valores de penetración próximos al rechazo en la mayor parte de los niveles atravesados (Tabla 4), por lo que los mismos no han sido utilizados para la determinación de la capacidad admisible de apoyo del material, debido a que estos no resultan representativos para el tipo de roca hallada en campo. Esta última ha sido determinada a través de la fórmula propuesta por Serrano y Oalla para diferentes tipos de roca. De acuerdo a los planos proporcionados por el Solicitante, la implantación de fundaciones se realizará a partir de 1,50 m de profundidad, considerándose en algunos casos la implementación de losas a nivel superficial.

Así, debe indicarse que para nivel de fundación correspondiente a 1,50 m de profundidad, el perfil estratigráfico se encuentra conformado en la totalidad de los sondeos por roca lutita de resistencia baja a excepción de los Sondeos SPT-05 y SPT-01, donde el material corresponde a roca de resistencia muy baja y suelo limoso sobreconsolidado de consistencia dura, respectivamente.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0
		Página 24 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

A continuación se presenta el valor de capacidad promedio y crítico determinado para el sitio de estudio a 1,50 m de profundidad.

$q_{adm} = 1,78 \text{ kg/cm}^2$ (Capacidad de apoyo promedio)

$q_{adm} = 1,41 \text{ kg/cm}^2$ (Capacidad de apoyo promedio. Sector Sondeo SPT-04)

En caso de requerirse la implantación de losas a nivel superficial, se recomienda retirar la totalidad del relleno superficial y proceder a su reemplazo con material seleccionado. El relleno deberá ser conformado en 4 capas de 15 cm debidamente compactadas. No se recomienda fundar sobre el relleno debido a las características heterógeneas de este material en composición, situación que implica la posibilidad de que se generen asentamientos diferenciales debido a la diferencia de comportamiento del material ante la sollicitación estructural.

En caso de requerir realizarse un reemplazo de material zonificado debe tomarse en cuenta que el bulbo de esfuerzos se genera más allá del área de fundación, pudiendo registrarse la falla en la junta entre el relleno artificial no controlado y el relleno artificial controlado de suelo mejorado.

Así, todo relleno y compactado deberá realizarse, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

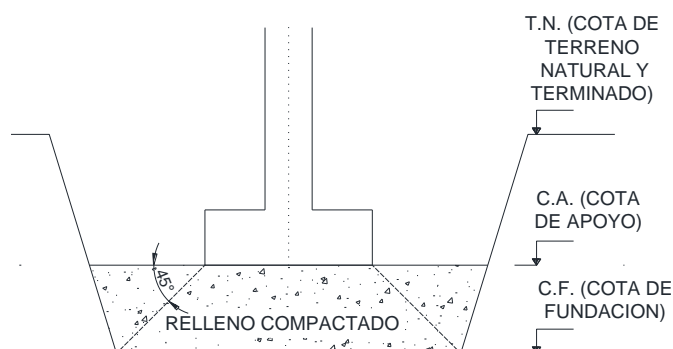


FIGURA 3. CORTE TIPO.

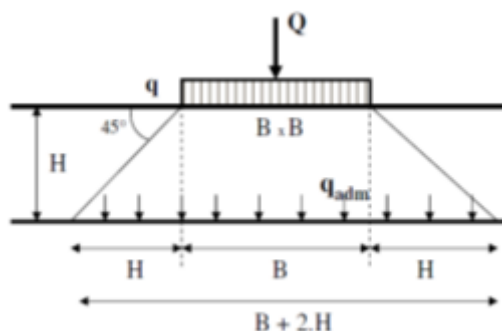



FIGURA 4. ESQUEMA DE ANÁLISIS.

De acuerdo a las figuras anteriores, se debe entonces excavar un ancho igual a la base más dos veces la altura de mejoramiento, tal como se indica en la Figura 3.

	INFORME	ING40-4A-125-RL-502
		Fecha: 11-Abr-17
	INFORME GEOTECNICO	Rev.: 0 Página 25 de 25

PROYECTO: “EPC ADECUACION DEL PARQUE DE ESFERAS DE PROPANO,BUTANO y GLP DE LA REFINERIA GUALBERTO VILLARROEL”

Si se requiere fundar a otros niveles las Tablas 8 a 15, presentan el valor de capacidad de apoyo de todos los sondeos a diferentes profundidades.

En calidad de subrasante, el material ofrece, en su estado actual, buenas propiedades geotécnicas para el diseño de pavimentos, siempre y cuando no sufran cambios importantes en el contenido de humedad natural. Los parámetros de compactación hallados y los resultados del CBR ejecutado sobre las muestras disturbadas, pulverizadas y saturadas han dado como resultado lo siguiente:

Valor como sub rasante: Media, al contar con una resistencia a la penetración baja a media.

Modificación de resistencia por cambios de humedad: Media a Alta, al contar con un máximo valor de expansión de 3.63 %

Como conclusión general puede indicarse que el sustrato hallado en campo presenta buenas características para ser utilizado como material de fundación para diferentes estructuras, pues el mismo corresponde a una roca lutita medianamente consolidada. Los planos de estratificación y el espaciamiento de los mismos en el nivel de fundación recomendado permiten aseverar que la roca posee un grado de consolidación medio. Debe recalcar que el factor fundamental para que la roca presente la resistencia calculada es la conservación del contenido de humedad in-situ, pues como se ha observado durante la realización del sondeo profundo, la presencia constante de agua en el material logra disgregar el mismo ante la aplicación de esfuerzos de mediana magnitud, por lo que como principal recaudo se considera el de no afectar por ningún motivo el contenido de humedad del material.

Como característica fundamental del tipo de material hallado, debe indicarse que el mismo es muy susceptible al agua y al intemperismo, además de ser un material difícilmente recuperable en sondajes por su tendencia a romperse, siendo primordial en este tipo de material, el preservar su humedad in-situ. Esta ha sido la razón principal por la que ha sido imposible la extracción de muestras no disturbadas para la ejecución de ensayos especiales, debido a que si bien el material ha presentado en todos los casos consistencia dura, se ha percibido al mismo tiempo mucha fragilidad y facilidad para fragmentarse, producto de su propia rigidez, que se evidencia cuando se trata de extraer especímenes inalterados para laboratorio.

8. ANEXOS

- INFORME GEOTÉCNICO ELABORADO POR SUBCONTRATISTA
 - ANEXO A – PLANILLA DE ENSAYOS SPT
 - ANEXO B – DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE APOYO
 - ANEXO C – ENSAYOS DE LABORATORIO
 - ANEXO D – REPORTE FOTOGRÁFICO
 - ANEXO E – CROQUIS DE UBICACIÓN DE LOS SONDEOS GEOTÉCNICOS