

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA
SISTEMA INTEGRADO PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESPERDICIOS
SÓLIDOS NO PELIGROSOS; PLANTA DE RECUPERACIÓN Y PROCESAMIENTO
DE MATERIALES RECICLABLES Y LA EXPANSIÓN LATERAL DEL SISTEMA DE
RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE JUNCOS
JUNCOS, PUERTO RICO



26 de febrero de 2008

Municipio de Juncos
p/c Glenda M. Viera Rivera, Gerente General
Pedregales Núm. 39
Río Grande, PR 00745

Re: Evaluación Geotécnica para la
Expansión Lateral del Vertedero Municipal de Juncos
Juncos, Puerto Rico
(GEO-2007-637)

Estimada señorita Viera:

Le estamos sometiendo nuestro informe sobre la evaluación geotécnica del proyecto en referencia. En caso de tener alguna pregunta al respecto o de requerir servicios adicionales, favor de comunicarse con nosotros. Será un placer reunirnos con usted o su representante para cualquier explicación relacionada con esta evaluación.

Le agradecemos nos haya brindado la oportunidad de realizar este trabajo.

Cordialmente,
GEO Engineering



Carlos E. Rodríguez Pérez
Ingeniero Geotécnico

Anejos

RESUMEN EJECUTIVO

El Municipio de Juncos planifica crear un Sistema Integrado (SI) para el Manejo y Disposición de Desperdicios Sólidos No Peligrosos en el Vertedero Municipal de Juncos (VMJ). El SI incluye una expansión lateral del vertedero existente y la construcción de una Planta de Recuperación y Procesamiento de Materiales Reciclables dentro de un Área de Conveniencia para la disposición de material vegetativo, chatarra, etc. La expansión lateral propuesta tendrá una cabida aproximada de 30 cuerdas divididas en dos fincas, mientras que la cabida del Área de Conveniencia será de aproximadamente 8 cuerdas. La expansión lateral y el Área de Conveniencia estarán localizadas al norte y sureste del vertedero existente, respectivamente, el cual se encuentra ubicado en el Bo. Gurabo Abajo, en la parte norte del Municipio de Juncos.

Rocas descompuestas de origen metamórfico (por alteración hidrotérmica) subyacen el área general del proyecto. Suelos arcillosos aluviales y relleno reciente subyacen el Área de Conveniencia. El terreno natural del área de la expansión lateral propuesta es competente y no tendrá problemas para soportar el peso de los desperdicios sólidos. El relleno existente dentro del Área de Conveniencia deberá ser mejorado para poder soportar las estructuras propuestas para esta área.

El flujo de agua subterránea detectada en el área general del proyecto ocurre a través de diaclasas específicas localizadas en forma errática debido a la fracturación de la roca descompuesta. El agua subterránea tiene una condición semi-artesiana en algunos sectores del proyecto. La dirección general del flujo de agua subterránea es hacia el suroeste. Localmente, la dirección del flujo de agua subterránea es hacia el fondo de hondonadas contenidas en el área del proyecto. Es posible que durante los cortes de terreno requeridos para la expansión lateral aparezca agua subterránea emanando por sectores específicos. De suceder esta condición, será necesario instalar drenajes franceses que intercepten el agua y la conduzcan hacia áreas afuera del proyecto.

Las laderas naturales del sitio del proyecto no han presentado problemas significantes de inestabilidad de talud. La acumulación de material de vertedero dentro de la expansión lateral propuesta aumentará la estabilidad de las laderas naturales al proveerles apoyo lateral. La estabilidad del material de vertedero a depositarse será uno de los factores que gobiernen el diseño de la expansión lateral propuesta. Se incluyen recomendaciones al respecto.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SITIO	2
MARCO GEOLÓGICO	3
Geología General de Puerto Rico.....	3
Geología del Área.....	4
Fotointerpretación Aérea del Sitio	7
Condiciones de Suelo.....	10
Condiciones de Agua Subterránea.....	12
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	15
Capacidad de Sustentación.....	15
Estabilidad de Taludes	17
Cortes.....	18
RESUMEN Y CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES GENERALES	21
COMENTARIOS GENERALES.....	22
FIGURAS	
APÉNDICES	



EVALUACIÓN GEOTÉCNICA
SISTEMA INTEGRADO PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESPERDICIOS
SÓLIDOS NO PELIGROSOS; PLANTA DE RECUPERACIÓN Y PROCESAMIENTO
DE MATERIALES RECICLABLES Y LA EXPANSIÓN LATERAL DEL SISTEMA DE
RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE JUNCOS
JUNCOS, PUERTO RICO

INTRODUCCIÓN

Este informe presenta la evaluación geotécnica del sitio donde se planifica llevar a cabo la expansión lateral del Vertedero Municipal de Juncos, Puerto Rico. El propósito de la evaluación es recopilar y analizar información sobre las condiciones de suelo y roca del sitio y someter recomendaciones geotécnicas para el diseño y construcción del proyecto. Glenda M. Viera Rivera, Consultora Ambiental y Gerente General del proyecto, solicitó esta evaluación a nombre del Gobierno Municipal de Juncos, quien es el dueño del proyecto.

La evaluación está basada en información de suelo y roca obtenida a través de siete barrenos y ocho catas de campo realizados en el área general del proyecto, en reconocimientos de campo y en información geológica del área y sus alrededores. Se obtuvo varias muestras de suelo y roca, las cuales se analizaron y probaron en el laboratorio. Los datos de campo y laboratorio fueron utilizados para la evaluación del proyecto. También se utilizó el plano topográfico del sitio preparado por el Agrimensor Félix Abadía Meléndez, datos sometidos por el Ing. Miguel García, diseñador del proyecto, e información de fotografías aéreas del sitio y sus alrededores.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SITIO

El Municipio de Juncos planifica llevar a cabo una expansión lateral del vertedero municipal existente. La expansión lateral propuesta tendrá una cabida aproximada de 30 cuerdas divididas en dos fincas (Finca Núm. 1 al sur y Finca Núm. 2 al norte). La expansión estará localizada al norte del vertedero existente, el cual se encuentra ubicado en el Bo. Gurabo Abajo, en la parte norte del Municipio de Juncos (Fig. 1).

El diseño preliminar de la expansión propuesta incluye cinco celdas de tamaño variable, una charca de retención de escorrentías no contaminadas, un tanque de almacenamiento de lixiviados y caminos de acceso (Fig. 2).

La topografía general del terreno del proyecto es variable (Fig. 3). La Finca Núm. 2 contiene dos hondonadas en la parte este superior, las cuales están separadas por una loma. Las hondonadas se juntan al oeste en una quebrada que continúa bajando en dirección sur-suroeste. La diferencia en elevación entre las partes baja y alta de la Finca Núm. 2 es de aproximadamente 60 metros. La Finca Núm. 2 se encuentra cubierta de vegetación tupida que incluye árboles altos. La mayor parte de la finca mantiene su estado natural.

El terreno dentro de la Finca Núm. 1 contiene una colina alargada ubicada en la parte norte, una hondonada ancha en la parte media y un terreno relativamente llano que separa el área del proyecto del área del vertedero existente. Tanto la colina alargada como la hondonada bajan en elevación en la dirección suroeste hasta alcanzar la quebrada proveniente de la Finca Núm. 2. La mayor parte de la Finca Núm. 1 está siendo sometida a cortes de terreno para la extracción de material usado en el vertedero existente. La Fig. 4 muestra copia sometida del plano topográfico del sitio del proyecto sobre-impuesta sobre la foto aérea de la Fig. 3. La finca aún contiene pequeñas lomas que son

remanentes de los cortes de terreno. La topografía de la Finca Núm. 1 continuará cambiando conforme se siga cortando en el área. En general, el terreno de la Finca Núm. 1 tiene una elevación menor que la elevación del área de la Finca Núm. 2.

La localización preliminar propuesta por el diseñador del proyecto para la charca de retención es la esquina suroeste del proyecto (Fig. 2). La diferencia en elevación entre las partes baja y alta de este sector es de aproximadamente 20 metros. La construcción de la charca requerirá remoción de terreno que puede llegar a varios metros de profundidad.

El área de la expansión lateral propuesta se encuentra bordeada al sur por el camino de acceso al vertedero existente y al este y norte por un camino municipal hecho en tierra.

MARCO GEOLÓGICO

Geología General de Puerto Rico

Puerto Rico es la isla más pequeña de las Antillas Mayores. En el pasado, actividad volcánica y tectónica en adición a sedimentación intensa, fallas geológicas, y plegamiento dieron origen a la cadena de montañas alineadas en la dirección este-oeste que al presente componen el núcleo rocoso central de la isla. Las montañas consisten de rocas volcánicas (tales como la limolita, arenisca, brecha, tobas volcánicas, etc.) y rocas asociadas a eventos intrusivos. Las rocas volcánicas datan del Cretácico mientras que las rocas intrusivas pueden ser del Cretácico o del Terciario. Durante el Cretácico y el Terciario, depósitos de caliza de gran espesor se formaron alrededor de las montañas para dar lugar a las plataformas de carbonatos que al presente se encuentran al norte y sur de la isla.

El levantamiento del manto rocoso causado hace millones de años por eventos intrusivos y actividad tectónica, así como los cambios relativos en el nivel del mar ocasionados por glaciaciones durante el Pleistoceno, expusieron a las áreas montañosas y a las plataformas de carbonatos, dando origen a lo que actualmente es la isla de Puerto Rico.

Las fluctuaciones en los cambios relativos en el nivel del mar causaron erosión y depósitos de sedimentos en el manto rocoso, dando lugar a la formación de cauces profundos de ríos, quebradas, hondonadas y depósitos aluviales en diferentes sectores de la isla.

El área general del proyecto se encuentra localizada en la parte este de Puerto Rico. El área general está situada dentro del marco geológico de las rocas volcánicas altamente falladas y plegadas del Cretácico y Terciario Bajo. El área presenta rasgos geomorfológicos de hondonadas y zanjas profundas cavadas en las rocas volcánicas por escorrentías, muchas de los cuales posiblemente ocurrieron en la antigüedad debido a su gran profundidad. Depósitos superficiales de sedimentos han ocurrido en las partes más bajas del área y en áreas localizadas fuera del proyecto a cientos de metros al sur-suroeste.

Geología del Área

Rocas Alteradas Hidrotérmicamente (TKa) del Cretácico Superior conforman el área general del proyecto, según el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Gurabo publicado por el U.S. Geological Survey (USGS) (Fig. 5). Las Rocas Alteradas Hidrotérmicamente (TKa) consisten de rocas metamórficas de color verde grisáceo provenientes posiblemente de brechas y areniscas volcánicas y lava que fueron sujetas a la acción diagenética (disolvente) del agua subterránea sometida a temperaturas muy altas.

El mapa geológico no incluye datos sobre la inclinación y orientación de las capas de roca en el área del proyecto. Sin embargo, la orientación e inclinación de las capas en los alrededores del área del proyecto son erráticas e incongruentes.

Durante el reconocimiento de campo detallado del sitio, no se observó ninguna estratificación en las rocas expuestas, incluyendo la roca expuesta en los cortes de terreno. Esto confirma la ausencia de datos en el mapa geológico sobre la orientación e inclinación de estratos rocosos en el área del proyecto. El material aflorando en los cortes de terreno consistía mayormente de roca volcánica (brecha y arenisca) altamente intemperizada (descompuesta) y fracturada de color marrón claro, en ocasiones con vetas grisáceas y violetas. Gran parte de la roca altamente intemperizada y fracturada consistía de material saprolítico arcilloso y limoso con fragmentos de roca angulares e intemperizados. En sectores confinados pequeños, la matriz de la roca fracturada era dura y con poco intemperismo. La fracturación de la roca se debía a la presencia de numerosas diaclasas (juntas) con orientación errática. Las diaclasas se encontraban oxidadas, indicando que habían estado expuestas a humedad. La estructura general de la roca intemperizada era heterogénea.

En el fondo de las hondonadas de la Finca Núm. 2, la roca expuesta era de color gris y tenía un grado de intemperismo y fracturación mucho menor que el de las rocas expuestas en los cortes de las partes superiores. La orientación de las diaclasas que pudieron ser observadas en estas áreas era errática y variaba entre N85E y N48O con ángulos de buzamiento de 15 a 23 grados hacia el norte, noreste y noroeste. El contraste en las condiciones de la roca se debe posiblemente a que las escorrentías ya habían socavado el material superficial menos resistente. En el fondo de la quebrada se pudo observar bloques sueltos de roca de forma subangular, los cuales fueron posiblemente arrastrados por escorrentías intensas previas. La quebrada mantuvo siempre flujo de agua durante el periodo de esta evaluación. Tanto la altura del agua como la velocidad del agua dentro de la quebrada eran bajas.

El mapa geológico del USGS infiere la presencia de una falla geológica de desplazamiento lateral en el área general del proyecto y otra falla geológica situada a varias decenas de metros al norte del proyecto (Fig. 5). Según la información geológica, ambas fallas deben ser de segundo orden y están probablemente asociadas a dos fallas de primer orden, la falla Cerro Mula y la falla Leprocomio, las cuales se encuentran a más de uno y tres kilómetros al sur y norte, respectivamente, del área del proyecto. Según el mapa geológico, la falla dentro del área del proyecto tiene una trayectoria aproximada de este a oeste, mientras que la falla al norte del proyecto tiene una trayectoria noroeste-sureste.

La experiencia ha demostrado que las rocas dentro del entorno de fallas geológicas generalmente presentan un alto grado de intemperismo debido principalmente al alto grado de fracturación al cual las rocas fueron sometidas durante el fallamiento. Esta explica las condiciones de intemperismo y fracturamiento altos observados en los afloramientos de roca en el sitio del proyecto. Las propiedades ingenieriles de una roca altamente alterada son diferentes a las propiedades de una roca inalterada.

De acuerdo a la información contenida en el cuadrángulo geológico, la actividad hidrotérmica que afectó a las rocas del sitio ocurrió probablemente después de las fallas geológicas. Como resultado, las dos fallas geológicas deben haber ocurrido también durante el Cretácico (hace millones de años). Las fallas geológicas no aparentan haber sido reactivadas al presente, tal como lo confirma el hecho de que solo han sido inferidas en el mapa geológico y no presentan rasgos visibles o expresión superficial (tales como grietas, desplazamientos, cambios abruptos en la vegetación, etc.) que sugieran movimiento posterior a la actividad hidrotérmica. Por tal razón, la presencia de las fallas geológicas no debe ser una preocupación sísmica para el proyecto.

La permeabilidad del terreno dentro del área del proyecto es variable debido a los cambios en el tipo de material geológico. La permeabilidad de la roca altamente intemperizada es baja debido a su naturaleza arcillosa y limosa. De hecho, no se observó agua subterránea emanando por las caras de los cortes donde la roca está más intemperizada. Por otro lado, la permeabilidad de la roca fracturada con menor grado de intemperismo, como las condiciones de la roca observada en la quebrada, es mayor.

Durante el reconocimiento de campo, no se observó señales en el terreno que indicaran la presencia de inestabilidad significativa en las laderas de las hondonadas de la Finca Núm. 2 ni en las laderas de las colinas alargadas del proyecto. Fallos pequeños y llanos fueron observados esporádicamente en algunos sectores de los bancos de la quebrada, varios de ellos asociados a zanjas de erosión causados por escorrentías.

Fotointerpretación Aérea del Sitio

La fotointerpretación de un sitio se lleva a cabo comparando fotografías aéreas del área tomadas en un periodo de varios años. Estas fotografías muestran las características físicas generales y sirven para identificar los cambios que el área ha sufrido a través del tiempo. Las fotos se ven en parejas por medio de un estereoscopio, el cual permite ver el área en tres dimensiones con su escala vertical amplificada. La fotointerpretación de un sitio se ha convertido en una técnica efectiva para reconocer mejor las características geomorfológicas (topografía, drenaje, etc.), los cambios hechos por el hombre (cortes, rellenos, etc.), áreas con inestabilidad, etc.

La evaluación del sitio se llevó a cabo utilizando fotografías aéreas de los años 1967, 1977, 1985 y 2006. Las fotografías de 1985 y anteriores a 1985 muestran la condición física del área general del

proyecto previo a la construcción del vertedero existente. Las fotografías del 2006 muestran el vertedero existente y los cortes en la Finca Núm. 1.

La topografía del área general del proyecto previo a la construcción del vertedero existente se caracterizaba por tener tres colinas alargadas separadas por dos hondonadas o vaguadas profundas (Fig. 6). La colina localizada al norte y parte de la colina intermedia han mantenido prácticamente su condición natural. La colina y la hondonada localizadas al sur fueron grandemente afectadas por los cortes de terreno para la construcción del vertedero existente. La alineación de la colina intermedia cambia ligeramente de dirección en su parte superior. Este cambio en la alineación es lo que posiblemente lleva a inferir la presencia de una falla geológica antigua. Sin embargo, las hondonadas que limitan a la colina no muestran el cambio en alineación. Por lo tanto, de estar presente, la falla geológica debe ser antigua e inactiva.

La hondonada localizada en la parte norte del proyecto se divide al este en dos hondonadas que se encuentran separadas por una loma (Fig. 6). Además, se observa varias zanjas de erosión en la ladera sur de la colina norte drenando hacia la hondonada. Las zanjas de erosión se ven angostas y con paredes empinadas. El patrón de drenaje es del tipo dendrítico grueso. Estas condiciones de drenaje son indicativas de la presencia de roca de grano grueso (e.g. arenisca y brecha) localizada a poca profundidad en la ladera. La vegetación de baja altura en la mayor parte del área confirma también la presencia de material rocoso llano. Esta información confirma los hallazgos observados en varios sectores durante el reconocimiento de campo del sitio del proyecto.

La morfología natural del terreno indica que en el pasado el área de las hondonadas estuvo cubierta de roca de varias decenas de metros de espesor. Como resultado de esta condición, el terreno natural localizado a lo largo de las hondonadas estuvo sujeto a presiones mayores que las presiones que actualmente actúan sobre el terreno. Por tal razón, la mayor parte del terreno natural del proyecto no

debe tener problemas de capacidad de sustentación para soportar el peso de los desperdicios sólidos que se depositarán en el futuro.

La vegetación observada a lo largo de las hondonadas es tupida, probablemente debido a la presencia de sedimentos depositados por las escorrentías y a la presencia de agua o mayor humedad.

La falla geológica inferida en el mapa geológico fuera del sitio del proyecto a varias decenas de metros al norte se distingue por el cambio súbito en la elevación del terreno de la cima de la colina alargada, y por la presencia de hondonadas siguiendo la misma alineación en ambas laderas de la colina. El cambio en elevación es de aproximadamente 20 metros. La falla separa topográficamente al área del proyecto del terreno localizado más al norte. Tomando en cuenta esta separación topográfica y la presencia de hondonadas profundas en las colinas situadas al norte de la falla, es poco probable que cualquier agua de lluvia percolando en las colinas localizadas al norte de la falla logre drenar subterráneamente hacia el área del proyecto.

Las fotografías aéreas no mostraron ningún indicio significativo de inestabilidad de taludes *dentro* del área del proyecto, excepto en las zanjas de erosión donde ha ocurrido lavado de terreno talud abajo.

Resumiendo, la fotointerpretación aérea del área del proyecto confirmó los siguientes hallazgos: 1) la presencia de un manto rocoso de poca profundidad a través del área del proyecto, 2) la ausencia de problemas significantes de inestabilidad de taludes dentro del sitio del proyecto, 3) la posible presencia de una falla geológica inactiva dentro del área del proyecto, 4) la mayor parte del área del proyecto no debe tener problemas de capacidad de sustentación para sustentar el peso de los desperdicios sólidos a depositarse debido a que ya fue sujeto a presiones mayores que las actuales, y 5) el volumen de agua drenando a lo largo de la quebrada localizada al norte del proyecto se debe principalmente a escorrentías formadas dentro del área general del proyecto.

Condiciones de Suelo

El programa de exploración de suelo consistió de siete barrenos, ocho catas de campo, pruebas de campo y laboratorio y reconocimiento de campo del sitio. El propósito de este programa fue obtener información sobre las condiciones del subsuelo en el área del proyecto. Las Figuras 3 y 4 muestran esquemáticamente la localización de los barrenos y las catas de campo. La profundidad de los barrenos varió de 15 a 50 pies. Preliminarmente, parte del área del proyecto se extendía hacia el norte como se demarca esquemáticamente con la línea verde en las Figuras 3 y 4. Posteriormente, se definió el área final del proyecto tal como se demarca esquemáticamente con las líneas rojas. Los barrenos 1 y 7 y las catas 1, 2, 3 y 4 fueron localizados en áreas aledañas a la quebrada. Los demás barrenos y catas de campo fueron localizados en sectores específicos con el fin de verificar las condiciones del terreno que afloraba en los cortes o en el fondo de las hondonadas. El número, la profundidad y la localización de los barrenos fueron definidos tomando en cuenta la información geológica, la topografía del sitio, los resultados de la fotointerpretación y del reconocimiento de campo, las características del terreno expuesto en los cortes, la accesibilidad del área y las condiciones de suelo que se iban obteniendo conforme se hacían los barrenos. El Apéndice 2 presenta una descripción breve de los procedimientos de barrenado y muestreo que fueron usados. El Apéndice 3 contiene los registros de los barrenos y los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo.

Dos tipos de terreno se encontraron con el programa de exploración de suelo: 1) relleno, y 2) roca volcánica intemperizada (descompuesta) y/o fracturada. El relleno se encontró solamente en la ladera de la parte baja de la quebrada (barreno 1 y catas de campo 3 y 4). Este sector ha sido sujeto a movimiento de tierra anterior para abrir una vereda.

La roca volcánica intemperizada o descompuesta se recobró mayormente como una mezcla de fragmentos de roca angulares con limo arenoso y arcilloso, arcilla limosa y arena arcillosa de color marrón claro, en ocasiones verdosa o con vetas grisáceas y violetas. La mezcla contenía planos de diaclasas oxidados. El grado de intemperismo disminuía con la profundidad, de tal forma, que la roca recuperada en las partes bajas de algunos barrenos consistía mayormente de roca fracturada de matriz dura. La profundidad a la cual sucedía la transición a roca fracturada era variable.

La resistencia a la penetración de la roca descompuesta fue variable pero generalmente alta (altos valores del número N de la Prueba de Penetración Estándar). La consistencia de las muestras limosas y arcillosas era de muy rígida a dura. Las condiciones de la roca descompuesta obtenidas en los barrenos concuerdan con las condiciones de la roca descompuesta expuesta en los cortes de terreno. Asimismo, tal como sucedió en los cortes, no se pudo distinguir estratificación o capeo en las muestras recuperadas de los barrenos.

A base de resultados de pruebas de laboratorio, la matriz arcillosa y limosa de la roca descompuesta clasifica como arcillas de baja (CL) y alta plasticidad (CH). Las arcillas CH tienden a tener un potencial alto de expansividad y encogimiento o la capacidad de sufrir cambios grandes de volumen cuando su contenido natural de humedad varía, especialmente con los cambios climatológicos. Sin embargo, la mayor parte de estos materiales será removida para la construcción de las celdas de la expansión propuesta.

Roca volcánica con menor grado de intemperismo fue hallada en el barreno 7 a la profundidad de 15 pies. El barreno 7 se profundizó con brocas de diamante para verificar las condiciones de la roca expuesta en el fondo de la quebrada. La roca recuperada consistía de roca metamórfica brechada de color verdoso y grisáceo. Algunas de las muestras contenían pequeñas cavidades de disolución, lo cual confirmaba el efecto de alteración hidrotérmica al que fue sometida la roca volcánica madre.

Las muestras tenían un RQD de 10 a 38 por ciento debido a la condición fracturada de la roca. Este valor de RQD indica que la roca es de pobre calidad. Sin embargo, la matriz rocosa de las muestras era relativamente dura. La resistencia a la compresión simple (q_u) de una muestra de roca probada en el laboratorio fue de 5,142 psi. La consistencia de las muestras terrígenas de los primeros 15 pies del barreno 7 era de muy rígida a dura.

La permeabilidad de la roca descompuesta es baja debido a su naturaleza arcillosa y limosa. Por otro lado, la permeabilidad de la roca fracturada pero con menor grado de intemperismo es mayor debido a las fracturas. La permeabilidad de la matriz de la roca fracturada es también baja. Por tal razón, la percolación del agua de lluvia dentro de la roca descompuesta debe estar ocurriendo principalmente a través de las fracturas y diaclasas presentes en la roca.

Las condiciones específicas encontradas en cada barreno se hallan en los registros contenidos en el Apéndice 3. La estratificación o cambios demarcados en los registros están basados en la inspección visual de las muestras recuperadas en los barrenos y en la información presentada en los registros de campo de los barrenos. Por esta razón, estos cambios son aproximados y esquemáticos. La transición actual entre los diferentes tipos de suelo y roca puede llegar a ser gradual. Las profundidades dadas en este informe se encuentran referidas a la superficie del terreno existente durante el barrenado.

Condiciones de Agua Subterránea

Solamente se detectó agua subterránea cuando se estaba realizando los barrenos 1 y 7 y las catas de campo aledañas a la quebrada (catas 1 al 4). La profundidad del nivel del agua detectada en el

barreno 1 fue de 1.5 pies. Debido a la cercanía del barreno a la quebrada existente, el nivel de agua detectado en el barreno 1 estaba asociado al nivel del agua fluyendo dentro de la quebrada.

El nivel de agua fue detectado en el barreno 7 a la profundidad de 10 pies. El nivel de agua subió a 5 pies 4 pulgadas después de completarse el barreno. La diferencia en elevación entre el nivel del terreno en el barreno 7 y el nivel del agua fluyendo en la quebrada era de aproximadamente 3 pies, por lo que el agua dentro del barreno se detectó a una elevación menor que la elevación del nivel de agua dentro de la quebrada.

El agua detectada dentro de las catas de campo fluía localmente a diferentes profundidades a través de algunas de las diaclasas y fracturas que se encontraban dentro de la roca descompuesta. Por tal motivo, el nivel de agua no era un nivel freático general sino un nivel de agua confinado dentro de diaclasas y fracturas particulares de la roca.

Durante el reconocimiento de campo, se observó varios manantiales en las cercanías de la cata 1. El agua de los manantiales emanaba a través de diaclasas y fracturas que se encontraban dentro de la roca descompuesta, de la misma forma como se observó dentro de las catas 1 a 4. El flujo de agua de los manantiales era relativamente pequeño (aproximadamente <1 gpm). El agua proveniente de los manantiales fluía en dirección del cauce de la quebrada.

No se observó manantiales o agua subterránea emanando en las áreas de los cortes dentro de la Finca Núm. 1 o en las partes altas de las hondonadas de la Finca Núm. 2.

Con fines de definir la profundidad del nivel piezométrico en el área aledaña a la quebrada, se instaló los pozos de observación 1 y 2 dentro de los barrenos 1 y 7, respectivamente, ya que en estos barrenos fue donde solamente se encontró agua subterránea. Los pozos de observación incluían dos

partes: una parte inferior ranurada y una parte superior ciega (sin ranuras). La parte ranurada llegaba al fondo de los barrenos. El pozo 1 alcanzó una profundidad de 15 pies mientras el pozo 2 llegó a la profundidad de 30 pies. Se colocó un sello de bentonita y mortero alrededor de los pozos para evitar la percolación de escorrentías hacia los pozos. El nivel del agua dentro de los pozos fue medido usando un galvanómetro. El Apéndice 4 incluye el resumen de las lecturas hechas de los pozos de observación.

A base de las lecturas de los pozos, el nivel piezométrico en los dos pozos permaneció prácticamente constante, a pesar de haber ocurrido varios eventos intensos de lluvia. La poca variación en el nivel piezométrico indica que el terreno donde ocurre el flujo de agua subterráneo tiene una permeabilidad relativamente alta que permite la descarga rápida del agua percolando durante eventos lluviosos.

El nivel de agua dentro del pozo 1 se encontró a la profundidad promedio de 11 pulgadas. La profundidad promedio del nivel de agua dentro del pozo 2 fue mayor (5 pies 3 pulgadas). Tomando en cuenta la diferencia en elevación entre la superficie del terreno del pozo 2 y el nivel del agua dentro de la quebrada, el nivel piezométrico está por debajo del nivel del agua dentro de la quebrada. Por lo tanto, el agua fluyendo dentro de la quebrada no corresponde al nivel piezométrico detectado con el pozo 2.

Otro hallazgo significativo fue la diferencia entre la profundidad a la cual se encontró el nivel de agua en el pozo 2 durante el barrenado y la profundidad que alcanzó después de instalado. El agua subterránea se detectó a 10 pies de profundidad durante el barrenado, mientras que la profundidad promedio del nivel del agua en el pozo fue de 5 pies 3 pulgadas. Esta diferencia en profundidad de aproximadamente 5 pies indica que el agua subterránea se encuentra en condición semi-artesiana en este sector. Una explicación posible para esta condición es la diferencia en la permeabilidad de la roca descompuesta con alto grado de intemperismo y la roca descompuesta fracturada con menor

intemperismo. La roca más intemperizada es menos permeable y debe estar actuando como barrera parcial al flujo interno del agua. El flujo de agua subterránea debe estar ocurriendo localmente dentro de la roca más permeable a través de zonas específicas. La condición semi-artesiana del agua subterránea no fue detectada en el pozo 1. La presencia de sectores de terreno con gran elevación es lo que debe estar provocando la condición semi-artesiana del agua subterránea.

A base de lo discutido anteriormente, el flujo de agua subterránea en el área del proyecto debe estar ocurriendo solamente en sectores específicos localizados erráticamente, debido a la condición de fracturación errática de la roca descompuesta. Asimismo, la condición semi-artesiana del agua subterránea no está sucediendo en todos los sectores que contienen flujo de agua subterránea. El nivel piezométrico disminuye hacia las partes bajas de las dos hondonadas, intersecando en algunos sectores a la superficie del terreno para producir pequeños manantiales que drenan hacia la quebrada.

Las condiciones geomorfológicas del terreno del proyecto indican que la dirección general del flujo de agua subterránea debe ser hacia el suroeste, hacia las partes bajas localizadas fuera del proyecto a cientos de metros. Localmente, la dirección del flujo de agua subterránea en sectores específicos es hacia el fondo de las hondonadas existentes. Estas hondonadas dan origen a la quebrada. Tomando en cuenta que gran parte del área del proyecto contiene la roca descompuesta de baja permeabilidad, se estima que mucha del agua de lluvia cayendo sobre el área del proyecto debe fluir como escorrentías hacia las hondonadas para después continuar por la quebrada.

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

Capacidad de Sustentación

La expansión propuesta para el vertedero requerirá cortes de gran altura en las colinas remanentes del área del proyecto. El material a ser excavado será sustituido por el material de vertedero, el cual será de menor peso. Usando un peso unitario promedio (γ) de 120 libras por pie cúbico para el material a ser excavado y de 45 libras por pie cúbico para el material de vertedero, el espesor requerido (t_v) de material de vertedero es de aproximadamente 2.67 veces el espesor del material (t_e) a ser excavado para obtener el peso equivalente. Esta relación también aplica para el material que fue antiguamente socavado por escorrentías a lo largo de las dos hondonadas. Si el espesor del material de vertedero excede t_v , se impondrá nuevas presiones sobre la base del terreno cortado, las cuales deben compararse con la capacidad de sustentación del terreno de base.

Basados en la información sometida por el Ing. Miguel García, se espera que la altura máxima del material de vertedero sea menor que la altura máxima que alcanza el terreno existente en el área del proyecto. Por lo tanto, la mayor parte del terreno natural del proyecto no debe tener problemas de capacidad de sustentación para soportar el peso de los desperdicios sólidos que se depositarán en el futuro, ya que estuvo sujeto cuando menos a presiones 2.67 veces mayores que las presiones que le impondrá el material de vertedero.

La información de campo y laboratorio obtenida con el programa de exploración de suelo confirma que el terreno estuvo sometido a presiones mayores que las que actualmente actúan sobre el terreno. La matriz arcillosa y limosa que compone a la roca descompuesta del sitio tiene una consistencia de muy rígida a dura, mientras que la roca fracturada tiene el comportamiento de un suelo granular muy denso (con una resistencia alta a la penetración). Como resultado, se considera que estos depósitos deben tener una capacidad de sustentación alta capaz de sustentar el peso de los desperdicios sólidos a depositarse en el futuro. La capacidad de sustentación permisible (q_{all}) dependerá de la profundidad y la localización de los cortes nuevos a realizarse y de las características geométricas de la propuesta expansión lateral del vertedero.

Estabilidad de Taludes

La evaluación de los taludes del proyecto envuelve varias situaciones, tales como la extensión lateral de la propuesta expansión del vertedero y la profundidad de los cortes a hacerse en el sitio.

La localización de las celdas de la expansión propuesta (Fig. 2) indica que las celdas se construirán sobre la roca descompuesta. La roca descompuesta del sitio del proyecto se caracteriza por ser competente y por su naturaleza heterogénea y falta de estratificación. Las condiciones de resistencia de la roca descompuesta mejoran sustancialmente con la profundidad. La falta de estratificación dentro de la roca descompuesta no propicia el desarrollo de superficies potenciales de falla que normalmente se forman en los planos de estratificación de las rocas estratificadas.

La inclinación natural de los taludes con respecto a la horizontal es en general un indicio de la inclinación máxima que un material puede mantener a largo plazo con una estabilidad marginal. Usando las líneas de nivel contenidas en el cuadrángulo topográfico de la Fig. 1, la inclinación natural de los taludes de las laderas que bordean al proyecto varía aproximadamente entre 31 a 41 grados, con algunos valores de 27 grados en las áreas cercanas a las cima de las laderas. Tomando en cuenta esta información, se estima que el ángulo de fricción interna (Φ) de la roca descompuesta altamente intemperizada y de la roca fracturada se encuentre en el rango de 31 a 34 grados y de 36 a 42 grados, respectivamente. Estos valores de Φ corresponden normalmente a terrenos competentes.

Los taludes naturales de las laderas no han presentado problemas significantes de inestabilidad con el tiempo, excepto en las zanjas de erosión donde ha ocurrido lavado de terreno talud abajo. El terreno suelto depositado en las zanjas de erosión y hondonadas va a ser removido durante la preparación del

terreno para la construcción de las celdas, por lo que no representan riesgo de inestabilidad. Además, la acumulación del material de vertedero de la expansión propuesta aumentará la estabilidad de las laderas naturales al proveerles apoyo lateral. El resultado final será un área con mayor estabilidad que la que actualmente tiene.

A base de lo anteriormente analizado, no se espera que el peso del material de vertedero a depositarse provoque problemas de inestabilidad que envuelvan superficies de falla pasando por el terreno natural. La estabilidad del material de vertedero a depositarse estará controlada por el comportamiento del material mismo y no por las condiciones de estabilidad del terreno natural.

Cortes

La mayor parte de los cortes requeridos para la construcción de las celdas de la expansión propuesta se llevarán a cabo dentro de la roca descompuesta con alto grado de intemperismo. Dependiendo de la profundidad final definida para las celdas, es posible que se requiera excavar también en roca fracturada. Una situación similar ocurrirá en las excavaciones requeridas para la charca de retención del proyecto. Debido a la condición de agua subterránea prevaleciente en el sitio del proyecto, existe la posibilidad de que algunos de los cortes requeridos intersequen agua subterránea en sectores esporádicos y erráticos.

La inclinación de las paredes de los cortes no debe exceder la inclinación natural de las laderas del terreno para reducir el potencial de desarrollo de deslizamientos en los cortes. Este potencial de deslizamiento ocurrirá solamente durante el período de tiempo en el cual se esté llevando a cabo el proceso de rellenado con los desperdicios sólidos, ya que la acumulación del material de vertedero aumentará la estabilidad de las paredes de los cortes al proveerles apoyo lateral.

Los cortes a realizarse a lo largo del límite del vertedero existente pueden llegar a exponer el material de vertedero ya depositado. De suceder esta situación, existirá un riesgo de falla dentro del material del vertedero existente a menos que se tomen algunas previsiones, tales como disminuir la inclinación de los cortes.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

A continuación se somete un resumen de los hallazgos de este estudio:

1. El área general del proyecto se encuentra localizada dentro de un marco geológico de rocas metamórficas alteradas hidrotérmicamente del Cretácico Superior que han sido sometidas a fallas geológicas y a un grado variable de intemperismo. Las fallas geológicas ocurrieron durante el Cretácico y se han mantenido inactivas por mucho tiempo (millones de años), por lo que no presentan un peligro sísmico o estructural para el proyecto.
2. Roca descompuesta con alto grado de intemperismo subyace la mayor parte del área del proyecto. La roca descompuesta consiste de una mezcla heterogénea y competente de fragmentos y bloques de roca dentro de una matriz de suelo limoso y arcilloso. El grado de intemperismo disminuye con la profundidad. La roca con menor grado de descomposición consiste de roca fracturada de matriz dura.
3. La geomorfología natural del sitio del proyecto consiste de tres colinas alargadas separadas por dos hondonadas profundas que se juntan en una quebrada con flujo permanente que se encuentra localizada cerca del límite norte y oeste del área del proyecto. La morfología de la

parte sur ha sido cambiada por cortes realizados para la extracción de material para el vertedero existente.

4. La geomorfología natural del terreno indica que el terreno del área de las hondonadas estuvo sujeto a presiones mayores que las presiones que actualmente actúan sobre el terreno. Por lo tanto, el terreno natural del proyecto no debe tener problemas de capacidad de sustentación para soportar el peso de los desperdicios sólidos que se depositarán en el futuro.
5. El flujo del agua subterránea detectada en el área del proyecto ocurre solamente en sectores específicos localizados erráticamente debido a la condición de fracturación errática de la roca descompuesta. El agua subterránea tiene una condición semi-artesiana en algunos sectores del proyecto. El nivel piezométrico que produce el flujo de agua subterránea disminuye hacia las partes bajas de las dos hondonadas, intersecando en algunos sectores a la superficie del terreno para producir pequeños manantiales que drenan hacia la quebrada.
6. La dirección general del flujo de agua subterránea dentro del área del proyecto es hacia el suroeste, hacia las partes bajas localizadas a cientos de metros fuera del área del proyecto. Localmente, la dirección del flujo de agua subterránea en sectores específicos es hacia el fondo de las hondonadas existentes.
7. Gran parte del agua de lluvia que cae sobre el área del proyecto fluye como escorrentía hacia las hondonadas para después continuar por la quebrada. El volumen de agua drenando por la quebrada se debe principalmente al área de captación definida por las condiciones topográficas del sitio del proyecto.

8. Las laderas naturales del sitio del proyecto no han presentado problemas significantes de inestabilidad de taludes. La acumulación del material de vertedero de la expansión propuesta aumentará la estabilidad de las laderas al proveerles apoyo lateral. El resultado final será un área con mayor estabilidad que la que actualmente tiene.
9. El peso del material de vertedero a depositarse no provocará problemas de inestabilidad que envuelvan superficies de falla pasando por el terreno natural. La estabilidad del material de vertedero a depositarse estará controlada por el comportamiento del material mismo y no por las condiciones de estabilidad del terreno natural.
10. La mayor parte de los cortes requeridos para la construcción de las celdas de la expansión propuesta se llevarán a cabo en roca descompuesta con alto grado de intemperismo. Debido a la condición de agua subterránea prevaeciente en el sitio del proyecto, existe la posibilidad de que algunos de los cortes requeridos intersequen agua subterránea en sectores esporádicos y erráticos.
11. El riesgo de desarrollarse fallas locales en las paredes de los cortes dependerá de la inclinación de los cortes. Este riesgo ocurrirá solamente durante el período de tiempo en el cual se esté llevando a cabo el proceso de rellenado con los desperdicios sólidos, ya que la acumulación del material de vertedero aumentará la estabilidad de las paredes de los cortes al proveerles apoyo lateral.

RECOMENDACIONES GENERALES

Las recomendaciones generales para la construcción del proyecto están contenidas en el Apéndice 5.

COMENTARIOS GENERALES

El presente informe se ha preparado para evaluar el proyecto desde el punto de vista geotécnico y proveer recomendaciones para la planificación y diseño del proyecto. El alcance del estudio se limita a la localización y proyecto descritos. La descripción y análisis del proyecto representa nuestro entendimiento de los aspectos relevantes a las características físicas e ingenieriles de los suelos y rocas. En caso de que surjan cambios en el proyecto, debemos ser informados para revisar los mismos y modificar por escrito, de ser necesario, las conclusiones y recomendaciones dadas en el informe. Recomendamos que se nos autorice a revisar los planos de diseño y especificaciones del proyecto para confirmar que las recomendaciones contenidas en este informe han sido interpretadas de acuerdo a nuestra intención. Sin esta revisión, no seremos responsables por cualquier interpretación errónea de nuestros datos, nuestros análisis y/o nuestras recomendaciones, ni como éstos han sido incorporados en el diseño final.

El análisis y las recomendaciones sometidas en el informe están basados en los datos obtenidos con los barrenos realizados en las localidades indicadas y en cualquier otra información discutida en el informe. El informe no refleja cualquier variación en las condiciones de suelo y roca que pueda surgir entre los barrenos o con cualquier otra localidad del proyecto. Si las variaciones son evidentes, será necesario reevaluar las recomendaciones después de llevar a cabo en el sitio las observaciones pertinentes durante la construcción del proyecto y anotar las características de las variaciones.

Sometido por,
GEO Engineering



Carlos E. Rodríguez Pérez, PhD, PE

Ingeniero Geotécnico

26 de febrero de 2008

GEO-2007-637

Anejos

FIGURAS

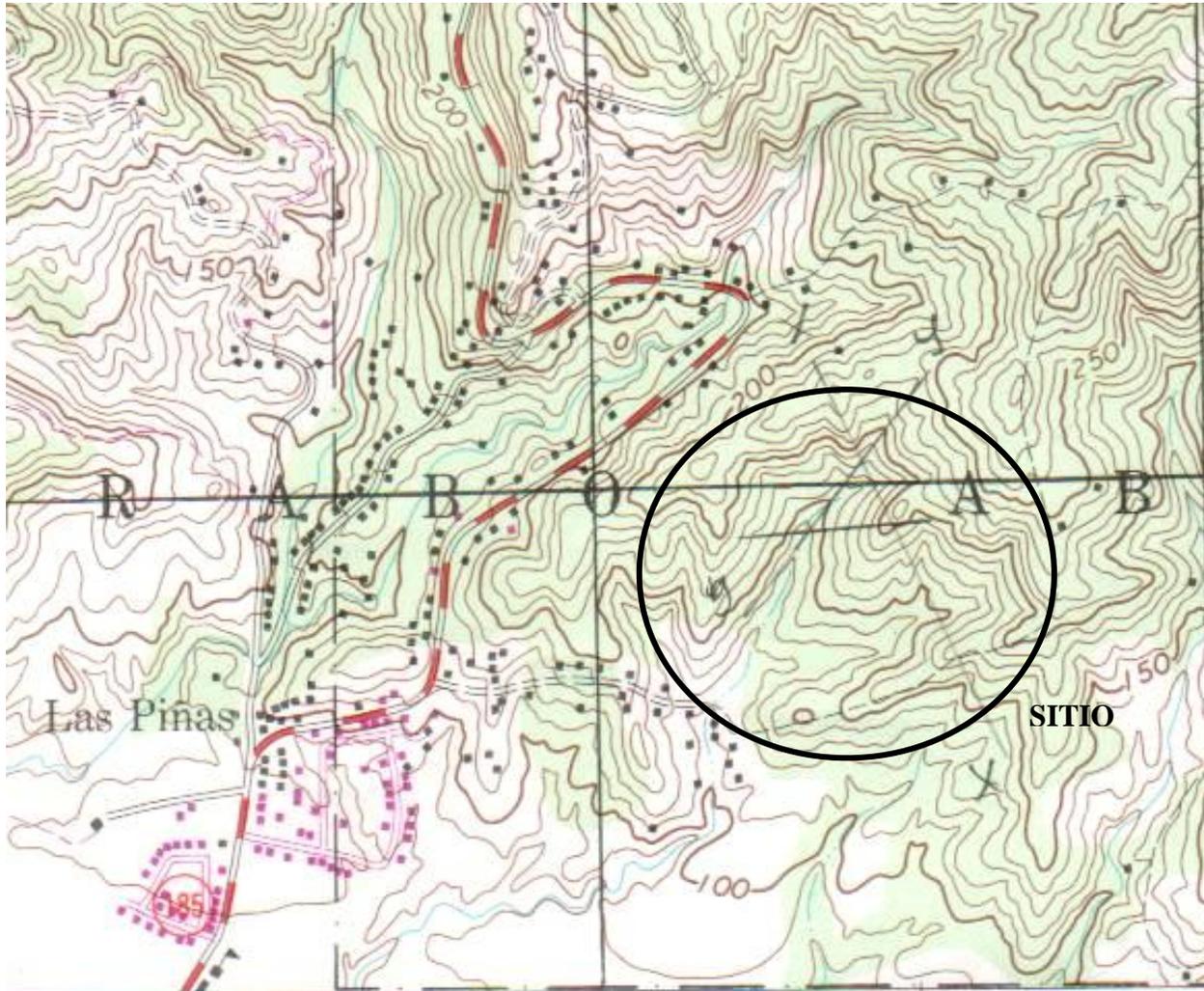


FIGURA 1

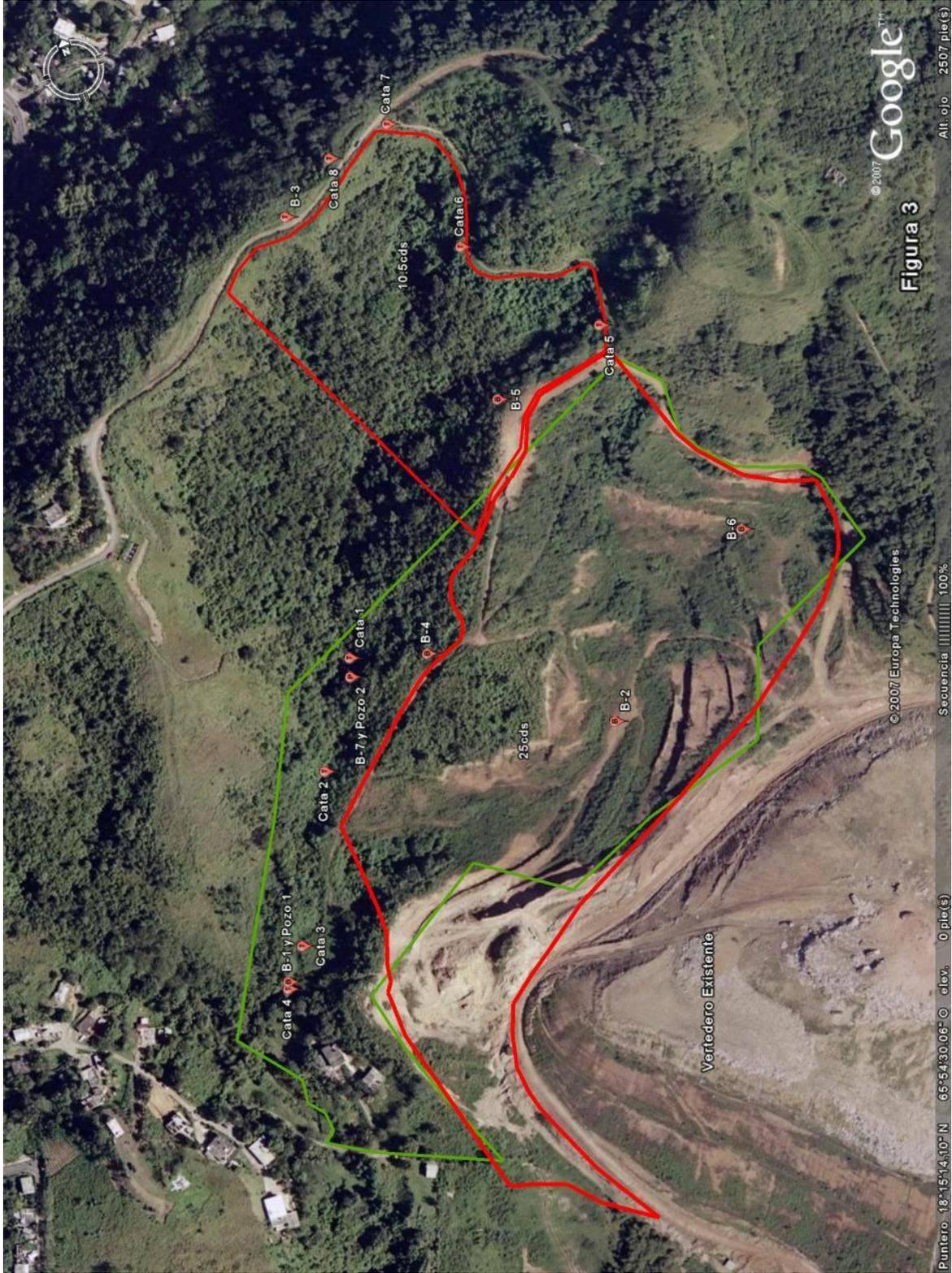


FIGURA 3

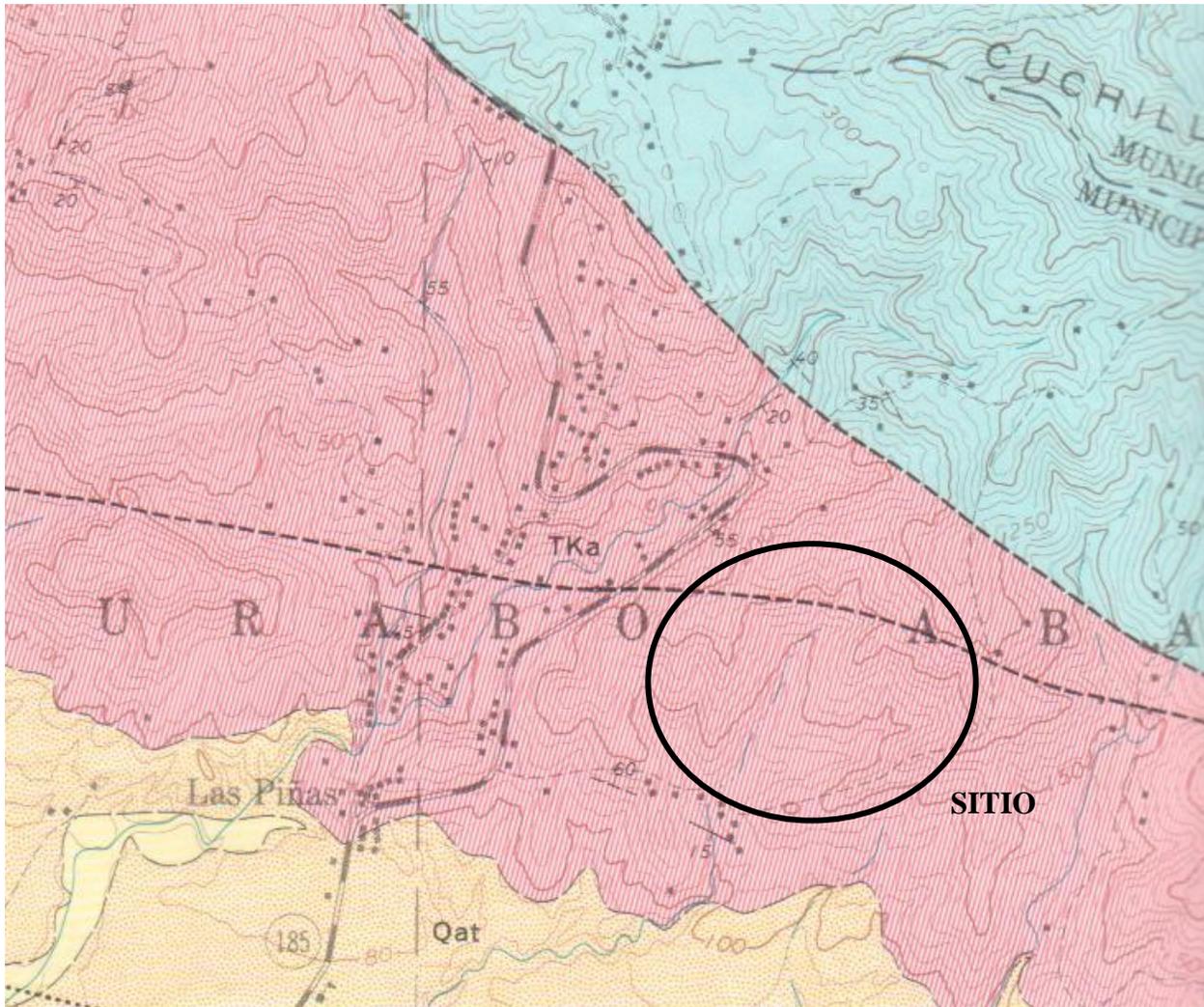


FIGURA 5

1977

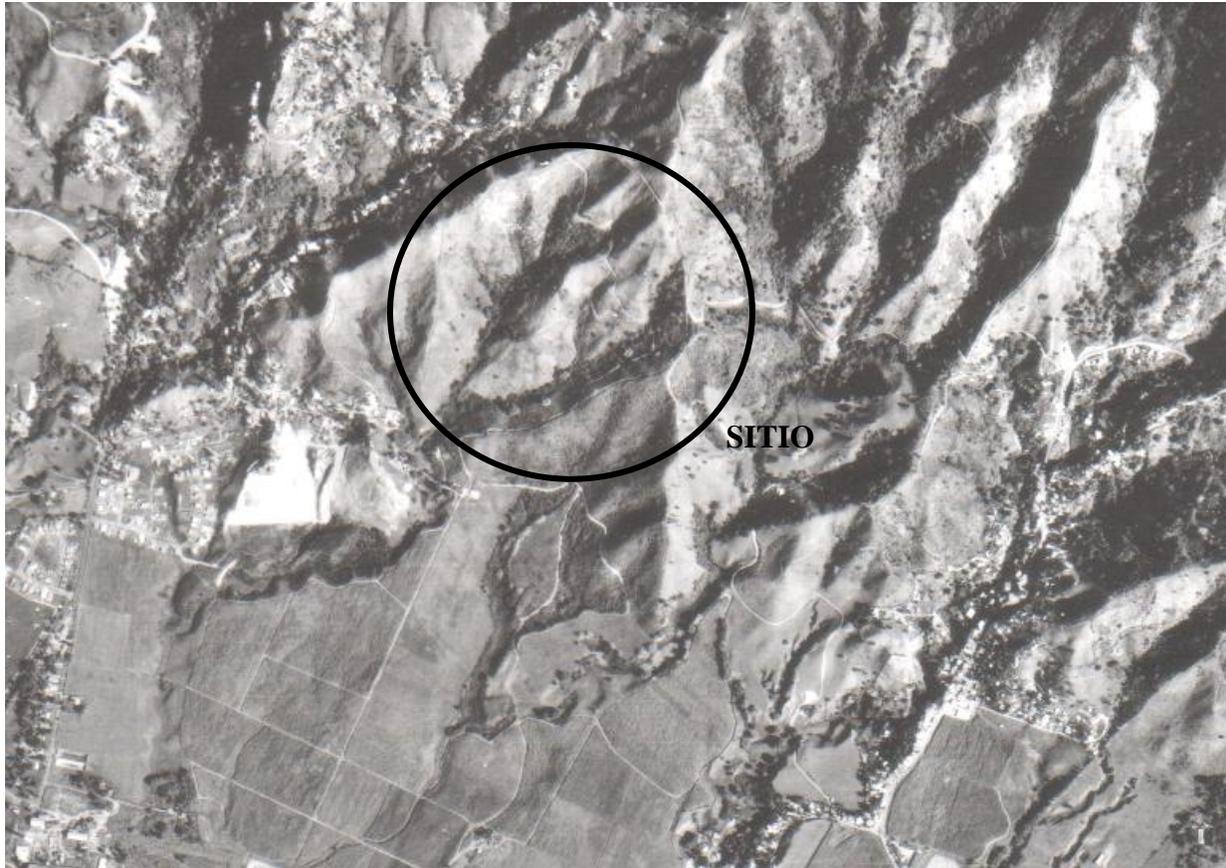


FIGURA 6

APÉNDICE 1

Cláusula Estándar para Condiciones de Suelo No Anticipadas

Cláusula Estándar para Condiciones de Suelo No Anticipadas

Esta investigación fue realizada por un consultor geotécnico y los resultados de la misma están contenidos en este informe. El mismo presenta las conclusiones del consultor sobre las condiciones del suelo basado en su interpretación de la información obtenida en esta investigación. El contratista reconoce que ha evaluado el informe del consultor y cualquier adenda sometida. Se reconoce que una investigación de suelo puede no presentar todas las condiciones existentes, y aún más éstas pueden cambiar entre el tiempo de la investigación y el comienzo de la construcción, particularmente las condiciones del agua freática. En reconocimiento a estos factores, el contrato debe proveer una manera equitativa de compensación al contratista de encontrarse condiciones de suelo adversas no anticipadas durante la construcción del proyecto y proveer alguna forma de recompensa al dueño de encontrarse que las condiciones existentes superan las anticipadas.

Si en cualquier momento durante la construcción del proyecto el contratista encuentra condiciones de suelo distintas a las esperadas por el consultor geotécnico, debe informarlo inmediatamente (antes de 24 horas) al dueño. Por otro lado, si el representante del dueño observa en la construcción condiciones de suelo distintas a las esperadas por el consultor geotécnico, debe informarlo también inmediatamente (antes de 24 horas) al dueño. Una vez se reconozca la presencia de condiciones de suelo no anticipadas por parte del dueño o el contratista, y el consultor ha concurrido, se debe tomar acción para hacer los cambios pertinentes en el contrato para añadir o eliminar medidas basado en los hallazgos.

APÉNDICE 2

Resumen de Procedimientos

Resumen de Procedimientos

Procedimientos de Muestreo

Muestreador de Cuchara Partida (Especificación de ASTM D-1586-67)

Los barrenos son realizados con un equipo de barrenar provisto de barrenas huecas. Las muestras de suelo se obtienen usando un muestreador de cuchara partida de 2 pulgadas de diámetro externo y 18 (o 24) pulgadas de largo. La resistencia a la penetración se obtiene contando el número de golpes requerido para introducir el muestreador en el suelo por medio de un martillo de 140 libras de peso cayendo una distancia de 30 pulgadas. El valor N de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) se obtiene contando el número de golpes requerido por el martillo para penetrar el muestreador 12 pulgadas, después de una penetración inicial de 6 pulgadas. Este valor se da en golpes por pie (bpf) y se usa como un indicador de la densidad relativa de los suelos granulares (arenas y gravas) y de la consistencia de los suelos cohesivos (suelos arcillosos) usando los valores incluidos abajo. El valor N se usa también para tener una idea de la resistencia a la penetración de las rocas intemperizadas y fracturadas. Sin embargo, cuando el suelo contiene fragmentos de roca, se puede obtener valores altos de N sin que esto signifique que el suelo es denso o de consistencia rígida. Las muestras de suelo y roca recuperadas de los barrenos se identifican en el campo y laboratorio y se someten a pruebas específicas.

Valor - N <u>golpes / pie</u>	Consistencia de <u>Suelos Cohesivos</u>	q_u (tsf)
< 2	Muy Suave	0-0.25
2-4	Suave	0.25-0.5

4-8	Mediana	0.5-1.0
8-15	Rígida	1.0-2.0
15-30	Muy Rígida	2.0-4.0
> 30	Dura	> 4.0

Densidad Relativa de
Suelos Granulares

0-5	Muy suelta
5-10	Suelta
10-30	Mediana
30-50	Densa
> 50	Muy densa

Las muestras de suelo recuperadas con este procedimiento son alteradas y por lo tanto la estructura natural de las mismas queda destruida.

Barrenado en Suelos

En este procedimiento, se utiliza una serie de barrenas huecas para hacer una perforación en el suelo y avanzar la misma. Las barrenas huecas permiten la utilización del muestreador sin tener que removerlas. Además, las barrenas proveen soporte a las paredes de la perforación durante el proceso de barrenado.

Barrenado en Roca

En este procedimiento, se rota una serie de tubos mientras se ejerce una presión constante sobre una broca colocada al fondo de la perforación. Al mismo tiempo, se vierte agua dentro del barreno para enfriar la broca. Para hacer un muestreo en roca, se conecta un barril muestreador a los tubos y se recupera la muestra a intervalos de 2 a 5 pies. La calidad de la roca es evaluada utilizando el índice RQD, que se define como la razón entre la suma de todos los pedazos de 4 pulgadas o más de largo y el largo total de la corrida de 5 pies. La siguiente correlación es utilizada para el RQD:

<u>RQD (%)</u>	<u>Calidad de la Roca</u>
90-100	Excelente
75-90	Bueno
50-75	Regular
25-50	Pobre
0-25	Muy pobre

Procedimientos del Laboratorio

Contenido de Humedad – El contenido de humedad de un suelo es definido por la razón entre el peso del agua que contiene el suelo en su estado natural y el peso del suelo después de haber sido secado. El contenido de humedad se expresa en por ciento.

Descripción de Suelos – Los suelos son descritos de acuerdo a sus componentes, textura y plasticidad. Los suelos granulares son suelos compuestos principalmente de granos gruesos (grava y arena). Las arcillas y limos son suelos de grano fino que pueden o no presentar cohesión y plasticidad.

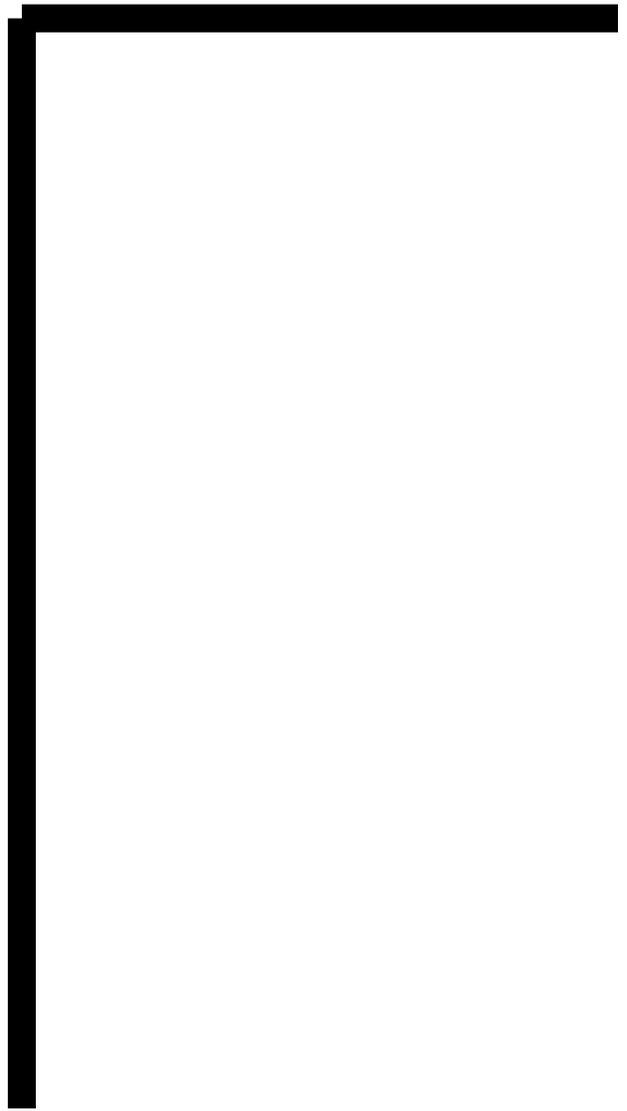
Resistencia a la Compresión Simple (q_u) – Esta resistencia es determinada sometiendo una muestra cilíndrica de suelo cohesivo a una carga axial en compresión o utilizando un penetrómetro de mano.

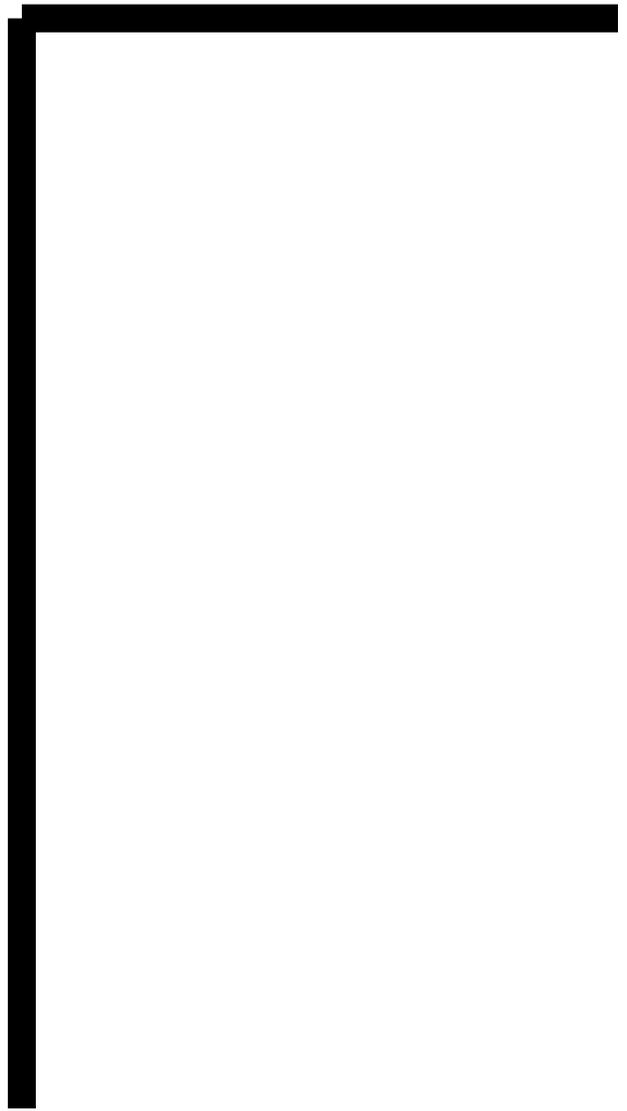
APÉNDICE 3

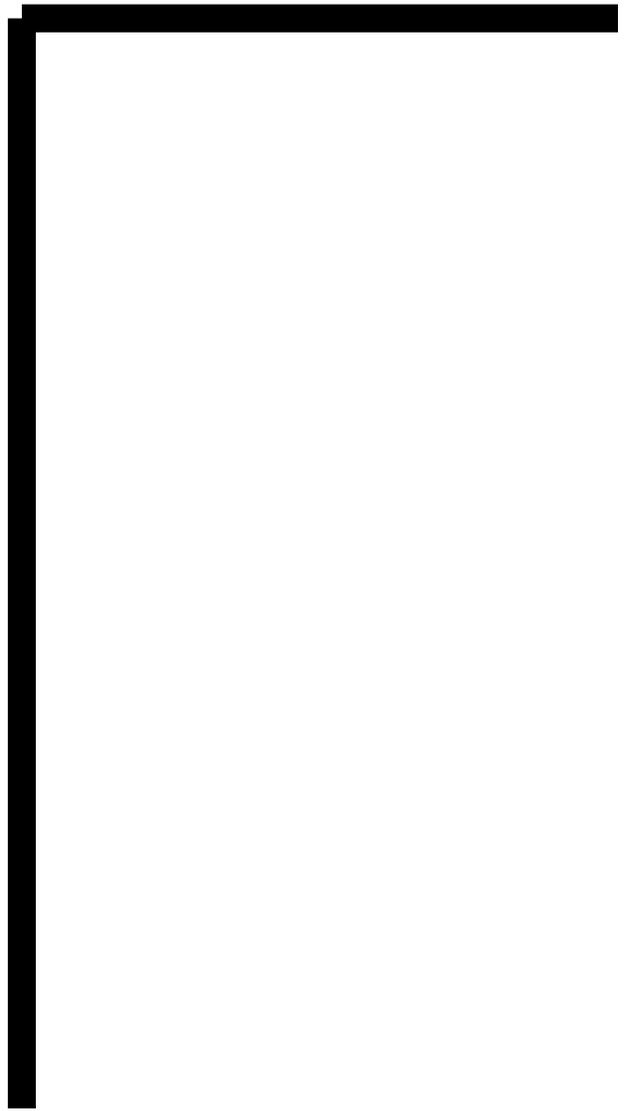
Registro de barrenos y Resultados de Pruebas

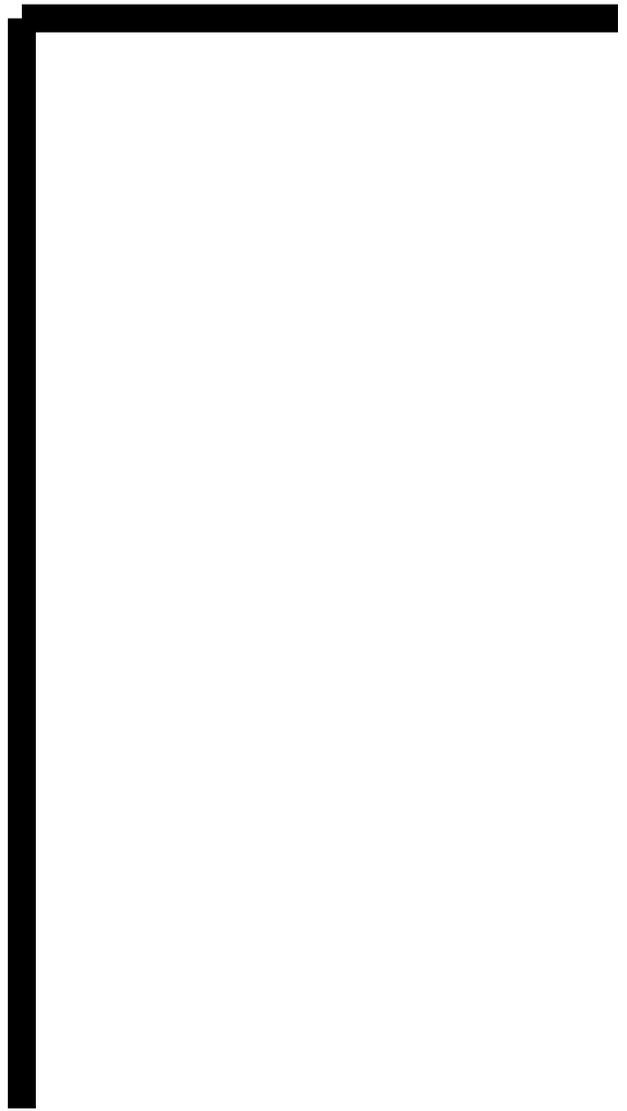


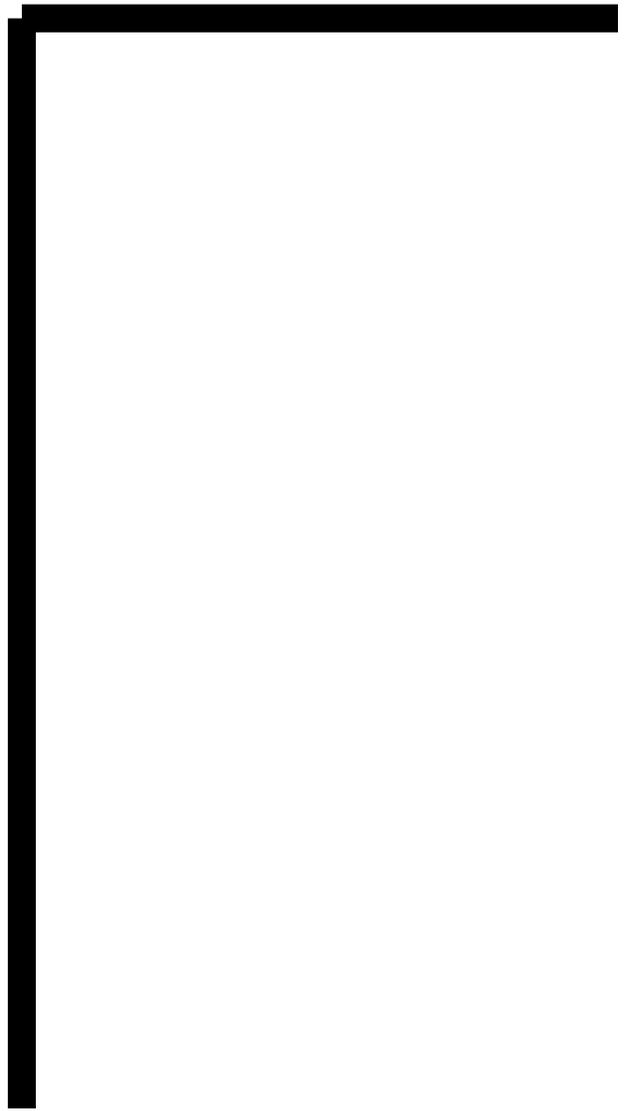


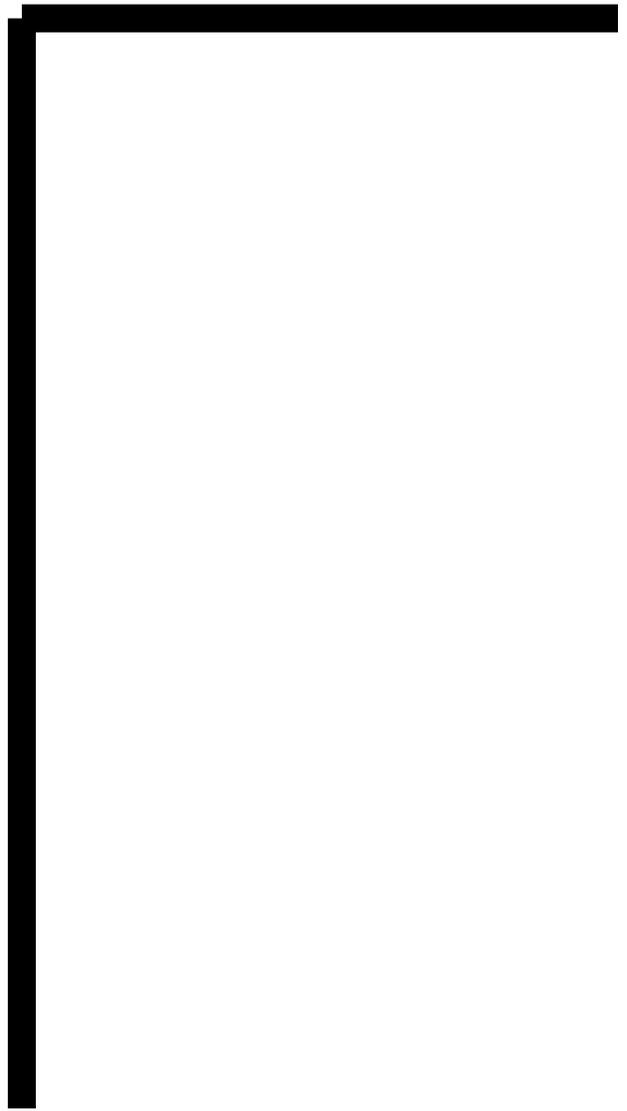


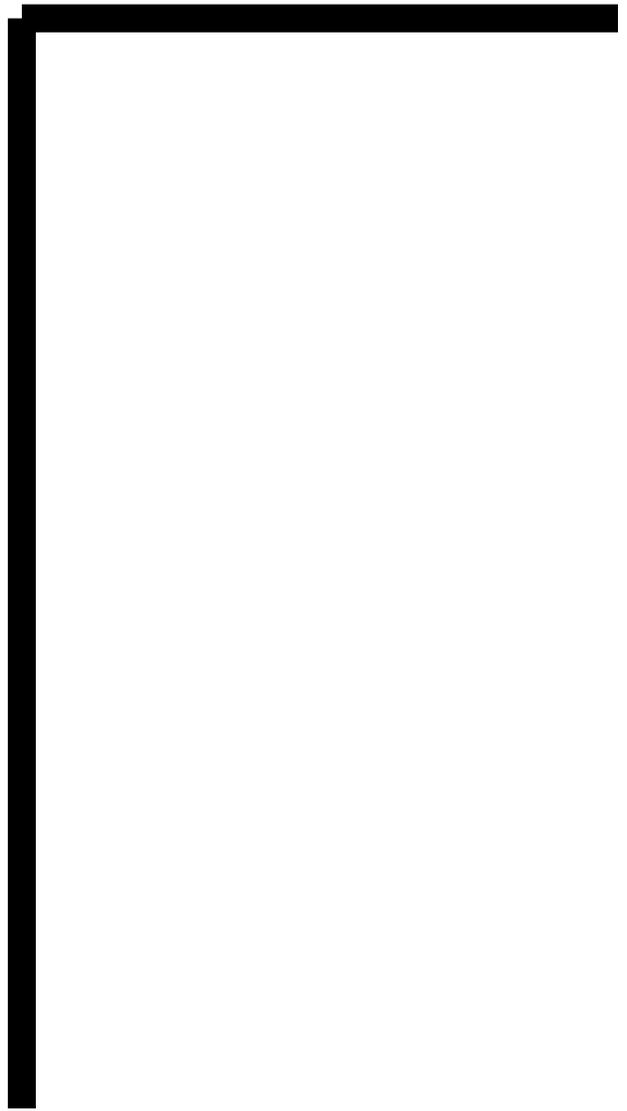


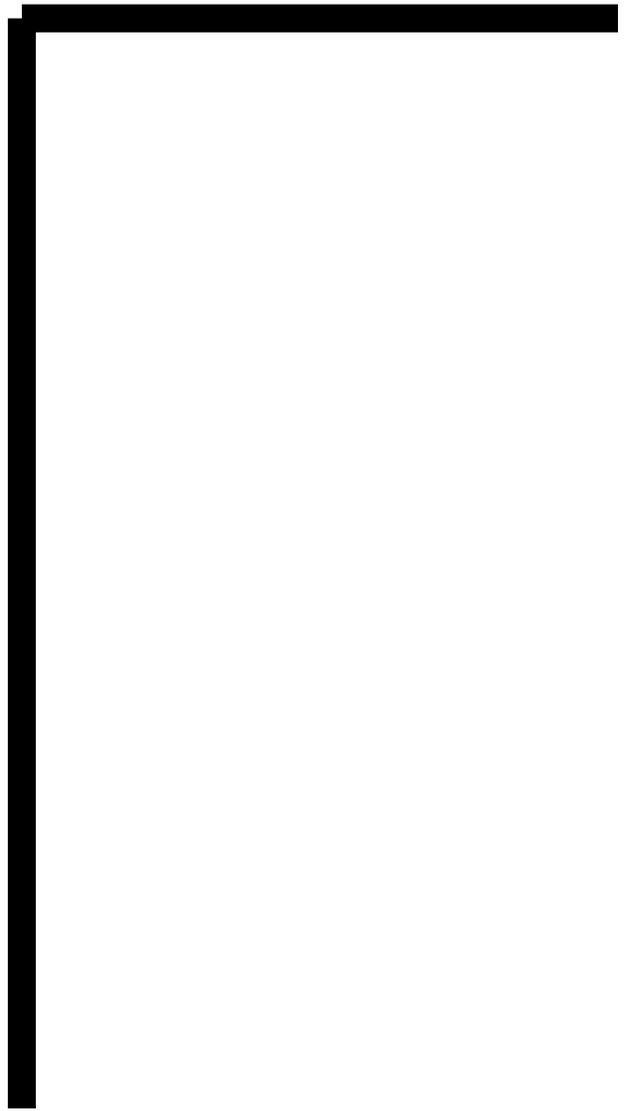


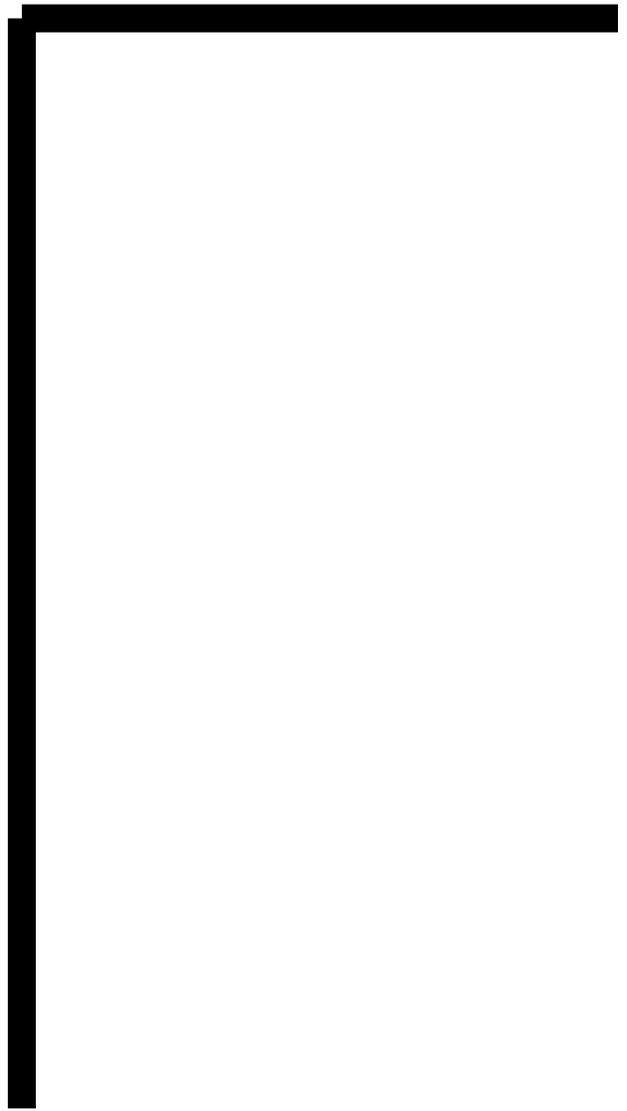








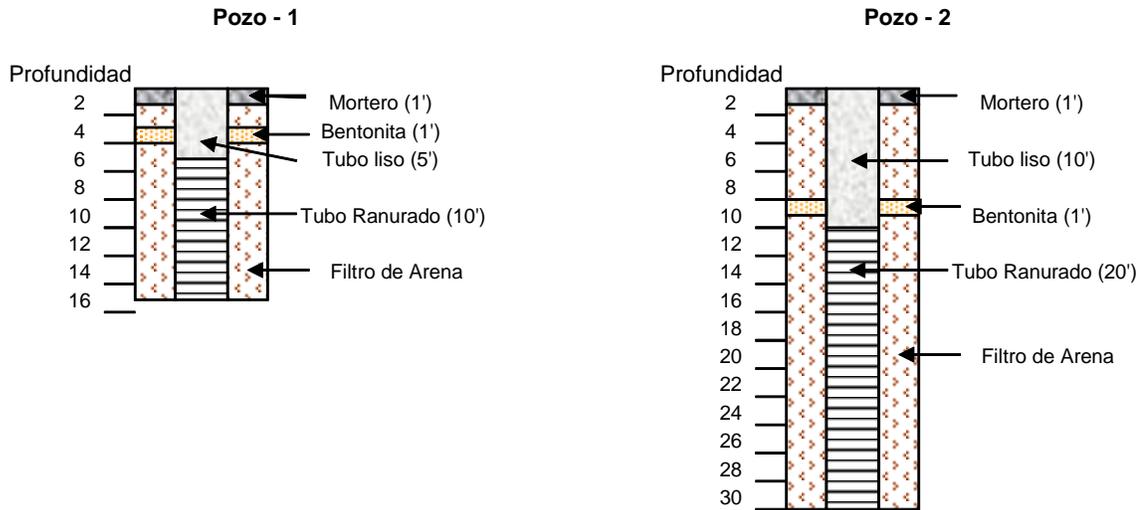




APÉNDICE 4

Lecturas de Nivel Piezométrico

Pozos Instalados: Vertedero de Juncos



Fecha	Pozo	Lectura (ft)	Lectura Promedio (ft)
7/16/07	1	1.33	0.93
8/10/07	1	0.75	
8/20/07	1	0.88	
8/28/07	1	0.83	
9/11/07	1	0.9	
9/20/07	1	0.91	
9/27/07	1	0.92	

Fecha	Pozo	Lectura (ft)	Lectura Promedio (ft)
9/11/07	2	5.25	5.33
9/20/07	2	5.25	
9/27/07	2	5.5	

APÉNDICE 5

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

A continuación se somete recomendaciones generales para el diseño y construcción de la expansión propuesta del vertedero existente.

Estabilidad de Taludes

La estabilidad del material de vertedero a depositarse estará controlada por el comportamiento del mismo material y no por las condiciones de estabilidad del terreno natural. El ángulo de fricción interna (Φ) que normalmente se le asigna al material de vertedero es de 33 grados. A base de este valor de Φ , se recomienda que los taludes finales del material de vertedero a depositarse no excedan la inclinación de 3:1 (Horizontal:Vertical, H:V).

Las medidas de control de erosión para los taludes finales se determinarán cuando se lleve a cabo la evaluación del cierre del vertedero. Preliminarmente, se recomienda el uso de terrazas en los taludes espaciadas a una distancia vertical de aproximadamente 20 a 25 pies. El ancho preliminar de las terrazas no debe ser menor de dos pies, pero preferiblemente de 4 a 6 pies.

El diseño de la expansión propuesta debe incorporar las medidas necesarias para disponer adecuadamente las escorrentías que se originarán en el material de vertedero durante la vida útil del proyecto.

Cortes

El riesgo de desarrollar fallas locales en las paredes de los cortes requeridos dependerá de la inclinación de los cortes. Este riesgo ocurrirá solamente durante el periodo de tiempo en el cual se

esté llevando a cabo el proceso de relleno con el material de vertedero, porque una vez depositado, este material aumentará la estabilidad de las paredes de los cortes.

La estabilidad actual de cada corte podrá determinarse solamente cuando se lleve a cabo el corte, ya que el efecto de la presencia de condiciones potencialmente adversas dentro de la roca descompuesta dependerá de la naturaleza de la condición adversa, de su orientación con respecto a las paredes del corte, y de la altura e inclinación del corte. Preliminarmente se recomienda que la inclinación de los cortes no exceda la inclinación natural de las laderas del terreno (aproximadamente 1.5:1, H:V).

Los cortes pueden llevarse a cabo usando equipo normal para movimiento de tierra, tales como “bulldozers” y excavadoras. Es posible que se requiera el uso de escarificadores (“rippers”) en algunos sectores para facilitar los cortes. Cortar los suelos limosos y arcillosos de la roca descompuesta bajo condiciones mojadas puede resultar difícil debido a las condiciones lodosas del material después de someterse al paso de equipo pesado. Existe la posibilidad de encontrarse con bolos grandes de roca durante el proceso de corte, especialmente en las áreas de las hondonadas.

Preparación del Terreno

El terreno donde se van a construir las celdas debe prepararse antes de comenzar con la construcción de las mismas. Después de limpiarse el terreno de la capa vegetal o de material suelto, se deberá evaluar las condiciones expuestas haciendo pruebas de roleo. Cualquier zona de material suelto remanente o suelo suave detectado durante la prueba de roleo deberá ser removido y sustituido por suelo compactado que clasifique como GW, GP, GM, o SC (según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, USCS) (aproximadamente A-2-4 según AASHTO). El suelo debe compactarse a un mínimo de 90 por ciento, basado en resultados de pruebas de compactación Proctor Modificado realizadas en muestras representativas del suelo.

Existe la posibilidad de que al hacerse la limpieza del terreno o los cortes requeridos se encuentre, en algunos sectores, agua subterránea emanando hacia la superficie del terreno o hacia las paredes de los cortes. De suceder esta condición, será necesario instalar drenajes franceses que intercepten el agua y la conduzcan hacia áreas fuera del proyecto. El diseño de los drenajes franceses dependerá de las condiciones de agua encontradas y deberá hacerse durante el proceso de construcción.

Las celdas deberán construirse siguiendo las recomendaciones del diseñador del proyecto. Debido a la inclinación de los taludes de las laderas naturales, será necesario ir colocando la capa protectora de arcilla de las laderas en secciones, conforme se va rellenando con material de vertedero. De lo contrario, deberá prepararse el terreno natural a una inclinación no mayor de 3:1 (H:V) para evitar que la capa arcillosa se deslice. La capa de arcilla debe compactarse usando rodillos pata de cabra (chivo). El espesor de las capas a compactarse no debe exceder 6 pulgadas antes de iniciarse la compactación. La arcilla debe compactarse a un mínimo de 95 por ciento, basado en resultados de pruebas de compactación Proctor Modificado realizadas en muestras representativas de la arcilla.

Charca de Retención

La charca de retención de escorrentías no contaminadas se excavará dentro de roca descompuesta y fracturada. Debido a la fracturación de la roca, las paredes y el fondo de la charca permitirán el flujo interno hacia el terreno del agua acumulada. La inclinación de las paredes de la charca no debe exceder 1.5:1 (H:V).

CERTIFICACIÓN

Yo, Carlos E. Rodríguez Pérez, certifico que preparé el Estudio Geotécnico para el Sistema Integrado para el Manejo y Disposición de Desperdicios Sólidos No Peligrosos del Vertedero Municipal de Juncos.

En relación al proyecto antes mencionado y su correspondiente documento ambiental, CERTIFICO QUE:

1. Toda la información contenida en el informe del Estudio Geotécnico es CIERTA, CORRECTA y COMPLETA a mi mejor saber y entender.
2. AFIRMO Y RECONOZCO las consecuencias de incluir y someter información incompleta, inconclusa o falsa en el informe del Estudio Geotécnico.

Y para que así conste, firmo la presente CERTIFICACIÓN en San Juan, Puerto Rico, hoy 3 de marzo de 2008.

De tener alguna pregunta relacionada con el contenido de este informe, favor de comunicarse con el que suscribe al 787-781-6340



Carlos E. Rodríguez Pérez, PhD, PE

PO Box 270328

San Juan, PR 00927-0328