Apéndice IX. Estudio Suelos y Geología

Geología y Suelos

El proyecto estará ubicado en las colinas costeras del norte de Culebra. La elevación máxima de la finca es de 130 metros sobre el nivel del mar en la porción central, y la mínima de 65 metros sobre el nivel del mar en las porciones cercanas al Océano Atlántico. El proyecto se caracteriza por unos terrenos relativamente agrestes, secos y ondulados, con elevaciones entre 65 y 130 metros, con unas depresiones o cauces siguiendo el patrón de las aguas intermitentes en la superficie del terreno y varias colinas dispersas por la finca.

Formaciones Geológicas

La geología del área consiste de terrenos áridos, con arena, limo, rocas, bolos y algunas arcillas depositadas sobre un ambiente marino, con algunos sectores aislados de material de relleno compactado en las áreas desarrolladas existente y los caminos de la finca. Esta formación incluye algunas áreas de rocas hidrotermalmente alteradas con estratos del Paleoceno y/o el Eoceno (Kuv). (Véase Figura VI)

La roca base del área es de tipo granitoide y volcánico, que se encuentra con afloraciones y grandes bolos hasta de diez a veinte toneladas. La unidad Kuv típicamente se compone de areniscas tufáceas, rocas sedimentarias limosas, brecha y conglomerados, tufas de lavas, algunas calizas, principalmente de depósitos marinos. Este tipo de formación suele incluir algunas rocas hidrotermalmente alteradas y estratos del Paleoceno y/o el Eoceno.

Tipos y Características de los Suelos

El suelo en el área del proyecto consiste de un suelo joven, meteorizado de la roca madre con muy poca plasticidad. La zona subyacente a esta capa de suelo se compone de un perfil de roca madre altamente meteorizada, incrementando en tamaño según la profundidad del estrato.

Erosión, Deslizamientos y Protección de Suelos Expuestos

Es durante el periodo de construcción donde el potencial de generar sedimentos es mayor y podrían impactar los cuerpos de agua en la periferia del área propuesta para el desarrollo. Todas las medidas estructurales y no-estructurales (a la medida posible) encaminadas para control de escorrentías y transporte de sedimentos que se integren al proyecto final serán desarrolladas durante la primera fase de la construcción. Todos los suelos expuestos durante la construcción serán protegidos por medio de un tratamiento continuo para minimizar la erosión y las partículas sueltas que podrían convertirse en polvo y ser transportadas fuera del área del proyecto por el viento o la escorrentía. Este tratamiento consistirá de compactar y humedecer la superficie del terreno al punto de obtener la más alta consistencia posible, y así una resistencia a la fuerza erosiva del viento y del agua. Se evitará el movimiento innecesario de vehículos en el área del proyecto durante el movimiento de tierra y la construcción. Hasta donde sea posible se limitará el tránsito pesado a rutas predeterminadas dentro del proyecto.

Potencial Sísmico

Culebra está ubicada en una zona sísmica activa debido a la localización de varias fallas en la trinchera ubicada en la zona de contacto entre las placas del Caribe y de Norte América. Dado lo anterior, se puede predecir la posibilidad de actividad sísmica en la isla. En el diseño de las estructuras, se tomarán en consideración estos elementos de juicio, al igual que aquellos parámetros establecidos por la Comisión Sísmica de Puerto Rico, entendiéndose que esta ubicación no presenta un riesgo mayor o menor que cualquier otra ubicación en el área general de Culebra.

Uso de Explosivos

Debido a las condiciones geológicas del área del proyecto existe, aunque remota, la posibilidad de que en unos casos aislados sea necesaria la utilización de explosivos durante la construcción. De ser esto necesario, se contratarán para llevar a cabo estas actividades compañías especializadas, con las autorizaciones necesarias para realizar estos trabajos. Se requerirá de estas compañías que cuenten con los permisos requeridos de la Policía de Puerto Rico, al igual que se consulte con la Comisión Sísmica de Puerto Rico de acuerdo con los requerimientos de la Ley de Explosivos del 1969, Ley Núm. 134 del 28 de junio de 1969 según enmendada, que establece un mecanismo de control sobre la transportación, uso y manejo de explosivos en Puerto Rico. Se llevará además un récord de las explosiones, incluyendo un récord sismográfico. No se llevarán a cabo explosiones a menos de 300 metros de residencias habitables. De ser absolutamente necesario el uso de explosivos en el proyecto, se notificará por escrito a los colindantes a menos de 300 metros del lugar de la explosión, y a las escuelas del lugar no menos de 48 horas de anticipación al evento. Se mantendrá una bitácora de las notificaciones hasta 180 días luego de concluido el proyecto. (Véase Reglamento del DRNA dic. 2004).

Results of Geologic Mapping and Reconnaissance at Flamenco, Culebra Island, P.R.
June 4, 2012

June 4, 2012

WINDMAR RENEWABLE ENERGY
PO Box 192261
San Juan, Puerto Rico, 00919
C/o: Eng. Carlos Lázaro
carlosalazaro57@gmail.com
goguie06@gmail.com

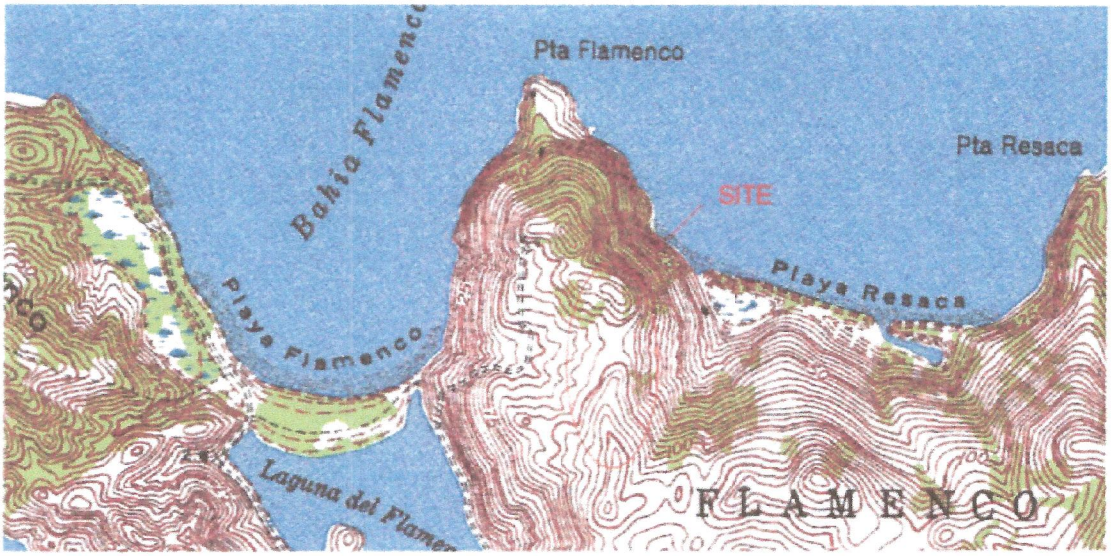
Attention: **Mr. Victor González**

Reference: **Results of Geologic Mapping and Reconnaissance at Flamenco, Culebra Island, Puerto Rico**

►INTRODUCTION

This report presents the finding of a geological reconnaissance visit to the site selected for the construction of four wind turbines in Flamenco, in the Island of Culebra, Puerto Rico. The site is located at the top of a hill in the northern section of the island. The site and topographic plans are shown in **Figures 1** and **2.**

Figure 1. USGS Topographic Map, Culebra Quadrangle.



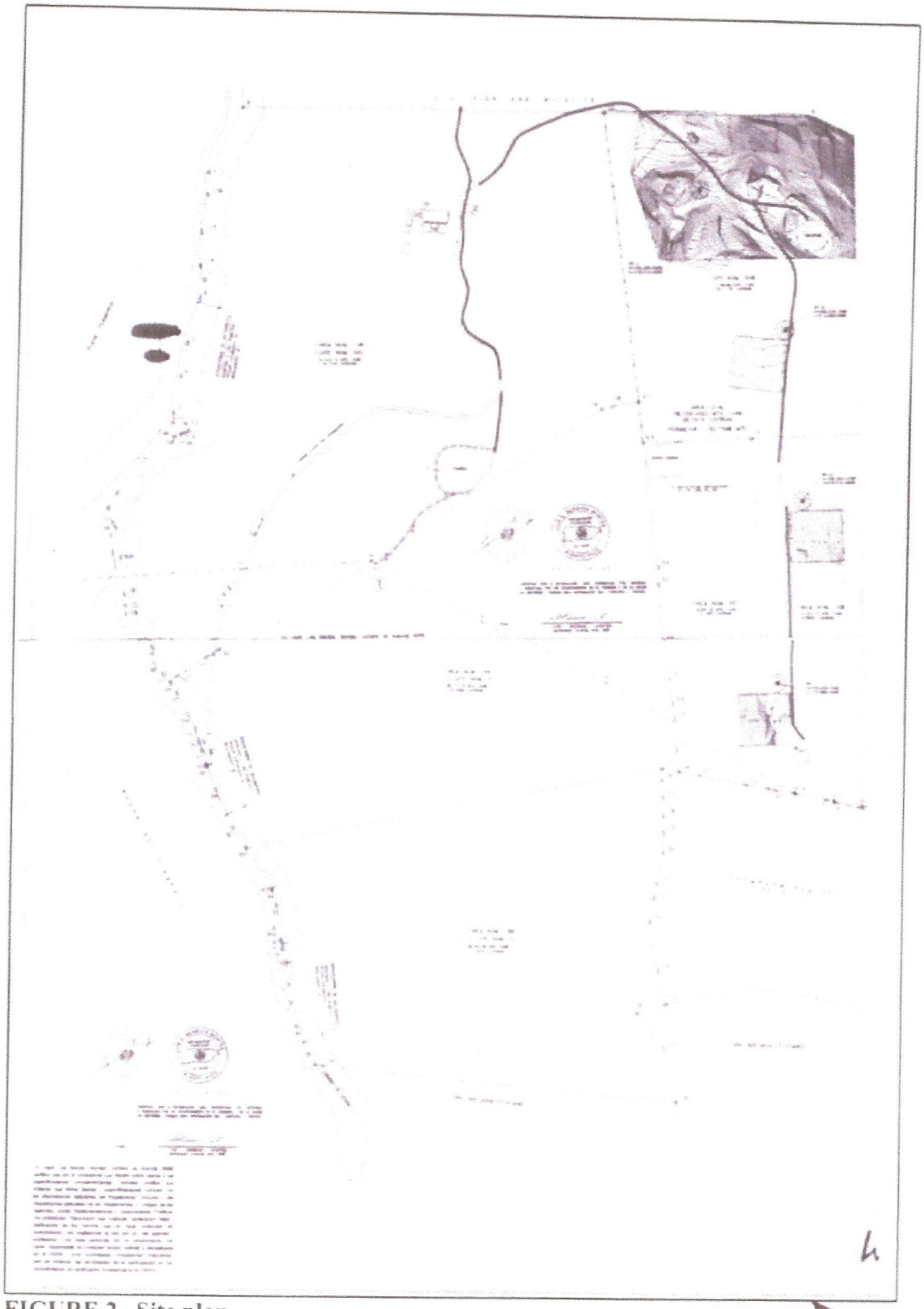


FIGURE 2. Site plan.

►GENERAL GEOLOGY OF CULEBRA ISLAND

There are no USGS published geologic map quadrangles for the island of Culebra, however there are several publications which give a general description of the geologic formations of the island.

According to the USGS **"Preliminary Tectonic Map of the Easter Antilles Region"** (USGS Map I-732, 1972); the site should be underlaid largely by granodiorite and quartz porphyry, gabbro, and some amphibolite. These formations are believed to have been emplaced during late Cretaceous, Paleocene & Eocene.

Another USGS publication referenced is **"Atlas of Ground-water Resources in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands"** (U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Water-Resources Investigations Report 94-4198). Based on this source, the rocks of Isla de Culebra are primarily volcanic and plutonic rocks of Late Cretaceous age. Andesite lava, lava breccia, and tuffs are the dominant volcanic rocks. These rocks were intruded by diorite and diorite porphyry. These plutonic type rocks crop out in the north-central part of the island. Earth movements have fractured these rocks and formed in a joint pattern. Some faulting is also present, with major faulting aligned in a northwest-southeast direction. Alluvium, predominately composed of silt and clay with minor quantities of sand and gravel, was subsequently deposited in the few existing river valleys near the coast. On the coast, alluvium interfingers with coral, beach, and mangrove deposits. Alluvium is also found in the high valley of east-central Isla de Culebra.

The geologic map for this publication is presented in **Figure 3**.

The USDA Soil Conservation Service also classifies the soils of the area in the publication **"Soil Survey of Humacao Area of Eastern Puerto Rico"** (1977). In ths publication, a single soil type is identified:

Rock Land

Rock Land (Rs) consists of areas where rock crops out on 50-70 percent of the surface. Loose stones also are common on the surface. Very shallow soil material lies between outcrops and stones. This land type is in the mountainous part of the survey area. Slopes are 60 to 70 percent. The vegetation is brush.

Rock land has little value for farming.

The USDA soil classification service map is shown in **Figure 4**.

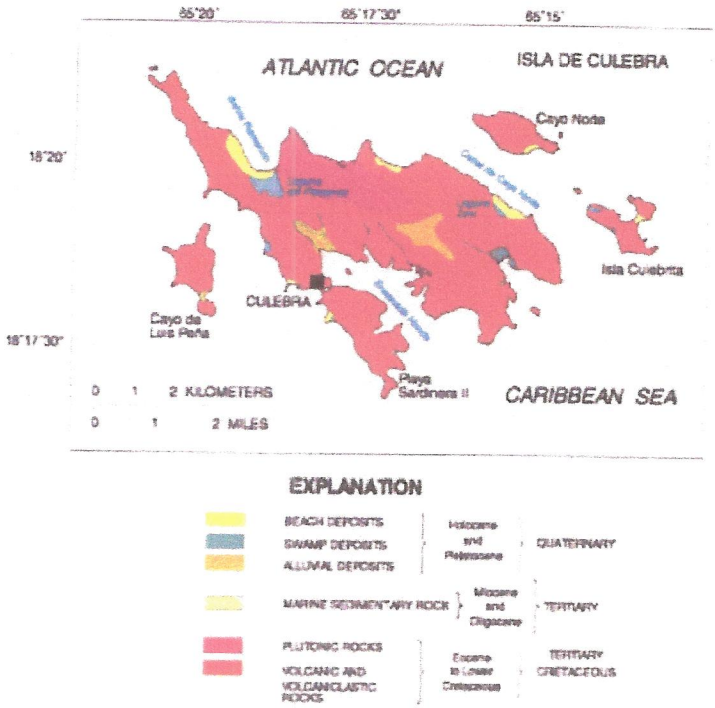


FIGURE 3. General geology of Culebra Island. (from "Atlas of Ground-water Resources in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands" (U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Water-Resources Investigations Report 94-4198).

FIGURE 4. USDA Soil survey classification map of Culebra. Form:"Soil Survey of Humacao Area of Eastern Puerto Rico" (1977).

►SITE GEOLOGY

Based on actual geologic reconnaissance, the geology of the site is mainly composed of large plutonic granodiorite-diorite peaks and loose boulders (**Figures 5** and **7**), mostly unweathered, but some showing spheroidal weathering. Spheroidal weathering is caused when a plutonic body of rock is exposed to the surface, and no longer subject to the high confining pressure of being underground. This change in pressure and temperature causes the rock to break in round shapes, as the quartz crystals in the rock expand and the less resistant plagioclase minerals are exposed to weathering (**Figure 8**). Most of the loose boulders on the site might have been moved during the construction of the access road. Surficial soils encountered during the visit are residual, yellowish brown sandy soils, and it is expected that these soils are shallow, and that the bedrock is close to the surface. (**Figure 9**).

Colluvium deposits to the eastern and western faces of the mountain are composed of small to large, loose fractured boulders in a silty sand matrix (**Figure 10**). But these particular areas appear to be beyond the project boundaries.

The observed rock and soil formations are in accordance to the cited publications in this report. A general geologic map of the site can be found in **Figure 11.**

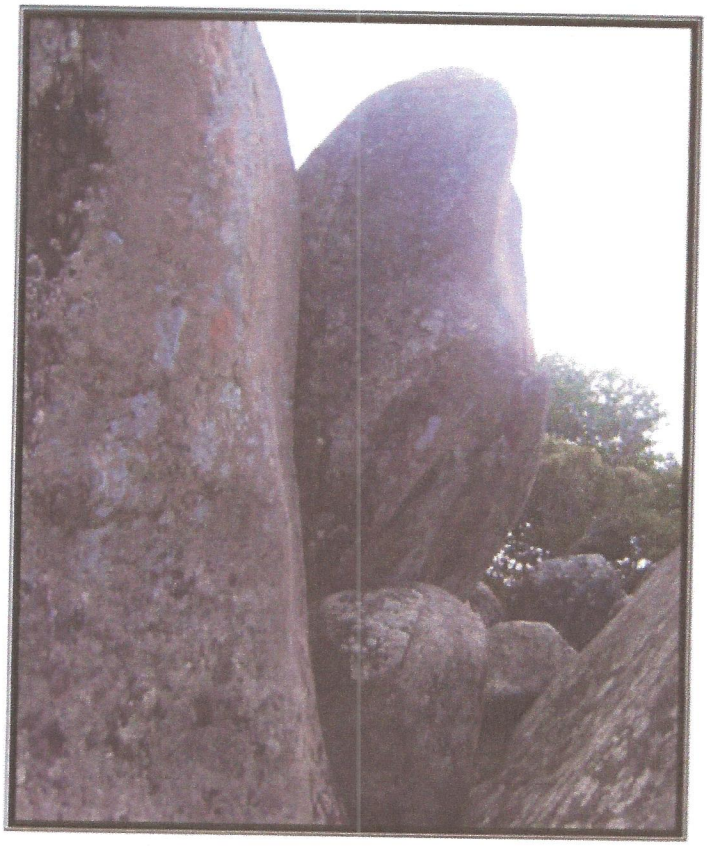


FIGURE 5. Diorite peaks