

teración en la masa y también a lo largo de las fracturas.

Los cortes del camino, en la parte alta del valle de Peña Prieta, exponen en varios lugares las andesitas feldespáticas. Una de estas tiene laminas de plagioclasas, pequeñas cambiadas de hornblenda y un poco de magnetita intercalada en una matriz en parte vitrea. La roca en sección delgada estudiada al microscopio presenta una estructura ondulada pronunciada, debido a la alineación paralela de los cristales de feldespato. La roca contiene numerosos, pequeños fragmentos de una andesita probablemente intercalada en ella. Esta contiene fenocristales de feldespato en una masa de textura algo más fina, que la roca principal. Una andesita muy semejante puede verse en el valle del río Blanco cerca de su unión con el valle de Peña Prieta. Aquí también se observaron en una sección pequeñas fragmentos de una andesita preexistente en una andesita feldespática. La hornblenda y las arborescencias feldespáticas son las rocas que predominan a lo largo del valle de Santiago.

En Punta Morillo la andesita feldespática forma la montaña de poca altura que se levanta sobre el nivel de la playa. Contiene a veces fenocristales de feldespato ampeloso y hornblenda en una masa de laminas de plagioclasas y hornblenda. Las primeras se presentan en alineaciones más o menos paralelas. Una andesita semejante se encuentra a lo largo de la carretera de Humacao a Naguabo, en su parte norte, junto a

la orilla, al surdeste de la playa de Naguabo, los porfíridos de andesita forman acantilados bastante prominentes que han sido cortados por las olas. Una variedad de augita contiene fenocristales de augita y hornblenda, desarrollada junto a los bordes y las fracturas de crucesos de la augita, y la epidota se encuentra en todas direcciones. Presenta solamente una débil estructura ondulada. Una variedad de hornblenda feldespática contiene numerosos fenocristales de plagioclasa y algunos pocos de hornblenda, verde, azablanada en una masa formada principalmente de laminas pequeñas de feldespato. Los fenocristales de plagioclasas y las laminas de feldespato se presentan, ambas, en alineaciones paralelas. Alguna epidota se ha desarrollado del feldespato y la epidota y el anfibol, secundario se encuentran a lo largo de pequeñas fracturas en la roca.

Las andesitas y los porfíridos andesitas afloran en un número de lugares a lo largo de la carretera que conduce al nordeste de Naguabo a la playa. En el kilometro 62.2 una canchera de donde se extrae la piedra para el afirmado de la carretera ha sido abierta en la andesita. Tiene una estructura ondulada y una textura felítica. La masa contiene no solamente fenocristales de plagioclasas, que se presentan a veces, sino también pequeños fragmentos de andesita preexistente.

## El Proyecto de Río Blanco

Según fue construido en 1929.

Por Frederick Krug

Gerente General

Porto Rico Railway Light & Power Co.

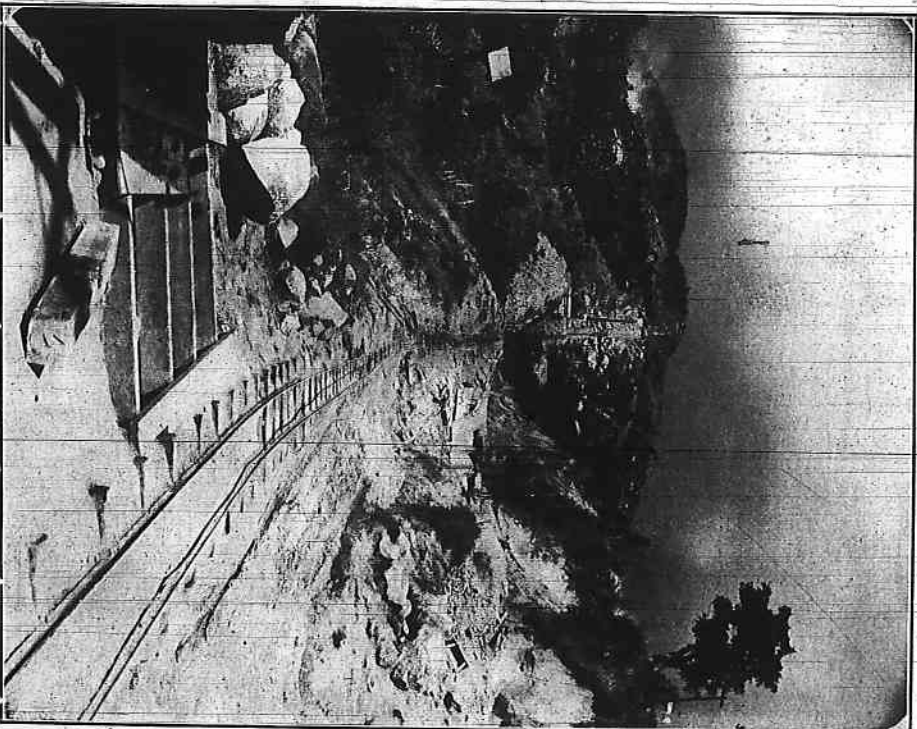
El pico que corona las montañas conocidas como "Sierra de Loruillo", en la esquina nordeste de Puerto Rico, llamado "El Yanque", se alza a una elevación de 3,400 pies sobre el llano que le circunda. Directamente hacia el sur de este pico hay cuatro ríos: Cuy, Sabana, Hicaco y Prieto, que descienden por la ladera del monte en una serie de pintorescas cascadas. Las cuñas se unen para formar el Río Blanco de Naguabo.

Las obras construidas por la Porto Rico Railway Light and Power Company, para utilizar la fuerza de esos cuatro ríos, comprenden varias tuberías de hormigón, que unan las aguas a una elevación mu-

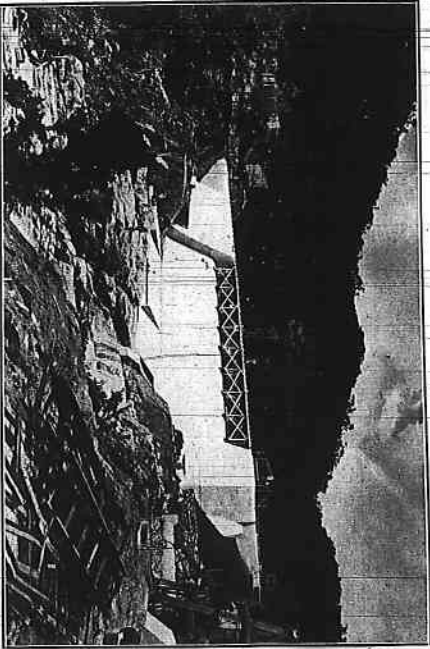
cho mayor que aquella en la cual se unen los ríos para formar el Río Blanco.

Desde un lago artificial regulador formado por la construcción de una presa de hormigón, el agua es conducida a través de una tubería de presión, de hormigón, hasta la tubería reforzada, de acero, la cual a su vez conduce el agua a la casa de máquinas. La salida natural de la planta es de 1,360 pies y la máquina instalada tiene una capacidad de 7,000 caballos de fuerza. Se le calcula una producción anual de 15,000,000 kilovatiohoras.

El aprovechamiento ha sido diseñado para que la



El ferrocarril funicular de Río Blanco que tiene 4,000 pies de largo.



Presas reguladoras del Hicaco.

planta funciona con sólo el volumen de agua de los ríos, por el presente. Esto es factible debido al hecho de que la planta funciona en conjunción con las dos plantas hidroeléctricas de la compañía en Comerío; con una capacidad combinada de 10,000 caballos de fuerza. El embalse de estas plantas tiene una capacidad de reserva de 500,000 kilovatios-horas, lo que permite la utilización de la mayor parte del caudal del Río Blanco con la consiguiente economía de las aguas embalsadas en Comerío. La Planta de vapor con una capacidad de 4,000 caballos de fuerza se utiliza durante los períodos de sequía simultánea en Río Blanco y Comerío.

El área de drenaje de los cuatro ríos mide sólo seis milha cuadradas. El caudal mínimo, es sin embargo, extraordinariamente alto, y llega aproximadamente a 2 P. C. S. por milha cuadrada. Esto se debe a que el área de drenaje se encuentra prácticamente en su totalidad dentro de los límites de la reserva forestal de Yaguallo donde el terreno está densamente poblado de árboles.

Los récords y observaciones pluviales tomados durante un largo período de años demuestran que la precipitación anual fluctúa de 125 a 150 pulgadas, siendo éstas las mayores reservas observadas entre to-

das las regiones observadas y medidas en la Isla de Puerto Rico.

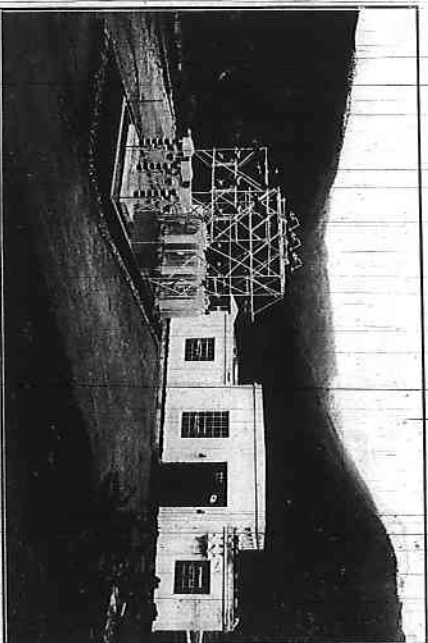
Debido a la pequeñez del área de drenaje el caudal varía rápidamente, desde un valor mínimo de 10 P. C. S. hasta 6,000 P. C. S., con una proporción entre mínimo y máximo sumamente extraordinaria. Debido a esto el diseño de todas las partes del aprovechamiento fue objeto de cuidadoso estudio y la construcción de las mismas tuvo de ser más fuerte de lo corriente para evitar desastres durante los períodos de crecientes.

La naturaleza variable del caudal de los ríos hizo necesario la construcción de un lago artificial regulador. Esto se hizo mediante la erección de una presa de hormigón provista de una sección vertical controlada del tipo de gravedad y los extremos lo forman dos muros de concreto con relleno de tierra. La longitud total es de 285 pies. La capacidad de este lago es de 16,000 K. V. H. los que se usan para fines de regulación y de funcionamiento durante las horas de demanda máxima.

Las presas de los ríos Chubuy y Sabana consisten de pequeñas muros de desviación colocados a una altura poco mayor que la de la cresta del Hicaco. La



Interior de la Planta de Río Blanco.



Vista exterior de la Planta de Río Blanco y Sub-estación a la Intemperie.

tubería del río Coby al Sabana tiene un diámetro interior de 24 pulgadas y mide 4025 pies. Desde el Sabana hasta el Hicaco la tubería conduce las aguas de los ríos Sabana y Coby y tiene un diámetro interior de 30 pulgadas y mide en su longitud 4783 pies.

Todas estas tuberías de hormigón fueron fundidas de antemano en largos de cuatro pies. Se colocaron a una inclinación del medio por ciento obteniéndose así el volumen de agua necesario.

Desde la presa del Hicaco hasta la entrada de la tubería de acero reforzada, el agua pasa a través de una tubería de 42" de diámetro interior y 7,000 pies de largo, colocada a una inclinación del medio por ciento y diseñada para un volumen de agua de sesenta pies cúbicos por segundo. Esta tubería que trabaja a una presión de 26 libras por pulgada cuadrada se fundió en largos de doce pies y está cuidadosamente reforzada para resistir las presiones máximas a que estará sujeta. En los extremos de cada tubo se fundieron arcos de epóxido que forman juntas masiblerizadas las que se rellenaron con compuesto de Epor-Tite.

El Río Prieto se conecta a esta línea en un punto que está aproximadamente a 3,000 pies de distancia de la presa del Hicaco. La presa del Prieto al igual que la de los ríos Coby y Sabana se encuentra a una elevación más alta que el vertedero de la presa del Hicaco de tal suerte que cuando la planta no está funcionando todos los ríos corren hacia el lago del Hicaco.

En el sitio donde la tubería de 42" cruza el Río Prieto la roca es muy empinada y sobre ellas corren las aguas del río. Por esta razón fué necesario construir un puente de concreto y proteger la tubería de 42" con una cubierta de concreto que tiene una tonalidad aproximada de 200 pies e incluye que las pilas que pudieran descender por este sitio la destruyan.

La tubería de acero reforzada fué administrada por Stewart & Lloyd, Ltd. de Montreal, Escocia. El grueso de las paredes es de 316 de pulgada en el extremo superior y aumenta gradualmente hasta 7/8 de pulgada en el extremo de entrada a la casa de máquinas. Las uniones son del tipo roblado con costuras sencillas de remache en la parte superior y doble en las secciones más bajas. Una peculiaridad de esta línea de tubería de acero es que sólo tiene una curva horizontal. Tiene una caída total de 1300 pies en una distancia poco mayor de 4000 pies y está empalmada sobre terreno excepcionalmente escabroso y rocoso, lo que hizo necesario en ciertos sitios el uso de fuertes andas y altos muros. Gran parte del terreno sobre el cual está colocada esta tu-

bería está cubierto con inmensos peñascos y muchas cuevas. Dos manzanas eléctricas se utilizaron para transportar el material de construcción que se usó en la presa y tuberías de hormigón, así como también para la instalación de la tubería de acero reforzada.

La casa de máquinas consiste de un edificio en forma de T con armazón de acero y paredes de hormigón. Esto permite una disposición muy compacta y sencilla del equipo. Las turbinas y generadores están instalados en la parte central del edificio. El cuadro de distribución se encuentra en una de las naves. La otra nave se utiliza para fines de utilidad general.

Después de un cuidadoso estudio de la información sometida por los diferentes fabricantes se decidió comprar las turbinas de Verba fabricadas en Heindelheim, Alemania. Además he la alta eficiencia que ellas poseen su construcción es sencilla y son muy fáciles de inspeccionar y reparar. La eficiencia garantizada por los fabricantes es como sigue:

Carga plena . . . . .	85%
3/4 Carga . . . . .	96%
1/2 Carga . . . . .	96%

Estos valores fueron verificados en las pruebas de aceptación que hizo la compañía. Los reguladores fueron suministrados por los mismos fabricantes y controlan la entrada de agua en la turbina de la siguiente manera: En caso de una caída completa de presión el regulador hace funcionar el detector hidráulico casi instantáneamente, manteniendo en esta forma la velocidad de la turbina dentro de los límites de seguridad. Inmediatamente después, la acción empleada es cerrar mediante la acción del regulador la entrada de agua a la tubería cerrando herméticamente en diez segundos, suficiente tiempo para evitar presiones excesivas en la tubería de acero reforzada.

Los generadores acoplados a la turbina son de la marca Westinghouse y tienen una capacidad nominal de 3,125 K. V. A. cada uno. A cada generador está acoplada una excitatriz y se ha provisto para la instalación de una excitatriz de motor la que se usará en caso de emergencia.

La fuerza se genera a 4,400 voltios. Para mayor sencillez, todo el equipo del cuadro de distribución a este voltaje es del tipo manual. La subestación de transformadores está a la Intemperie, adyunta al edificio de la planta y contiene tres transformadores de 1,500 K. V. A. cada uno, formando un banco con una capacidad total de 4,500 K. V. A. La instalación ha hecho de tal suerte que más tarde será posible instalar tres transformadores más de 500 K. V. A. cada uno para ser utilizados durante los períodos de poca carga. Una vez que se haya instalado este nuevo

banco la capacidad total de la subestación será de 6,000 K. V. A.

Los transformadores están conectados en la secuencia de Barro Delta y sobre el voltaje de generación a 22,000 voltios, pero la abalación y sus terminales se ha dispuesto en forma tal que permita la conexión de estos en estrella (Y) a 38,000 voltios para ser pasados cuando el sistema de transmisión de la compañía se cambie de 22,000 a 38,000 voltios.

La planta está unida con el sistema de transmisión de la compañía mediante una línea construida especialmente para este fin y que parte desde la casa de máquinas y sigue a lo largo de la carretera Insular No. 28 hasta el pueblo de Jimco. También se proyecta construir en el futuro una segunda línea de transmisión que partiendo de la Planta siga hasta Río Grande vía Naguabo, Ejido, formando de esta manera un lazo que circunda el Río Piedras, Caguas, Planata de Río Grande y Ejido.

La construcción de este aprovechamiento fué autorizada por la Comisión de Servicio Público de Puerto Rico el día 4 de octubre de 1928. El primero de diciembre del mismo año, se adjudicó el contrato para su construcción y el día 12 de septiembre de 1929 fueron de nueve meses más tarde, se comenzó el funcionamiento de la misma con las aguas de dos de los cuatro ríos. Es oportuno indicar que el tiempo invertido en esta construcción fué extraordinariamente corto. Para fines de diciembre ya estábamos utilizando los cuatro ríos y en abril de este año todos los detalles de construcción estaban prácticamente terminados.

El trabajo de construcción en todos sus detalles es de lo mejor y las obras todas son de carácter permanente. Los gastos de sostenimiento mediante este tipo de construcción serán mínimos. La medida usada en el hormigón, así como el hormigón mismo se probaba continuamente para obtener la mejor calidad posible. Todo el equipo se probó cuidadosamente y se encontró que estaba a la altura de las especificaciones y garantías técnicas.

El trabajo de ingeniería y confección del proyecto fué hecho bajo la supervisión del Montreal Engineering Company, Montreal, Canada. Los contratos para la construcción fueron la Prentiss Shaw Corporation de Nueva York, una empresa con bastante experiencia en trabajos de ingeniería en las Antillas. Los contratistas sub-contrataron con la Newark Concrete Pipe Co. de Newark, New Jersey, para la fabricación de la tubería de hormigón. La planta que se utilizó en estos trabajos se construyó en una cantera cerca de la presa del Hicaco. Debido a que la arena del río era de calidad inferior fué necesario utilizar roca pulverizada en su lugar. Esto hizo reducir la transportation de arena por el ferrocarril internacional evitando así que los gastos hubieran sido excesivos.

Durante los primeros seis meses de funcionamiento a la generación de la Planta se produjeron aproximadamente a 7,595,900 kilowatt-hora. Esta producción es aproximadamente a nuestro estimado anual de 15,000,000 kilowatt-hora. Basado en el estudio del canal de los ríos durante un largo período de años.

