

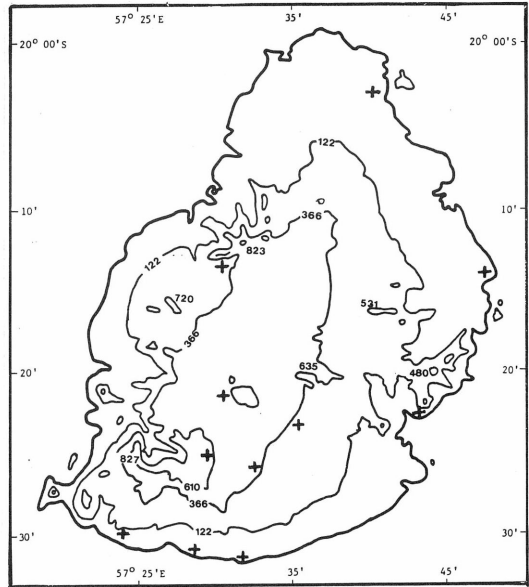
UN PROGRAMA DE PROSPECCION DE LA ENERGIA EOLICA EN MAURICIO

Por Y.BOODHOO¹
y C.ASPLIDEN²

Antecedentes

La isla volcánica de Mauricio, situada al sur del Océano Indico, tiene una superficie próxima a los 1850 km² y una población de casi 850.000 habitantes. Su topografía es irregular, con cordilleras, valles, llanuras y varios lagos relativamente grandes. Su clima es tropical, aunque en invierno puede haber períodos relativamente frescos. Durante todo el año, los vientos dominantes son los alisios del ESE, aunque su espesor en invierno puede ser inferior a los 1000 metros. La mitad oriental de la isla recibe una precipitación anual de 5000-6000 mm., mientras que sólo se registra la mitad, como mucho, en su parte occidental, y varias localidades tienen una precipitación considerablemente inferior a ésta. La región se ve afectada por ciclones tropicales, que algunos años han ocasionado daños importantes a su cultivo principal, que es la caña de azúcar (*Boletín de la OMM* 29 (4), p. 292).

Mapa de Mauricio en que se muestra la situación de las estaciones auxiliares de medida del viento. Las alturas se dan en metros.



La isla tiene una magnífica red de distribución eléctrica, y casi el 99 por ciento de la población disfruta de la electricidad. Esta es producida con motores diesel, el bagazo (residuo combustible de la manufactura del azúcar) y la energía hidráulica. El bagazo sólo es utilizable en la época de la recolección de la caña de azúcar; durante el resto del año se utilizan generadores diesel. La energía hidráulica es importante, pero difícilmente consigue alguna vez su capacidad total debido a la insuficiencia del almacenamiento. La demanda energética está próxima a los 25 MW durante la noche, y casi el doble durante el día, con un máximo acusado entre las 17 y las 21 horas locales, en que llega a los 75 MW. El precio medio del kWh es de 0,11 \$ EE.UU. aproximadamente, de los que 0,08 dólares corresponden al costo del combustible.

1 Servicios Meteorológicos de Mauricio, Vacoas.

2 Pacific Northwest Laboratory, Battelle Memorial Institute, Washington D.C., EE.UU.

Al igual que otros países importadores de petróleo, Mauricio ha experimentado la escalada de los precios de la energía durante el último decenio. Aunque la demanda energética sólo ha aumentado moderadamente durante dicho período, gracias a programas de conservación y a un crecimiento relativamente estable de la población, el Gobierno está considerando formalmente diversos proyectos de prospección de recursos renovables de energía, a fin de disminuir las necesidades de petróleo. Además de la energía hidráulica y el bagazo, que se han utilizado durante muchos años para producir electricidad y vapor, el Gobierno está estudiando la posibilidad de aprovechar las energías solar y eólica. El personal investigador del Servicio meteorológico ya ha realizado evaluaciones preliminares de los recursos renovables de energía, basados en los datos rutinarios de la red de observatorios meteorológicos y climatológicos, mostrando sus resultados que la alternativa más interesante era la utilización de la energía eólica.

Programa de energía eólica

En 1980, el Gobierno de Mauricio se puso en contacto con el PNUD solicitando asistencia para realizar una valoración más detallada de los recursos de energía eólica, a lo que accedió el PNUD. Se invitó a Carl Aspliden a que prestara su ayuda en la redacción de un proyecto de programa para presentarlo en su momento al Gobierno de Mauricio y al PNUD. Su formulación tiene un carácter muy general y adaptable a casi todos los países que intentan incorporar a sus programas energéticos la explotación de los recursos renovables. El proyecto básico comprende cuatro fases:

– Programa de medidas suplementarias de viento

Objetivo: Obtener información adicional sobre la distribución espacial y cronológica de los recursos de energía eólica en determinados lugares representativos de la circulación libre en la capa límite.

Duración: De 18 a 30 meses, según el grado de complejidad de la topografía y de los regímenes de circulación dominantes.

– Estimar las aplicaciones adecuadas

Objetivo: Evaluar la demanda energética de los sectores más adecuados para hacer un uso eficaz de la energía eólica potencial.

Duración: Tres meses aproximadamente.

– Establecer programas experimentales pilotos

Objetivo: Realizar experimentos meticulosamente planificados de los sistemas de conversión de la energía eólica (SCEE) más apropiados a las características de las aplicaciones elegidas y al viento existente.

Duración: De 18 a 30 meses, según las aplicaciones y la ejecución de los SCEE.

– Evaluación económica

Objetivo: Analizar los datos de los programas experimentales, así como estimar el valor potencial de la energía eólica en las aplicaciones elegidas.

Duración: Tres meses aproximadamente.

La duración indicada para cada fase sólo sirve de guía aproximada, ya que existen muchas tareas primarias y subsidiarias, cuyo número puede variar de un programa a otro. El estudio completo de prospección-evaluación puede realizarse, en cualquier caso, en un plazo igual o inferior a los 36 meses, ya que las fases se solapan. Los resulta-

dos de la evaluación económica deberán indicar, en general, que la utilización de la energía eólica tendrá un menor costo efectivo que la energía convencional para garantizar su despliegue en gran escala. No obstante, en países que no posean fuentes convencionales de energía y tengan una economía de intercambio limitada, pero que dispongan de recursos propios, tales como materias primas, instalaciones y medios para la fabricación de SCEE y un nivel tecnológico adecuado, esta condición no tiene por que ser necesariamente válida.

Programa de medidas suplementarias de viento en Mauricio

Tarea 1 - Formación profesional

El Gobierno seleccionó dos expertos, los Sres. V. Boodhoo y G. Jawaheer, funcionario investigador más antiguo de los Servicios meteorológicos e ingeniero mecánico de la Junta de Electricidad Central, respectivamente, para emprender un viaje de estudios al objeto de que se pusieran al corriente de algunas partes del programa estadounidense de energía eólica. La mayor parte de los largos meses de viaje la emplearon en el Battelle Memorial Institute Pacific Northwest Laboratory (que dirige el programa de características de la energía eólica para el Departamento de Energía) y en la central experimental de Rocky Flats, en donde son experimentados pequeños SCEE (con potencia inferior a 100 Kw). Los dos visitantes asistieron a varios cursos de corta duración sobre prospección de energía eólica, y les mostraron diversos aspectos y tareas de un programa de energía eólica mediante la preparación del análisis y la interpretación de datos de viento, familiarización con los instrumentos, métodos de selección de emplazamientos y métodos de realización de una evaluación financiera de la utilización de la energía eólica. También les mostraron los muy amplios medios informativos disponibles en el PNL y el gran banco de programas de ordenador desarrollados a lo largo de varios años para su utilización en el programa estadounidense de características de la energía eólica.

En la central experimental de Rocky Flats, en todo momento se someten a programas rigurosos de experimentación de 15 a 20 pequeños SCEE, como mínimo, de diversos fabricantes. Los visitantes vieron funcionar máquinas de eje horizontal y vertical en operación aislada o interconectada. Visitaron también a un fabricante de pequeños SCEE, del que han obtenido un aerogenerador, siendo instruidos en su instalación, mantenimiento y operación. El aerogenerador está instalado actualmente en la Isla Rodriguez (a 550 Km. aproximadamente al ENE de Mauricio) con la misión de suministrar energía a una bomba hidráulica, sirviendo también para familiarizar al personal local con el SCEE. En cada una de las tareas subsiguientes, expertos del Battelle Memorial Institute trabajarán muy estrechamente con personal de Mauricio, dándoles las directrices y la formación profesional necesarias.

Tarea 2 - Adquisición de equipos

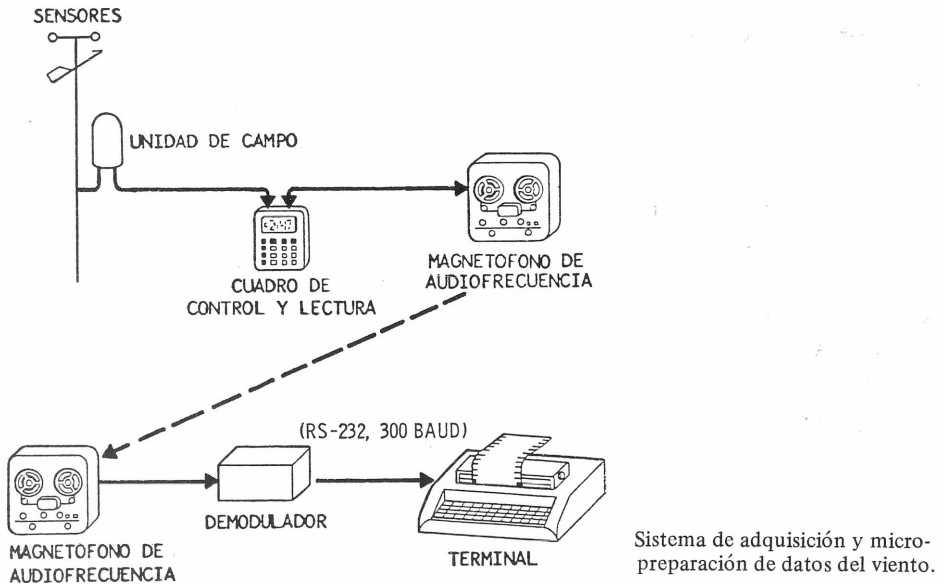
Medios informáticos – Los datos meteorológicos y climatológicos constituyen la piedra angular de la evaluación y la prospección de la mayor parte de los recursos energéticos renovables. Estas observaciones se han realizado en Mauricio durante más de un siglo, habiéndose acumulado un volumen importante de datos. Por esta razón, con los fondos del PNUD se ha adquirido un sistema informático bastante versátil, habiéndose instalado en la sede de los Servicios meteorológicos, en Vacoas. Se compone de un ordenador con una capacidad de almacenamiento de 512 kbytes, un terminal gráfico con

unidad de disco, una impresora gráfica y una impresora térmica. La energía del sistema la suministra una batería interna.

Instrumentación de campo – Una prospección previa de la energía eólica potencial demostró que había que hacer un programa suplementario de medidas de viento. Esto significaba que era necesario un sistema de adquisición de datos de viento que fuera robusto, preciso, fiable y relativamente barato. Se eligió un sistema desarrollado en el Battelle Memorial Institute y que ha sido experimentado en condiciones ambientales rigurosas. Tenía la ventaja de incorporar una preparación avanzada de los datos y una unidad de almacenamiento. El sistema consta de seis componentes. El sistema completo (incluido el mástil) es transportable en un automóvil normal y lo pueden instalar dos personas en una hora. Asimismo, una sola persona puede abatirlo en pocos minutos para inspección y mantenimiento, o para protegerlo de los ciclones tropicales, que van acompañados de vientos superiores a 50-60 m/s. Antes de enviar el sistema se comprueba a fondo, calibrándose los sensores en el túnel de viento del Battelle Memorial Institute.

Tarea 3 - Selección de los emplazamientos e instalación de los instrumentos

El objetivo consistía en seleccionar e instrumentar unos diez emplazamientos representativos de la circulación libre en la capa límite. El análisis de los datos de viento observados en las estaciones sinópticas de Mauricio indicó que no había ninguna estación que tuviera una velocidad de viento anual media o mediana superior a 5 m/s. Sin embargo, tales estaciones rara vez se encuentran en los lugares más ventosos. Por esta



razón, basado en el estudio previo de prospección eólica realizado en la isla y aguas adyacentes, fueron seleccionados varios emplazamientos que prometían suministrar el mayor potencial de energía eólica. A lo largo del año, la dirección dominante del viento está comprendida entre el ENE y el SE, teniendo lugar los vientos más fuertes en el período de mayo a septiembre. El relieve de la isla modifica considerablemente la circulación del aire en las capas inferiores. Efectivamente, se divide la circulación del E-

SE a bajo nivel, como resultado de una aceleración a lo largo de las costas oriental y meridional, especialmente en el último caso, en el que las montañas son más escarpadas y las curvas de nivel corren paralelas a la costa. La meseta subcentral es lo bastante alta para no ser casi afectada por la desviación de la circulación a bajo nivel, y tiene amplias zonas que están abiertas y expuestas a la circulación libre.

Los métodos de selección de emplazamientos tenían que cumplir ciertas condiciones:

- Cada emplazamiento debe estar en una zona considerada potencialmente buena desde el punto de vista de la energía eólica;
- Cada emplazamiento debe ser representativo de la circulación libre sobre una zona abierta lo bastante amplia como para alojar una red de SCEE, la energía eólica potencial medida deberá garantizar tal instalación;
- Cada emplazamiento debe estar próximo a tendidos eléctricos existentes;
- Cada emplazamiento debe ser accesible por carretera;
- Cada emplazamiento debe estar localizado en terrenos de propiedad privada o del gobierno, de manera que las instalaciones estén a salvo de la rapiña o el vandalismo.

Se eligieron diez emplazamientos, instalándose los instrumentos en julio de 1983. Cada uno de ellos está equipado con una veleta y un anemómetro de cazoletas en el extremo de un mástil de diez metros. La unidad de adquisición y preparación de datos, junto con el panel solar, están situados en el mástil, a unos dos metros sobre el suelo.



Instalación de una estación de medida del viento. De izquierda a derecha: H. Danisman (Representante Residente del PNUD), Yang Kam Wing (PNUD), Y. Boodhoo (Serv. Met. de Mauricio), B.M. Padya (Director del Serv. Met. de Mauricio), R. Severtsen y D. Elliott (ambos del Batelle Memorial Institute).

Además, se instalaron instrumentos en una torre de transmisión de microondas, de 180 metros de altura, situada en el centro de la meseta, a los niveles de 10, 30, 75 y 120 metros aproximadamente. Los perfiles verticales de viento ayudarán a un mejor conocimiento de la circulación libre sobre el interior de la isla.

Tarea 4 - Recogida, preparación y análisis de datos

Cada estación debe tener un libro de incidencias. Es absolutamente esencial que en dicho libro se anote minuciosamente toda la información pertinente relativa a la estación, componentes instrumentales, números de serie, reparaciones, repuestos, informes de mantenimiento, extracciones de datos, visitas al emplazamiento, problemas de corrosión, etc. Toda operación y anotación debe ir acompañada de la fecha, hora y firma.

Una vez que el equipo ha sido instalado y comprobado, comienza la fase de adquisición de datos. El personal de los Servicios meteorológicos de Mauricio, que ha sido preparado en la utilización del equipo de campo, recogerá mensualmente los datos acumulados en cada emplazamiento. Como siempre que se trata de datos originales, se harán dos copias en distintas cassettes en los emplazamientos, etiquetándose y fechándose cuidadosamente. Los datos de una de las cassettes serán enviados al ordenador local para su almacenamiento. La otra cassette se enviará al Battelle Memorial Institute para su preparación. Pasados unos meses, en los que el programa deberá marchar sin problemas, el Battelle Memorial Institute enviará a Mauricio a un especialista en ordenadores para trabajar con el personal local involucrado en la adquisición y la preparación de los datos. Igualmente, se transferirá a Mauricio todo el "software" necesario para realizar este trabajo, desarrollado por el Instituto. Desde ese momento, tanto la preparación como el análisis posterior de los datos será realizado en Mauricio y en los EE.UU. Esto permite una comprobación doble de los resultados y del análisis, continuando la formación profesional a medida que se introduzcan métodos y medios más sofisticados.

Tarea 5 - Preparación de un atlas de energía eólica

Pasado un período de 15 a 18 meses, según se haya desarrollado el programa de adquisición de datos, comenzará el análisis final de los recursos de energía eólica potencial. En esa época se espera que todos los datos pertinentes de viento existentes en los archivos de los Servicios meteorológicos hayan sido transferidos a cinta magnética, tanto por su facilidad de preparación como para una utilización exhaustiva.

El objetivo consiste en volcar todos los conocimientos disponibles acerca de las características del viento en Mauricio en un compendio o atlas, que describa y represente el recurso eólico en términos sencillos y no científicos. Incluirá información acerca de la forma en que se ha realizado la prospección así como de la manera de interpretar los resultados de la misma.

Comentarios

El trabajo de adquisición de datos ha progresado desde finales de julio de 1983. Durante los meses de agosto y septiembre, en el último invierno, en la mayoría de las estaciones suplementarias las velocidades medias del viento fueron iguales o superiores a 6 m/s. Los vientos más fuertes tienen lugar durante el día, con un máximo en la tarde, lo cual está en fase con la demanda de energía. Durante los meses de verano, de noviembre a marzo, se espera una disminución de la velocidad del viento, pero no debe haber un cambio importante en su distribución cronológica. Programas parecidos de prospección de energía eólica al que se ha descrito anteriormente han sido iniciados, o están a punto de serlo, en otros países de Africa, como Egipto, Marruecos y Túnez. El

Battelle Memorial Institute ha prestado su ayuda en la planificación, en los métodos de selección de emplazamientos, en la formación profesional del personal y en la transferencia de métodos y técnicas relacionadas con la tecnología de la energía eólica.

CENTROS REGIONALES DE FORMACION PROFESIONAL METEOROLOGICA: El Cairo

(Presentado por el Representante Permanente de Egipto ante la OMM)

Antecedentes históricos

Puede decirse que la enseñanza y la formación profesional meteorológica en la República Árabe de Egipto refleja el desarrollo del Servicio Meteorológico Nacional. Dicho desarrollo puede dividirse en tres fases distintas.

La *primera fase* abarca el período anterior a y durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los servicios meteorológicos estaban fundamentalmente orientados hacia la aeronáutica. La formación profesional de los titulados universitarios se realizaba en el Reino Unido, pero para cubrir el vacío que se produjo al estallar la guerra en 1939 se instituyó en la Universidad de El Cairo un curso con diploma en meteorología para postgraduados. Aquéllos que carecían de título universitario recibieron formación profesional, en sus puestos de trabajo, con referencia a las observaciones meteorológicas, los instrumentos y en otros trabajos técnicos auxiliares relacionados con las estaciones de observación.

Durante este período se formaron profesionalmente en diversos campos 12 especialistas (titulados universitarios) y 80 ayudantes. Formando equipo realizáronse las tareas de la predicción meteorológica, así como el mantener en funcionamiento a 16 estaciones meteorológicas.

La *segunda fase* comenzó en 1945 con la ampliación de los servicios meteorológicos, creándose en 1947 el Servicio Meteorológico egipcio (entonces denominado departamento). Con el fin de hacer frente a la demanda creciente de servicios, así como para aprovechar al máximo los notables progresos que la ciencia de la meteorología había experimentado durante la guerra, se solicitaron los servicios de un experto noruego, para que formase profesionalmente durante 1949 y 1950 a 16 nuevos titulados universitarios. Además, cuatro especialistas salieron al extranjero y obtuvieron la licenciatura y el doctorado en meteorología.

Después de que el 23 de julio de 1952 el país se convirtiera en república, el Servicio Meteorológico egipcio fue reorganizado, creándose dos estaciones aerológicas. Veinticinco titulados universitarios se formaron profesionalmente en el extranjero, así como cuatro observadores de superficie quienes recibieron su formación profesional en el Reino Unido. Al mismo tiempo fueron contratados expertos en agrometeorología y en instrumentos electrónicos para dirigir cursos de formación profesional en sus respectivos campos.

Merece la pena significar que el número de titulados universitarios trabajando en el Servicio Meteorológico egipcio aumentó desde 20 en 1947 hasta 99 a finales de 1964.