

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO CATALOGADO

ST/ECLA/CONF.7/L.3.8  
15 de junio de 1961

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO LATINOAMERICANO DE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

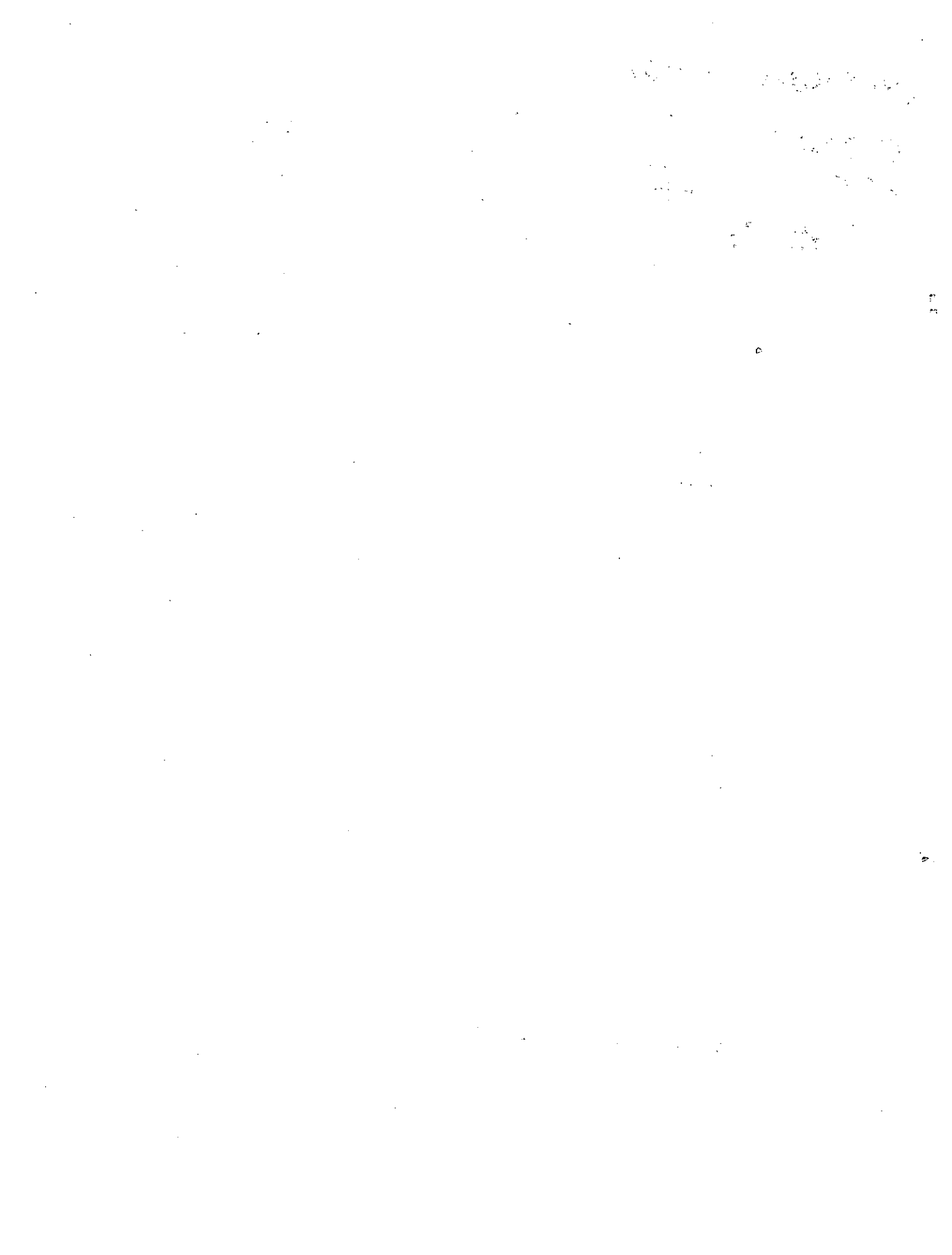
México D.F., 31 de julio a 12 de agosto de 1961

RECOPIACION Y USO DE DATOS HIDROLOGICOS E HIDROMETEOROLOGICOS

PARA EL PLANEAMIENTO Y EXPLOTACION DE UN SISTEMA ELECTRICO

por Corrado V. Schlaepfer

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.



La Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A., y Subsidiarias sirve al Distrito Federal y a la zona central de la República con sus 16 plantas hidroeléctricas que tienen una capacidad instalada de 313 195 KW, y sus 3 plantas termoeléctricas, con una capacidad instalada de 354 200 KW, y distribuye, además, la generación de las 5 plantas hidroeléctricas del Sistema "Presidente Miguel Alemán", de la Comisión Federal de Electricidad, con una capacidad instalada de 351 575 KW.

Analizando la situación que ha prevalecido en los últimos veinte años, se puede decir que ha terminado una primera fase en la operación del sistema de estas Compañías. Hasta ahora, en efecto, las plantas hidroeléctricas han trabajado "en la base", en tanto que las plantas termoeléctricas trabajaron parcialmente "en punta" y parcialmente se las mantuvo como reserva.

Con el ritmo agresivo que ha caracterizado durante los últimos diez años el desarrollo de la industria nacional, en modo especial el de la zona servida por la Compañía de Luz, con el correspondiente aumento de la demanda de energía eléctrica, cuyo crecimiento anual acumulado se estima actualmente en un promedio no menor del 10 por ciento, y debido al alto costo de inversión y al largo plazo que requiere la construcción de una planta hidroeléctrica, la situación ha venido cambiando paulatinamente y la relación entre la capacidad instalada térmica e hidráulica en el Sistema interconectado Compañía de Luz Comisión Federal de Electricidad, ha venido aumentando de 0.135 en 1940 a 0.442 en 1950 y 0.533 en 1960. Estos datos confirman nuestra afirmación de que en un lapso menor de veinte años las plantas térmicas han llegado poco a poco a llevar la carga "de base", relegándose a las plantas hidráulicas con vaso de almacenaje a la función de regularizar la frecuencia y de llevar la generación "de punta".

La situación cambiará nuevamente en un plazo de aproximadamente seis años. En efecto, para fines de 1961 se preve la adición de la capacidad de 156 000 KW de la planta hidroeléctrica de Mazatepec, así como la instalación, para fines de 1962, de una unidad de 150 000 KW en la nueva central térmica del

Valle de México.

Valle de México. Si para 1964 entran en servicio las 4 unidades que con una capacidad de 600 000 KW que se proyecta instalar en la planta hidroeléctrica del Infiernillo, la demanda estará cubierta prácticamente hasta 1970. Con las adiciones mencionadas la relación entre energías térmica e hidráulica se vería de nuevo drásticamente reducida y nuevamente serían las plantas hidráulicas las que llevarían la carga "de base".

El desarrollo coordinado de las plantas de generación de energía en un país que, como México, es rico en combustibles y en recursos hidráulicos, requiere el estudio detallado de todos los factores que intervienen en la planteación del problema. En un sistema integrado por plantas térmicas e hidráulicas con y sin vasos de almacenamiento, la coordinación funcional entre las diversas plantas debe representar la solución técnica y económicamente más racional. Particular atención debe prestarse al consumo de combustibles (que son recursos no renovables), a la duración de la maquinaria, a los gastos fijos de operación y a la utilización de las aguas (que son recursos renovables). Cuanto más complejo sea el sistema tanto mayor importancia adquiere una adecuada repartición de la carga y una inteligente administración de las disponibilidades hidráulicas.

Ahora bien, la sabia administración de las reservas hidráulicas presupone un profundo conocimiento de todos los elementos que caracterizan a cada una de las cuencas hidrológicas de los distintos sistemas. El conocimiento de los principales fenómenos meteorológicos, hidrográficos e hidrológicos de las cuencas es, por lo tanto, de gran interés no sólo para la elección de las características, sino principalmente para el acertado manejo de las plantas en la fase de operación de los sistemas.

Los aspectos de la hidrología aplicada al problema que hemos esbozado son múltiples y variados y solo podremos intentar aquí indicar los principales.

Es sabido que para la planeación y el estudio económico de las obras resulta imprescindible conocer el gasto de los rios que van a ser captados

/para utilizar

para utilizar sus aguas en la generación de energía. La medición de los gastos puede hacerse por diferentes sistemas, pero a mayor precisión se requieren mayores gastos de instalación de las estaciones aforadoras. Generalmente se admite que diez años es la duración mínima de los registros; sin embargo, esta duración parece aun poco confiable porque se estima que la duración adecuada de una normal de la lluvia es de treinta años para incluir una onda completa del período de Bruckner, lo que se ha observado en muchas regiones del globo, inclusive en Necaxa, en donde los mínimos se registraron alrededor de 1920 y 1949 y el máximo en 1931.

La falta de datos continuos y fidedignos puede ocasionar serios problemas y causar errores importantes de dimensionamiento. En regiones tropicales los gastos de los ríos se caracterizan por su irregularidad y fuertes variaciones. Se ha constatado, por ejemplo, que en la región de Necaxa, los períodos secos de 1913 a 1923 y de 1945 a 1951 acusan variaciones hasta del 40 por ciento con respecto a períodos de precipitación abundante registrados de 1925 a 1937 y de 1951 a 1958 (esta variación es en el promedio de la lluvia de un lapso a otro y no de un año a otro). Los gastos de crecientes excepcionales en tiempos de aguas pueden alcanzar hasta cincuenta veces los normales en tiempo de secas.

Para planear una obra de esta naturaleza, es más fácil y más económico el sistema de medición o estimación de los gastos de los ríos que se basa en la medición de la precipitación pluvial. Conociendo las precipitaciones y las características topográficas de las cuencas es fácil deducir, con una aproximación proporcional al número de estaciones pluviométricas que se utilicen, los gastos. En la evaluación de los escurrimientos deben considerarse, sin embargo, varios factores como absorción de los terrenos, corrientes de aguas subterráneas, evapotranspiración, evaporación, etc. Cada uno de estos factores representa una variable difícil de evaluar numéricamente y depende, a su vez, de varios otros. En un estudio de conjunto en el que el geólogo, el hidrólogo y el meteorólogo trabajan armónicamente, se preparan fórmulas que el progreso

/de la ciencia

de la ciencia modifica continuamente. La ciencia matemática y la estadística ayudan en el perfeccionamiento de métodos y sistemas. Poderosas instituciones culturales fomentan y promueven la investigación universal. Así, por ejemplo, la UNESCO facilitó los medios para llevar a cabo un estudio detallado de lluvia corrientes subterráneas en Israel, estudio que estableció una correlatividad que puede presentarse con un desfase hasta de dos y tres años.

Se ha tratado frecuentemente de perfeccionar el pronóstico de las intensidades de la precipitación estudiando la periodicidad de los fenómenos en una serie de registros que abarcan lapsos muy largos. Si bien es verdad que se ha podido comprobar, en general, la existencia de ciclos llamados meteorológicos, también es verdad que se ha comprobado la escasa utilidad de los mismos por cuanto su periodicidad es demasiado corta. Tomando nuevamente como ejemplo la región de Necaxa, en un registro de 51 años, un año seco reaparece con una periodicidad de 6.3 años. Es evidente que en un sistema como el nuestro, este dato, por si solo, pueda representar un factor importante en la formulación de los programas de generación. Además, la razón física de esta periodicidad no se ha podido aclarar por lo que, mientras esto no se logre, no puede confiarse en su reaparición.

El pronóstico del tiempo a largo plazo se ha hecho depender de la temperatura de los mares cercanos. La Sra. Joan S. Malkus, del Instituto Oceanográfico de Woods Hole, ha encontrado en diversas mediciones de temperatura tomadas desde un avión que pequeñas diferencias térmicas, cuando son positivas, propician el crecimiento de grandes cúmulos. Para México y la costa occidental de los Estados Unidos, se tiene el dato impresionante de que la extrema lluviosidad de los años de 1958 y 1959 coincidió con una elevación anormal de la temperatura superficial de las aguas de gran parte del Océano Pacífico. En este caso tampoco se logró establecer la causa del fenómeno, pero si se constato el hecho mediante estudios supervisados por el Dr. J. Namias, de la oficina de pronóstico del tiempo a largo plazo, del Weather Bureau de Washington.

/Es probable

Es probable que estas investigaciones científicas arrojen resultados de interés práctico y por ello la Compañía de Luz tiene planeado un estudio que permitiera establecer una relación similar entre la temperatura de las aguas del Mar Caribe y la pluviosidad en las vertientes de la Sierra Madre Oriental, en donde se encuentran ubicadas las plantas de su Sistema de Necaxa.

En un sistema en que la capacidad de almacenamiento de los vasos es relativamente pequeña, como el de Necaxa, es de suma importancia una estimación de la precipitación máxima posible debida a tormentas del tipo ciclónico. Durante la creciente registrada a fines de septiembre de 1955, por ejemplo, en menos de 72 horas ~~las~~ entradas de agua a la presa de Necaxa totalizaron un volumen de más de 80 millones de metros cúbicos, es decir, cerca de dos veces la capacidad del vaso; en esa ocasión, en menos de 24 horas el gasto que paso por el derrame subió de 0 a 700 metros cúbicos por segundo. En estas condiciones es obvia la importancia que adquiere la posibilidad de prever, con suficiente anticipación, las crecientes de gran magnitud.

Recientemente se han hecho estudios por Showalter, Solot, Fletcher, Paulhus y Gilman para tratar de estimar la máxima precipitación posible durante una tormenta en zona templada. Los diversos parámetros que intervienen en el problema se han aplicado al análisis de más de dos mil tormentas registradas y se ha podido estimar las grandes lluvias con un error no mayor del 18. Estos resultados, sin embargo, no pueden aún aplicarse al conocimiento y pronóstico de los fenómenos meteorológicos en zonas donde, como en Necaxa, la orografía presenta problemas adicionales.

El conocimiento de los procesos de evaporación en la superficie de grandes extensiones de agua y los de evapotranspiración en el escurrimiento de los ríos adquiere, por el contrario, una importancia capital en sistemas con vasos de gran almacenaje. Sin mencionar las constantes modificaciones que han experimentado las fórmulas teóricas que se emplean en el cálculo de estas incógnitas, mencionaremos únicamente los esfuerzos que ha hecho la ciencia moderna para encontrar medios que reduzcan la evaporación evitando pérdidas

/importantes en los

importantes en los volúmenes almacenados. Así, se ha demostrado que una película de hexadecanol en la superficie del agua embalsada reduce considerablemente la evaporación. Si el uso de este procedimiento es ya ahora económicamente justificable en pequeñas lagunas o aguajes de las zonas áridas del país, es posible que pronto llegue a tener también interés cuando se trate de extensiones de agua muchas veces mayores, como en el caso de nuestra presa de Tepuxtepec sobre el Río Lerma.

Por lo que se refiere a la medición del gasto de los ríos en sistemas en operación con vasos de almacenamiento, como nuestros sistemas de Necaxa y Lerma, debemos decir que el método menos inexacto es el que podríamos llamar de variación y consumo, que calcula el gasto sumando algebraicamente la variación de almacenaje, deducida de la diferencia de elevación del agua en el vaso, al agua utilizada por la planta, medida por los venturímetros.

Finalmente, la estimulación de la lluvia artificial es el tópico que en las últimas décadas ha llamado más la atención de meteorólogos e hidrólogos por la evidente importancia que podría adquirir para la operación de un sistema la posibilidad de influir sobre las condiciones atmosféricas intensificando, o tan sólo siquiera regularizando las precipitaciones sobre las cuencas hidrológicas correspondientes.

En la actualidad está perfectamente aclarado que la técnica de la estimulación de la lluvia no puede dar los resultados sensacionales vaticinados en el pasado por aficionados irresponsables o de pocos escrúpulos. Las operaciones efectuadas en muchos países del mundo bajo un rígido control científico y con absoluta seriedad permiten afirmar, sin embargo, que los resultados son favorables si las operaciones se llevan a cabo en condiciones adecuadas.

En México, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A. y Subsidiarias ha venido desarrollando un programa de investigaciones que se ha extendido sobre un período de los últimos once años. Los resultados han sido positivos y francamente alentadores. Las experiencias de los primeros diez años se han resumido en una publicación que apareció en el número de julio de



1960 de la revista Ingeniería, órgano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Durante el corriente año de 1960, las operaciones se han ampliado y una evaluación preliminar de los beneficios obtenidos por la estimulación artificial de la lluvia en las regiones de Necaxa y de Lerma, indica una ganancia, en Necaxa, de 32 por ciento en la parte baja de la cuenca y de 17 por ciento en la zona alta.

Las consideraciones anteriores nos llevan a la conclusión de que la operación de un sistema mixto de plantas generadoras térmicas e hidráulicas, debe forzosamente basarse sobre la experiencia y los conocimientos de especialistas, porque como el KWH generado por las primeras cuesta más que el generado por las segundas, deben elaborarse programas en los que se valoricen correctamente las disponibilidades hidroeléctricas y se asigne a las plantas térmicas un volumen de generación suficientemente grande para que no haya necesidad de imponer restricciones en el consumo de energía eléctrica, y debidamente reducido para que no haya derrames de agua en las plantas hidráulicas. La hidrología y la hidrometeorología son ciencias que permiten mejorar muchos aspectos de esta operación. Todo adelanto que se obtenga en estas ramas del saber humano redundara en favor de la economía del sistema, vale decir, en favor de la economía del país.

