

ENERGIA NUCLEAR Y ABASTECIMIENTO DE AGUAS POSIBLE APLICACION DE AQUELLA PARA SOLUCIONAR EL DIFICIL PROBLEMA DEL FUTURO ABASTECIMIENTO DE MADRID

Por ANTONIO MORENO y ALBERTO BLASCO,
Alumnos de cuarto año.

El presente trabajo, que por su extensión se divide en dos artículos, presentado por los autores, alumnos de cuarto año en el curso pasado, fué galardonado con el premio "Paz Maroto" de nuestra Escuela Especial, y constituye una simpática y bella aportación de la fantasía juvenil a la posible solución de problemas ingenieriles del futuro. Todos los datos reseñados se refieren a las grandes Compañías exclusivamente.

I

Madrid.

Que Madrid, nuestro viejo Madrid, se nos queda chico, es evidente.

Su pasado.—La ciudad, cuyos principios se hundían profundamente en la prehistoria, reunía excepcionales condiciones naturales. Los restos más abundantes, sobre todo en hachas de sílex, corresponden al paleolítico inferior achelense.

En aquel período, junto a la altitud y abundancia de bosques, que hacían de esta parte de la meseta un sitio ideal, con agua agradable por su origen granítico, abundancia de caza y de materia prima para sus armas, se unía una gran dulzura en el clima, lo que haría prosperar considerablemente a las tribus asentadas en las riberas del río.

No se han encontrado restos humanos de este período, debido posiblemente a la dificultad de conservación de los elementos orgánicos en un clima cálido y no muy seco.

Posteriormente, en el paleolítico superior, debido al intenso frío reinante, debió disminuir considerablemente la población de esta zona.

La sierra de Guadarrama fué uno de los núcleos ibéricos de glaciaciones. Debido a la ausencia de cuevas naturales, es posible que muchas gentes emigrasen hacia zonas más cálidas, y sólo de paso se asentasen en este lugar, siendo factible la conservación de restos humanos, e incluso de hecho se han encontrado algunos.

De períodos posteriores no hay muchos restos, pero es casi seguro que siempre hubo pueblos que habitaron nuestros alrededores, por la doble causa de las condiciones saludables del territorio y por ser punto de paso y cruce de las culturas iberoafricanas y europeas. Pero el conocimiento estable, y más o menos continuo de Madrid como lugar habitado por el hombre, arranca del Magerit islámico, castillo avanzado contra las incursiones cristianas.

La ciudad, que comenzó su vida como centinela

adelantado de los caídos toledanos, era una punta de lanza dirigida hacia los reinos cristianos de la submeseta norte, y refugio—si el caso lo requería—de los fugitivos caballeros de la Media Luna, frente al creciente poder castellano.

Realmente no estuvo segura en manos hispano-cristianas hasta la toma de Toledo por Alfonso VI, y sirvió a éste de estribo para asaltar a la ciudad del Tajo.

Varias veces cambió de dueño e incluso fué sitiada a finales del siglo XII por los almorávides, quienes no consiguieron conquistarla.

Fuó creciendo gradualmente su población y su importancia hasta que Felipe II trasladó la capitalidad del reino a Madrid, pues "era razón que tan gran monarquía tuviera ciudad que pudiese hacer el oficio de corazón, que su principal asiento está en medio del cuerpo".

La ciudad sufrió un colapso de indigestión, pues no estaba preparada para soportar el peso de la Corte. No obstante, pudo reponerse con algunas pérdidas, entre las que destacaba la destrucción de gran parte de los bosques que la rodeaban, cuya madera era necesaria para construir y amueblar las nuevas moradas de la gente de Estado y de Palacio.

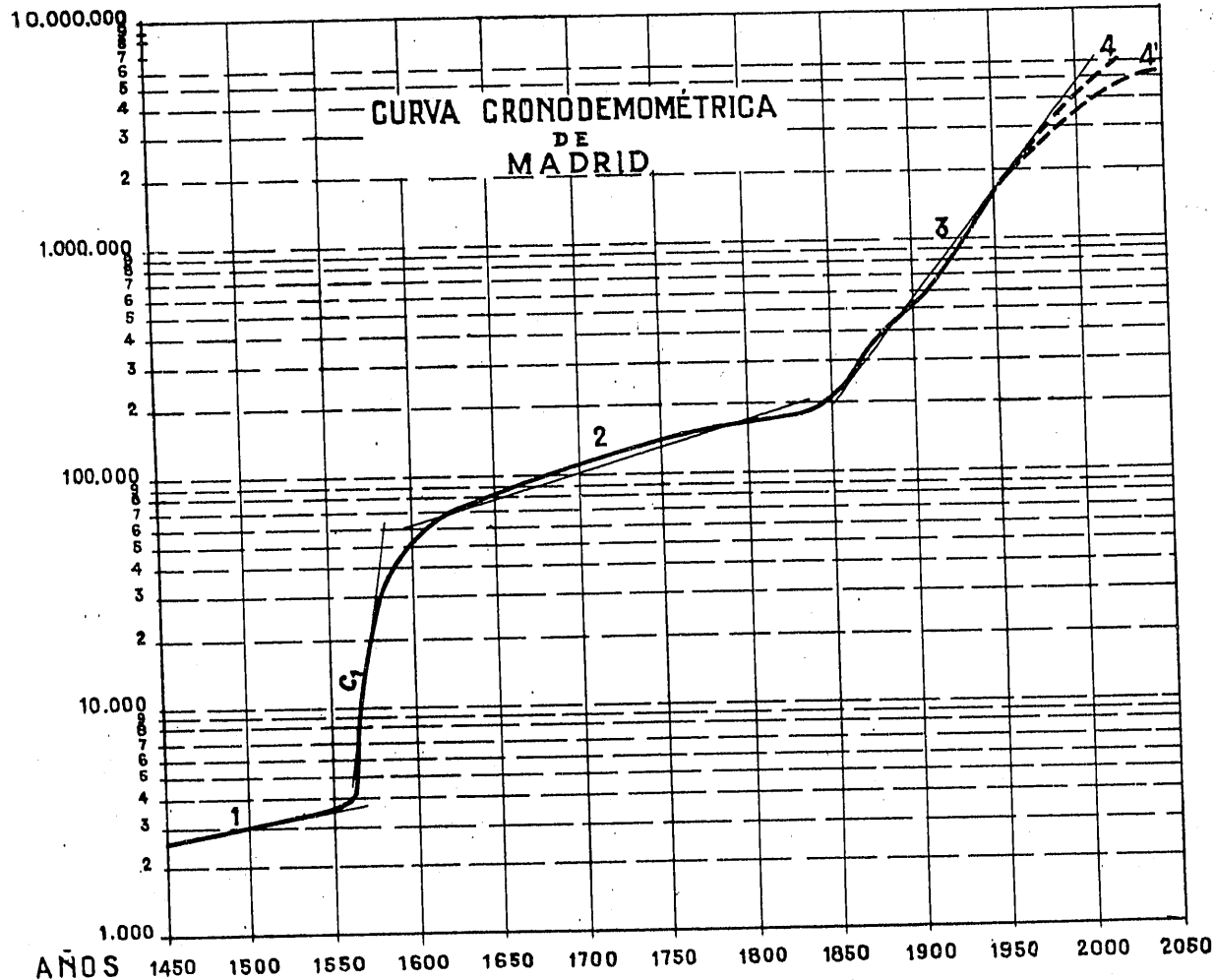
La falta de vegetación aumentó la sequía de sus contornos, constituyendo problema el abastecimiento de agua a sus habitantes.

Sin embargo, las fuentes alumbradas bastaron, en aquel tiempo, para sostener el consumo de agua que hacía la ciudad, ya que no era excesivo su interés por la higiene.

Estas fuentes, llamadas posteriormente "viajes", estaban a menudo contaminadas, debido a las filtraciones de los terrenos próximos.

Los "viajes" mencionados recibían, por filtración, las aguas de desecho de las viviendas colindantes, pues el alcantarillado era muy restringido y, desde luego, no llegaba a cada vivienda particular, como estamos acostumbrados a ver, sino que barrios enteros estaban privados de él.

Así, pues, fueron necesarios veinte siglos para que, sin dejar de alabar, admirados, los alcantarilla-



dos romanos, probásemos la misma terapéutica en nuestras ciudades.

No es raro que Madrid, con este modo de proveerse del agua necesaria, tuviera como endémicas varias enfermedades que, algunas veces, sobre todo las diversas fiebres paratíficas (1), causaron verdaderos estragos en la población.

Fué Carlos III de quien — es de sobra conocido — se decía era el “mejor alcalde de Madrid”, el que dió a la villa los primeros anhelos y realidades de capital moderna, verdadero empuje que nos ha mantenido en un lugar decoroso entre las restantes capitales, hasta nuestros días.

Y fué, unos años después, una vez cuajada en las mentes la nueva idea de la capitalidad y de las necesidades de nuestro tiempo, cuando se abordó, de un modo ingenieril y total, el abastecimiento de aguas a Madrid.

(1) Preferimos la denominación de paratíficas o tifoideas, para mejor diferenciarlas del tífus exantemático, transmitido por el piojo común.

Antes de hacer historia sobre las actuales conducciones hidráulicas, echemos un vistazo sobre nuestra villa madroñera..., en la que, por cierto, quizá se encuentre perdido algún madroño, al que debía nombrársele “hijo adoptivo y muy amado”, como a un nuevo hijo pródigo del reino verde.

Demografía. — Trazando la curva demográfica en el tiempo, de nuestra ciudad, observamos un crecimiento uniforme, sin ninguna disminución apreciable ni aun en los peores momentos. Se pueden distinguir en ella tres periodos claramente diferenciados. El primero, considerado desde sus comienzos hasta 1560, aproximadamente, nos muestra la línea demográfica de un pueblo pequeño, pocos habitantes y poca inmigración. El período siguiente, que podemos limitarlo superiormente hacia mediados del siglo XIX, está representado por una curva sensiblemente recta con mayor crecimiento anual, es decir, es una curva de más fuerte pendiente que el período anterior. Entre el primero y el segundo periodo hay un salto sensible.

A mediados del pasado siglo, comienza la pobla-

ción a crecer, de un modo gradualmente mayor, hasta alcanzar, a fines de siglo, un crecimiento asombroso, comparado con los períodos anteriores.

El salto de 1560 fué debido al cambio de capitalidad de Toledo y Valladolid a Madrid, que arrastró consigo el cambio de domicilio de la gente adscrita a la Corte y al Gobierno de Estado.

Más complejas son las causas del aumento sufrido a partir de mediados del siglo XIX. Evidentemente, las causas primeras son las ventajas reales o aparentes que ofrecen las grandes ciudades sobre el resto de la nación, fenómeno que, por otra parte, es seguido paralelamente en gran parte de los países civilizados.

En esta época, con la implantación del ferrocarril, el viaje dejó de ser una aventura para convertirse en un servicio público regular.

La perfección de la técnica, causa de las mejoras en la comodidad individual y ciudadana, la facilidad de mejores sueldos en empleos más o menos estatales, o simplemente el brillo que comienza a ejercer la ciudad sobre el campo, son poderosos imanes que, con la facilidad del transporte indicado, arrancan de los pueblos a masas continuas de gente, que, sin decidirse a "emigrar a América", van a correr la aventura pequeñita de la ciudad, con la idea, y casi nunca realidad, de retorno al terruño, si la fortuna les es adversa.

Evidentemente, con esto el peligro es doble; el abandono del campo y la superpoblación de la urbe, casi siempre en su astroso cinturón suburbano. A esta causa se suma la no pequeña del aumento de la vida media del hombre por los perfeccionamientos y defensas alcanzados por la Medicina, que en nuestro

tiempo y en el futuro serán la causa de la superpoblación del hombre sobre el globo.

Así, pues, vistas las causas, podremos enjuiciar el comportamiento probable de la curva demográfica en los próximos cien años.

La detención de esta inmigración podría conseguirse, en gran parte, con la mejora de vida del medio rural, mejora que debería alcanzar proporcionalmente para entonces un nivel superior al nivel medio norteamericano, superior actualmente al alemán y flamenco. (Aunque mitigado, también existe este fenómeno en los Estados Unidos.)

Todo lo dicho, unido a la inercia que suponen los movimientos de masas, nos hace pensar en la dificultad de reducir el movimiento migratorio antes de un siglo.

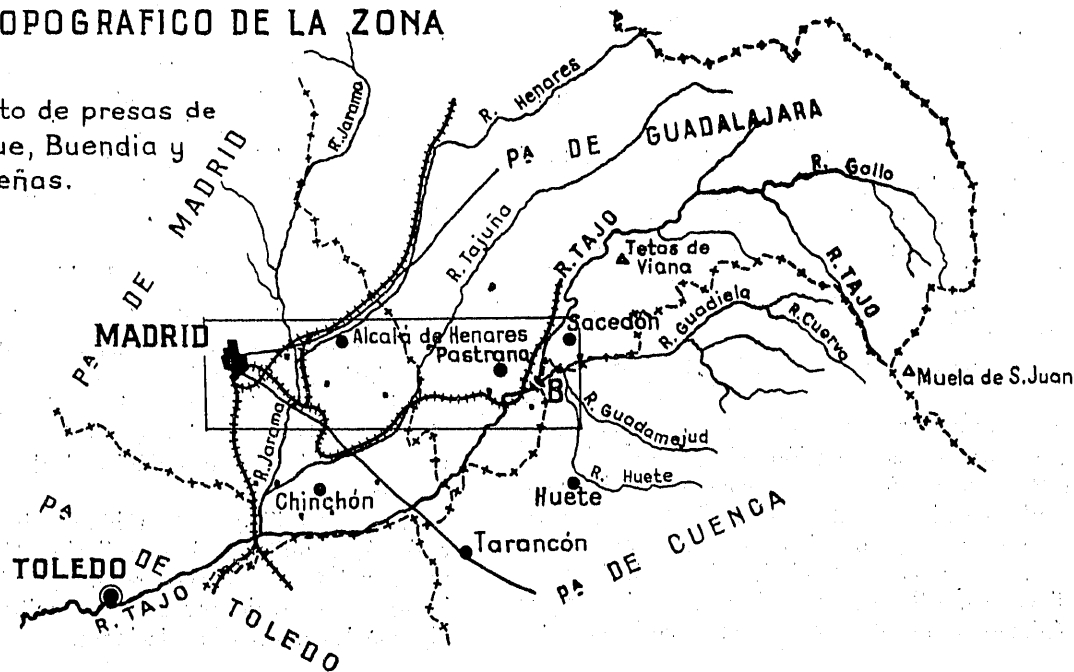
Así, la curva, si no la troncha una ley drástica o una guerra total, alcanzará en Madrid en 2054 los 5,5 millones de habitantes. Sólo con los seres reproducidos a partir del número actual de habitantes y con los medios de defensa que hoy tiene la Medicina, llegaría a los 4,5 millones, es decir, triplicarse. Estos resultados concuerdan con las últimas estadísticas norteamericanas, que prevén, con el ritmo actual, para 2054 una población mundial de 7.000 millones de habitantes sobre los 2.500 que actualmente posee.

Abastecimiento de agua.— Los 5,5 millones de habitantes del Madrid del año 2054 tendrán que abastecerse de los artículos que hayan de satisfacer sus necesidades. Entre ellos destaca el agua.

Llegamos así a enfrentarnos con el problema capital de nuestro asunto y éste es... ¿de dónde beberá Madrid, con sus 5,5 millones de habitantes, el agua necesaria dentro de un siglo?

PLANO TOPOGRAFICO DE LA ZONA

B = Conjunto de presas de Bolarque, Buendía y Entrepeñas.



Recordemos rápidamente cómo bebe ahora.

Abastecimiento actual de agua.—La Sociedad "Canal de Isabel II" se creó por Real decreto en junio de 1851, posterior a una Real orden de 1848, que nombró una Comisión investigadora. Por un rápido proyecto de los Ingenieros Rafo y Ribera, se decidió captar las aguas del Lozoya. El sistema, tras ampliaciones y mejoras, es el siguiente: El agua se toma del río Lozoya. Este río nace en la laguna de Peñalara (familiar para el mundo montañoso de nuestra capital). Recoge el agua de todos los arroyuelos, torrenteras y neveros de las zonas sur de Peñalara y norte de las Cabezas de Hierro y, atravesando rincones maravillosos, se interna y recorre todo el valle de El Pualar y Rascafría y, ya por Buitrago, comienza a atravesar el sistema central. En cuanto lo consigue toma dirección sur y, habiendo ido hasta ahora paralelo y encajonado en los valles longitudinales de la sierra de Guadarrama y hacia el nordeste, cambia de dirección e inmediatamente desemboca en el Jarama.

Bastante antes de su confluencia con el Jarama, casi la totalidad de su agua ha sido recogida y almacenada por una serie de presas. La más baja en el río, la del Pontón de la Oliva, fué la primera en construirse.

Encima, y de donde posteriormente se tomó la derivación al Canal Primitivo, está la presa de la Parra y, algo más arriba, cuatro presas: El Villar, El Tenebroso y Puentes Viejas, con Ríosequillo aún en construcción.

De El Villar parte el Canal Transversal que alcanza al Canal Primitivo cerca de Torrelaguna y aprovecha la diferencia de cota con él (150 m.) para establecer una central hidroeléctrica de 9.000 CV., que es enviada a Madrid a 45.000 voltios.

El agua que no se utiliza para el salto, continúa su recorrido por el Nuevo Canal, llegando a Madrid con una cota suficiente para conseguir que todos los pisos de la mayor parte de la población la reciban. Pero aún hay hogares demasiado altos para esto. Entonces la presión necesaria se consigue elevando el agua previamente a la cota de 766,3 metros en el depósito del "Hotel del Negro", en Chamartín. Depósito que, por su altura y situación, es la torre que anuncia Madrid a los viajeros que llegan a la capital por la carretera de La Coruña, o por las líneas férreas del Norte.

En construcción está la captación del Jarama, por la presa de El Vado y su conducción hasta la unión del Canal Transversal con el Nuevo Canal.

En estudio está la captación del Sorbe por la presa del Pozo de los Ramos y la conducción del agua a El Vado por el Canal del Sorbe. En total, y cuando todo esté construido y lleno de agua, que no es poco pedir, diremos que la ciudad de Madrid absorberá diariamente 800.000 m.³ de agua, y las presas — a régimen completo todas — almacenarán en total

200 millones de m.³, mas el agua embalsada por la presa del Pozo, aún en estudio.

En resumen, podemos estimar unos 250 millones de m.³, cifra que ya quiere decir algo a nuestros ciudadanos desde que está de moda conocer la situación hidráulica de la Península.

Este esquema general se completa con los cinco depósitos en activo de la ciudad, necesarios para la regulación diaria y los acontecimientos imprevistos. Los dos depósitos elevados son: el de Santa Engracia y el de la prolongación de La Castellana, situados en las zonas altas de la urbe y al Norte de la misma.

El plan de captación total de los ríos mencionados vemos que puede llegar a proporcionar a Madrid alrededor de los 800.000 m.³ de agua, en los años de lluvia abundante.

El gasto medio por habitante y día podemos suponerlo, sin exagerar, de 350 litros. Tengamos en cuenta que las ciudades americanas tienen un gasto medio superior a 500, y Chicago sobrepasa los 1.000. Las necesidades de Madrid, a la par que su progreso, debemos suponer que irán en aumento. Además, debemos observar que ese gasto medio asignado a cada habitante no es aprovechado sino en su mínima parte por los habitantes de suburbios, que tienen muchas veces que ir a la fuente pública por el agua necesaria para el botijo y la cazuela; ni por los vecinos de las casas antiguas sin baño ni ducha; ni por los pequeños industriales, que muchas veces no disponen de las instalaciones necesarias; ni por otros muchos casos, que hacen que el caudal real utilizado por los vecinos de las zonas urbanizadas según las costumbres modernas sea mayor. Por lo cual, el tiempo no sólo irá exigiendo más agua por las necesidades futuras, sino también por la inclusión, en esas necesidades, de personas con las que actualmente no contamos.

Una sencilla operación nos dice que, con las posibilidades del sistema actual y las condiciones de regularidad y abundancia que la vida moderna exige, sólo podrán vivir en Madrid unos ; dos millones de habitantes!... Y eso, en los años normales o abundantes en agua.

Posible solución.

Una vez vista la dificultad, casi insuperable, que el problema encierra, y asustados ante la ineficacia de soluciones ordinarias, permítasenos discurrir por el reino posible de la fantasía, de la mano de la ciencia. Pretendemos así liberar de la angustia a los temerosos de la suerte higiénica de los madrileños de mañana.

Los 5,5 millones o 6 millones de habitantes necesitarán 2 millones de m.³ diarios. Con los elementos actuales se van a conseguir 0,8 millones de m.³; luego es necesario procurar 1,2 millones de m.³ al día con las nuevas instalaciones.

Teniendo en cuenta la punta máxima del día de máximo consumo y la capacidad probable de los depósitos de regulación cercanos, podemos estimar necesaria una nueva conducción de 21 m.³/seg., que totalizaría 1,8 millones de m.³ aproximadamente al día.

Dificultades a resolver.— Con un mapa en la mano, llegamos rápidamente a la conclusión de que la única zona capaz de abastecer, es la limitada por el sistema Central al Norte y Noroeste, y el Tajo al Este y Sur, considerando escasa también la cuenca del Guadiela, afluente del Tajo por la izquierda.

Esta circunstancia entraña dos dificultades: primera, captación y transporte, y segunda, tratamiento del agua, necesario, debido a la calidad de los terrenos de la zona en cuestión.

Captación y transporte.— Si queremos recoger el agua y canalizarla por el sistema actual, es decir, utilizando como fuerza motriz la gravedad, apenas hay una solución para los 21 m.³/seg. necesarios.

En los caudales que vamos a dar, hemos tomado aproximadamente la media de los menores caudales medios anuales.

La captación comenzaría en el Tajo, por una zona próxima a Trillo y a la mayor cota posible, que recogiese la totalidad de las precipitaciones de esta cuenca, regulada por el deshielo de los montes. Esta cota sería aproximadamente la de 800 m. sobre el mar y podría recoger un caudal de 10 ó 12 m.³/seg., dejando a veces en seco el río, sobre todo en agosto.

Siguiendo sensiblemente la dirección Este-Oeste cortaría al Tajuña, que incrementaría en 1 ó 2 m.³ por segundo, pues hay que descontar 4 m.³/seg. ya extraídos del Sorbe con el plan vigente y, por fin, el Jarama sería alcanzado por Torrelaguna, donde aún nos podría ceder 4-5 m.³/seg., pues casi todo el resto estaría recogido con el plan actual. Desde aquí se podría canalizar directamente a Madrid.

Este plan lleva anejos bastantes inconvenientes: 1.º Longitud exagerada de la canalización, pues aparte de coger el Tajo muy hacia el Este, llega a Madrid describiendo un arco. 2.º Instalación de presas reguladoras, con todas sus instalaciones en los ríos mencionados, incluso en el Jarama, para terminar de regular su caudal totalmente, con la dificultad de encontrar sitios adecuados para su emplazamiento. 3.º Eliminación práctica de los caudales para riegos, en muchas zonas que lo necesitan. 4.º Aprovechamiento, casi absoluto, de los caudales dados por los ríos, que impondrían fuertes restricciones en caso de sequía pertinaz.

Frente a esto, y ya hemos dicho suponiendo la existencia de abundante energía, tenemos otras dos soluciones. Una es: captación del agua del Jarama *poco después de su confluencia con el Henares, y elevar su agua a Madrid.* El caudal constantemente disponible en esta zona no subiría muchos años de los 21 m.³/seg., y esto, suponiendo que la presa o

presas que se construyeran recogiesen casi todo el agua disponible, incluso de crecidas. Algunas zonas importantes de riegos quedarían sin ellos. La otra solución, al parecer óptima, aunque más cara, es situar la captación en el magnífico conjunto de presas de Bolarque, Entrepeñas y Buendía, en la confluencia del Tajo y el Guadiela.

La instalación aquí ofrecería el inconveniente de que habría que elevar el agua 70 u 80 metros para alcanzar una cota prudencial en Madrid.

Esta elevación se llevaría a cabo, en toda su longitud, por bombeos en serie, ubicados especialmente y, desde luego, tras de un estudio cuidadoso, en las partes bajas de las lomas que la conducción tuviese que vencer.

Hemos supuesto que, para entonces, no habrá ningún inconveniente en que estos embalses sean cedidos para el abastecimiento en cuestión, abandonando su actual empleo hidroeléctrico, pues aunque la electricidad nunca será sustituida en todos los campos, su producción será barata con centrales termoeléctricas atómicas; hemos de hacer notar que, por ahora, la energía aprovechada en una combustión nuclear es menor que la consumida en su preparación.

Por otra parte, la potencia necesaria para traer el agua a Madrid no pasaría probablemente, con todas las instalaciones y en el momento de máximo rendimiento, de 30.000 kilovatios, potencia que actualmente parece gigantesca para tal empleo. No obstante, igual les hubiese sucedido a nuestros antecesores de 1854 si les hubiesen dicho que una máquina voladora podría desarrollar la misma potencia de 40.000 caballos de velocidad (1 CV. equivale a 0,735 kW.), como le sucede al avión americano Convair B-36 D, con todos los motores a pleno rendimiento. La energía, aunque grande, se puede producir de un modo u otro. *El agua hay que traerla de donde esté.*

Evidentemente, existe el peligro del aterramiento de estos embalses, pero podemos esperar que, para entonces, no haya ocurrido, o bien se encuentren medios energéticos de evitarlos preventiva o curativamente.

El módulo medio del río a considerar es de 49 metros cúbicos por segundo, que sobrepasan con mucho los 21 m.³/seg. necesarios, lo cual nos deja en disposición de posteriores ampliaciones.

Considerada esta solución la más conveniente, vemos las características de la cuenca abastecedora.

La zona central y oriental es, casi en su mayor parte, caliza, con grandes afloramientos arcillosos y pizarrosos, con abundantes yesos. En la zona occidental predominan las areniscas y maciños. De aquí que el agua sea de las llamadas "duras" con abundancia de sales cálcicas disueltas, y de sulfatos y carbonatos, que implican su corrección por el sulfato de aluminio u otro método análogo. La turbiedad, también abundante, debido a los terrenos que atraviesa, puede corregirse suficientemente por la coagulación. Por otra

parte, el paso por pequeños pueblos y por terrenos apenas sin vegetación, salvo los pinares de las partes altas de esta zona, hacen que el agua tenga pocos elementos orgánicos y sea de por sí bastante pura. Estudios más precisos se harían, caso de que se llevase a efecto dicha captación.

El agua se debe traer en conducciones forzadas, por sus ventajas sobradamente conocidas. Citaremos, entre otras: gran resistencia de su sección circular, variaciones mínimas de temperatura, dificultad de sabotaje o robo, seguridad ante bombardeos, dificultad de contaminación, reparación rápida de sustitución de tubos y ataques de ramales para abastecer pueblos a su paso. La dificultad de transporte de tubos de mucho peso por su gran diámetro, se aminorará por el mejoramiento de los medios de transporte y por la adopción, para los tubos, de nuevos materiales de densidades menores.

Ya por lo pronto, Robert L. Davison ha presentado en la Exposición de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Massachusetts un material de acero inoxidable y vidrio, con menos densidad que el agua, larga duración y baratura, gran resistencia, aislamiento contra el medio ambiente del orden de diez veces su espesor en ladrillos, y como nota adecuada preferentemente a nuestro caso, alta resistencia a la corrosión por el viento, humedad y otros agentes externos, que eliminan de un golpe la preocupación de los suelos yesosos por su ataque a los hormigones.

Aparte de esto, los técnicos americanos están considerando otros materiales de gran trascendencia en el futuro, como diversos tipos de fibrocementos celulares y compuestos de cuarzo en aerogel.

Incluso, ahora, hay vidrios evidentemente caros, con resistencia a compresión de cuatro o cinco veces la del hormigón corriente y resistencias a la tracción, que pueden alcanzar $1/3$ de las de los mejores alambres de acero.

El transporte de las piezas de las tuberías, podría efectuarse por vehículos aéreos con capacidad de descenso y ascenso vertical y con rendimiento mayor que cualquier otro transporte, sobre todo en lugares inaccesibles para éstos.

Los vehículos mencionados no resultarían muy caros al constar poco más que de la infraestructura, soportando una amplia plataforma para el transporte, y el motor y cabina de mandos.

El material de la conducción sería casi inerte frente a la radioactividad del agua, pues así se ha comprobado con los hormigones y cuerpos térreos, que sólo soportan prácticamente radioactividad inducida, y sólo el acero se convierte en cuerpo radioactivo emisor, pero con una vida pequeñísima, del orden del segundo.

La impermeabilidad a las radiaciones sería asimismo muy considerable, sobre todo por la capa de tierra suprayacente. En último caso, y sobre todo en los primeros tramos próximos al lugar de radiación,

podría reforzarse la impermeabilidad con chapas de plomo, que sería conveniente no estuviesen en contacto con el agua.

Hagamos notar que la eliminación automática del agua, que por azar llegase excesivamente radioactiva, podría conseguirse conectando un relé al límite impuesto en el medidor de radioactividad, que actuase a su vez sobre una válvula de cierre, simultánea a la abertura de otra para la expulsión de este agua peligrosa. La solución óptima sería, desde luego, absorber energía (con cargas eléctricas) por medio de campos electromagnéticos, como veremos.

La conducción constaría de tres o cuatro tuberías en paralelo.

Considerando, por ejemplo, cuatro tuberías de 1,25 metros de diámetro cada una, cifra perfectamente alcanzable en la técnica moderna, deberíamos lanzar el agua en el día del máximo gasto del año, a 4 m./seg. de velocidad, número tampoco exorbitante, puesto que actualmente se alcanzan velocidades de este mismo orden.

En general, los tubos irán encerrados por debajo de la "línea de helada" del terreno, que en nuestras zonas está próximamente a 1 m. debajo del nivel del suelo; pero si, en algún caso, se temiese alcanzar la temperatura de solidificación, es ineludible, absolutamente, colocar allí un medio que aumente la temperatura, bien por calentamiento directo anterior del agua en alguna subestación, o colocando resistencias eléctricas en la tubería o en otro punto que, por experiencia, se considere más conveniente. De no hacerlo así, pelagra la integridad de esos tramos de tubería por las enormes presiones que el agua encerrada produce al intentar aumentar de volumen, por convertirse en hielo. El calentamiento a utilizar, saldría barato utilizando la energía nuclear, pues casi toda ella se manifiesta en energía calorífica.

Inspección de las tuberías.— Actualmente, este tipo de tuberías enterradas no admite la inspección, a no ser que vayan canalizadas dentro de un túnel que permita el paso de personas, las cuales, de viso, pueden discernir dónde hay avería, que sea visible en la parte exterior de la tubería.

En general no ocurre así, y sólo la anomalía en el funcionamiento, o el anuncio de un escape por afloración en el terreno indican, cuando el mal ya está hecho — y a veces grave — que ha habido rotura.

Se precisa entonces excavar en una zona más o menos amplia, desenterrar las tuberías y ver el lugar lesionado y su modo de arreglo. Es por esto por lo que es necesario hacer una inspección periódica de la red. Esta inspección puede hacerse viendo la cantidad de agua escapada por diferencia entre caudal entrante y saliente en un tramo.

El estado interior de la tubería, es decir, la cantidad de sus incrustaciones, erosiones o rugosidad en general, puede hacerse con ayuda de las leyes hidráulicas.

licas, considerando las presiones y velocidades del agua a la entrada y salida de un conducto, sin que los resultados sean muy precisos.

¿Cuál es el medio de vigilancia más conveniente? Sencillamente, meterse en la tubería e inspeccionarla en su interior. Queda descartada la posibilidad de que sea visitada por un hombre a pie: 1.º, a causa de los peligros que para éste entrañaría; 2.º, por la longitud enorme de la conducción, que necesitaría mucho tiempo o muchos vigilantes; 3.º, por la incomodidad de ir más o menos encorvado.

Debe ir, pues, el inspector en un vehículo adaptado al medio.

El vehículo debe ser, desde luego, automóvil, es decir, con tracción propia. Deberá constar de un basidor, que defienda al conductor por todos los lados de posibles golpes, y para amortiguar estos golpes puede llevar apoyos radiales, incluso por su parte superior, y terminando en un tipo conveniente de rodamiento libre con cubiertas amortiguadoras y repartidoras de presión, como los actuales neumáticos.

Respecto al tipo de tracción puede descartarse la debida al rozamiento de ruedas y suelo (actuales transportes terrestres) por el peligro de estropear la tubería y, sobre todo, porque el limo finísimo y la humedad harían prácticamente imposible la circulación, sobre todo en pendientes de fuerte tanto por ciento.

La tracción a hélice es también inapropiada por la poca masa de aire disponible, pequeña sección, y vibración del vehículo con un período determinado que, caso de estar en resonancia con algún elemento de la tubería, podría causar la destrucción de ésta.

El ruido tremendo que soportaría el conductor podría paliarse con aparatos adecuados.

La tracción más favorable podría conseguirse con la reacción a chorro, por medio de cohetes de poco volumen y desmontables con facilidad, como el tipo actual *Jato* americano. El chorro debe ser regulado a voluntad del conductor. Se colocarán dos sistemas de cohetes: uno para la impulsión y otro para el frenado en las bajadas muy pronunciadas.

El ruido producido por esta verdadera explosión podría ser mitigado, como anteriormente hemos dicho, por aislamiento conveniente.

Las altas temperaturas de salida de gases, así como las presiones creadas en el aire circundante, serían aguantadas por la tubería, debido al pequeño volumen de las masas de gas expulsadas de los cohetes antedichos. Sería conveniente que el conductor llevase mascarilla de oxígeno y microemisora portátil.

Esta solución, que a primera vista *parece pueril o novelesca*, es muy posible sea con el tiempo la más práctica y utilizada.

Este tipo de inspección, sobre llevar la ventaja de una vigilancia fácil y perfecta, tiene la enorme de poder reparar la tubería por su interior, con una gran economía, rapidez y acabado de la superficie interior.

Este mismo vehículo podría utilizarse para la limpieza rapidísima de toda la tubería, colocándole, en la posición conveniente, un cuerpo de revolución de eje paralelo al de la tubería y de diámetro igual al diámetro interior de la misma.

La curva meridiana de este cuerpo, así como las características de la circunferencia de barrido, que funcionaría como un tapón móvil, serían determinadas experimentalmente.

Impulsión. — No hablaremos de las bombas impulsoras, que son de todos conocidas; sólo diremos que, siendo de orden mecánico, alcanzarán una precisión superior a la actual.

De todas formas, si alguna de las particularidades de la conducción desde Bolarque pareciese improbable (tal como dar el agua la velocidad de 4 m. por segundo que, de no ser alcanzables, nos obligaría a aumentar la sección proporcionalmente) parece, desde luego, muy conveniente utilizar este tipo de conducción, aunque se elevase el agua a zonas altas. En este caso, la gravedad nos favorecería (y no sería difícil alcanzar entonces los 4 m./s.).

(Continuará.)