

Características personales de Arellano fueron el ardiente entusiasmo por su profesión y la delicadeza y finura de su trato. Pensar en cosas de ingeniería era elemento esencial en su vida; agotó sus energías en la práctica ingenieril y hasta cuando ya las fuerzas le faltaban y estaba sometido a un régimen de reposo, de alimentación láctea y de ahorro de energías, cuando ya no podía apenas sostenerse, por el entusiasmo de resolver problemas relacionados con la técnica, acudió sin vacilar, con entusiasmo, al llamamiento de una importante Sociedad que pidió su consulta, siempre luminosa, en un incidente de las obras que efectuaba.

Sobre su trato personal, los que con él hemos mantenido relaciones de convivencia en viajes de prácticas con los alumnos, no podremos olvidar nunca su paciencia y alegría al comunicar a los mucha-

chos las soluciones inventadas por él, que ellos conocían por las explicaciones del profesor. Nos acompañaba constantemente. Ponía un fino comentario sobre el paisaje navarro, detallaba los rasgos de alguna batalla carlista junto al pantano de Alloz y a lo largo del Irati preparaba con una suave sonrisa — que recordaba un poco la de Spínola en el cuadro de «Las Lanzas» — la emoción de Roncesvalles.

Descanse en paz el buen compañero. Sea para nosotros ejemplo su vida de claro varón de Navarra. Vida creadora de civilización, henchida de energía y dinamismo, pero realizada, al exterior, en formas delicadas y apacibles. Como la de esos ríos de nuestra España nórdica — domados por su técnica — que fecundan la industria sin perder su función poética, como si sólo fueran cantores del paisaje o cambiantes espejos de los cielos de Dios.

Empleo económico de embalses laterales de reserva en obras de riego.

Por Cornelio Arellano, Ingeniero Jefe de Caminos de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro.

El volumen de agua necesario para el riego de una extensa zona, con terrenos apropiados para toda clase de cultivos, y después de bastante tiempo de haberse establecido, puede suponerse, como término medio, de 7.000 metros cúbicos por hectárea y año, teniendo en cuenta las pérdidas por filtraciones en los canales y acequias, evaporación, falsas maniobras, etc.

Estos 7.000 m. se reparten mensualmente como se indica en la segunda columna del cuadro núm. 1, en el que se puede observar que el consumo del mes de Junio sube a cerca de la quinta parte de la dotación anual, y claro es que el canal de conducción ha de tener la capacidad necesaria para este máximo, que es de 0,00051813 metros cúbicos por hectárea y segundo.

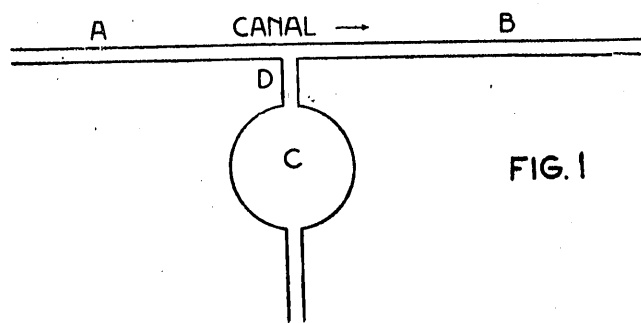
Suponiendo que en ese canal de riego se suspenda el servicio en los quince primeros días de Enero para limpiar y hacer algunas pequeñas reparaciones, pueden circular por él mensualmente los volúmenes de la primera columna de dicho Cuadro, siendo los de la tercera las diferencias de los de la primera y de la segunda, o sean, los volúmenes que conduce el canal sin utilidad alguna.

De ello se deduce que el rendimiento de los canales de riego es muy deficiente, de 0,44677.

Por otra parte, cuando se proyecta un pantano con el objeto de llegar, si es posible, al aprovechamiento integral de las aportaciones de un río, el servicio agrícola es, generalmente, el que exige mayor capacidad, porque las aportaciones de invierno son las más abundantes y la agricultura no gasta nada en esa época.

Supongamos un canal de riego *AB*, y que, alimentado por él, se pueda construir el pantano *C*, que domine una zona importante de la total regable (figura 1.^a).

Con este pantano, se reducen las secciones del canal desde la embocadura hasta la toma *D*; mejora el rendimiento, puesto que la alimentación se puede hacer utilizando parte o el total de lo que llamaremos *capacidad libre*, o sea, la diferencia $15.668 - 7.000 = 8.668$ metros cúbicos entre lo que el canal puede conducir por hectárea, y lo que esta hectárea exige para su riego; contribuye a disminuir la capacidad del



embalse de cabecera para el aprovechamiento integral de las aportaciones del río y, por último, facilita por otro concepto la mejor distribución del agua.

Los canales de gran longitud tienen un servicio de caudal constante durante las veinticuatro horas del día, y como sólo se practica el riego de sol a sol o en alguna hora más en el verano, es necesario retener el caudal de la noche en el canal y en las acequias, para utilizarlo al día siguiente.

Los pantanos laterales pueden tener, sin inconveniente un régimen invertido al del riego, es decir, que se pueden alimentar exclusivamente o con mayor caudal por la noche, compensándose con ello lo que pueden tirar de más las otras tomas, y habrá casos en que no sea precisa la retención en el canal, el cual per-

manecerá con un nivel aproximadamente igual en las veinticuatro horas del día.

En esta nota se estudiará solamente la influencia de los pantanos laterales en la reducción de las secciones del canal.

CUADRO NUM. 1

RIEGO DE UNA HECTAREA.

MESES	METROS CÚBICOS		
	(1)	(2)	(3)
Enero	715 (b)	0	715
Febrero	1.253	49	1204
Marzo	1.388	500	888
Abril	1.343	794	549
Mayo	1.388	1094	293
Junio	1.343	1343	0
Julio	1.388	900	488
Agosto	1.388	1169	219
Septiembre	1.343	669	674
Octubre	1.388	482	906
Noviembre	1.343	0	1343
Diciembre	1.388	0	1388
TOTAL	15.668	7000	8668

- (1) Volúmenes que puede conducir el canal necesario para el riego de una hectárea.
- (2) Volúmenes que se gastan en el riego de una hectárea.
- (3) Diferencia, o sea, capacidad libre que resulta sin efecto útil.
- (b) Se supone el canal en seco los quince primeros días.

Se ve en el Cuadro número 1, que con el canal de una hectárea que llamaremos alimentadora, se pueden regar:

15.668 : 7.000 = 2,2382 hectáreas, es decir, la hectárea alimentadora y, además, 1,2382 que llamamos hectáreas *alimentadas* o sin canal propio, pues que se riegan con la *capacidad libre* de las alimentadoras; pero para ello, es preciso disponer de un embalse en donde se pueda depositar todo el sobrante

hasta la época en que ha de ser necesario; y si fuera posible construir pantanos en número y cabida convenientes, se llegaría al ideal de un canal cuyo rendimiento fuera la unidad.

Este canal iría todo el año a plena carga, y el régimen agrícola se transformaría en el de caudal constante que, en general, exige un 33 por 100 menos de embalse de cabecera.

EMBALSES NECESARIOS PARA REGAR UNA HECTAREA CON LA CAPACIDAD LIBRE DE OTRAS

Hemos dicho que con la capacidad libre de una hectárea alimentadora se pueden regar 1,2382 hectáreas sin canal propio, y como hay proporcionalidad, resulta que con 0,807623 hectáreas alimentadoras se puede regar una hectárea de las alimentadas; siempre que se disponga de la capacidad de embalse conveniente.

Veamos este embalse:

En el Cuadro número 2, se consignan: en la primera columna, los volúmenes mensuales necesarios para el riego de 0,807623 hectáreas; en la segunda, estos mismos volúmenes acumulados; en la tercera, los volúmenes que pueden circular por el canal; en la cuarta, el agua sobrante, o sea, las diferencias entre la tercera y la primera columna; en la quinta, estos volúmenes sobrantes acumulados; en la sexta, el agua necesaria para el riego de una hectárea; en la séptima, estos volúmenes acumulados, y en la octava, las diferencias cuya suma da la capacidad de embalse necesaria.

Dibujadas en el gráfico número 1 (fig. 1.^a), las curvas de los caudales acumulados de las columnas quinta y séptima, se ve inmediatamente que el embalse necesario es igual a la diferencia numérica de los acumulados de Marzo sumada a la diferencia numérica de los acumulados de Septiembre, dando un total de 4.174 metros cúbicos.

De lo expuesto se deduce.

1.º Para regar una hectárea, sin canal propio, por debajo del pantano intermedio, se necesita el agua sobrante de 0,807623 hectáreas alimentadoras.

CUADRO NUM. 2

MESES	Riego de 0.807623 hectárea.		Volúmenes que pueden circular por el Canal.	Agua sobrante.		Riego de una hectárea.		Embalse necesario.
	Mensuales.	Acumulados.		Mensuales.	Acumulados.	Mensuales.	Acumulados.	
Enero	0		579	579	579	0		1719
Febrero	40	40	1012	972	1551	49	49	
Marzo	404	444	1121	717	2268	500	549	
Abril	641	1085	1084	443	2711	794	1343	
Mayo	884	1969	1121	237	2948	1094	2437	
Junio	1085	3054	1084	0	2948	1343	3780	2455
Julio	727	3781	1121	394	3342	900	4680	
Agosto	944	4725	1121	177	3519	1169	5849	
Septiembre	540	5295	1084	544	4063	669	6518	
Octubre	389	5654	1121	732	4795	482	7000	
Noviembre	0		1084	1084	5879	0		4174
Diciembre	0		1121	1121	7000	0		
TOTAL	5654		12654	7000		7000		

2.º Para poder regar una hectárea sin canal propio, se necesita un embalse de 4.174 metros cúbicos.

Esto es en el supuesto de que por cada hectárea sin canal propio haya 0,807623 hectáreas alimentadoras, pero si hay más de éstas, se necesita menos capacidad de embalse, o bien, se puede regar más de una hectárea con la misma capacidad.

En el Cuadro número 2, y lo mismo en el gráfico número 1, se ve que, alimentada una hectárea por 0,807623, hay agua en exceso de Octubre a Marzo, y que falta en los otros meses, debiendo estar lleno el pantano a fin de Marzo para suplir las faltas hasta fin de Septiembre.

Con este gráfico se halla también la capacidad necesaria trazando desde el punto *F*, consumo acumulado de una hectárea en fin de Septiembre, la línea quebrada *F Q E* paralela a la *f c* de aportaciones del sobrante de 0,807623 hasta el punto *E* de fin de Marzo, siendo *E P* = 4.174 dicha capacidad.

Aumentemos el número de hectáreas alimentadoras, y la línea *F Q E* girará alrededor de *F*, bajando en cada mes una altura que es proporcional al número de hectáreas aumentadas; luego la línea representativa de los embalses necesarios *E P* es una recta. Pero esto sucederá hasta que el punto *H'* de la línea *E Q F* coincida con el *H* de la *A B C*, porque entonces el sobrante de las hectáreas alimentadoras en el mes de Septiembre es exactamente igual al consumo de una hectárea, y aunque fueran más las alimentadoras, no se podría utilizar todo el sobrante, puesto que no habría dónde invertirlo, ya que el de las 0,807623 llena un pantano mayor.

El número de hectáreas alimentadoras que haría bajar el punto *H'* al *H*, es el cociente de dividir el consumo de una hectárea en el mes de Septiembre por la capacidad libre de una hectárea en el mismo mes, y se tendría (Cuadro núm. 1):

$$669 : 674 = 0,992582.$$

Llegamos, pues, a la conclusión de que cuando las hectáreas alimentadoras varían de 0,807623 a 0,992582, la línea representativa de los embalses necesarios es una recta, cuya ecuación hallaremos más adelante.

Sigamos aumentando las hectáreas alimentadoras, y la línea *G R H* girará ahora alrededor de *H*, y los embalses medidos en la vertical *G P* disminuirán, como en el caso anterior, en cantidades proporcionales a los aumentos, pero la razón de proporcionalidad será distinta y resultará otra recta que se corta con la anterior en el punto cuyas coordenadas son:

Hectáreas alimentadoras: $x = 0,992582$.

Embalse necesario: $G P = y = 3.762$ metros cúbicos.

Es decir, que éste será un punto angular de la gráfica de embalses.

Cuando el número de hectáreas alimentadoras sea tal que su capacidad libre en el mes de Abril se iguale al consumo de una hectárea, se habrá llegado al límite de esta nueva recta, análogamente al caso anterior, quedando determinado dicho número por el cociente.

$$794 : 549 = 1,446266$$

entre el consumo y la capacidad libre de una hectárea en el mes de Septiembre.

Las coordenadas de este punto de la gráfica de embalses serán:

$$x = 1,446266 \quad y = 3,060 \text{ metros cúbicos.}$$

Continuando con el aumento de las hectáreas alimentadoras, el punto *J* coincidirá con el *L* (fin de Junio), y esto ocurrirá cuando aquellas hectáreas sean:

$$2069 : 707 = 2,926450,$$

siendo el dividendo la suma de los consumos de una hectárea en los meses de Julio y Agosto, y el divisor la suma de las capacidades libres en el mismo período.

La línea de aportaciones acumuladas será la *K O L M H* y el embalse necesario el *K S* = 1.580 metros cúbicos. A fin de Junio se agotaría este embalse; en Julio habría el sobrante *M M'*, que quedaría en el pantano, y a fin de Agosto se vaciaría definitivamente.

Todavía pueden aumentar las hectáreas alimentadoras hasta que la línea *O N* sea paralela al consumo del mes de Mayo, siendo aquéllas:

$$1094 : 293 = 3,733788$$

con una capacidad de embalse de 1.343 metros cúbicos.

Serán ya inútiles mayores aumentos, porque como en el mes de Junio no dan nada las hectáreas alimentadoras, habrá que tener siempre a fin de Mayo un embalse de 1.343 metros cúbicos, que necesita la hectárea, para su riego en el mes de Junio.

En resumen: la línea representativa de los embalses necesarios con diferentes hectáreas alimentadoras, se compone de las cuatro rectas del gráfico número 2.

Recta núm. 1. — Empieza en el punto núm. 1, cuyas coordenadas son:

$$x = 0,807623 \quad y = 4.174,$$

y termina en el 2.

$$x = 0,992582 \quad y = 3.762.$$

Recta núm. 2. — Entre el punto 2 y el 3 cuyas coordenadas son:

$$x = 1,446266 \quad y = 3.060.$$

Recta núm. 3. — Entre el 3 y el 4:

$$x = 2,926450 \quad y = 1.580.$$

Recta núm. 4. — Entre el 4 y el 5:

$$x = 3,733788 \quad y = 1.343.$$

Las ecuaciones de estas rectas son:

$$\text{Recta núm. 1: } y = 5.969 - 2.223 x$$

$$\text{Recta núm. 2: } y = 5.300 - 1.549 x$$

$$\text{Recta núm. 3: } y = 4.506 - 1.000 x$$

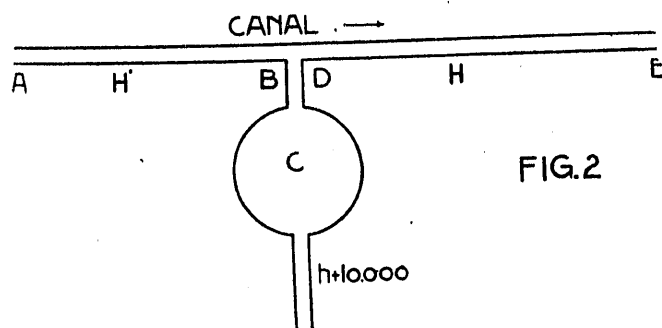
$$\text{Recta núm. 4: } y = 2.437 - 293 x$$

Vemos, pues, comprobado que cuantas más sean las hectáreas alimentadoras, menor embalse es ne-

cesario para el riego de una hectárea, o lo que es lo mismo, que con una capacidad C de pantano se podrán regar más hectáreas de las que no entran en el cálculo de las secciones del canal.

HECTAREAS ALIMENTADORAS

Sea $A B D E$ (fig. 2.^a), un canal cuya zona regable es de $Z = H' + H + (h + 10.000)$ hectáreas. En el punto $B - D$ hay una almenara que domina $(h + 10.000)$ hectáreas; desde el punto D para abajo hasta el final, quedan H , y desde la embocadura hasta B hay H' .



Entre la almenara y su zona propia puede construirse un pantano de capacidad C tan grande como se quiera.

Queremos regar sin canal propio, utilizando las secciones libres de las demás, las 10.000 hectáreas de las $(h + 10.000)$, y vamos a deducir: las capacidades C necesarias según sea el número de hectáreas alimentadoras, y la influencia de éstas en las secciones del canal.

Pudiendo ser el pantano de la capacidad que convenga, el límite superior es el correspondiente a 8.076,23 hectáreas alimentadoras con las que se precisa el máximo embalse de 4.174 metros cúbicos por hectárea regada; es decir, que la capacidad no debe pasar de 41.740.000 metros cúbicos; y si las 10.000 hectáreas se han de regar todas ellas con el agua sobrante de alimentadoras, tenemos como límite inferior el de 13.430.000 que corresponde al mínimo de 1.343 cuando se disponen de 3.733.788 hectáreas alimentadoras.

Para decidir la capacidad conveniente, entre estos límites extremos, se tendrá, por una parte, en cuenta el coste del pantano, y por otra, la economía que ha de resultar al disminuir las secciones del canal, además de la que se puede producir en el pantano de cabecera, y las ventajas de tener un embalse en la misma zona regable.

Respecto al pantano de cabecera, claro es que ha de ser tanto menor cuanto mayor sea el de la zona regable, y esto sucede aún pasando del límite máximo que acabamos de señalar.

En cuanto a la disminución de las secciones del canal es función del número, como hemos visto, y de la procedencia de las hectáreas alimentadoras.

Estas pueden ser: 1.º, de las H regadas por el canal desde la almenara $B D$ para abajo. 2.º, de las h dominadas por el pantano, y 3.º, de las H' comprendidas entre la embocadura y el pantano.

1.º y 2.º En el primer caso, y lo mismo en el segundo, al regarse las 10.000 hectáreas con la ca-

pacidad libre de las alimentadoras, todas las secciones del canal, desde el origen hasta el punto B , disminuyen en la capacidad correspondiente a 10.000 hectáreas, o sea, en

$$10.000 \times 0,00051813 = 5,1813 \text{ m}^3 \text{ por } 1''.$$

3.º Tomando las H' como alimentadoras de las 10.000, por una parte disminuyen también todas las secciones desde la embocadura hasta B , en los 5,1813 metros por 1''; pero por otra, aumentan desde un punto X , cuya distancia a B es función de la capacidad del pantano. Distinguiremos varios casos:

A) Si la capacidad es la máxima de 41.740.000 metros cúbicos, las hectáreas alimentadoras deben ser las mínimas, o sean 8.076,23, y el punto X es el que domina estas hectáreas, con riego directo del canal, hasta la almenara B . Las secciones se reducen desde el origen hasta X en 5,1813 metros cúbicos; pero siendo S la sección, ya reducida, en X , esta misma S debe continuar hasta B ; es decir, que en ese trayecto tiene el canal una sección constante.

En el punto B , por una parte, se reduce la sección en la correspondiente a 10.000 hectáreas, y por otra se aumenta en la de 8.076,23, resultando en definitiva una reducción de $1.923,79 \times 0,00051813 = 0,997$ metros cúbicos por 1'' respecto de la necesaria sin pantano.

Con un gráfico se verá esto mejor.

Las ordenadas de la figura 3.^a representan las secciones del canal en sus diferentes tramos, siendo 4, 5, 6, 7 y 8 almenaras de otras tantas acequias, y la 9, la última, la que da entrada al pantano, suponiendo además, para este caso, que $h = 0$, es decir, que por debajo del pantano sólo hay las 10.000 hectáreas, que se han de regar con el sobrante de las H' .

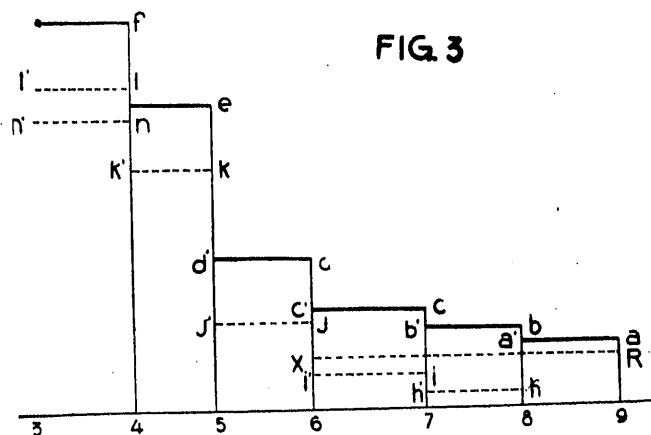


FIG. 3

Si no se construyera el pantano, la sección del canal a la entrada del mismo sería la 9 a, pero en él, y regándose las 10.000 hectáreas con la capacidad libre de las alimentadoras, se reducen todas las secciones en la constante

$$9 a = b h = c i \dots = f l = \dots$$

resultando para el tramo 8-9 una sección nula.

Ahora bien; ha de entrar en el pantano el agua que puede conducir la capacidad libre de las 8.076,23 hectáreas alimentadoras, y como hay meses en que

la capacidad libre es la total, la sección del tramo 8-9 debe ser:

$$8.076,23 \times 0,00051813 = 4,185262 \text{ m.}^3 \text{ por 1"}$$

Se ve también inmediatamente que esta misma sección debe venir desde la almenara 6 que domina las 8.076,23 hectáreas alimentadoras. La gráfica de las secciones de 6 a 9 será la horizontal $X R$, y la altura $R a$ es la que representa los 0,997 metros cúbicos por 1" que hemos indicado.

Resulta, pues, que cuando la capacidad del pantano es la máxima, o sea, cuando la relación entre las hectáreas alimentadoras y las alimentadas es 0,807623, se reducen todas las secciones del canal, siendo menor la reducción en los últimos tramos.

En este caso, desde el origen del canal hasta el

Según el gráfico número 1, cuando las hectáreas alimentadoras son 0,992582, se utiliza el total de su capacidad libre desde el 1.º de Abril hasta el 30 de Septiembre, y en el resto del año se aprovecha únicamente en la medida que sea preciso para llenar el embalse.

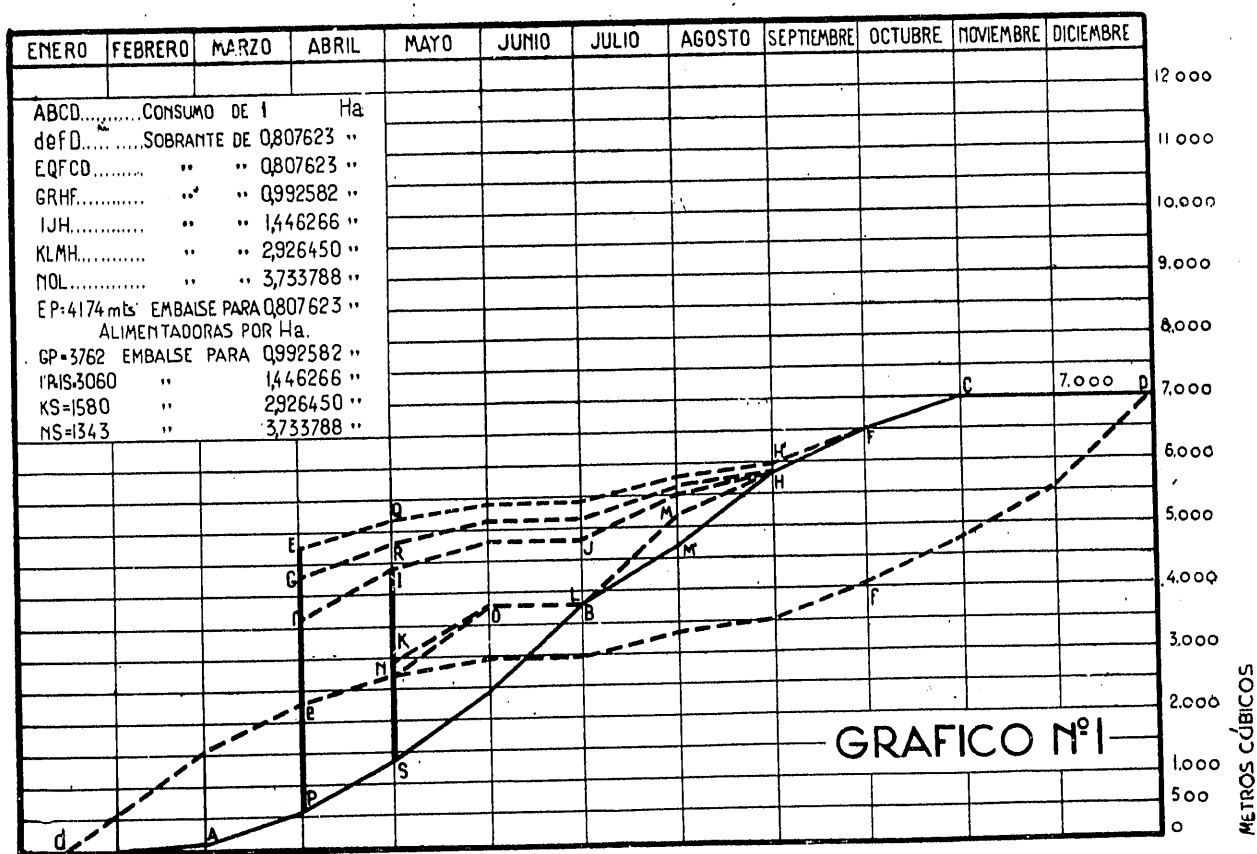
En el primer período Abril-Septiembre, entregan las 9.925,82 hectáreas alimentadoras

$$(549 + 293 + 488 + 219 + 674) \times 9.925,82 = 22.065,099 \text{ metros cúbicos,}$$

y para ello se precisa en el último tramo una sección capaz de conducir en el mes de Septiembre

$$674 \times 9.925,82 = 6.690.000 \text{ m.}^3$$

o sea, de 2,581 metros cúbicos por segundo.



pantano circulará, además de lo que sea necesario para el resto de la zona regable, un caudal constante de:

$8.076,23 \times 0,00051813 = 4,185$ metros cúbicos por segundo, con el que se regarán las 8.076,23 hectáreas alimentadoras, y con su capacidad libre las 10.000 del pantano.

B) Aumentando las hectáreas alimentadoras, disminuye la capacidad del pantano, se aleja el punto X del R y la línea $X R$ deja de ser horizontal, teniendo muchas alteraciones, como vamos a ver.

1.º Con 0,992582 hectáreas alimentadoras se necesita un embalse de 37.620.000 metros cúbicos; el punto X se aleja hasta la almenara que domina 9.925,82 hectáreas, y la sección del último tramo se deducirá teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:

En el segundo período Octubre-Marzo, ha de llegar al pantano la diferencia

$$70.000,000 - 22.065,099 = 47.934,901 \text{ m.}$$

y para hacerlo con la menor sección posible se debe suponer a caudal constante, con un gasto de

$$47.934,901 : 14.428,800 = 3,322 \text{ m. por 1"}$$

y como esta capacidad resulta mayor que la anterior, es la que en este caso debe tener el último tramo.

2.º Si las hectáreas alimentadoras suben a 1,446266, el punto X se traslada hasta el que domine 14.462,66 hectáreas; desde el 1.º de Abril hasta fin de Agosto se utilizará el total de la capacidad

libre y con la de dichas hectáreas llegarán al pantano

$$(549 + 293 + 488 + 219) 14.462,66 = 22.402,660$$

metros, siendo necesaria la sección que pueda conducir en el mes de Abril

$$549 \times 14.462,66 = 7.940.000 \text{ metros cúbicos,}$$

o sea, una de 3,063 metros por 1".

Desde 1.º de Septiembre hasta el 31 de marzo deben ir al pantano

$$70.000.000 - 22.402.660 = 47.597.340 \text{ m.}^3$$

que a caudal constante resulta un gasto de

$$47.597.340 : 17.020.800 = 2,796 \text{ metros por "}$$

Resulta en este caso, como en los siguientes, mayor la sección del período en que se utiliza la totalidad de la capacidad libre de las hectáreas alimentadoras, y es la que debe suponerse en el último tramo.

3.º Subiendo las hectáreas alimentadoras hasta 29.264,50, han de circular en el mes de Julio

$$29.264,50 \times 488 = 14.281,076 \text{ m.}^3$$

y a caudal constante, un gasto de 5,331,942, siendo esta la sección del tramo 8-9.

4.º Por último, con 37.337,88 hectáreas alimentadoras se tendrán en el mes de Mayo.

$$37.337,88 \times 293 = 10.940.000 \text{ m.}^3$$

con un gasto constante de 4,084527 m.³ por 1".

Las secciones desde X hasta R se pueden deducir con facilidad. Supongamos el cuarto caso de este segundo apartado B).

El punto X es el n que domina 37.337,88 y para el efecto de regar las 10.000 hectáreas del pantano, hasta con que el tramo 3-4 tenga la sección 4-n, pero como se necesita la 4-I, para el riego de la extensión que dominan los tramos 4-5, 5-6... 8-9, queda esta misma.

Por todos los tramos 4-5... 8-9, han de pasar 4,084527 metros cúbicos en el mes de Mayo, que en la figura están representados por la vertical 9 R. En el 8-9, después de reducida la sección en a-9, no queda ninguna, y por eso se ha aumentado íntegra la necesaria para dicho caudal; pero en las restantes se tienen las h-8, i-7 i-6, K-5 e I-4. En esta última no hay aumento alguno, puesto que en la n-4 que es menor hay capacidad libre suficiente para que circule aquel caudal; en las otras falta sección y hay que suplementarlas proporcionalmente a las diferencias n-4 — K-5, n-4 — i-6, n-4 — i-7, n-4 — h-8, correspondiendo a n-4 el suplemento R-9.

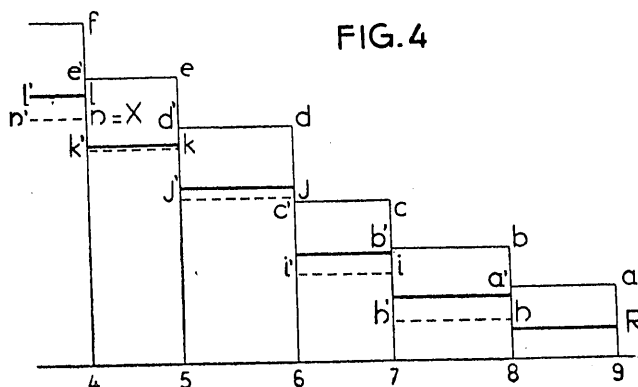
Haciéndolo así resultan las líneas gruesas, de la figura 4.^a, que representan las secciones definitivas en los diferentes tramos.

Como resumen de todo lo expuesto podemos decir:

1.º Tomando como alimentadoras las hectáreas H regadas por el canal principal agua abajo de la al-

menara del pantano se reducen todas las secciones desde la embocadura hasta dicha almenara en la capacidad correspondiente a las hectáreas regadas por el pantano con la capacidad libre de aquéllas.

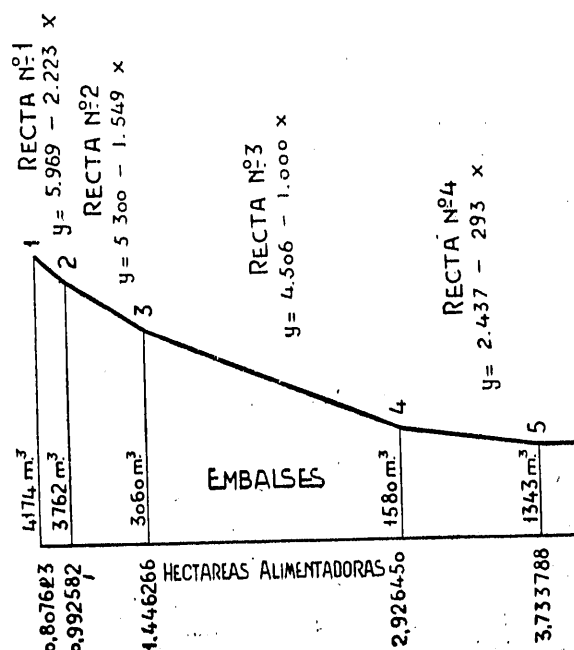
2.º Lo mismo exactamente ocurre cuando las hectáreas alimentadoras proceden de la zona propia del pantano.



3.º Cuando las alimentadoras son de las de agua arriba del pantano, puede haber un punto X (según sean la capacidad del pantano y las hectáreas), a partir del cual y hacia arriba hasta la embocadura, se reducen las secciones en la misma proporción que en los dos casos anteriores. Desde X para abajo la reducción es de menos importancia; pero siempre hay reducción en toda la longitud.

GRAFICO Nº 2

EMBALSE NECESARIO PARA REGAR UNA HECTAREA CON EL AGUA SOBRANTE DE VARIAS ALIMENTADORAS



De aquí se deduce la conveniencia de tomar alimentadoras de todos los tramos, sin distinción de ninguna clase.

Así, pues, cuando proyectamos un canal de riego cuya zona es Z , disponiendo de un pantano dentro de ella de capacidad C , se procederá como sigue:

Llamemos H a las hectáreas alimentadoras y h a las regadas con la capacidad libre de aquéllas; se tendrá $Z = H + h$, o bien $H = Z - h$.

La línea representativa de los embalses necesarios para cada una de las h , según sea la relación $H : h$, se compone de cuatro trozos de recta (gráfico número 2), cuyas ecuaciones tienen las cuatro la forma

$$y = B - Ax$$

teniendo A y B los valores siguientes:

	Valores de A.	Valores de B.
Para valores comprendidos entre		
$x = 0,807623$ $y = 4174$	2.223	5.969
$x = 0,992582$ $y = 3762$		
$x = 0,992582$ $y = 3762$	1.549	5.300
$x = 1,446266$ $y = 3060$		
$x = 1,446266$ $y = 3060$	1.000	4.506
$x = 2,926450$ $y = 1580$		
$x = 2,926450$ $y = 1580$	293	2.437
$x = 3,733788$ $y = 1343$		

Las abscisas, x , son la relación entre las hectáreas alimentadoras y las alimentadas, $H : h = x$, o bien $(Z - h) : h = x$; las ordenadas son los embalses necesarios para regar una hectárea sin canal propio y se tendrá:

$$C = h y = \frac{C}{h} = B - A x = B - A \frac{Z - h}{h}$$

$$C = Bh - A(Z - h) = Bh - AZ + Ah = h(A + B) - AZ$$

$$h = \frac{C + AZ}{A + B} \quad (1).$$

Con esta ecuación se deducirán las hectáreas h , procediendo por tanteos para que con

$$(Z - h) : h = x, \text{ resulte } y = C : h.$$

Se dividirá el número de hectáreas Z en partes proporcionales a cada uno de los coeficientes de x y a la unidad, y las que le correspondan a ésta, que serán los cocientes de Z por los mismos coeficientes aumentados en uno, se probarán como si fueran las h hectáreas alimentadoras o sin canal, y cuando se obtenga para y un valor por exceso y el siguiente sea por defecto, será prueba de que el verdadero es uno comprendido entre los dos y se aplicarán los coeficientes A y B correspondientes a esa pareja de valores de x .

Pondremos un ejemplo para comprender mejor lo que llevamos dicho.

Se trata de una zona regable de 132.738 hectáreas; dentro de ella se puede construir un pantano de 82.000.000 de metros cúbicos de cabida, y por debajo de éste hay extensión suficiente para tomar hectáreas alimentadoras, además de las que resulten sin canal propio.

HECTAREAS ALIMENTADORAS

Con arreglo a lo que acabamos de decir, dividiremos la extensión total regable por los valores de x de los puntos angulares de la gráfica representativa de los embalses, aumentados en la unidad para hacer los tanteos correspondientes:

$$Z = 132.738 \text{ hectáreas. } C = 82.000.000.$$

$$x = 0,807326.$$

$$132.738 : 1,807623 = 73.432 \quad y = 4.174.$$

y llamando C' a la capacidad resultante

$$C' = 73.432 \times 4.174 = 306.505.168.$$

Debería resultar $C' = 82.000.000$ y por consiguiente es pequeño el valor de x y lo mismo sucede con $x = 0,992582$.

Veamos el tercero y el cuarto:

$$x = 1,446266$$

$$132.738 : 2,446266 = 54.261 \quad y = 3.060.$$

$$C' = 166.038.660$$

$$x = 2,926450$$

$$132.738 : 3,926450 = 33.806 \quad y = 1.580.$$

$$C' = 53.413.480.$$

Vemos que éste da una capacidad por defecto y el anterior por exceso, y por consiguiente se debe aplicar la tercera ecuación, cuyos parámetros son:

$$A = 1.000 \text{ y } B = 4.506$$

y se tendrá:

$$h = \frac{82.000.000 + 1.000 \times 132.738}{1.000 + 4.506} =$$

$$= \frac{214.738.000}{5.506}$$

$$h = 39.001.$$

Comprobación: Embalse necesario por hectárea:

$$y = 4.506 - 1.000 \frac{132.738 - 39.001}{39.001}$$

$$y = 2.102,5489$$

$$C = 39.001 \times 2.102,5489 = 82.001.509.$$

La diferencia con los 82 millones es debida a que la división de la zona total en 93.737 hectáreas alimentadoras y 39.001 alimentadas, o sin canal propio, no es rigurosamente exacta, habiendo fracción de hectárea en las dos clases.

EFICIENCIA

Significa obtener el mejor resultado posible con el menor esfuerzo posible

Se logra con la calculadora *Brunsviga*

que colma todas cuantas exigencias, aun las más rigurosas, que con todo derecho pueden presentar a una calculadora moderna, tanto el técnico como el comerciante o el banquero.



Que a pesar de sus 60 años de vida sigue siendo la más joven, la más preferida, porque sigue la marcha del tiempo, renovándose, como la flor de los árboles en cada primavera.

Modelo especial para cubicar y elevar a potencias, automáticamente.

Representante General para España:

BARCELONA
Ronda Universidad, 31

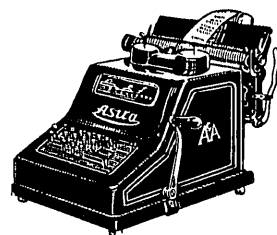
VENANCIO GUILLAMET

MADRID
Avenida Pi y Margall, 11

Astra

Es la marca de máquina para sumar que garantiza el mayor rendimiento y asegura la mejor posibilidad de adaptación a las diversas necesidades de cada negocio.

Modelos sencillos para sumar - Modelo con dispositivo especial para la **resta directa y saldo negativo**
Modelos especiales para Contabilidad, Bancos, Cajas de Ahorros, Fábricas de Gas, Electricidad, Compañías de Aguas, etc.



TECLADO REDUCIDO, MODERNO Y EXCLUSIVO

Modelos a mano y modelos equipados con motor eléctrico para todas las corrientes

Solicítense ofertas y demostraciones, sin compromiso,

al Representante General para España:

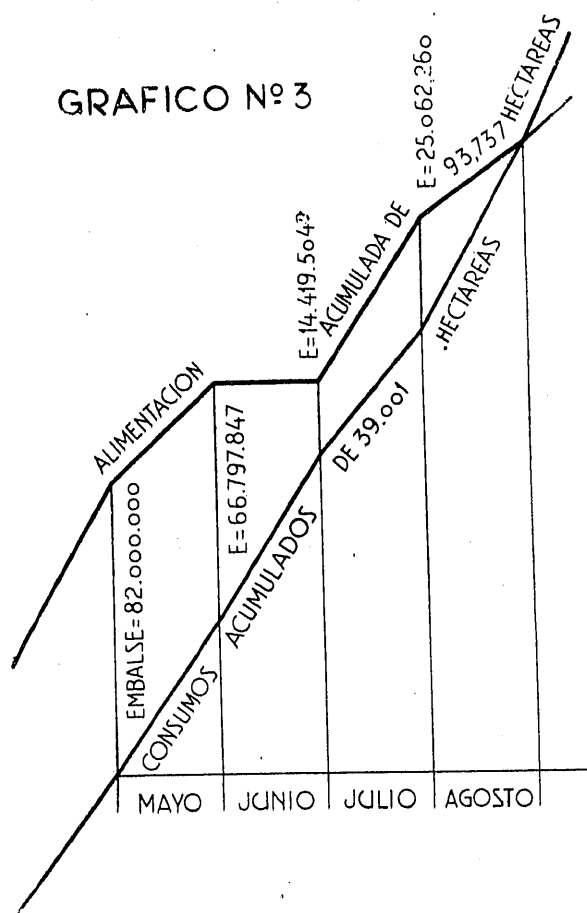
BARCELONA
Ronda Universidad, 31

VENANCIO GUILLAMET

MADRID
Avenida Pi y Margall, 11

La misma comprobación se tiene con el siguiente Cuadro núm. 3 y con el gráfico núm. 3.

GRAFICO Nº 3



CUADRO NUM. 3

Régimen de un pantano de 82.000.000 que empieza el 1.º de Mayo estando lleno; recibe de Mayo a Agosto el caudal sobrante de 93.737 hectáreas alimentadoras y gasta en el mismo período lo necesario para 39.001 hectáreas.

	Volumen embalsado.	Alimentación.	Consumo.	Diferencias.
1.º Mayo	82.000.000	27.464.941	42.667.094	— 15.202.153
1.º Junio	66.797.847	0	52.378.343	— 52.378.343
1.º Julio	14.419.504	45.743.656	35.100.900	+ 10.642.756
1.º Agosto	25.062.260	20.528.403	45.592.169	— 25.063.766
31 Agosto	— 1.506			
TOTAL		93.737.000	17.5738.506	
EMBALSE		82.000.000		
		175.737.000		

Resulta aproximadamente la misma diferencia anterior.

SECCIONES DEL CANAL

Vemos, pues, que de las 132.738 hectáreas de zona total regable, 39.001 se regarán con la capacidad libre de las 93.737 restantes, que se pueden considerar como alimentadoras.

La sección del canal, desde el origen hasta la primera almenara será, sin pantano auxiliar, de:

$$132.738 \times 0,00051813 = 68,776 \text{ m.}^3 \text{ por 1"}$$

y con él de

$$93.737 \times 0,00051813 = 48.568 \text{ m.}^3 \text{ por 1"}$$

puesto que, como se ha dicho repetidas veces, no necesitan canal propio las hectáreas alimentadas, por regarse con la sección libre de las alimentadoras.

Hay, como se ve, una reducción de 20,206 metros cúbicos por segundo, que se aproxima a un 30 por 100, y la economía que esto supone es de mucha importancia, pues se trata de un canal cuyos 40 primeros kilómetros—en donde la zona regable no pasa de 1.824 hectáreas—, se desarrollan por un terreno muy abrupto, habiendo en ellos 20 túneles: uno de 3.300 m. de longitud, otro de 1.645 y cuatro de más de un kilómetro cada uno, siendo 12.870 metros la longitud total de los 20.

La zona regable anterior al pantano es de 31.667 hectáreas y por consiguiente, la sección del canal en esta parte, suponiendo que no hubiera pantano, sería de:

$$(132.738 - 31.667) \times 0,00051813 = 52.368 \text{ m.}^3 \text{ por segundo.}$$

Veamos la que debe ser con el pantano:

Por una parte, de los 52.368 metros por segundo habrá que rebajar 20,206 por las 39.001 hectáreas sin canal propio; y por otra, habrá que aumentar la sección necesaria para conducir al pantano, en los meses de Mayo, Julio y Agosto, el sobrante de las 31.667 hectáreas situadas agua arriba, y que son alimentadoras.

El mayor sobrante es el de Julio, 488 metros cúbicos por hectárea, y en todo el mes darán aquéllas: $31.667 \times 488 = 15.453.496$ metros cúbicos, que corresponden a un gasto de: 5,770 metros cúbicos por segundo.

En definitiva; la sección del tramo anterior al pantano será:

$$52,368 - 20,206 + 5,770 = 37,932 \text{ m.}^3 \text{ por 1"}$$

Comparada ésta con la necesaria sin pantano, resulta disminuída en cerca de un 28 por 100.

PANTANO DE CABECERA

En el caso práctico que examinamos, además del riesgo de las 132.738 hectáreas, hay que respetar los derechos de los usuarios actuales. Para todo ello, sin el pantano auxiliar de 82.000.000 de cabida, se necesitaría en el río de donde se deriva el canal, un embalse de 394.594.558 metros cúbicos, y con el pantano auxiliar bajaría este embalse a 336.819.150 metros cúbicos.

Habría, pues, una economía de cerca del 13 por 100 en la capacidad necesaria para la modulación.