

de refuerzo del mismo espesor que aquéllas y pernos de 26 milímetros de diámetro; estas vigas, colocadas á diversas alturas, van á su vez unidas por cruces de San Andrés, formados de varillas de 32 milímetros de diámetro con sus correspondientes tensores.

Sobre la parte superior de la coronación de los cilindros van colocadas las placas de asiento que, para los apoyos correspondientes á las pilas, comprenden la longitud de las dos entregas de los dos tramos que sobre ellas descansan, siendo su longitud 1,65 metros y 0,402 su anchura; dichas placas van unidas á las coronaciones por medio de pernos

fijados á nervios que éstas llevan interiormente; estos pernos atraviesan las planchas de las vigas, á cuyo efecto, los agujeros que éstas llevan son alargados á fin de permitir los movimientos que produzca la dilatación del material.

Las vigas reposan sobre las placas de asiento por intermedio de una lámina de plomo, cubriéndose la disposición descrita para impedir que el polvo penetre en el interior é impida deslizamiento de las vigas sobre las placas.

Finalmente, sobre la coronación de las pilas se adosan, cubriendo la entrega de las vigas unos adornos de fundición puramente decorativos.

PROYECTO DE RECTIFICACIÓN DEL RÍO LLOBREGAT ⁽¹⁾

POR D. PEDRO GARCÍA FARIA

Dificultad que ofrece el proyecto.— Si problemas difíciles ofrece la hidráulica, merece colocarse en primer término el que se refiere al cambio de cauce de los ríos, y con mucha mayor razón si éstos tienen carácter torrencial y un régimen tan variable como el del río Llobregat, que motiva el presente proyecto.

Con objeto de proceder con pleno conocimiento de causa explicaremos las soluciones adoptadas, comparándolas con otras propuestas ya anteriormente, y que podríamos reproducir si no ofrecieran los inconvenientes que, á nuestro juicio, presentan.

Discusión acerca de si conviene la rectificación tomando por base el álveo actual ó construyendo un nuevo cauce.— Dos ideas se ofrecen al intentar el proyecto: y son la de mejorar la traza actual del río, y la de crearle un álveo nuevo en los terrenos en que sea necesario. Militan en favor de la primera razones de economía mal entendida, á las que se asocia el temor que engendra acometer una empresa tan vasta como es la de crear un nuevo cauce á un río que, si es pobrísimo en aguas de estiaje, gracias á su carácter torrencial, á las muchas sangrías que mermian su menguado caudal, es temible en las épocas en que grandes aguaceros simultáneos en distintos puntos de la cuenca y la mala disposición del lecho, concurren á elevar la altura de las aguas por encima de las márgenes, rebasándolas é invadiendo la vega.

Inconveniente del trazado curvilíneo del río.— Es cierto que en los puntos elevados del delta la velocidad es pequeña é insuficiente para causar daños de consideración; pero no deja de ser cierto que en las líneas de fondo del mismo delta las corrientes son bastante impetuosas y arrastran cuanto á su paso encuentran, incluso las cosechas y el terreno mismo. Además, al invadir todo el llano el río des-

bordado, aunque no sea más que durante un par de días, convierte en inmenso pantano toda la vasta superficie del delta del río, inundando no sólo los campos, sino los mismos pueblos, dejando en unos y otros el germen de enfermedades maláricas y otras muchas que la conveniencia pública exige se eviten cuidadosamente; cosa imposible de lograr, á menos que se empleen cantidades mucho mayores, conservando el sinuoso cauce actual, por mucho que se suavizasen algunas de las rápidas y violentas curvas que presenta, y aun así sería difficilísimo impedir que la violencia de la corriente, chocando uno y otro día con la margen en sus senos ó partes cóncavas, dejara de destruirlo; porque uno de los más violentos y avasalladores esfuerzos que se conocen es el de las grandes avenidas, al encontrar un obstáculo que detenga ó aminore su marcha y origine corrientes y remolinos, que acaban frecuentemente por socavar el obstáculo, arrastrando sus restos y librándose ancho y desahogado paso sobre los mismos. En cambio, esta misma corriente, debidamente encauzada y dirigida, sin obstáculo alguno que se oponga á su marcha, regida por las inmutables leyes de la hidráulica y desahogando su impetuosa violencia, recorriendo, sin que nada se oponga á su paso, el camino correspondiente á la energía almacenada en la inmensa ola líquida en movimiento, esa misma corriente se sumerge en el mar, avanzando sobre su superficie y limitándose á teñir de rojo esas mismas aguas, con las que al fin ha de confundirse, no sin quedar antes despojada de los materiales que arrastraba, y que la abandonaron tan luego perdió la potencia de arrastre de que se hallaba animada anteriormente. Además del paludismo y otras enfermedades infectivas, la disposición actual del río ofrece otro gravísimo inconveniente: el de constituir una amenaza perenne para los pueblos de la vega; pues en cuanto los propietarios colindantes con el río descuiden la defensa de sus márgenes, y éstas son destruidas en una avenida, el río puede cambiar de lecho, y al cambiar de cauce destruir algunos de los aludidos pueblos. Recuérdese, con efecto, que el Excmo. Sr. Gobernador civil de la provincia, en 29 de Marzo de 1853, ya consignó que en los fuertes aguaceros de Septiembre y Octubre de 1850 el río abandonó enteramente el cauce que llevaba y se hizo paso por otra línea, inundando gran porción de terrenos de cultivo, amenazando próximamente á la villa de San Baudilio del Llobregat y aun el pueblo

(1). Este artículo, preparado para publicarlo después del del ensanche de Cartagena, por tratar de un asunto de que no se ha ocupado hace tiempo esta REVISTA, ha resultado de actualidad porque las inundaciones recientemente ocurridas en la comarca del Llobregat han hecho sentir la necesidad, cada día más apremiante, de la rectificación de dicho río. Es un extracto de parte de la Memoria del importante proyecto redactado en el año 1890 por el ilustrado Ingeniero de Caminos D. Pedro García Faria, quien ha tenido la amabilidad de proporcionarnos dichos datos.

La continuación de este artículo, que publicaremos en el número próximo, trata del drenaje tubular en el Llobregat, proyecto de riego con aguas sucias y con las vistas y subterráneas obtenidas por elevación y el presupuesto general y sistema económico para llevar á cabo las obras.

de San Juan Despí, peligro que se renovó en 1856 en forma tan alarmante, que el mismo Gobernador marchó al pueblo para evitar ó aminorar las contingencias que se juzgaban inevitables y que fatalmente hubieran ocurrido si los vecinos de San Juan Despí no hubieran practicado durante la misma crecida labores de fortificación y elevación de las márgenes.

Hoy, el mismo pueblo de San Juan Despí está seriamente amenazado, como lo estaba antes, por causa de la mala disposición del río, y aún no se ha borrado de la memoria de los vecinos de Cornellá y del Prat el recuerdo de las avenidas que inundaron las calles y casas de sus vecinos hasta la altura de dos metros en sus zonas bajas, siendo preciso acudir en barca á su socorro y para distribuir el pan y los comestibles de primera necesidad.

Otro grave inconveniente que ofrece el río actualmente es el considerable coste que ocasiona la conservación de sus márgenes y defensas, coste que asciende á centenares de miles de duros en todo el transcurso del río. Con efecto, son varios los propietarios que han hecho obras de consideración como el Sr. Rey, que en su instancia de 26 de Julio de 1849 declara haber gastado 50.000 pesetas en una estacada para defensa de parte de su propiedad, y 10.000 pesetas para las plantaciones auxiliares de las mencionadas obras; estas y las demás obras de defensa análogas han desaparecido en breve transcurso; de suerte que deben reponerse, y al finalizar toman una cantidad extraordinaria, siendo los tales terrenos mucho más caros de conservar que de adquirir. Añádase á esto el considerable importe de los litigios y cuestiones que citaba muy oportunamente el Ingeniero Sr. Parellada en su informe y se originan con motivo de las variaciones del cauce, y podrá formarse concepto de los perjuicios materiales que su situación actual acarrea á los propietarios colindantes.

A lo expuesto podrá objetarse que estos perjuicios ocurren en fechas remotas y que interesa corregirlos á los propietarios interesados; pero prescindiendo de que no por eso dejan de existir los aludidos perjuicios, entendemos que interesa á todo el país que se corrijan, pues las inundaciones ya hemos dicho que son causa de mortíferas enfermedades, que á la higiene pública incumbe corregir; y por otra parte, también interesa á la generalidad y al Estado mismo que no se destruya frecuentemente una gran fuente de riqueza, ni dejar de ser productivos terrenos magníficos y que están en condiciones de producir en abundancia. Además, con el sinnúmero de revueltas del río las aguas pierden gran parte de la velocidad que les correspondería, y son en consecuencia mucho mayores las filtraciones y la corriente subterránea, aumentando consiguientemente el volumen de la que recibe el subsuelo del delta y empeorando las condiciones sanitarias de la referida zona, especialmente en las zonas bajas, donde se acumulan las expresadas aguas.

Podrá, en verdad, replicarse que las inundaciones son la principal fuente de riqueza que tienen los terrenos de las vegas, al extremo que algunas de ellas, como las del valle del Nilo, les deben exclusivamente su fertilidad; pero prescindiendo de que no son comparables ambos casos, por ser aquellas avenidas periódicas y seguras, constituyendo la base de su sistema de cultivo, sin originar los perjuicios que aquí acarrearán: y por otra parte, los beneficios de las inundaciones pueden obtenerse más seguros y regulados por la inteligente mano del hombre, con sólo

practicar á través de las márgenes las convenientes tomas de agua de entarquinamiento que proponemos se practiquen para beneficiar los terrenos salitrosos é improductivos del delta.

Encauzamiento en la forma propuesta por los Ingenieros Camon y Ardanáz.—No cabe duda que la realización de las obras de encauzamiento del río, en la forma propuesta en 24 de Octubre de 1846 por los Ingenieros de Caminos D. Constantino Ardanáz y D. Ángel Camon, hubiera mejorado la deplorable situación actual del río, pero no la hubiera corregido por completo, puesto que conservaba la viciosa traza del eje actual y ofrecía el inconveniente de los remansos, remolinos y demás corrientes en que la fuerza viva del agua se emplea en destruir ó remover obstáculos. Además ofrecía el referido trazado la anomalía de presentar una amplitud sumamente variable y anormal, puesto que siendo de 280 metros en la parte superior, cerca de San Vicens dels Horts, y de 290 frente á San Baudilio, se reduce considerablemente aguas abajo, hasta contar solamente 80 ó 90 en el término del Prat.

En la segunda modificación propuesta por los referidos Ingenieros redujeron éstos la exagerada amplitud que habían dado al río y aumentaron los radios de las curvas, subsistiendo, aunque en menor escala, los inconvenientes antes indicados, entre los cuales no es el menor el de que, á pesar del extraordinario coste del encauzamiento, no se obtendría la seguridad de que no fueran rebajadas las márgenes ni rotos los diques ó estacadas que las constituyeran; el proyecto no satisfizo á las aspiraciones del país y de la opinión pública por la solución adoptada, no obstante haber sido desarrollado perfectamente por los Ingenieros citados. Por esto se comprende que se dictase la Real orden de 17 de Noviembre de 1850, en la que se ordenaba se estudiase detenidamente la nueva dirección que pueda darse al río en dirección al Remolá, puesto que si tuviera las ventajas que se indican en el expediente, decía la Real orden, tal vez fuese conveniente acometer la empresa de encauzamiento en mayor escala.

Encauzamiento en la forma propuesta por el Arquitecto Bladó.—Encargado el Arquitecto Bladó de redactar un proyecto de rectificación del Llobregat para la Junta que se constituyó con tal objeto bajo la presidencia del Excmo. Sr. Gobernador civil de la provincia, estudió y presentó en 18 de Marzo de 1854 una solución consistente en conservar al Llobregat el exagerado ancho de 350 metros que tenía en aquel entonces en el puente de Molins de Rey, y reducirse en forma trapecial hasta tener 80 metros de ancho á 350 metros de distancia del puente mencionado; el trazado sigue en la forma rectilínea hasta frente al pueblo de San Feliu, donde toma la forma curva con la concavidad al N. E., que luego se une á una contracurva con la concavidad al S. O., y ésta también tangencialmente á otra que está en el mismo sentido que la primera; las tres curvas son de radio muy considerable. Dada la escasez de fondos que limitaba el presupuesto de las obras, no es de extrañar que éstas no fueran capaces de contener el río en el límite que le señalaba y tuvieran, por tanto, poca utilidad práctica, como lo revelan las conclusiones que el mismo Bladó consignaba en su Memoria, en la que expresó que las obras de su proyecto no tienen más objeto que la conducción de aguas bajas.

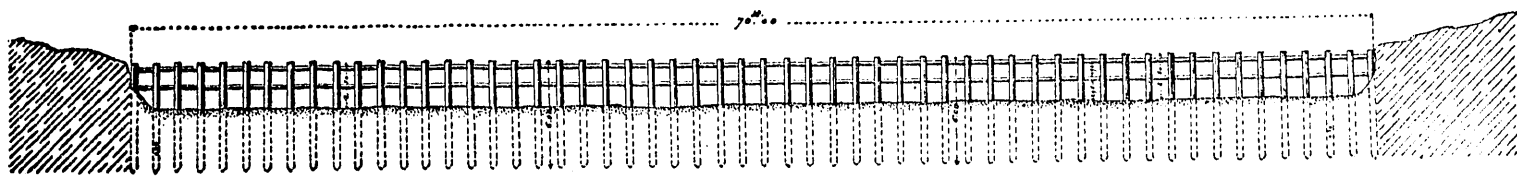
El proyecto de rectificación de Bladó no fué mal acogido por la opinión pública, siquiera no fuese más que á

causa de que su espíritu tendía á mejorar notablemente las condiciones y el modo de ser del río en el tramo en que por entonces ofrecía mayor peligro, pero la falta de fondos y la insuficiencia de la solución propuesta, hicieron que ésta fracasase sin que se hiciera otra cosa que dar algunas alineaciones con arreglo al aludido proyecto.

Ideas consignadas por el Ingeniero Sr. Moulin.—Más adelante el Ingeniero francés D. J. de Moulin publicó una Memoria en la que indicaba cuál debiera ser, en su opinión, el trazado del nuevo cauce que proyectaba desviando el actual y abriéndole uno nuevo en un pequeño collado que existe entre el pueblo y la montaña y condu-

ciéndole después directamente al Remolá. El pensamiento que inició Moulin de hacer pasar el río entre el pueblo y la montaña, hoy de todo punto irrealizable, tal vez no lo fuera en el año 1862, aun cuando tampoco creemos fuera viable, por el grande coste que ocasionaría el desmonte del pequeño valle que allí existe y más aún por el peligro á que en todas ocasiones expondría al pueblo de San Baudilio, cuyo cauce es suficiente por sí sólo para imposibilitar la obra en esa forma, porque el pueblo se desarrolla ya por aquella parte, abarcando muchas zonas de las que Moulin hubiera destinado á cauce del río. Además, tampoco es necesario acudir á un medio tan costoso, porque

ESTACADA de defensa, junto á San Baudilio.



la desviación del río puede hacerse perfectamente partiendo del curso que actualmente tiene frente á Molins de Rey y San Baudilio.

Rectificación del cauce desde Molins de Rey al mar. Ventajas del desagüe al Remolá.—Ya hemos expuesto anteriormente la conveniencia de la rectificación del río y consignado las ideas que han ido desarrollándose sucesivamente con tendencia siempre á la rectificación, como resulta de comparar el segundo trazado de los Sres. Camón y Ardanaz con el primero de estos mismos Ingenieros; aquél con el del Sr. Bladó y éste con el de Moulin. La opinión pública también se ha manifestado unánime en este sentido, como puede comprobarse consultando el Acta de la sesión celebrada por los representantes de los municipios y propietarios de la comarca, congregados en la Asamblea general que presidió el excelentísimo señor Gobernador civil de la provincia en San Feliu de Llobregat.

Veamos ahora si presidió el mismo acierto en la elección de los extremos de la referida rectificación. Molins de Rey se consideró como cabeza de la misma, y á la verdad que militan muchísimas razones para considerar invariable el referido punto, bastando apuntar algunas de ellas, como la existencia del puente de sillería, la de la presa del canal aguas abajo y la circunstancia de estar bastante bien encauzado el tramo de río sito aguas abajo de Molins de Rey.

En cuanto al punto de desagüe al mar, estamos también de acuerdo con la opinión de los representantes de la comarca, y lo consideramos en el Remolá, por varias razones de peso. En primer lugar, llevando la desembocadura del río al Remolá, el cauce seguirá la dirección del talweg del terreno que en el país es conocido bajo el nombre de *fondo de riu mort*, por ser el cauce que toma el río en cuanto ocurre una crecida que, sin inundar todo el llano, rebase las márgenes del río, constituyendo un se-

gundo cauce que ya habría adoptado el río á no haberse construido fuertes obras de defensa en San Baudilio, y entre otras, los terraplenes y estacadas que obligan á que el eje se desvie en dirección de Cornellá, siguiendo esta línea; además, la expropiación es menos importante que con otros trazados, porque el terreno de la zona inferior, sumamente bajo y pantanoso, no presta ninguna utilidad á sus propietarios y ocasiona en cambio, por su paludismo, un considerable perjuicio al país.

La desembocadura en el Remolá tiene otra importante ventaja, la de ahorrar un kilómetro de cauce que vendrá á estar formado por el álveo del mismo pantano y al propio tiempo se logra mejorar espontáneamente las condiciones sanitarias de esta zona, porque renovándose el agua continuamente y teniendo una capa que recubre constantemente los terrenos, desaparece ya el paludismo en ellos.

Otra ventaja presenta la desviación propuesta, y es la de que el delta no avanzará tanto en dirección al puerto de Barcelona, ya por separarse grandemente de él en extensión de unos ocho kilómetros, ya porque su dirección próximamente de N. á S. hará que los arrastres se acumulen hacia el S. del río en mayor proporción de lo que hoy sucede, beneficiando al puerto, porque acudirán á él menos acarreos del río y porque la trayectoria de los buques que vayan en su demanda, no estará tan perjudicada como hoy por los sucesivos avances del delta.

ESTUDIO DE LA SECCIÓN TRASVERSAL DEL NUEVO CAUCE

Consideraciones generales.—De los datos hidrográficos anteriormente consignados, hemos deducido que el gasto del río varía para sus mayores avenidas entre 3.500 y 4.000 metros cúbicos por segundo. Supongamos, pues, que son 4.000 metros cúbicos por segundo los que debe llevar el cauce que tratamos de abrir para el río. La pendiente del nuevo cauce, de acuerdo con la general del te-

rreno, la hemos fijado en 0^m,00112 por metro de longitud; como forma para la sección transversal aceptamos la trapezoidal, que es la más generalmente empleada y recomendada por todos los autores cuando se trata de grandes corrientes de agua. Las dimensiones que hemos deducido por los cálculos que consignamos á continuación para esta sección, son de 136^m,00 de ancho en su parte superior, 122^m,00 en la inferior y 7^m,00 de profundidad en las orillas y 8^m,00 en el centro, con lo cual nos separamos de la forma exacta de trapecio para aumentar algo la sección á la par que damos al lecho una forma cóncava más apropiado que la plana para el fácil curso de las aguas. Así resulta como área de esta sección 964 metros cuadrados.

Gasto de la corriente.—El gasto de un río viene representado por el área de una sección normal á la dirección de la corriente multiplicada por la velocidad media del agua; si el gasto lo queremos obtener en metros cúbicos por segundo, multiplicaremos el área expresada en metros cuadrados por la velocidad expresada en metros lineales por segundo de tiempo.

De los dos factores que entran en la fórmula del gasto ó volumen de aguas que llevan por segundo de tiempo un río ó canal, el primero, ó sea el área de la sección, depende de las dimensiones de la misma, los cuales, en nuestro caso, podemos fijar á voluntad; el otro factor, ó sea la velocidad media, depende de muchas y muy variadas circunstancias, que no se han podido hasta ahora someter á una ley fija é invariable por más que obedezcan á ella como todo lo creado.

Velocidad media.—Con objeto de resolver el problema inverso al nuestro, es decir, para averiguar el gasto de un río ó canal en que es conocida el área de la sección, conviene conocer la velocidad media. Sabido es que la velocidad de agua corriente no es la misma en la superficie que en el fondo, y que para una misma sección varía en los diferentes puntos de la misma. Es preciso, por consiguiente, averiguar cuál es la velocidad media en una sección, lo cual se hace prácticamente por medio de aparatos más ó menos ingeniosos, cuya detallada descripción nos llevaría fuera del terreno de nuestro estudio. Medidas por medio de estos aparatos las diferentes velocidades en varios puntos de la sección, se deduce la media, y conocida el área se hace lo que se llama el *aforo* del río ó canal, ó sea el cálculo del gasto. Sin embargo, habiéndose observado por medio de gran número de experiencias en ríos y canales de secciones conocidas, que existe una relación entre dichas velocidades y las dimensiones y forma del cauce, así como entre las mismas y la pendiente y que también influye la materia de que están formadas las paredes, se ha tratado de hallar una fórmula que, relacionando entre sí todas estas causas modificantes de la velocidad, nos diese á conocer teóricamente su valor. Aunque son muchos é interesantes los estudios y experiencias practicadas á este fin y bastante exactos los resultados obtenidos con el empleo de algunas de las fórmulas deducidas, no puede decirse que se haya resuelto satisfactoriamente el problema. Debemos observar aquí que cuanto venimos diciendo se refiere al movimiento uniforme, pues en otro caso aumentan de tal manera las dificultades, que hacen irresoluble teóricamente el problema.

Para estudiar racionalmente las dimensiones de la sección que nos proponemos hallar para la rectificación del río, examinaremos las principales de estas fórmulas

aplicando á las mismas los datos de nuestra sección y haciendo para cada una el aforo teórico del nuevo cauce.

Para todas las fórmulas adoptaremos la misma nomenclatura, representando por:

Q.—Gasto en metros cúbicos por segundo, 4.000.

V.—Velocidad media que resulta ser de 4^m,15.

P.—Perímetro mojado, metros lineales, 141,82.

S.—Área de la sección en metros cuadrados, 964.

$$R. \text{—Radio medio} = \frac{S}{P} = 6,79.$$

R₁.—Radio medio añadiendo al perímetro mojado el ancho del cauce, ó sea

$$R_1 = \frac{S}{P + A} = \frac{964}{141,82 + 136} = 3,47.$$

H.—Profundidad máxima del cauce, 8^m,00.

I.—Pendiente en metros por kilómetro de longitud, 1,12.

i.—Pendiente en metros por metro de longitud, 0,00112.

A.—Ancho superior del cauce, 136^m,00.

x.—Ancho medio del cauce, 129^m,00.

A₁.—Ancho inferior del cauce, 122^m,00.

Velocidad media y gastos, según Chezy.—La primera fórmula que se ha deducido para el movimiento uniforme del agua en canales abiertos, es debida á De Chezy y es, aún hoy día, la más generalmente empleada para grandes cauces de rápida pendiente, y es:

$v = B \sqrt{R i}$; en la cual B representa un coeficiente deducido de la experiencia y que, según los varios autores que lo han experimentado, varía desde 37,4 que propone Leslie para pequeñas corrientes hasta 55, que usan Downings y Taylot para los grandes ríos, muy anchos y de rápida corriente; nosotros aceptamos como término medio, el coeficiente 46,4 que deduce Young para ríos ordinarios, y sustituyendo valores, tendremos

$$v = 46,4 \times \sqrt{6,79 \times 0,00112} = 4,06,$$

cuya velocidad nos representa un gasto

$$Q = 4,06 \times 964 = 3.913,84 \text{ metros cúbicos.}$$

Velocidad media y gasto aplicando la fórmula de Girard:
Q = 7.056,48 m.³

Velocidad y gasto (Prony): Q = 4.656,12 m.³

Velocidad media y gasto (Eytel): Q = 4.376,56 m.³

Velocidad media y gasto (Weisbach): Q = 4.328,36 m.³

Velocidad media y gasto (Saint Venant): Q = 4.482,60 m.³

Velocidad media y gasto (Dupuit): Q = 6.794,40 m.³

Velocidad media y gasto (Ellet): Q = 4.145,20 m.³

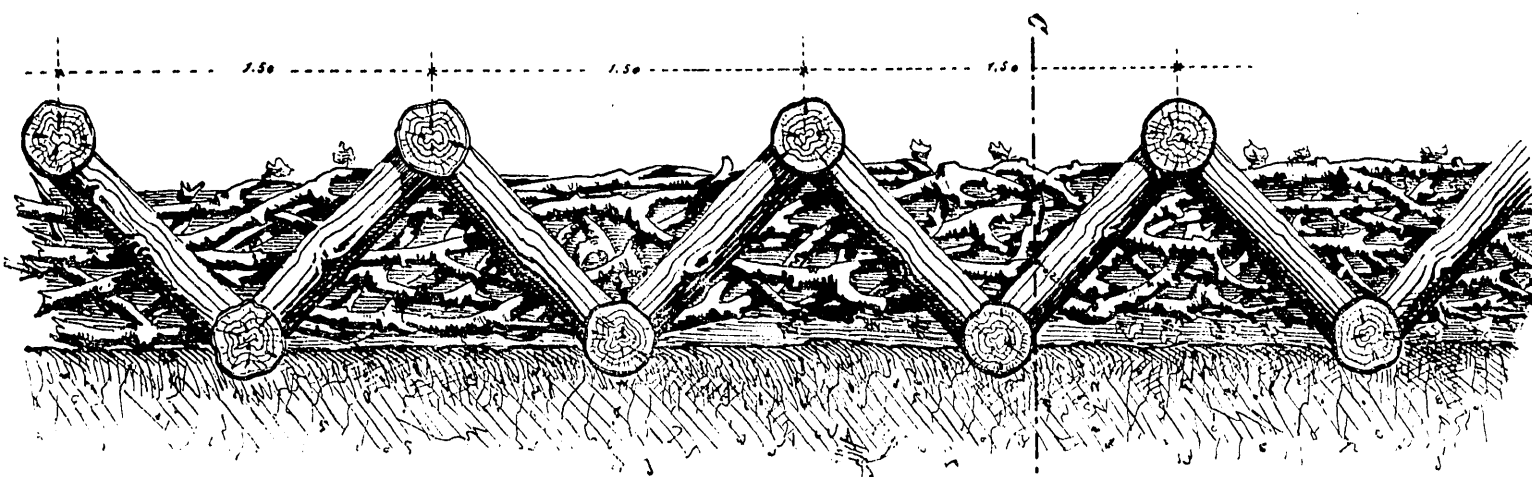
Velocidad media y gasto (Humphreys y Albot): Q = 2.660,64 m.³

Velocidad media y gasto (fórmula de Mr. Darcy, modificada por Mr. Bazin): Q = 4.727,20 m.³

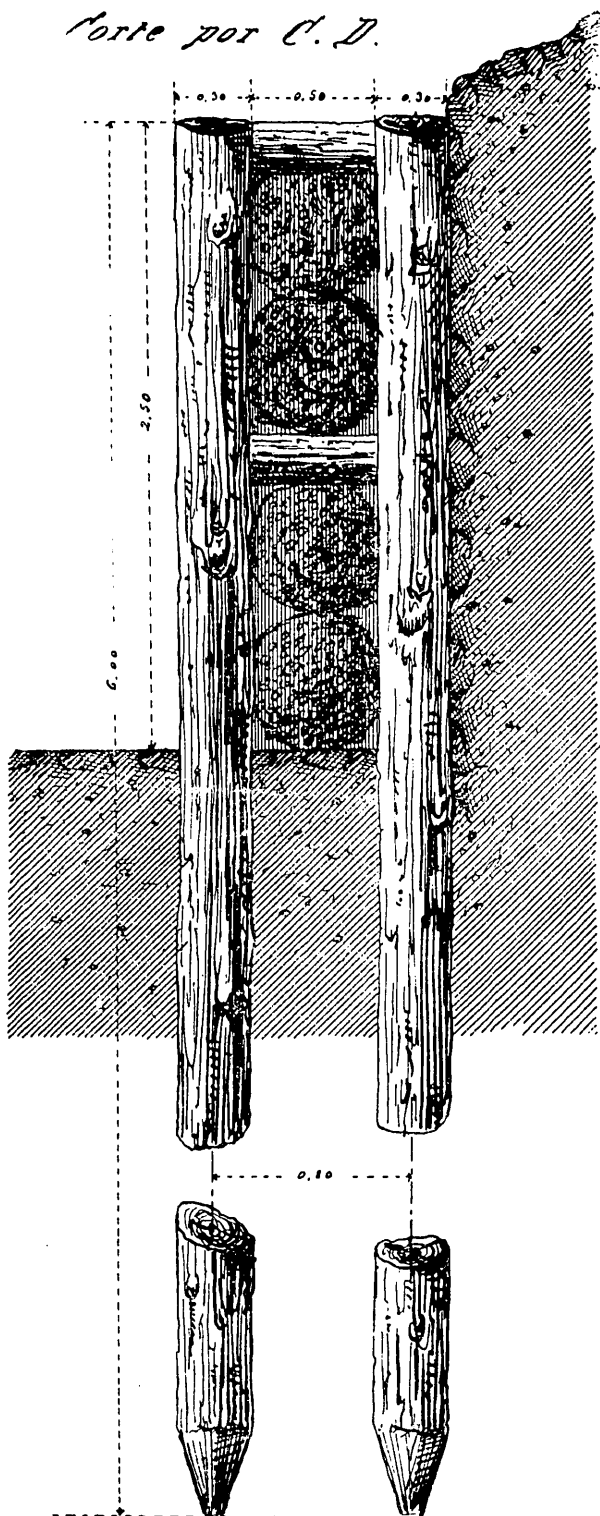
Velocidad media y gasto (Ganguillet y Kutter): Q = 4.424,76 m.³

Hemos aplicado precedentemente las fórmulas principales conocidas hasta el día para deducir teóricamente el valor de la velocidad media de una corriente uniforme, conocida que sea la sección transversal de su cauce.

De estas comprobaciones resulta que la mayor velocidad, y por consiguiente mayor gasto, corresponde á lo calculado con la fórmula (2), que es 7.056 m.³, cifra bastante superior á la que necesitamos.



Corte por C. D.



Estracada y Entarquinamiento.

D. PLANA.

La menor velocidad y menor gasto corresponde á lo calculado con la fórmula (1), que es 3.913 metros, cifra que aunque no llega á los 4.000 metros que nos hemos fijado como límite, le falta muy poco, siendo además muy posible que al aplicarle el verdadero coeficiente que para este caso particular le corresponde, resulte, como en todas las demás, mayor el volumen de agua que llevará por segundo de tiempo el cauce que proyectamos.

De todos, el expresado gasto es superior al que dedujimos de nuestros estudios hidrológicos.

Si después de lo dicho hacemos constar que de los datos referentes á este río, debidos al Ingeniero de Caminos Sr. Muruve, resulta una velocidad media que se aproxima á 6 metros por segundo, quedará plenamente demostrado que más bien pecamos por exceso, que por defecto, al fijar las dimensiones que proyectamos dar á la sección transversal del nuevo cauce del río.

Gasto, según Turazza.—Con objeto de convencernos plenamente de que son suficientes las dimensiones adoptadas para la sección del cauce, hemos recurrido á la fórmula del Pr. Turazza, empleada en las obras de rectificación del Brenta y del Bocchiglione, que nos da directamente el gasto en función del ancho medio de la sección y en relación con la altura de aguas y la pendiente de la corriente; y es:

$$Q = X h x \sqrt{\frac{h x}{x' + 2,106 \times h}} \cdot i$$

en la cual

x representa el ancho medio de la sección, igual á metros 129,00.

h la altura de agua, ó sea profundidad del cauce, igual á 7,00.

i la pendiente por metro, que para nosotros es 0,00112.

Q representa el gasto.

X un coeficiente de rozamiento sobre el perímetro mojado, que para los trabajos del Brenta se supuso igual á 56, y que nosotros adoptaremos por falta de datos prácticos que puedan suministrarnos otro más conveniente para este caso especial.

Sustituyendo valores, pues, tendremos:

$$Q = 56 \times 7 \times 129 \times \sqrt{\frac{7 \times 129}{129 \times 2,106 \times 7}} \times 0,00112$$

$$= 4.247,71 \text{ m}^3$$

cuyo volumen se aproxima mucho, y excede al gasto que hemos fijado como máximo en nuestro proyecto.

Queda, pues, plenamente demostrado que el cauce de nuestro proyecto es capaz para el volumen de aguas en las mayores avenidas (suponiendo de 4.000 metros), y si hemos de dar crédito á alguna de las fórmulas citadas, puede conducir hasta casi el doble.

Esta sección transversal del cauce, cuyas dimensiones hemos visto que son hasta excesivas para el volumen de aguas que pueden llevar durante las más extraordinarias avenidas, pensamos todavía ensancharla, partiendo del cruce con la carretera antigua de Valencia hasta el mar, en una longitud de 3.340 metros próximamente, de tal manera, que las aristas superiores de las dos márgenes que concebimos paralelas, y á una distancia de metros 136,00 entre sí, se hacen divergentes, alcanzando en la desembocadura una separación de 200^m,00; además, formamos un retallo ó escalón á una altura de 3^m,00 bajo la arista superior y 4,00 sobre la orilla del lecho, resultando así dividido el margen primitivo de 7 metros de altura en dos, uno de 4^m,00 y otro de 3^m,00, aumentando progresivamente la banqueta que queda entre ambos desde 0,00 hasta 32,00 metros de ancho que tendrá en el punto de desagüe.

Esta disposición facilitará el desagüe por una parte, y por otra evitará la inundación de los terrenos adyacentes, que por ser más bajos que el mismo cauce, en algún punto estarían á ello expuestos, en el caso de que se presentase una tempestad ó temporal de mar que remansara las aguas del río y dificultara su desagüe.

Ancho del cauce en los puentes del ferrocarril y carretera.—El ancho del cauce se reducirá en el cruce del ferrocarril y de la carretera á 118 metros, que aun cuando es algo menor que el de 122 que hemos dado en el recto, viene compensado con exceso por la mayor altura dada á las márgenes, que será de 8 metros, por lo menos.

Condiciones de resistencia de las márgenes.—Las márgenes del nuevo cauce tendrán sus menores dimensiones en el trozo más estrecho, y por consiguiente, es aquí donde serán menos resistentes á la presión del agua y para considerarlos todavía en las peores condiciones. Supondremos el caso de que, estando completamente lleno el cauce, no tengan dichas márgenes ningún apoyo en el terreno adyacente; es decir, que se encuentre en terraplén en toda su altura.

Los esfuerzos á que están sometidos son dos: uno en el sentido de la corriente, debido al empuje del agua por efecto de su velocidad; éste obra lateralmente sobre todo lo largo del margen y tiende á producir erosiones en el mismo, lo cual creemos evitar por el sistema de plantaciones y estacadas que hemos ya mencionado, y pensamos hacer extensivo, no sólo á las paredes de las márgenes, sino también al fondo del cauce, procurando sea ésta de las primeras obras que se ejecuten para el saneamiento del llano del Llobregat; de este modo, durante el tiempo empleado en los demás trabajos, habrá lugar á que las plantaciones se desarrollen y den á todo el terreno, que deberá ser cauce, la consistencia necesaria, para que, una vez terminadas, pueda cortarse el bosque formado y dar entrada á las aguas, que correrán sobre un lecho homogéneo y consistente, que será en rigor una verdadera estacada en toda su longitud, terreno fortalecido por la mul-

titud de raicillas que se entrelazarán, dando al suelo una grande consistencia.

El otro esfuerzo que actúa sobre las márgenes, en el mismo supuesto de estar completamente lleno el cauce, es la presión debida al peso del agua y transmitida lateralmente sobre las paredes que las contienen.

Esta presión ó empuje obra verticalmente sobre el fondo y horizontalmente sobre las paredes; ésta, que es la que consideramos debe ser resistida por el peso propio de la margen y por la cohesión de los materiales que la constituyen. Prescindiremos de esta cohesión, y consideraremos como caso más desfavorable que sólo resiste la margen por su propio peso. Veamos cuál es el valor de la fuerza de empuje y cuál es el de la fuerza resistente.

La presión del agua sobre las paredes del vaso que la contienen está, según las leyes de la hidrostática, representada por $P = 1000 A h$, siendo A el área de la proyección de la superficie de dicha pared sobre un plano perpendicular á la dirección de la fuerza; h representa la altura ó profundidad á que se encuentra el centro de gravedad de dicha superficie, ó sea el punto de aplicación de la resultante de las presiones que obran en sus diferentes puntos. Tratándose, pues, de las paredes del margen, y considerando el empuje sobre 1 metro de longitud, el área A será igual á 7^m,00 cuadrados y h será igual á 3,50; por lo tanto: $P = 1.000 \times 7,00 \times 3,50 = 24.500$ kilogramos.

La fuerza que resiste á esta presión es el peso de un metro lineal del margen; su volumen, dadas las dimensiones que hemos fijado en la sección, es igual á 96,25 m³, y suponiendo que lo hacemos de arena y tierra vegetal, cuyo peso por metro cúbico es igual á 1.300 kilogramos, tendremos un peso total de 125.125 kilogramos, que es la fuerza resistente que llamaremos R .

El esfuerzo ó presión P del agua tiende á producir dos efectos sobre el macizo del margen: 1.º Hacerlo resbalar sobre su plano de asiento; y 2.º hacerlo caer girando todo él alrededor de la arista exterior de la base de sustentación. Para que no tenga lugar lo primero, basta que el valor de P sea menor que el peso del macizo, multiplicado por un coeficiente de rozamiento entre el mismo y su base de asiento; supuesto que ya sin necesidad de este coeficiente es mayor el peso del margen que el empuje del agua, lo consideraremos suficientemente estable por este concepto.

Para que no tenga lugar el giro, es necesario que el momento de la fuerza P , con relación á la arista exterior de la base de sustentación, sea igual al momento de su peso ó fuerza resistente R .

El momento de la fuerza P (resultante de todas las presiones del agua á diferentes alturas sobre la cara del margen) es igual á dicha fuerza multiplicada por un brazo de palanca, que en este caso es la mitad de la altura, ó sea $P \times 3,50$. El momento de la fuerza resistente, ó sea peso del margen, es igual á esta fuerza multiplicada por su brazo de palanca; siendo el punto de aplicación de dicha fuerza, el centro de gravedad de la sección que se considera, suponiendo que esto es un trapecio regular (cuya suposición antes favorece que perjudica á la fuerza de empuje), tendremos que el brazo de palanca de la fuerza R será igual á la mitad de la base de asiento, ó sea igual á 11, y, por consiguiente, el momento de resistencia $= R \times 11$.

Igualando estos dos momentos, y llamando C al coefi-

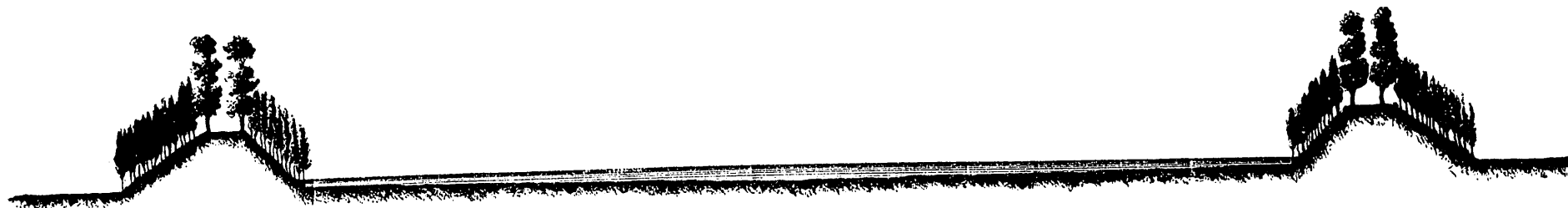
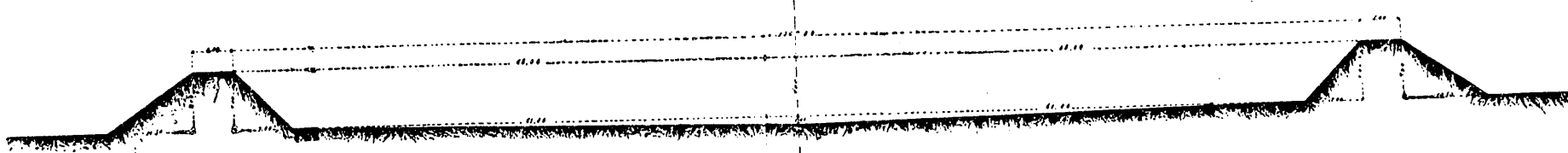
Copia, reducida, de una parte del plano general del Plano del Elobregat y de conjunto de las obras.

(El original está en escala de 1 por 10.000; esta copia, reducida, solo tiene por objeto dar idea de la rectificación proyectada.)

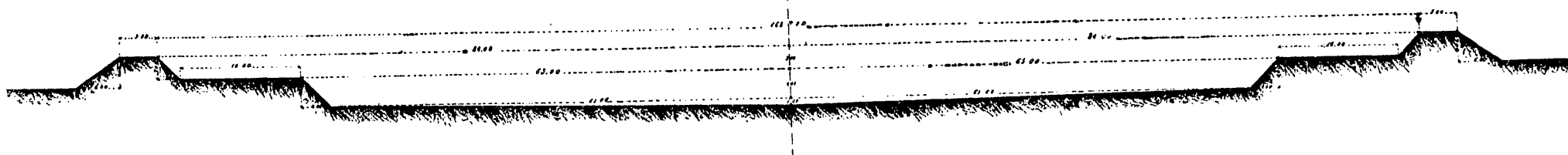


PERFILES TRANSVERSALES DEL NUEVO CAUCE

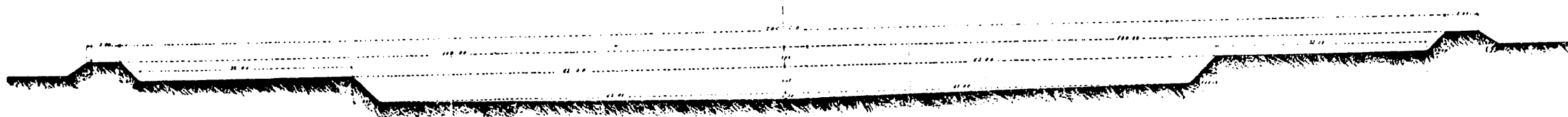
Sección normal.



Sección media de la parte abarrotada.



Sección en la desembocadura.



cientemente de estabilidad y sustituyendo sus valores á las fuerzas, tendremos:

$$C \times 24.500 \times 3,50 = 125.125 \times 11 \text{ ó } C \times 85.750 = 1.376.375.$$

De donde

$$C = \frac{1.376.375}{85.750} = 16,05,$$

ó sea, aproximadamente, $C=16$, es decir, que el momento resistente resulta ser unas 16 veces mayor que el momento de empuje, ó lo que es lo mismo, el coeficiente de estabilidad es casi igual á 16.

Siendo así que para toda clase de construcciones análogas, como son los muros de sostenimiento de tierras, se admite un coeficiente de estabilidad igual á 1,5, ó á lo más 2, y aun teniendo en cuenta el mayor coeficiente de estabilidad que requieren las obras hidráulicas, podemos considerar excesivamente asegurada la estabilidad de estas márgenes, siempre y cuando, por medio de la debida elección de los materiales que las forman, su conveniente aprisionamiento y la trabazón interior de las plantaciones, logremos asegurar la cohesión del macizo haciendo un sólido compacto y homogéneo.

En puntos en que el río ataque á las márgenes con predilección como con los de cierre del antiguo cauce y en los contiguos á los puentes, construiremos estacadas de defensa, que estarán formadas por pilotes espaciados á 1,30 metros de distancia en dos filas, separadas 1,50 metros en los de mayor importancia y unidos entre sí por dos filas de largueros y una de traveseros en el plano, de los primeros, formando el paramento de la estacada; se dispondrán grandes losas, como las que se obtienen de las canteras de grandes pizarras de San Clemente de Llobregat, que con una sola pieza se apoyan en dos pilotes consecutivos, el resto se rellenará con mampostería en seco debidamente colocada.

Consideraciones acerca de la pendiente del río Llobregat.— Hay mucha diferencia entre las condiciones de pendiente de los canales y de los ríos; en los primeros se procura tengan una pendiente tal que imprima al agua una velocidad suficiente para el arrastre de todas las materias que lleva en suspensión, pero que al mismo tiempo no sea bastante para excavar el fondo, siendo conocida la resistencia de los materiales que constituyen el cauce y la cantidad de aguas que por él discurren, es decir, que en los canales la velocidad del agua es efecto de la pendiente.

En los ríos no es así: la velocidad del agua es al mismo tiempo efecto y causa de la pendiente. No siendo en ellas posible regular la cantidad de agua ni la de los materiales que ésta lleva en suspensión ó que arrastra desde su origen, resulta que la velocidad es variable por efecto del mayor ó menor volumen de agua y de su mayor ó menor peso adicional; por consiguiente, cuando la velocidad es muy pequeña, la fuerza de la corriente no es bastante para arrastrar todos los materiales que lleva en suspensión, depositando los más pesados y formando lo que se llama *aterramiento*; pero como éste no se efectúa por igual en todo lo largo del cauce, sino gradualmente de arriba abajo ó de abajo arriba, resulta en el primer caso un aumento de pendiente y una disminución en el segundo; el aumento de pendiente es origen entonces de mayor velocidad y, por consiguiente, de mayor fuerza de arrastre

y ocurre que, cuando ésta es bastante, no sólo para el acarreo de los materiales en suspensión, sino para el arranque de una parte de los que constituyen el lecho, tiene lugar el otro fenómeno que se llama *degradación* ó *excavación* del cauce. Este no se verifica tampoco por igual, sino gradualmente de arriba abajo ó de abajo arriba; en el primer caso es consecuencia de la degradación, la disminución de pendiente y el aumento de la misma en el segundo; con la disminución de pendiente se producen nuevos depósitos y nueva variación consiguiente en la pendiente. Resultando de todo ello, que en los ríos naturales y en el caso más general en que la resistencia del suelo no es bastante para oponerse á la degradación producida por la máxima velocidad y en que la mínima velocidad que adquieren sus aguas no es bastante para el acarreo de todos los materiales que lleva en suspensión, no puede nunca el lecho tener una pendiente uniforme en toda su longitud, ni estas distintas pendientes son siempre las mismas en los diferentes trozos del río que se consideran.

Esto demuestra, como hemos dicho antes, que la pendiente de los ríos es causa y efecto á la vez de la velocidad de la corriente, según sea la frecuencia y duración de las grandes avenidas ó de los estiajes, según el número, importancia y distribución de los afluentes, según sea, en fin, la naturaleza del terreno que constituye el lecho del río, desde su origen y el de sus afluentes. Así se establecerá la pendiente general del mismo en sus diferentes trozos por sí misma y sin obedecer á una ley fija y determinada por la que podamos regirnos para precisar cuál debe ser la que conviene adoptar en nuestro perfil. Se observa, sin embargo, al recorrer un álveo cualquiera que en el último trozo hasta una cierta distancia de su desagüe, el fondo es próximamente horizontal y sucesivamente aguas arriba va aumentando la pendiente hasta su origen de modo que, representado gráficamente el perfil del cauce, aparece como una curva entrante cuya mayor concavidad está hacia el extremo superior y termina con una línea horizontal cerca de la desembocadura, donde se presenta generalmente una elevación ó resalto, producto de las acciones combinadas del agua del río y de las del mar, constituyendo lo que se llama la *barra*. Supongamos un río modelo tal como no podemos creer que exista naturalmente; completamente rectilíneo desde el origen hasta la desembocadura. El curso de las aguas en bajas y mayores avenidas fuertemente encajonado entre márgenes naturales enteramente paralelas entre sí y resistentes á la corrosión de las aguas ordinarias ó de las mayores avenidas y causas extrínsecas más ó menos accidentales; uniformemente resistente á la corrosión y el fondo del álveo simétricamente excavado con su máxima profundidad en el centro, formando una verdadera línea recta de máxima pendiente; á cada lado del cauce fuertes márgenes construídas con buena y bien comprimida tierra sentada sobre terreno impermeable, márgenes que tengan buena base y buen ancho en la coronación.

La pendiente longitudinal del álveo debe estar convenientemente repartida, conforme al tamaño y peso decreciente de los materiales acarreados por el agua, de modo que produzcan un impulso bastante para transportarlos todos hasta el mar, sin que sea excesivo, produciendo corrosión.

El último trozo de este río teórico debe ser en una

grande extensión sin márgenes y de cauce muy abierto, dividiéndose en varias ramas, para su libre y desahogada desembocadura en el mar.

Cuanto más se aproxima á este modelo ideal, tanto más perfecto será el río, y á ello deben obedecer todos los sistemas de mejoramiento que se intenten.

Esta forma general se ciñe á la misma que presenta el perfil del terreno; y así, nosotros hemos tenido presente esta consideración al fijar la pendiente de nuestro cauce, pendiente en cuya determinación hemos tenido presente la forma que tiene la actual del río y el régimen que éste ha establecido, y por consecuencia del cual la pendiente disminuye hacia la desembocadura, y en el último kilómetro el lecho está á un nivel inferior al del mar tranquilo. En su funcionamiento, el río, al marchar por el nuevo cauce, establecerá un nuevo régimen que, si es distinto del que nosotros hemos determinado, producirá variaciones que no serán de importancia, dada la anchura que damos al cauce, mucho mayor que la que tiene actualmente en muchos de sus puntos.

Sección transversal.—No sólo el perfil del álveo es modificado por las causas de aterramiento y excavación que hemos citado; también las márgenes sufren deformaciones, y se observa por esto en los ríos tales diferencias de ancho en sus varios trozos. En las márgenes son más notables los efectos de excavación que en el fondo: en primer lugar, por ser mayor la velocidad de la corriente en los bordes que en el fondo del río, y en segundo lugar, por las alternativas de humedad y sequía, por las heladas y por los choques de la corriente á que están expuestos y contribuyen á su degradación; así se explica que todos los ríos son más anchos que profundos, y por esta razón también se explica que cuando un río está aprisionado por diques resistentes se haga más profundo su cauce, pues no pudiendo entonces aumentar su sección (cuando ocurre una avenida) por encontrar la resistencia de las márgenes, se traduce el mayor gasto en aumento de velocidad que corroe el fondo.

En los perfiles transversales (véase la lámina adjunta) puede verse la sección que damos al cauce en sus distintos puntos y las dimensiones que corresponden á las márgenes, así como la sección del mismo que debe sustituir parte de ellas para evitar que el exceso de ancho ocasione la expropiación de alguna casa ó terrenos de gran valor. A este efecto vamos á hacer el cálculo correspondiente al muro de sostenimiento que debe sustituir el talud exterior del terraplén.

Muros de sostenimiento para el cauce.—Con objeto de disminuir el ancho de la base de asiento del terraplén que constituye la margen del cauce proyectamos en algunos puntos muros de sostenimiento que sustituyan al tendido talud de 1 y $\frac{1}{2}$ por 1, que tiene dicho terraplén por la parte exterior á la corriente.

Según el ancho que nos convenga reducir colocaremos estos muros á una distancia mayor ó menor de la arista exterior del pasco de 5 metros que dejamos en la parte superior del margen, retirándolos todavía dentro de este ancho en casos excepcionales y partiendo del supuesto de que con 3 metros de paseo tenemos lo suficiente para el objeto á que el mismo viene destinado.

Proyectamos estos muros con talud de $\frac{1}{10}$ en su paramento exterior, y un talud de $\frac{1}{3}$ en el paramento interior, sustituyendo, sin embargo, este último por un escalonado

de 0,20 de ancho por cada metro de altura, que es equivalente al talud y tiene la ventaja de que el peso de las tierras que descansan sobre cada escalón se añade al peso del muro, aumentando su estabilidad. Con esta disposición, y suponiendo el muro colocado de modo que su arista exterior sea la misma del paseo, tendrá 7 metros su altura, y el pie del talud exterior avanzará 0,70 metros, disminuyendo así en 9,80 metros el ancho de la base del margen que habíamos proyectado.

Para el cálculo del espesor en la coronación de los muros de sostenimiento hay una infinidad de fórmulas, entre las que es difícil precisar cuál es la más acertada y exacta; sin embargo, entre las más modernas son reconocidas como más prácticas y sencillas las de Dubosque, que se emplean mucho para esta clase de obras en ferrocarriles, y con cuya aplicación se obtienen espesores más bien algo excesivos. Prescindiremos de los diferentes casos en que dicho autor estudia el muro y tomaremos la fórmula que da para nuestro caso, ó sea el de un muro con talud exterior ó interior y sin sobrecarga.

La fórmula que para este caso se emplea es:

$$x = h \left[- \left(\frac{1}{e} + \frac{1}{2i} \right) + \sqrt{\frac{2d}{3d'} \lg^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{3e^2} - \frac{1}{12i^2}} \right]$$

en la que

x representa el espesor del muro en la coronación.

h la altura del muro, que en este caso es igual á 7 metros.

d el peso de un metro cúbico de tierra = 1.600.

d' el peso de un metro cúbico de mampostería = 2.200 kilogramos.

$\frac{1}{e}$ talud exterior aquí = $\frac{1}{10}$.

$\frac{1}{i}$ talud interior = $\frac{1}{3}$.

α = ángulo de deslizamiento = $46^{\circ}50'$.

El ángulo del talud natural de las tierras con la vertical es de $56^{\circ}18'30''$, suponiendo el talud de 1 $\frac{1}{2}$ de base por 1 de altura, pero éste no es el verdadero ángulo de deslizamiento, sino uno menor que varía con el peso y homogeneidad de las tierras; nosotros la suponemos igual á $46^{\circ}50'$.

Sustituyendo en la fórmula los valores, tendremos

$$x = 7 \left[- \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{2 \times 3} \right) + \sqrt{\frac{2 \times 1600}{3 \times 2200} \lg^2 23^{\circ}25' + \frac{1}{3 \times 100} - \frac{1}{12 \times 25}} \right] = 0,68;$$

por lo tanto, en este caso en que el muro tenga toda la altura del margen, que será lo más general, tendremos un espesor en la coronación igual á 0,70 metros, un espesor abajo igual á 2,80 metros, y por consiguiente, una superficie ó volumen por metro lineal á 12,25 metros.

La altura de este muro variará según la diferencia de nivel que haya entre el terreno natural y la rasante del nuevo cauce en el punto considerado; para cada caso haremos uso de la misma fórmula, poniendo en ella en vez de h la altura que tenga el muro y sustituyendo los demás valores iguales al caso que hemos estudiado.

Puede también variar la altura del muro según la distancia á que se encuentre de la arista exterior del paseo,

y en este caso, la coronación del mismo estará más baja que el nivel de dicho paseo, debiéndose entonces tener en cuenta la sobrecarga para calcular el espesor del muro en la coronación, para ello echaremos mano de la fórmula

$$x = h \left[-\frac{1}{e} + \frac{1}{2i} + \sqrt{\frac{2}{3d'} \lg^2 \frac{a}{2} \left(d + \frac{2s}{h} \right) + \frac{1}{3e^2} - \frac{1}{12i^2}} \right]$$

dada por el mismo Dubosque para este caso, en la cual s representa el peso de la sobrecarga por metro cuadrado sobre el prisma de máximo empuje, pero teniendo esta sobrecarga tan poca importancia en los pocos muros que en estas condiciones proyectamos, puede entenderse que su espesor lo hemos calculado con arreglo á la primera de las fórmulas citadas.

Por la fórmula primera, que es la más aplicable á nuestro caso, deducimos el ancho del muro en la coronación en función de los taludes exterior ó interior del mismo muro, de suerte que, aplicando sus respectivos valores, hemos deducido el perfil trasversal adjunto.

Sección del muro de sostenimiento.



DEFENSAS DE LAS MÁRGENES DEL LLOBREGAT

Sistema de defensa de las márgenes.—En ríos torrenciales como el nuestro cuya corriente es muy impetuosa, el lecho muy pendiente ó el trazado muy sinuoso, y sobre todo cuando las aguas arrastran arenas ó cantos rodados, es muy común que las márgenes y el fondo del cauce sean corroídos, dando esto lugar (si dichos efectos son de consideración) á cambios sensibles en el régimen de la corriente, á la formación de playas ó arenales, á la adquisición de muchas superficies, á la apertura de nuevos cauces, y hasta á cambios de dirección del talweg.

Es, por lo tanto, muy conveniente en estos casos reforzar las márgenes, y para ello se acude al empleo de varios procedimientos. Entre los principales citaremos los *enrocamientos*, los *empedrados*, las *plantaciones*, los *revestimientos de madera*, los *enfagados* y los *espigones*, sistemas muy convenientes en los ríos de corriente continua como los franceses y del Norte y centro de Europa, para los que los describen los autores de quienes tomamos estos datos.

Enrocados.—Los enrocados son muy eficaces; pero deben estar muy bien hechos, con abundancia de bloques. En sitios donde haya medio de proveerse con facilidad de este material y en que sea cómodo su transporte el procedimiento resulta económico; pero en otros casos puede resultar carísimo.

Empedrados.—Los empedrados ó revestimientos de piedra pueden hacerse en seco ó con mortero hidráulico; aunque parece que en el primer caso el sistema debería

resultar más económico, no es así, porque exige un cuidado sumo su ejecución y no exime, antes obliga más á proteger el pie del talud con buenos enrocados, que también se exigen para el caso en que se construya el revestimiento con mampostería hidráulica. Este medio de defensa es, sin duda, mejor que el anterior, pero también resulta muy caro si se trata de algunos kilómetros de cauce, y sólo puede emplearse cuando sean de mucha importancia los daños causados por la corriente ó se quieran prevenir los efectos de grandes crecidas en cauces de dimensiones relativamente escasas.

Revestimientos de madera. Espigones.—Los revestimientos de madera y los espigones pueden considerarse sólo como medios de defensa para un punto seriamente amenazado, pero aislado. Como sistema general para evitar las erosiones en las márgenes de un cauce, no se puede emplear, porque aunque resulta más económico que el empedrado, es indudable que no corresponden los resultados obtenidos á la importancia de la obra.

Muros de defensa.—En ríos de grande importancia y de caudal continuo se emplean, con muy buen éxito, los muros de defensa, que si son caros de coste de primer establecimiento, evitan cuantiosos gastos de conservación y reparación y aseguran la estabilidad de las márgenes, pero en los ríos torrenciales están expuestos á fenómenos de socavación, que los hacen desaparecer, resultando infructuoso su crecido coste de construcción.

Enfagados.—Estos prestan grandes servicios para la defensa de los ribazos, para la de los diques, para la ejecución de grandes presas y también para fundaciones de obras en general que deban construirse en los ríos.

Los elementos indispensables para un enfagado son estacas, faginas, juncos ó mimbres, haces de ramas, cañizos y paja.

Para consolidar el talud de los desmontes se hace uso de faginas de 0,60 á 0,80 metros de longitud, por 0,25 de diámetro, rellenas de grava ó piedra partida; se empieza á abrir en la parte superior un escalón de dimensiones suficientes para dar alojamiento á una línea de faginas; se van abriendo sucesivamente y bajando escalones análogos hasta el pie del talud, donde se abre una zanja de saneamiento; al colocar las faginas á lo largo de cada uno de los escalones, se procura que queden alternadas las juntas con las de los escalones, superior é inferior; finalmente, se recubre todo con una capa de 0,10 metros de grava, que se oprime bien en las hiladas de las faginas para que se apoyen unas contra otras, á fin de evitar desmoronamientos, y se reviste luego con topes puestos de plano ó con una capa de tierra vegetal bien comprimida y de 0,15 á 0,20 metros de espesor.

Mr. Defontaine ha hecho en Francia, en los trabajos del Rhin, una aplicación en grande escala del sistema de fagados, y también se citan notables trabajos de enfagado hechos en los Países Bajos.

Plantaciones y estacadas.—Las plantaciones y estacadas son los dos sistemas que creemos más á propósito, ya sea empleados aisladamente ó ya combinados para reforzar las márgenes de un cauce nuevo, como el que proyectamos, en el que, atendido su trazado y dimensiones transversales, no son de temer los constantes riesgos que hoy presenta y en el que se trata principalmente de consolidar sus márgenes.

Las plantaciones sirven, no sólo como defensa en el

sentido de oponer una resistencia al empuje de las aguas y de sus arrastres, si que también en el de la mayor consistencia ó cohesión que da al terreno la trabazón de las raíces que se ramifican interiormente.

En algunos puntos del Loire se cortó el terreno de las márgenes, formando un talud de 50° centígrados; se plantaron en tresbolillo, espaciadas á 0,70, ramas de sauce de metros 0,50 de largo por 0,05 de diámetro, hincadas en el terreno 0^m,30 y en dirección perpendicular al talud; se protegió esta tierna plantación con piedras, y dejando que llegaran con lentitud las aguas, se formó en tres ó cuatro años un pequeño bosque; el limo que llevaba el agua en suspensión, depositándose entre los pequeños tallos, contribuyó á avivar los progresos de la vegetación. Para aumentar todavía el aterramiento así producido se cortaron las ramas de mayores dimensiones, las que se volvían á plantar por su extremo cortado en punta y avanzando siempre hacia el río; repitiendo esta operación por espacio de veinte años se ha llegado á reunir entre sí algunas de las islas del Loire, regularizando el cauce de este río. Este gran éxito del procedimiento es debido á la facilidad con que se desarrolla el sauce en terreno arenoso abonado con el limo.

Este sistema de plantación requiere algunos cuidados durante los primeros años, y es necesario además consolidar bien los taludes, sobre todo en la base, antes de que sean inundados por las aguas; pues de lo contrario, éstas arrastran la plantación.

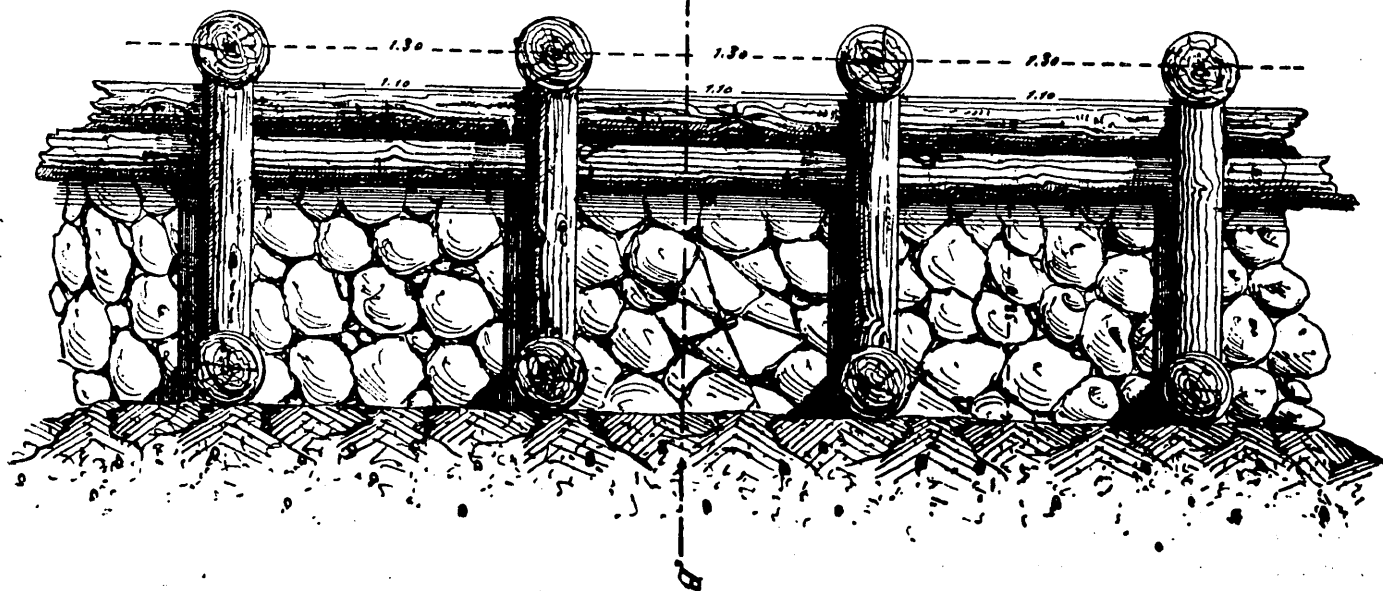
En nuestro país no cabe duda de que el sistema de plantaciones es el que surte mejores resultados, por cuyo motivo el Ingeniero Sr. Moragas proponía muy oportunamente que los terraplenes de avenidas del puente de San Baudilio se construyeran de tierras consolidadas y defendidas por medio de plantaciones. Además, en el río Besós se ha logrado el encauzamiento de su tramo final sólo por este medio, y á esta circunstancia se debe que el río esté muy bien contenido dentro de sus márgenes y ofrezca una amplitud mucho menor en su cauce con la línea férrea que al atravesar la carretera de Madrid á Francia, en cuyo punto tiene una amplitud doble que en el anterior.

En el mismo Llobregat hallamos un ejemplo palpable de cuanto estamos diciendo, puesto

Corte por A.B.

Estacada de defensa.

PLANTA A



que el tramo comprendido entre Molins de Rey y San Feliu de Llobregat ha ido regularizándose hasta dejar el río bien encauzado, mediante plantaciones y terraplenes auxiliados por estacadas en los puntos en que era preciso vencer la viciosa disposición del río. Aguas abajo se observa el mismo fenómeno, habiéndose logrado reducir el ancho del río á 98 metros y sujetado las márgenes á un trazado rectilíneo sólo gracias al empleo del indicado sistema.

Para explicarnos el modo de obrar las plantaciones y justificar la preferencia que les concedemos respecto á otros medios de defensa, indicaremos que ellas fortifican el terreno entrelazando por él sus raíces, impidiendo que sea arrastrado y dándole además una extraordinaria consistencia. Por otra parte, como la tierra hecha compacta de esta suerte no es elástica y la vegetación no cede al empuje de un grande esfuerzo, éste no se esfuerza en destruirle si no es exageradísimo; y aun en el caso de que, por ofrecer grande resistencia, fuera arrastrado algún árbol, la margen subsistiría, y la misma tierra y árboles de alrededor llenarían el vacío que aquél dejara, no siendo, por tanto, de temer arrastres ni socavaciones tan importantes como en el caso de los muros, que engendran reacciones, corrientes y remolinos que acaban por arrastrarlos. Por las razones expuestas, reforzadas por la economía, adoptaremos el expresado sistema para defensa de las márgenes y lecho del nuevo cauce.

ESTUDIO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO DEL LLANO DEL LLOBREGAT

Medios propuestos por Moulin.—La idea de llevar á cabo el saneamiento de la comarca estaba en la mente de los habitantes del país, y le creían indispensable los facultativos que la conocían; pero no se expresaba concretamente hasta que el Ingeniero Moulin publicó su Memoria, que anteriormente hemos reseñado. Los medios que proponía para llevar á cabo el saneamiento de los terrenos bajos y pantanosos del Llano del Llobregat eran mediante el sistema de entarquinamiento, al que daba el nombre de colmatage, obtenido gracias á las aguas turbias del río. Esta idea la enlazaba con la de facilitar el desagüe directo de las marismas; y si bien uno y otro en teoría son aplicables, dejan de serlo en la forma que proponía el referido Ingeniero, porque para obtener en la práctica el levantamiento de todas las zonas y superficies deprimidas del llano sería preciso que éste quedara completamente inundado durante el número de años necesarios para lograr el anhelado objetivo, que los mismos propietarios y Municipios rechazarían si debían practicarse de esta suerte, y no cabe llevar á cabo el entarquinamiento de otro modo; porque si la inundación se hiciera sólo en la época que es útil, ó sea durante las crecidas, que es cuando el río lleva aguas turbias, presentaría el gravísimo inconveniente de quedar los terrenos sometidos á las alternativas de sequedad y humedad, siendo entonces inevitable la producción del paludismo en grande escala.

El desagüe directo de las marismas no sería más que un paliativo, porque subsistiría la causa generadora del paludismo si quedaban sus orillas al descubierto, cosa que no trató de evitar Moulin, y era difícil lo practicase en los casos en que los pantanos son más profundos que el mismo nivel del mar.

Proyecto Bergnes.—El Ayudante de Obras públicas señor Bergnes de las Casas presentó un proyecto en 1870 para el saneamiento de 3.000 hectáreas de terreno comprendidas entre el desagüe de la acequia de Prat (canal de la derecha), la carretera abandonada de Valencia y el mar, proyecto que consistía en rodear toda la zona á sanear por medio de un canal de circunvalación, y trazar una cuadrícula de líneas paralelas formadas por canales de desagüe, acequias de saneamiento y zanjás de desagüe. Como el proyecto no afectaba los intereses públicos, se otorgó la oportuna concesión; pero errores topográficos por un lado y de apreciación por otro hicieron que se redujera extraordinariamente la zona pantanosa en el deslinde que llevó á cabo la jefatura de Obras públicas en 1876; además, la circunstancia de presentar el canal de circunvalación grandes extensiones que están á nivel y á la cota de dos metros sobre el nivel del mar, unida á la de que el terreno presenta grandes depresiones que deberían reducirse antes á superficies planas por medio de colmatado ó entarquinamiento, para poder sanear la zona por medio de una rigurosa cuadrícula, constituyeron obstáculos teóricos de importancia para la realización de este proyecto que conservaba la defectuosa situación del río y de los cauces que vierten á la zona que se ha de sanear, las aguas de los terrenos superiores.

Proyecto Perich.—En el año 1873, el Director de caminos vecinales, Sr. Perich, presentó un proyecto de saneamiento y de desagüe en el término del Prat, en el que proponía que se ejecutara el saneamiento del referido término municipal por medio de entarquinamiento, con el cual creía quitar la salobre de los terrenos y levantarlos en gran proporción, correspondiente al volumen anual de limos arrastrados por el canal de la derecha y el río, que evalúa en conjunto en 25.000 m³ anuales. Además, propone la construcción de una serie de desagües, para evasión de los sobrantes que proyectaba verter directamente á los pantanos, al canal que los enlaza y al contiguo al que desagüa la acequia del Prat directamente al mar.

Este proyecto no se tramitó y ha quedado sin la necesaria sanción administrativa.

PLAN PARA EL SANEAMIENTO DE LA COMARCA

Circulación continua.—Nuestro objetivo principal, al procurar el saneamiento del delta del Llobregat, ha de ser evitar los encharcamientos, que son causa del paludismo que presentan; á esto, sencillamente, se reduce nuestro proyecto, y, como veremos más tarde, las diversas soluciones que proponemos tienden á procurar la evasión del agua y humedad en exceso, ya sea vista, ya subterránea, siendo preciso apelar á distintos medios, adecuados á las diversas circunstancias del terreno. La fórmula que resuelve los problemas sanitarios es la de la circulación continua sin estancamiento, pues la materia en circulación constante, y transformándose normalmente y evolucionando de un modo continuo dentro del ciclo que la Providencia le ha trazado, no sólo deja de ser nociva para el hombre, sino que constituye el único medio de regeneración de las sustancias que han prestado su servicio y experimentan una descomposición más ó menos completa.

La norma de nuestros trabajos ha de ser restablecer la circulación continua en los puntos en que se hubiere alterado é impedir toda anomalía en lo sucesivo.

Actualmente la ley de la circulación continua está alterada por multitud de concausas que originan deformaciones en la curva del ciclo aludido, pudiendo citar como principales, entre esas concausas, la disposición de los pantanos y zonas deprimidas, que dejan al descubierto grandes extensiones de terreno cubierto de abundante vegetación, que con las alternativas de sequedad y humedad se descompone y engendra los miasmas palúdicos, como hemos expresado anteriormente, fenómeno que resulta más grave, porque en las alternativas de entrada de agua del mar y la dulce de los pantanos mueren los organismos de agua dulce y salada que en ella se criaban, aumentándose por esta causa las descomposiciones orgánicas, que ya por otros motivos existían; concurren al mismo efecto en grande escala los pantanos invisibles que ofrecen las zonas deprimidas, y que se reconocen por la humedad ó por las eflorescencias salinas, considerándose como pantanos subterráneos aquellos terrenos en que la capa acuosa subterránea tiene su superficie á menos de 80 centímetros de la del terreno, por la vegetación acuática que en ellos se cría y siempre por el exceso de agua en el subsuelo; igual efecto producen las zanjás (valls) que practicaron los labradores del país con objeto de levantar un poco el terreno y elevar su superficie, con objeto de que no se hallen siempre en contacto con la capa acuosa subterránea, porque en ese caso era imposible el cultivo. Al excavar las zanjás los labradores no cuidaron de dar á su solera la pendiente necesaria para facilitar el desagüe, ni han procurado tenerlas limpias y expeditas, por cuyo motivo, en vez de contribuir al saneamiento, constituyen una de las causas más importantes de paludismo. Lo propio sucede con las vías de comunicación, que en vez de estar saneadas y á mayor altura que los terrenos colindantes, están más profundas y se inundan por completo en días de lluvia, al extremo que constituyen verdaderos pantanos que las hace intransitables y verdaderamente insalubres. Por otro lado, al llegar á la playa, en vez de encontrar fácil y expedita salida, quedan detenidas por las demás, y el cordón litoral de arenas acumuladas por la acción del viento, agravándose así el carácter palúdico del país por este dique, que hace mayores y más perniciosos los pantanos.

Desaparición de las dunas y cordón litoral.—Desmonte de los montículos que impiden la evasión del agua.—A fin de corregir tan graves males, proyectamos la desaparición de esas dunas y cordón litoral, con cuyos productos rellenaremos y colmatamos las zonas deprimidas y las zanjás ó valls que tanto abundan desde el Prat á Castelldefels, especialmente en este último pueblo y el de Gavá; además construiremos las vías de comunicación, el nuevo cauce del río y colmatamos parte de los pantanos. El cubo de arenas que deberán excavar se será de 875.570,90 metros cúbicos, que se desmontarán en cada zona en la forma que se detalla en el estado de cubicación del proyecto correspondiente á las vías y acequias.

Colmateo de las zanjás valls.—Desaparición de las zanjás pantanosas.—Del volumen de arenas precedentemente citado, se empleará el de 606.559,20 m.³ para rellenar las referidas zanjás (valls) y todos los desagües en que el agua no pueda tener corriente constante después de labradas y convenientemente dispuestas. Antes de rellenar las expresadas zanjás se quitarán y se quemarán, después de secos, todos los vegetales que hubiera en su fondo, yendo

el importe de esta operación y el del desmonte comprendidos entre los del terraplén.

Colmateo de los pantanos.—Saneamiento de los pantanos, colmateo, entarquinamiento y drenaje.—Otra parte de las expresadas arenas se utilizará en colmatar los pantanos existentes generalmente hasta la cota del nivel del mar, en aquéllos en que pueda completarse la operación con el entarquinamiento, y se rellenarán totalmente aquéllos en que esta operación no pueda aplicarse en razonables condiciones higiénicas y económicas.

Para hacernos cargo de la manera de sanear los pantanos, expondremos cuáles sean las condiciones y superficie de cada uno de ellos. La cantidad de tarquines de que podemos disponer procedentes de las aguas del canal es, según el Sr. Perich, de 25.000 m.³ al año; según el Ingeniero Moulin, de 460.800 m.³ al año, y de 845.296 según nuestros cálculos, conforme lo detallamos al estudiar el presupuesto del entarquinamiento de los pantanos. El volumen de arena necesario para colmatar la parte correspondiente de los pantanos que describimos es de 137.621,00 m.³

Pantano de Port.—Hállase situado cerca de la barriada denominada de Casa Antúnez, junto al canal «Vell» (uno de los desagües del canal de la Infanta), y sus efluvios son causa de que las fiebres intermitentes hayan invadido repentinamente á la mencionada barriada; su cota mínima sobre el nivel del mar es de 0,30 metros, y el área á la cota de 1,00 metros sobre el mismo, es de 2,26 hectáreas; la vegetación que invade la casi totalidad del pantano, está formada por juncos y cañizos; aguas arriba de la carretera del Hipódromo queda una superficie pantanosa de 1,50 hectáreas, resto tal vez del antiguo pantano de Port, en el que, según se dice, fondeaban los buques y que sería la última reducción que experimentó antes de desaparecer el puerto, sito al S. O. de Barcelona, por consecuencia de la invasora acción de las arenas de la playa que ganaban terreno al mar y regaban el aludido pantano. En la zona contigua al pantano de Port ó de Casa Antúnez hay otra causa de insalubridad en la continua y desacertada extracción de arenas que originan grandes depresiones de carácter pantanoso, que desaparecerían si se prohibiera extraer arenas en forma que las aguas quedaran detenidas; la extracción debía limitarse á la parte exterior del cordón litoral y á la excedente de la superficie, para que pudiera verter sus aguas al mar naturalmente y en buenas condiciones.

Pantano de la Torre.—Así se denomina el pantano que existe en la contigüidad del faro del Llobregat, de cuya perniciosa acción estamos plenamente convencidos, pues durante los años en que ha corrido á nuestro cargo el servicio marítimo de esta provincia hemos comprobado que á esta causa eran debidas las calenturas que sufrían los habitantes del caserío contiguo al manantial del agua sulfurosa y los torreros del faro con sus familias, á lo cual se debe que el Gobierno haya concedido á estos funcionarios una indemnización especial para sufragar los gastos de médico y farmacia, con objeto de combatir esa enfermedad.

La superficie del pantano á la cota de 1,50 metros es de 1,45 hectáreas; debe colmatarse por completo, empleando en ello un volumen de 10.950 m.³ de arenas.

Hoyos sitos á la derecha del río.—A la derecha del Llobregat existen unos hoyos que, según dijeron los vecinos del país, fueron ocasionados por una crecida del río desbordado, y que deberán colmatarse; la superficie de los mismos es:

de 0,28 y 0,164 hectáreas, y de 1.687 y 960 m.³ los necesarios para rellenarlos por completo.

Pantano de la Masaguera.—Abarca una superficie de 1,9 hectáreas á la cota de 1,00 metros sobre el nivel del mar, siendo de un metro bajo el mismo la cota mínima del pantano. El colmateo del pantano se hará hasta la cota del nivel del mar, empleando en ello 720 m.³, y el resto se recrecerá por entarquinamiento mediante un volumen de limo de 75.290 metros cúbicos.

Pantano de la Podrida.—Sito como el anterior á la derecha del Llobregat y frente á la propiedad del Excelentísimo Sr. D. Fernando Puig, es sumamente mofítico ó insano, como ya lo expresa su nombre. La superficie que abarca es de 10,98 hectáreas á la cota de 1,50 metros sobre el nivel del mar, siendo de 2 bajo el mismo la mínima del pantano. El colmateo de éste á la cota del nivel tranquilo del mar requeriría 6.150 m.³, y serán necesarios 53.200 m.³ para entarquinar el pantano y rellenarlo por completo.

Adyacente al Magarola.—Junto al pantano de Magarola existe uno pequeño que mide 0,11 hectáreas, y deberá colmatarse por completo con un volumen de 370 m.³ de entarquinamiento.

Pantano de Magarola.—Aparece la superficie de este pantano, que es de 9,89 hectáreas á la cota de 1 metro sobre el nivel del mar, completamente cubierto por un espeso cañaveral y abundante vegetación palustre; deberá colmatarse por completo, empleando en ello un volumen de metros cúbicos igual á 31.570 para su entarquinamiento. Se halla emplazado junto al semáforo de la punta del Llobregat, de cuyo proyecto y construcción estuvo encargado el infrascrito, pudiendo convencerse de su maléfica acción, porque hubo ocasiones en que todos los carabineros de la casilla contigua y los operarios empleados en dicha obra cayeron enfermos en distintas épocas de los meses de Agosto y Septiembre de 1887.

Pantano de la Ricarda.—Este pantano se halla al Sur del anterior, y mide á la cota de 1 metro sobre el nivel del mar una superficie de 17,30 hectáreas, siendo de 3 metros bajo aquél la cota mínima del pantano. Para impedir que sea perjudicial á la salud pública, y teniendo en cuenta que durante las épocas de lluvia es muy grande la cantidad de agua que recibe, proyectamos rellenarlo por colmateo, empleando 43.800 m.³ en toda su extensión hasta la cota del mar, excepto en la de un canal central, que se rellenará por entarquinamiento con 74.320 m.³, empleando 88.360 m.³ en su entarquinamiento ó relleno total hasta la cota de 1 metro que tienen los terrenos contiguos.

Las aguas que hayan depositado ya el limo que contuvieran saldrán por un tubo, que se maniobrará con tal objeto, cerrándole para detener momentáneamente la salida de las aguas, y abriéndole en cuanto hayan abandonado el limo que contuviera.

Pantano de Illa.—Recibe este nombre de una pequeña isla que había en su interior, y para sanearle proponemos lo propio que en el anterior: dejar un canal ó zona central, rellenándose el resto por colmateo con un volumen de 32.035 m.³, siendo de 33.600 m.³ el necesario para rellenar con tarquines el canal central hasta la misma cota del nivel del mar y de 100.890 m.³ el que exige su relleno ó entarquinamiento total; el agua, después de haber prestado este servicio, tendrá salida por un tubo análogo al anterior.

Canal de entarquinamiento del Este.—El conducto de entarquinamiento del Este estará constituido por un tubo

de hormigón de 1,00 metros de diámetro interior y 0,25 de espesor; en las zonas en que ya no haya de ir á presión ó con carga lo transformamos en acequia ó cuneta abierta.

Pantano del Remolá.—Es el mayor y más importante de todos los pantanos del delta del río; mide á la cota, de 0,80 metros, una superficie de 17,04 hectáreas, y su saneamiento se conseguirá con la acción del agua corriente del río, que ha de desembocar al mismo, y con las operaciones de colmateo y entarquinamiento, que requerirá un volumen de 17.280 m.³ y 53.986 respectivamente para levantar el nivel á la cota del mar, y luego á la de 0,80 metros, que es la de los terrenos contiguos.

La Viala.—La Viala, que es un ramal del pantano, desaparecerá por completo, quedando en su lugar una acequia de desagüe al río, empleándose 48.820 m.³ por entarquinamiento.

Pantano de la Murtra.—Este pantano está emplazado frente al pueblo de Gavá, y su área, á la cota de 1,50 metros, es de 4,170 hectáreas. Su saneamiento se logrará rellenándolo con las operaciones de colmateo y entarquinamiento, que requerirá un volumen de 29.740 m.³ y 45.620 respectivamente.

Conducto de entarquinamiento del Oeste. Otros pantanos.—Análogo al conducto anterior, estará formado por un tubo de hormigón y canalizo á cielo abierto.

Hay otros pequeños pantanos que no por ser menos importantes dejan de ser perniciosos para la salud, y su desaparición se logrará colmatándoles con un volumen de metros cúbicos 250.

En los pantanos descritos la operación del colmateo es muy sencilla; pues se comenzará á verter arena por los bordes, y haciendo que esté expedita la salida del agua al mar, ya sea directamente abriendo un canalito de comunicación, ya por medio del tubo del que anteriormente hemos hablado, con el cual se lograría que saliese el agua en igual proporción que el volumen de tierras y arenas; así irá reduciéndose el área del pantano, quedando la zona de mayor profundidad de agua, que será, por tanto, menos insalubre, y continuando la operación se obtendrá el colmateo del pantano. Si esta operación ha de combinarse con la de entarquinamiento, se rodeará la zona que haya de entarquinarse con un malecón que limite el área ó impida que las aguas se extiendan al elevar la capa acuosa sobre grandes superficies que, al quedar al descubierto alternativamente, producen una exacerbación del paludismo.

Los conductos de entarquinamiento de interés particular se derivarán del río; serán abiertos en los puntos en que lo permita la topografía del terreno, y de hormigón cuando no puedan ir en la superficie. Las superficies de los pantanos que se han de rellenar se arenarán para completar su saneamiento y explotarlos en magníficas condiciones para la industria agrícola.

DESAGÜES

Arreglo de los desagües actuales que sean utilizables.—La primera operación que deberá practicarse será la de arreglar los desagües existentes que deban utilizarse para la red definitiva, desbrozando las zanjas y conductos de desagüe, limpiando y arreglando su solera y paredes, de suerte que tengan la uniformidad y condiciones que les correspondan.

Nuevos desagües.—Al propio tiempo se construirán las

vías de comunicación para facilitar los transportes y constituir los nuevos desagües, á los que se dará una pendiente uniforme de 1 por 1.000 siempre que sea posible, reduciéndola en lo que sea preciso, en la zona inferior, en la forma que expresan los distintos perfiles de las referidas vías, cuyas rasantes están representadas con relación al fondo de las dos cunetas ó zanjás de desagüe. En la continuación de los cauces procedentes de las vertientes superiores una de las dos cunetas vendrá sustituida por un nuevo cauce de la amplitud necesaria, la que como promedio será de 4 metros.

Al terminar el desagüe, ó sea al desembocar al mar, hemos dispuesto un tubo de hierro fundido de 0,70 á 0,50 metros sobre el nivel del mar tranquilo, con objeto de evitar la barra que en otro caso se formaría inevitablemente, á pesar de que el sobrante de agua de la acequia de riego contigua al desagüe se verterá á éste, porque en época de temporales de mar éste tiende á levantar el cordón litoral, y por consiguiente, á producir la mencionada barra.

Entre los desagües, el del nuevo cauce del río merece, por su importancia especial, que le consideremos aparte, y por esto, hacemos del mismo un estudio especialísimo. Las acequias que hay al lado de las vías de comunicación tienen por objeto conducir el agua destinada al riego de los terrenos.

Vías ordinarias.—Para facilitar los transportes de materiales y de los mismos productos agrícolas que estén en explotación en el Llano, proyectamos construir una red-vía formada por líneas próximamente paralelas, distantes un kilómetro, que se enlazarán entre sí por la vía que dispondremos en la carretera de Valencia, reformada y rectificada todo cuanto sea posible. En esta vía proponemos se establezca un puente como el que tiene actualmente el Excmo. Sr. D. Fernando Puig, añadiéndole un tramo de los centrales ó más largos para adaptarlo á la amplitud del nuevo cauce, al que cruza normalmente.

Las rasantes de las vías son las que más convienen al país después de haber hecho desaparecer las numerosas depresiones que existen en los terrenos particulares y cuya desaparición, si no se hiciera por levantamiento del terreno, motivaría costosísimos gastos de explotación.

Vía férrea.—La economía, que debe siempre tenerse presente cuando se trata de proyectos de esta índole, reclama que se procuren hacer en buenas condiciones los transportes de los productos de los desmontes y de los necesarios para los terraplenes y del país en general, por lo cual proponemos que durante la construcción se adquiera el material fijo de una vía férrea Decauville, ó un sistema igualmente aceptable, corriendo de cuenta del contratista la adquisición del material móvil. Terminadas las obras, podría otorgarse por subasta pública al mejor postor la explotación de la red ferroviaria en las condiciones que se considere oportuno.

Además de disponerse cuanto sea necesario, la vía férrea se proyecta colocarla también á lo largo de las márgenes del nuevo cauce en los 5 metros de la coronación, utilizando las que menos servicios presten en las indicadas vías, sacando este partido de la facilidad que tiene dicha vía de transportarse en tramos completos y quedando el coste de los transportes englobado en el de la adquisición de la vía y el movimiento de tierras, de suerte que, al finalizar los trabajos, las vías férreas quedarán colocadas en los puntos que designe el Ingeniero Jefe.

Además, entre los desagües figurarán los canales ó zanjás colectoras paralelas á la vía férrea, cuyo objeto es impedir que las aguas de la zona superior invadan la inferior al ferrocarril, á cuyo efecto recogerán aquellas aguas y las verterán en los desagües anteriormente citados.

DRENAGE Y FERTILIZACIÓN DE LOS TERRENOS

Drenage de la zona insalubre.—Los procedimientos indicados bastarán en general para obtener el saneamiento de los terrenos del llano, si se completa el drenage á cielo abierto en donde sea preciso; con el drenage tubular formado por piezas de barro cocido y permeable cuya red ha de producir el descenso de la capa acuosa subterránea ó sea el saneamiento de los pantanos invisibles y con esto, la evasión del agua sobrante, la sustitución de las moléculas de esta por las de oxígeno del aire, el desalamiento del terreno y con su permeabilidad el aumento de su fertilización y potencia productora.

Ya anteriormente hemos expresado la forma de practicar este drenage, por lo cual ahora nos limitaremos á indicar, que si bien, convendría adaptarle á todos los terrenos del llano para aumentar considerablemente su riqueza agrícola, deberán forzosamente drenarse todos aquellos terrenos que sean insalubres ó húmedos.

DRENAGE VERTICAL

PLANTACIONES. ELEVACIÓN DE AGUAS

La vegetación es, pues, un agente de saneamiento, tan poderoso como ya hemos dicho antes; este medio por sí sólo ha producido la desecación y saneamiento de algunos terrenos; por este motivo hemos estudiado la parte agrícola del proyecto íntimamente enlazado con la higiénica, pues los árboles, arbustos, plantas y aún las mismas yerbas hacen las veces de drenes verticales que absorben, aspiran y expelen agua del terreno en que han echado raíces. Así, pues, proponemos que todos los caminos, cauces y acequias se bordeen de especies vegetales de madera blanda y gran desarrollo de partes verdosas que son las que mayor cantidad de agua absorben para su nutrición, originando su rápido crecimiento.

Al mismo efecto de saneamiento vertical concurrirían las elevaciones de agua, de suerte que además de las que motiva este proyecto y que describimos en otro lugar, deben ser bien acogidas todas las instalaciones de fábricas y bombas para elevar aguas, que serán tanto más beneficiosas cuanto que se utilizarán en el riego y verterán al mar sin permitir su estancamiento.

(Se continuará.)

CASAS ECONÓMICAS EN ROTTERDAM

Quien busque algo nuevo ó extraordinario, algo adoptable y de provecho inmediato, no prosiga leyendo estas líneas; la casa de los Países Bajos no se acomoda á las costumbres y clima de España, como sería un despropósito la edificación meridional á las orillas del Mosa, del Leik ó del Amstel. Se trata, más bien, de un documento humano,