

forzar el muro por agua arriba con debilitación por el lado de agua abajo, conservando los mismos cimientos. Pero las soluciones de este género hubieran sido extremadamente costosas, sin contar que ellas ofrecen el peligro de que las partes conservadas del muro antiguo eran incapaces de resistir y que la seguridad ulterior se confiaba toda entera en la calidad de los enlaces de las nuevas mamposterías con las antiguas.

Otras dos soluciones han sido todavía estudiadas. Una de ellas consiste en crear, agua abajo del muro, un terraplén de gran espesor, pero esto es ineficaz aunque poco costoso, puesto que no reduce suficientemente los esfuerzos en el mismo y sobre el suelo de cimentación.

En fin, la última solución consiste en la creación de un contra-depósito agua abajo de la presa actual. Esta solución tiene la ventaja de dejar intacta la presa antigua y poder ejecutar el contra-depósito sin peligro del depósito. Reduce en gran proporción los esfuerzos en el muro y sobre el suelo de cimentación; es una solución de las menos costosas y conduce a la creación de un depósito suplementario de 800.000 m³. Esta fué la solución adoptada.

El contradepósito está comprendido entre el muro actual y un dique situado a 240 m. agua abajo. El embalse normal es de 8 m. por debajo del del depósito. El dique es de tierra, descansando sobre las margas compactas é impermeables que se encuentran próximamente á 7 m. por debajo del suelo natural.—O.

EXPERIMENTOS SOBRE LAS DEFORMACIONES DEL LECHO DE LOS RÍOS DE FONDO MÓVIL EN LOS TRAMOS RECTOS Ó DE PEQUEÑA CURVATURA

En los tramos de los ríos en que las márgenes del lecho medio son fijas y que ofrecen en planta una sucesión de curvas pronunciadas, la vaguada tiene una posición bastante constante. Se ciñe á las orillas cóncavas, pasando de unas á otras por encima de las soleras que reúnen los bancos depositados por las aguas delante de las orillas conexas.

Muy distinta es la situación en las secciones rectas ó de débil curvatura, aun cuando, en condiciones semejantes, las orillas del lecho medio se encuentren fijas y á la misma distancia una de otra. En este caso, la vaguada serpentea igualmente, pero su trazado no es constante, porque los depósitos entre los cuales pasa cambia de lugar á cada crecida.

Para poder mejorar las condiciones de la navegación en aguas bajas y profundizar los pasos sobre las soleras con alguna probabilidad de que dure el efecto de los trabajos, es necesario evidentemente poseer conocimientos positivos sobre la manera que tienen de formarse y cambiar de lugar los depósitos. Pero estos conocimientos son todavía, por lo que concierne á los tramos rectos, muy insuficientes.

Los estudios publicados en varias revistas extranjeras con relación á varios ríos alemanes y franceses, y las observaciones consignadas en estas publicaciones, son muy contradictorias sobre ciertos puntos: mientras hay quien sustenta que los depósitos ó la formación de los bancos depende de la desembocadura de los afluentes, hay quien niega á este factor un papel preponderante. De cualquier modo, estos estudios permiten establecer algunas leyes generales, á saber:

1.º Cuando inmediatamente agua abajo de un afluente se forman depósitos fijos, éstos pueden, en ciertas condiciones, hacer que sean igualmente fijos el lugar de los bancos y de la vaguada en una sección recta situada agua abajo.

2.º La fijación de la vaguada favorece la formación de una cubierta de protección del lecho y reduce el movimiento de los depósitos.

3.º El calado sobre las soleras en las vaguadas fijas es siempre mayor que sobre las soleras en las vaguadas móviles.

4.º Es posible estrechar el lecho de las aguas medias en las secciones rectas de tal manera que los fondos desaparezcan completamente, pero esta mejora local de la sección perjudica en el conjunto las condiciones de la navegación, puesto que la pendiente se reduce por consecuencia de la erosión del lecho agua arriba y del recrecimiento del mismo agua abajo.

Resulta de lo que que precede, que los fenómenos de deformación del lecho superior de los ríos en los tramos rectos son todavía muy poco conocidos, y esto es debido á la falta de observaciones directas hechas durante las crecidas sobre el modo de transportarse los depósitos.

Estas observaciones ofrecen dificultades invencibles. M. Engels, profesor muy conocido por sus estudios experimentales en hidráulica, ha tratado de reemplazarlas por experimentos hechos sobre modelos reducidos.

Estos experimentos han sido ejecutados desde Octubre de 1904 á Abril de 1905, en el laboratorio de la Escuela politécnica de Dresde.

El río artificial que ha servido para los ensayos presenta en línea recta una longitud útil de próximamente diez metros. Se ha fijado en $\frac{1}{15}$ de esta longitud, ó sean 0,70 metros próximamente, el ancho del lecho en el fondo. Las márgenes son cuidadosamente protegidas por placas Monier y forman taludes inclinados de 45°. El lecho se formó de arena.

Para que éste tuviese una tendencia suficiente á ponerse en movimiento, se le dió una pendiente de 0,0025 á 0,003 para un gasto de 5 litros por segundo próximamente. El lecho era en el sentido del ancho, ú horizontal ó ahuecado en parábola.

Las observaciones hechas en el curso de los experimentos, y de las cuales M. Engels ha dado una exposición completa ilustrada con planos y vistas fotográficas, han puesto de manifiesto el modo de formación de los fondos de arena bajo la influencia de una corriente de agua.

Cuando el ancho del lecho es demasiado grande, relativamente á la profundidad y á la pendiente, el agua tiende inmediatamente á modificar la forma del lecho, creándose obstáculos á fin de que se establezcan las condiciones de equilibrio que exige el régimen. Desde luego, el fondo antes unido tiene la forma de una red de rombos, cuyas mallas presentan del lado de agua arriba un pequeño depósito de arena en forma de lengüeta. Á la punta *C* de cada una de estas lengüetas *A'CB* (fig. 1.^a) se

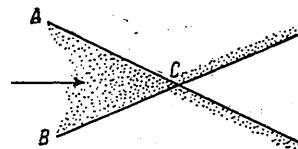


Figura 1.ª

opone otra formada por el hueco de la malla siguiente. El perfil longitudinal del curso de agua ofrece entonces una sucesión de escalones, cada uno de los cuales presenta una pendiente reducida.

Pero no más en los experimentos que en la naturaleza, las materias de que el lecho está formado son absolutamente homogéneas. Bien pronto, algunas de estas lengüetas toman una forma disimétrica, como por ejemplo, *ACB* (fig. 2.^a), limitada por

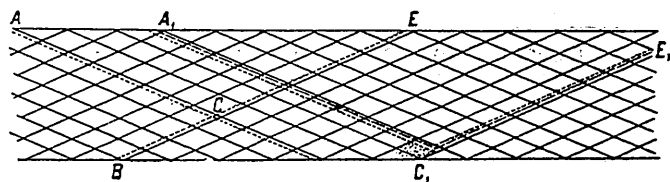


Figura 2.ª

dos taludes *BC* y *AC* cuya altura es máxima en *C*, y va decreciendo hasta *B* y *A*, donde es nula.

La lengüeta ACB avanza hacia agua abajo bajo, la influencia de la corriente, los granos de arena se mueven en el sentido de ésta, es decir, paralelamente á las orillas. Cuando estos granos de arena tocan al talud AC y BC , se produce un cambio brusco en su movimiento, y esto con tanta más intensidad cuanto el talud es más elevado. En tanto que en C los granos de arena se depositan al pie del talud y son inmediatamente recubiertos por los siguientes en AB , estos granos continúan su camino sin pararse. En cuanto á los que pasan entre A y C ó B y C , si no son, cuando llegan al talud, recubiertos por los que les siguen, son arrastrados hacia C por efecto de las fuerzas oblicuas, que crea en su dirección el talud de arena que actúa como un espigón.

Estas consideraciones explican cómo al cabo de un cierto tiempo la punta C de la lengüeta se encuentra trasladada oblicuamente á C_1 . En C se unen las lengüetas CE y D . De la misma manera á C_1 va á parar la lengüeta C_1E_1 . Así se forman altos fondos en C_1 en la margen derecha, y en E_1 en la margen izquierda, que se reproducen agua abajo del mismo modo.

M. Engels deduce de aquí, que sin la intervención de afluentes, los depósitos se trasladan de manera que pueden formar blancos oblicuos alternando de una orilla á otra.

Nada más que á lo largo del talud que limita estos bancos por el lado de agua abajo y en una débil cantidad, las materias arrastradas por el agua se mueven oblicuamente en relación á la dirección de la corriente.

Cuando las altas aguas decrecen, la corriente socava aquel talud, normalmente á su dirección, el paso de la vaguada en aguas bajas corresponde á la solera de este talud.

Como los bancos de arena se trasladan á cada crecida, estos pasos se cierran á cada crecida, para volverse á formar á cada decrecida y cada vez más agua abajo.

Los altos fondos y con ellos el serpenteo de la vaguada en aguas bajas, desaparecen cuando disminuye el acarreo de materias ó que la sección de desagüe se reduce. En los dos casos la pendiente se hace más débil en la longitud considerada.

Estas conclusiones de los experimentos de Dresde, unidos á indicaciones de la práctica, conducen á M. Engels á formular las reglas siguientes en lo que concierne á la mejora de los pasos navegables en los tramos de los ríos rectos ó de pequeña curvatura:

1.º La reducción del ancho del lecho de aguas medias, tiene por consecuencia una disminución de la pendiente; por tanto, no es necesario recurrir á este sistema de mejora más que cuando la pendiente es muy fuerte, resultando así una regularización del perfil longitudinal.

2.º Acentuando la curvatura del lecho en los tramos demasiado rectos, sin cambiar su ancho, se eleva el nivel de las aguas y el fondo, en el origen, en una cierta cantidad que decrece gradualmente hacia agua abajo.

No es necesario entonces emplear este medio más que cuando ha de obtenerse una disminución en las irregularidades de la pendiente. Se puede recurrir á él especialmente en los ríos cuya mejora se realiza con ayuda de espigones, porque se puede, alargando ó acortando éstos, modificar las curvaturas del lecho.

Estos dos primeros sistemas de mejora pueden emplearse simultáneamente.

Como no es posible prever en qué medida estos procedimientos pueden reducir el número de soleras y fijar la vaguada, es necesario esperar el resultado de estos trabajos antes de pasar á la ejecución del tercer medio de mejora.

3.º Para fijar y á un mismo tiempo extender las soleras de la vaguada en las aguas bajas, se pueden emplear procedimientos muy diversos, según la naturaleza del río.

Sobre el Inn, M. Faber ha aplicado, á título de ensayo, una mejora con espigones de fondo. Cualquiera que sea el procedimiento aplicado, debe dar el máximo de efecto en aguas bajas y el mínimo durante las crecidas, y tener por objeto fijar en el mismo lugar la influencia de la decrecida. De todas maneras,

conviene operar desde luego por vía de ensayo sobre una solera determinada. El objeto es alcanzado cuando el paso de las aguas bajas está señalado fijamente.—O.

UNIFICACIÓN DE LAS CIENCIAS

LA LEY FUNDAMENTAL

Sumario (1).—Se indican las leyes precursoras del *principio del trabajo virtual*.—Se expone éste en la forma de Lagrange y aplicándolo á cada ciencia se ve que resultan las ecuaciones fundamentales ó más generales de cada una.—Para aplicarlo no se hace más que sustituir sus *variables extensivas é intensivas* por las propias de la Mecánica, Electricidad, Termodinámica y Química, deduciendo, como caso particular, la Óptica.—Se exponen las relaciones entre dicho *principio* y la *Teoría de funciones* de la moderna Matemática.—Se hace una ligera crítica de la ley del trabajo virtual, indicando su *dificultad*, y con esto queda tratado el primero de los tres términos del problema, tal como lo planteamos en el número anterior: *ley de adaptación del sujeto al medio ambiente*.

I

Los precursores.

Las ciencias en sus comienzos fueron acopiando casos particulares, recogiendo leyes empíricas, inducidas de la observación y de la experiencia, con el auxilio de la Razón, y ellas constituyeron las primeras condensaciones aisladas de la nebulosa intelectual que, por su aproximación sucesiva, habían de crear una personalidad propia, la clave sintética individual del nuevo astro que iba á brillar en el campo de la ciencia; esas leyes llevaban en sí el germen del gran *principio del trabajo virtual* en que hoy todas encuentran su síntesis suprema.

Vislúmbrale Arquímedes en el campo de la Estática, en la palanca, ante cuya ley queda absorta la Humanidad diez y ocho siglos, hasta que su clarivisión surge en la mente de Leonardo de Vinci, al ver por vez primera el concepto del *momento estático*.

Persiguese en el *plano inclinado*, y el principio que lleva este nombre aparece rodeado de misterio hasta que, desentrañado por Stevin, hizole exclamar: «Las maravillas no son maravillas», y fundiolo con el anterior.

En el fondo, se halla, del principio de *decomposición de fuerzas* que Newton abstraigo del aristotélico de *composición de movimientos*.

(1) Sumario de los números anteriores:

Prólogo:

Núm. 1623.—La aparición de la Industria en gran escala, causa una revolución en la Ciencia: frente á la Ciencia racional ó teórica, creada por la inteligencia, el *sentido práctico*, que es al que debe principalmente la industria su desarrollo, crea la Ciencia experimental ó práctica.—Cuando el mercado mundial se abarrota y empieza la lucha por lo económico, esta ciencia no basta y se acoge á la ciencia racional, transformándola, introduciendo en ella los caracteres del sentido práctico: hácela abandonar la investigación del *por qué* de los fenómenos y limitarla á describir modestamente cómo se realizan; cambia sus *sólidos invariables en sólidos naturales*, introduciendo el principio de continuidad.—En la ciencia así transformada, se ve una cosa no prevista: que todas las ciencias se parecen, que no son más que una sola.—Mostrar esa evolución es el objeto de este prólogo y reseñar los rasgos generales de esa ciencia única es el objeto de este artículo.

Plan de la ciencia única.

Núm. 1634.—Analizada la estructura de cualquier ciencia se observan en ella dos entidades: *definiciones y propiedades*; unas y otras son *combinaciones* de unas cuantas nociones indefinibles y propiedades indemostrables, que figuran al principio de cada ciencia. Las *combinaciones* son proporcionadas por la Matemática.—En la ciencia única esas nociones elementales son las variables extensivas é intensivas; las propiedades son los fenómenos.—Aparecen unos y otros perfectamente clasificados y se descomponen la ecuación representativa del fenómeno, en las que definen el *sujeto*, el *medio ambiente* y la *ley de adaptación*.—La clasificación de los fenómenos puede descomponerse en la de sujetos y la de medios ambientes.—Tratar de la *ley de adaptación* (principio del trabajo virtual) y de los sistemas de dichas dos clasificaciones será objeto del artículo siguiente.