

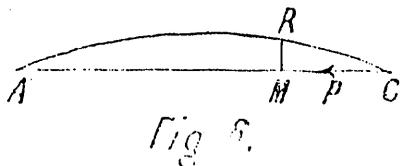
deforma según la curva AD , siendo fijo el punto A , y llamemos δ á la proyección sobre el eje del camino recorrido por el extremo C ; se supone δ muy pequeño. Euler encuentra la fórmula.

$$D \delta = \frac{F}{3} \frac{a^3}{E k^2}$$

Esta ecuación le conduce á un método para determinar el momento de rigidez $E k^2$, y propone otras varias investigaciones experimentales fundadas en la misma relación.

Hace luego una interesante comparación entre las fuerzas necesarias para producir una flexión dada en una viga empotrada por un extremo y libre por el otro, según se apliquen normal ó paralelamente al eje neutro. En el primer caso, cualquier fuerza, por pequeña que sea, produce una flexión, mientras que, en el segundo, no se produce flexión sino cuando la fuerza excede de cierto límite, y se demuestra además que la menor fuerza capaz de producir flexión en la viga si se aplica según su eje, produciría, aplicada normalmente, una deformación enorme.

Euler deduce más adelante la ecuación del eje deformado de un prisma articulado por un extremo y sujeto á un esfuerzo P , según su eje (fig. 6); siendo $x = AM$, $y = MR$ y θ el ángulo RCM , halla la ecuación



$$\frac{y}{\theta} \sqrt{\frac{P}{E k^2}} = \text{sen} \left(x \sqrt{\frac{P}{E k^2}} \right)$$

Para $x = a$, $y = 0$;
de donde resulta

$$a \sqrt{\frac{P}{E k^2}} = \pi$$

y de esta ecuación deduce que el menor valor de P capaz de producir flexión es

$$P = \pi^2 \frac{E k^2}{a^2}$$

Tal es, en sustancia, la doctrina contenida en esta primera memoria de Euler, importantísima para el estudio que nos hemos propuesto.

VI

Euler (continuación), Fuss, Lexell.—Euler escribió otras tres memorias acerca del problema de las columnas, ó, más en general, de las piezas prismáticas oprimidas por sus extremos; estas memorias fueron publicadas en San Petersburgo el año 1783. Sus títulos son:

- 1.^a *Determinatio onerum quæ columnæ gestare valent.*
- 2.^a *Examen insignis paradoxi in theoria columnarum occurrentis.*
- 3.^a *De altitudine columnarum sub proprio pondere corruentium.*

En la primera de estas memorias, insiste sobre los resultados obtenidos anteriormente y consignados en la del año 1757, afirmando que las columnas no se rompen por simple aplastamiento, sino que precede siempre á la rotura la flexión ó encorvamiento del eje neutro.

Aquí propone Euler, por vez primera, un importante problema de aplicación práctica, que consiste en determinar las dimensiones de la sección del prisma en función del momento de rigidez $E k^2$.

Tomando por eje de las x la intersección del plano de la sección con el plano de flexión y por eje de las y la perpendicular al eje de las x trazada por el punto de intersección con el eje neutro y contenida en el plano de la sección considerada, obtiene la relación:

$$E k^2 = h \int x^2 y \, dx$$

en la cual h representa lo que hoy llamamos coeficiente de elasticidad.

Euler supone la fibra neutra situada en la cara cóncava del prisma deformado, incurriendo en el mismo error que Bernoulli y otros muchos matemáticos del siglo XVIII.

Obtiene así, para un prisma de sección rectangular cuyas dimensiones son b y c , siendo esta última la perpendicular al plano de flexión,

$$E k^2 = \frac{1}{3} b^3 c h$$

Fácilmente se aplica también la fórmula general al caso de una sección circular.

Compáranse á continuación los resultados teóricos con los obtenidos por Musschenbroek en sus experimentos ya citados anteriormente, y Euler halla que hay conformidad entre unos y otros. Con el auxilio de estos datos experimentales determina el valor del coeficiente de elasticidad.

Es muy curiosa é interesante, desde el punto de vista histórico, la investigación que se encuentra al final de esta memoria de Euler.

(Se continuará.)

SANEAMIENTO DE POBLACIONES

(CONTINUACIÓN)

Y aun diremos más: no en todos los casos se sana la urbe en condiciones especiales, en las ciudades situadas á la orilla de las corrientes, en que se sienten los efectos del flujo y refluo de las mareas, como Londres, por ejemplo, ni aun arrojando lejos las aguas negras se consigue desprenderse de ellas; los productos putrescibles vuelven á ellas, y el río, inficionado aguas abajo, se inficiona aguas arriba.

El supuesto de que la corriente basta para depurar las impurezas que recibe es completamente erróneo. Verdad es que á la infección la combaten un cierto número de acciones naturales que tienden á modificar continuamente la composición de las aguas impuras, unas, entre ellas, la oxidación puramente química, otras, como la dilución y el depósito, mecánicas ó físicas; pero su efecto es lento é incompleto.

La oxidación de las materias orgánicas en suspensión en el agua está probada por la disminución del oxígeno y la producción de gases carburados, efecto de las reacciones correspondientes.

Otras reacciones químicas, por efecto del contacto de residuos diversos, dan lugar á precipitados que limpian al agua de algunas de sus impurezas.

El trabajo de los organismos vegetales y animales que se nutren á expensas de las materias en suspensión contribuyen también á modificar su composición.

Los depósitos que no tardan en producirse en el fondo y en las orillas aclaran las aguas, pero sobre todo la dilución es la que desempeña el principal papel en la purificación aparente que se observa á alguna distancia del punto de infección, porque las impurezas diseminadas en una masa considerable se encuentran

al cabo de cierto tiempo en proporciones mínimas que llecan á escapar á un análisis minucioso. Decimos aparente, pues aunque un agua parezca suficientemente pura y potable, no presentará bajo el punto de vista sanitario garantía verdadera si ha sido infectada á cierta distancia aguas arriba.

La influencia de los agentes naturales de depuración es, pues, muy pequeña, y esto lo comprueba el resultado de las observaciones hechas.

De los estudios de la Comisión inglesa para el saneamiento de los ríos, se deduce que los productos de una alcantarilla, diluidos en un volumen de agua veinte veces mayor y corriendo con una velocidad de una milla inglesa por hora, sólo pierden al cabo de una semana, es decir, después de recorrer 190 millas, $\frac{1}{3}$ de la sustancia orgánica que contienen, y Frankland deduce del conjunto de observaciones que la Comisión practicó entonces, que no existe un solo río en Inglaterra, por largo que sea su curso, del que hayan desaparecido por completo las materias orgánicas que las alcantarillas han vertido en él.

El concienzudo estudio llevado á cabo en el Sena por diversas Comisiones, arroja análogos resultados.

Este río, dice el Sr. Uhagón, que en Corbeil, á 34 kilómetros aguas arriba de París, apenas contiene materias orgánicas y da una proporción de oxígeno de 9 centímetros cúbicos por litro, empieza á contaminarse en su recorrido por la capital, y aguas abajo de ella la proporción de oxígeno se reduce á 5,3 centímetros cúbicos por litro, y la infección orgánica empieza acusando un gramo de nitrógeno por metro cúbico.

Aguas abajo de Clichy, punto en donde desagua el gran colector 394.000 metros cúbicos de aguas negras en veinticuatro horas, el río es una verdadera cloaca.

La cantidad de oxígeno se reduce á un centímetro cúbico por litro; el nitrógeno aumenta hasta dosificar 25 gramos por metro cúbico, y el número de micro-organismos llega á 200.000 por centímetro cúbico. La infección del río continúa aguas abajo por la aportación de materiales que trae el colector de Saint Denis ó colector del Norte hasta completar el volumen de 445.000 metros cúbicos de aguas negras que expulsa París en un día, y cuya composición media es la siguiente: 0,503 kilogramos de sustancias orgánicas, comprendiendo 0,032 de nitrógeno y 0,952 de sustancias minerales.

Sigue el río infectado por largo trecho, y ya en Marly contiene sólo 3 gramos de nitrógeno por metro cúbico, y el oxígeno aumenta hasta 2 centímetros cúbicos por litro, siendo el número de micro-organismos de 150.000.

En Nantes, 86 kilómetros aguas abajo de la confluencia del colector de Clichy, el agua, á pesar de tan largo recorrido, conserva aún 1,4 gramos de nitrógeno y 3 gramos de urea por metro cúbico, según los análisis de Shtoesin.

No es, pues, solución del problema de saneamiento de las poblaciones verter los productos impuros á una corriente próxima, salvo en los casos especiales de que ésta tenga un volumen enorme en comparación con el que desaguan las alcantarillas, ó las aguas negras estén en extremo diluidas.

Sólo se consigue evitar el mal en un sitio para extenderlo á una línea de gran longitud, en la que los depósitos de materias en descomposición que desprenden gases favorecen el desarrollo y trasladan sus gérmenes patógenos y alteran la composición del aire robándole el oxígeno.

Otra solución al problema, preconizado por algunos Ingenieros é higienistas, es la de verterlas al mar en los casos en que éste es posible, suponiendo que la destrucción y esterilización de las materias orgánicas se podrá conseguir fácilmente gracias á una gran masa de aguas en constante movimiento y á su composición química.

Sólo cuando la costa, en el punto del desagüe del colector, está formada por un acantilado á gran profundidad, donde batan las aguas con fuerte oleaje, podrá obtenerse algún resultado. En los demás casos, recogidas las materias impuras por las corrientes litorales, se forman depósitos en los senos y playas próxi-

mas, consiguiéndose sólo, como en los ríos, trasladar la infección. Ejemplo: Londres, Marsella, Nápoles, etc., cuyos puertos están completamente infestados por haber seguido este sistema.

La Comisión parlamentaria de 1835 deseó su aplicación á París, diciendo:

«Se formaría en la desembocadura un cono de deyección y las corrientes y los vientos transportarían á las playas cercanas los detritus que se acumularían en ellas al cabo de un tiempo más ó menos largo. No existiría diferencia alguna con la activa infección de Clichy, y si acaso ésta sería en beneficio del Sena, cuya corriente transporta las materias y va poco á poco verificándose por sí misma. En la costa, por el contrario, las masas de detritus irían acumulándose, y las mareas las internarían hasta gran distancia. Otros procedimientos se han ideado para el tratamiento de las aguas sucias con el fin de hacerlas completamente inocuas, pero tampoco son prácticos.

Los examinaremos ligeramente.

Procedimientos mecánicos.

Los procedimientos mecánicos no son verdaderos sistemas de depuración de las aguas de las alcantarillas, puesto que no hacen más que separar los cuerpos sólidos en suspensión, sin obrar sobre las materias disueltas, preparándola, por decirlo así, para una depuración química ó para verterlas en los ríos, evitando uno de los inconvenientes de este sistema la formación de depósitos en el fondo ó en las orillas.

El medio más sencillo es la decantación. Se conducen las aguas á grandes depósitos, donde se las deja bastante tiempo para que las materias en suspensión caigan al fondo por la acción de la gravedad. Otro medio es la filtración á través de sustancias inertes, como la arena ó el cok, ó de telas metálicas fijas y móviles. Todos tienen el inconveniente de la lentitud, exigir mucho espacio y producir emanaciones desagradables.

Procedimientos químicos.

Por los procedimientos químicos se trata de separar de las aguas negras las materias sólidas en suspensión, y á la vez las materias disueltas que son perjudiciales. Para ello se produce por la adición de ciertos reactivos acciones moleculares, de las que resultan la formación de un precipitado gelatinoso, que al caer al fondo de los depósitos, arrastra y recoge las partículas sólidas; el agua, más ó menos epurada, sale por vertederos superficiales.

Las principales sustancias de que se hace uso son la cal, el cloruro de cal, el percloruro de hierro, el ácido fénico, el sulfato de aluminio, el sulfato de cinc, el carbón, etc., y en algunos casos dos ó más combinaciones, ó haciéndolos obrar separadamente. El procedimiento inglés, que se conoce con el nombre de A, B, C, tiene por base el empleo simultáneo del alumbre, la sangro y el carbón.

Pero sea cualquiera la que se emplee, la mayor parte de las sustancias nitrogenadas y los micro-organismos quedan en el líquido, que al cabo de algunos días, á pesar de su epuración, entran en descomposición.

Los ensayos hechos por los Ingenieros del Municipio de París demuestran que el agua depurada conservaba aún la mitad ó los dos tercios del nitrógeno total de las negras. Frankland, encargado de este estudio por el Gobierno inglés, declaró que este sistema sólo hace desaparecer la tercera parte de los productos nocivos que las aguas contienen.

Por otra parte, las sustancias depositadas no tienen valor, las instalaciones son costosas y las estancias de las aguas en los depósitos epuratorios y las manipulaciones á que dan lugar constituyen un peligro grande para la salubridad de las casas inmediatas.

JOSÉ M. RODRÍGUEZ VALBUENA.

(Se continuará.)