



AÑO LXXXIII

MADRID = AGOSTO DE 1928.

NUM. VIII

## LA ENTREGA DE REALES DESPACHOS A LA PROMOCION 110

El día 10 de julio se verificó en la Academia del Cuerpo el acto de entregar solemnemente a los nuevos tenientes los Reales Despachos, por los que se les concede su empleo.

Su Majestad el Rey, que ya en otras ocasiones ha honrado a algunas promociones, haciendo dicha entrega personalmente, no pudo realizarlo este año por estar ausente de España, aunque había expresado su deseo de hacerlo, por la circunstancia de ser uno de los ingenieros de la promoción 110, S. A. R. el Infante D. Luis Fernando de Baviera, hijo de la inolvidable y malograda Infanta María Teresa. Delegó especialmente su representación en S. A. R. el Infante D. Fernando de Baviera, padre del nuevo oficial, según el telegrama siguiente:

«Infante D. Fernando Baviera, Madrid.—M. 381. London, 28-6, 2.000.—Vía cable Bilbao oficial.—Deseo me representes entrega Despachos, manifestando mi sentimiento no poder hacerlo personalmente, sobre todo en promoción de mi sobrino. Abrazos. Gracias.—*Alfonso, Rey.*»

Se adhirieron al acto los generales Marvá, Moreno y Gil de Borja, Los-Arcos, Soriano, García Roure, Mayandía, Avilés, Jiménez Sáenz y coronel Kindelán.

Poco antes de las seis de la tarde empezaron a llegar a la Academia las autoridades; el capitán general de la 5.<sup>a</sup> Región, teniente general Perales; el gobernador militar de la plaza, general La Dehesá; jefe de la Sección de Ingenieros, general Sojo; gobernador civil de Guadalajara, señor Cabello Lapidra y numerosos generales, jefes y oficiales de Ingenieros.

En el picadero de la Academia se había habilitado un dosel para la presidencia y dos tribunas suplementarias a lo largo de los lados mayores, construidas con material reglamentario de pontoneros; la decoración, sobria, estaba constituida por elementos de los distintos servicios del Cuerpo. La compañía de alumnos formó con bandera en el testero, enfrente de la tribuna fija, debajo de la cual estaba la mesa presidencial y a un costado la nueva promoción.

A la hora señalada llegó en automóvil S. A. R. el Infante D. Fernando, acompañado de su esposa S. A. la Duquesa de Talavera, a los que se rindieron los honores de ordenanza, pasando rápidamente a la mesa presidencial, desfilando ante ella los nuevos tenientes, recogiendo de manos de S. A. los oficios en que se traslada la Real orden de nombramiento. El momento de entregar el Infante D. Fernando el suyo a su primogénito, fué de gran emoción para los que aún ven en la carrera de las Armas algo más que una manera de vivir y acentuó más esta impresión el dominio que sobre sus sentimientos demostraron SS. AA., no dejándolos traslucir al exterior.

El coronel Villar, director de la Academia, pidiendo la venia a S. A. se dirigió a los nuevos tenientes, desde enfrente a sus filas, con gesto y tono enérgicos, como jefe que paternalmente despide a los que han sido sus subordinados, con las frases que siguen:

Hora tras hora, día tras día, semana tras semana, desde que empezásteis vuestra preparación para ingresar en esta Academia, lleváis seis o siete años anhelando la llegada de este día, uno de los más felices de vuestra vida, puesto que en él veis realizadas las ilusiones de vuestra infancia.

Vuestra alegría repercute en los corazones de todos los ingenieros militares aquí presentes, pues evocáis en nuestra mente recuerdos impecederos, alegrías pasadas, que nos parecen aumentadas, porque el tiempo ha interpuesto entre ellas y los momentos actuales las amarguras y tristezas inevitables en el rudo batallar de la vida, formando contraste y realzando el recuerdo de aquellos momentos venturosos que hoy se nos presentan agrandados cual si los contempláramos a través de los cristales de un microscopio.

Vemos en vosotros la nueva savia que viene a reverdecer las glorias.

y tradiciones del Cuerpo y la alegría que por esta causa inunda nuestro espíritu, se acrecenta extraordinariamente este año, por la feliz circunstancia de venir entre vosotros un Infante de sangre real, notable distinción que enorgullecería a cualquier corporación, pero mucho más a nuestro Cuerpo, oscuro y modesto como sabéis, que jamás pensó en ser objeto de honor semejante.... y no pudo pensarlo, porque no era fácil encontrar un joven, que poseedor desde su cuna de posición tan elevada, tuviese a la vez la abnegación suficiente para venir a acompañarnos en nuestra marcha por el estrecho sendero de la ciencia que representa esta Academia, harto duro y penoso como sabéis.

Pero eso el Cuerpo le recibe con profundo respeto, con singular cariño; pero sobre todo.... con inmensa admiración.

Ha llegado el momento de que os emancipeis de esta Academia y por el cargo que desempeñáis, cumpla el deber de daros la despedida en nombre de los profesores de este Centro de enseñanza y de entregaros al Cuerpo, a que pertenecéis desde ahora.

Y en estos momentos felices para todos, sólo de asuntos placenteros, sólo de alegrías quisiera hablaros; pero la experiencia adquirida con los años, me enseña las desilusiones que os aguardan y me induce a daros un último consejo que bien quisiera no echárais en olvido.

Procuraré condensar mi pensamiento en pocas palabras.

.....

Ley humana es el ansia constante de perfeccionamiento y mejora; todos aspiramos de continuo a tener algo más de lo que poseemos: el pobre, desea una posición desahogada; el que la tiene, desea ser rico; el que posee riquezas, ambiciona honores; el sabio sigue estudiando, desea saber más, y así sucesivamente.

Vosotros hasta ahora ambicionábais ser tenientes de Ingenieros, ya lo habéis conseguido, y desde ahora pensaréis en lograr algo más; soñaréis con glorias militares, hechos de armas, cruces laureadas, nuevos méritos, ambiciones dignas y honradas merecedoras de todo género de aplausos.

Pero pocos de vosotros verán realizadas esas ilusiones de gloria, pues las ocasiones propicias para ello, se presentan pocas veces en la vida; los más, no os veréis favorecidos por esa suerte y lentamente sentiréis la desilusión, el desaliento propio de quien no consigue ver realizadas sus aspiraciones; es una ley fatal de la vida, y en esos momentos de decaimiento es cuando quisiera estar a vuestro lado; como esto no ha de serme posible, os ruego recordéis en ellos, éste, mi último consejo:

Todos, no tendréis ocasión de ser héroes en el campo de batalla, pero

todos podéis sacrificar vuestra vida en el estudio de las ciencias militares, aplicándolas en provecho del servicio de las armas.....; no os dejéis seducir por negocios industriales o mercantiles que os ofrezcan ganancias efectivas unas veces, ficticias otras; no, los grandes corazones, los espíritus altruistas no se forjaron en el comercio.....; pensad que ingeniero militar es el que estudia: Minas, Fortificación, Artillería, Explosivos.....; ingeniero militar es el que en paz y en guerra prepara el terreno para que combatan con ventaja las demás Armas, obteniendo: laureles para ellas, victorias para la Patria.....; consagrad vuestro talento, vuestros estudios y vuestras energías al servicio militar....., si no hay en ello heroísmo de momento, deslumbrador ante la opinión pública....., hay, en cambio, un sacrificio lento, continuo, constante, no menos meritorio, porque carezca de relumbrón, y vuestro trabajo no será baldío, pues os proporcionará esa interior satisfacción del deber cumplido....., del deber cumplido con exceso....., bálsamo consolador que mitigará siempre vuestras penas y os dará nuevas fuerzas, alentándoos en los momentos tristes para que podáis conservar y transmitir a vuestros sucesores, tres lemas que fueron siempre norma del Cuerpo: Ciencia, Disciplina, Integridad.

Seguidamente el general Sojo, jefe de la Sección, y desde el puesto que ocupaba en el extremo derecho de la mesa presidencial, les dirigió también la palabra en la forma siguiente:

Serenísimo Señor: Quiero empezar enviando un respetuoso saludo a S. M. el Rey que se ha dignado tomar parte en este nuestro gran día, haciéndose representar por V. A. que tanto significa y para quien, así como para Vuestra Augusta Madre, tantos motivos de agradecimiento tiene el Cuerpo de Ingenieros que no olvida a la ilustre Infanta que en días de desolación en que vimos desaparecer por el fuego esta nuestra casa-solar, acudió a consolarnos con un presente de libros iniciador de la restauración de la perdida biblioteca.

Serenísimo Señor: Día de inmensa satisfacción es para el Cuerpo de Ingenieros el de hoy. Unense para este contento con el ingreso en sus filas de una nueva promoción—palpable demostración de la continuidad de su existencia, y que como todo ser que nace trae aparejadas las más halagüeñas esperanzas para sus progenitores, que en el orden de la inteligencia, somos en este caso todos los Ingenieros—la consideración de que forma parte de aquella un ilustre Infante de España, el cual, por la bondad de S. M. y la de V. A., fué entregado al penoso ingenieril estudio en estas nuestras aulas de Guadalajara.

No poco enturbia nuestra satisfacción el recuerdo de aquella Santa Señora, hermana de S. M., que arrebató su esencia misma a la bondad para coronarse con sus galas, y a la cual vimos nacer rodeada de las ma-

yores esperanzas y desaparecer dejando en el atribulado corazón de los españoles los más tiernos recuerdos.

Sírvenos de consuelo la seguridad que abrigamos de que sus excelsas virtudes la colocaron en puesto preferente al lado del Altísimo, desde donde bendecirá, en este día muy principalmente, a la Señora Infanta que supo reemplazar en el cuidado de sus hijos la falta de los maternos que la muerte le sustrajo, y a todos los que han secundado a SS. MM. y a Vuestra Alteza, Señor, en hacer menos sensible a los tiernos Infantes la falta tan inmensa que de niños experimentaron.

Señor: El espectáculo que en estos momentos contemplamos no es de aquellos que por su constante repetición alejan el ánimo perceptivo de las multitudes siempre ansiosas de novedad y emociones nuevas. Estamos en presencia de un Infante de España, sobrino de S. M., que termina la carrera de Ingeniero venciendo todas las mismas dificultades y todos los mismos obstáculos que sus demás compañeros han tenido que vencer; y sin que lo elevado de su nacimiento le haya servido de pararrayos contra las tempestades escolares.

Ahora bien, Señor, la índole especial del cometido encargado a nuestro Cuerpo en las pasadas edades no se conciliaba bien con el concepto que del trabajo se tenía por las clases elevadas de nuestra sociedad, y aquel cometido fué, además, siempre de una suprema ingratitud.

Desde el punto de vista artístico, las fortalezas, verdaderas obras de arte, por su índole misma, estaban vedadas a la contemplación de la masa humana, y así como el escultor, el pintor, el músico y el arquitecto recibían de aquella masa el rendimiento de admiración cuando acertaban a aprisionar en sus obras el genio de la belleza, el ingeniero militar tenía que resignarse a la idea de ser indispensable el alejamiento de esa masa, y tanto más cuanto mayor fuera el acierto al engendrar las suyas, a cuya tristeza había de unirse la de pensar que precisamente acababa su obra para entregarla a la lucha que muchas veces traía aparejada su prematura destrucción.

Aun de aquéllos a quienes por su profesión no estaba vedada la contemplación de las obras, antes por el contrario, habían de ser sus lógicos ocupantes, no podía esperar el arquitecto militar, en la mayor parte de los casos, aplausos entusiastas. Mezcla las fortalezas de vivienda y de arma, cuyas exigencias a menudo se contradicen, se han de apreciar de distinta manera sus bellezas, según sea la índole de la facción que sobre ellas pese. Cuando ilumina el ciclo el sol de la paz o suenan lejos los rigores de la guerra, no se admiten fácilmente las lobregueces de casamatas y viviendas abovedadas, siendo, en cambio, toda protección poca cuando el enemigo ejerce su acción intensa sobre ella.

Si como artistas vemos las condiciones de inferioridad en que el arte de la fortificación colocaba, con respecto a los demás, a sus cultivadores, en el orden puramente militar y en aquella parte de la lucha que se consideraba privativa de los ingenieros, la guerra de minas, aún era más triste la condición de éstos. En el fondo de oscuras galerías no les era posible lucir las gallardías del militar que por su patria muere al aire libre; y en la mayor parte de los casos su muerte era oscura también como lo eran las galerías en que ella tenía lugar.

No es de extrañar pues, Señor, que los príncipes, enviados por Dios para ejemplo de sus subordinados, cuando tenían que dedicar su actividad a los menesteres de la milicia, se alejaran de la profesión del ingeniero militar y prefirieran que sus airones, hechos para servir de guía a sus soldados, se dejaran agitar por el viento en los campos de batalla, dando así la mayor publicidad, en beneficio de la Patria, a sus hechos esclarecidos.

No he de ocultar que en España, y entre los preclaros ascendentes de V. A., ha habido ejemplos inimitables que parecen contradecir lo expuesto. Pero estos mismos ejemplos nacidos de la pujanza guerrera de nuestra raza no permiten variar las afirmaciones anteriormente hechas y así, Señor, la Nación entera ha de mirar con simpatía el ingreso en un Cuerpo, cuya característica histórica ha sido el trabajo, a un hijo de la llorada hermana de S. M., la Infanta D.<sup>a</sup> María Teresa.

He pronunciado la palabra *trabajo* y aquí creo, Señor, entrever la causa del hecho que a primera vista no nos explicamos.

Ha tocado al glorioso reinado de Vuestro Augusto Hermano la noble misión de glorificar el trabajo, creando un Ministerio a él dedicado, preparado para encauzar las aspiraciones de la masa obrera, consciente de su importancia; nada de particular tiene, pues, que S. M. y V. A. al entregar su deudo al servicio de la Patria en el Ejército, lo hayan hecho al Cuerpo que hasta hoy encarnaba más que otro alguno esta modalidad bélica, siempre tenida por secundaria en la milicia.

Yo me permito, en este sentido, dirigirme directamente a nuestro Señor y compañero el Infante D. Luis, teniente de Ingenieros de la promoción 110, para darle las más rendidas gracias por haberse dignado compartir con sus compañeros todas las tareas ingratas del estudio y vicisitudes académicas, siendo un modelo para ellos y sin que un sólo momento haya dejado de ser lo que por su elevada alcurnia teníamos derecho a esperar.

Ahora, Señor, con vuestro bondadoso permiso voy a permitirme dirigir la palabra en general a todos estos queridos compañeros que forman la citada promoción.

Mucho os podría decir yo que soy para vosotros, como quien dice, la voz del pasado, es decir, de la experiencia, si no comprendiera que no debo abusar de la atención de las Augustas Personas que nos escuchan.

De todos los pensamientos que a mi mente acuden quiero, sin embargo, subrayar uno para que con la cortedad de la materia quede más seguramente impreso en vuestros corazones.

Este hecho es la necesidad de la más estrecha unión entre vosotros y todos vuestros compañeros de las otras Armas. No os de recordar aquí que el Ejército, suma de fuerzas que la nación moviliza para la salvaguardia de su honra, tendrá su eficacia máxima cuando esas fuerzas sean paralelas y dirigidas en el mismo sentido, sin que hayan de permitirse pérdidas de energía en proyecciones y cosenos, pues no las admite el seno sagrado de la Madre España.

Trabajad con ánimo dando su parte proporcional en vuestro tiempo a la ética, al estudio y a la cultura física, pero hacerlo guiados siempre por los más nobles sentimientos; con la vista fija en el bien de la Patria a la cual habréis de ofrendar el fruto de vuestro trabajo, sin que esto pretendáis que os sirva de mérito que os aleje de vuestros compañeros de otras Armas. Debéis ser buenos militares, pero deseando que lo sean al mismo tiempo todos los demás organismos que integran el Ejército, en la inteligencia de que de nada valdría que os elevárais como una cuspide florida si aquéllos no resplandecieran igualmente para la indispensable armonía del conjunto.

No os ha de preocupar si esta vuestra conducta, si realmente conseguís sea levantada, os pareciera no tener siempre la correspondencia debida. En tales casos, en lugar de dejaros abatir o de reaccionar violentamente dando oídos al espíritu de rebeldía que duerme en nuestros pobres corazones de hombres, continuad tranquilos trabajando con la vista fija en el bien de España y de nuestro Augusto Monarca, que seguramente allí convergerán también las miradas de todos los que siendo buenos españoles os pudieran parecer vuestros antagonistas.

Entonces, situados en esos serenos planos impasionales, veréis cómo los que os parecieron obstáculos infranqueables para la concordia son, por el contrario, puentes tendidos sobre el torrente de nuestras bajas pasiones, para llegar a ella; cosa que a toda costa reclama el bien de nuestra amada Patria.

Dicho esto, y dando las más rendidas gracias a las ilustres damas y a cuantas autoridades y personalidades nos honran con su presencia en este acto, permitidme Serenísimo Señor, que elevando aún más el corazón invite a estos nuevos compañeros a gritar conmigo:

¡Viva España! ¡Viva el Rey! ¡Viva el Ejército! ¡Viva el Infante don Luis!

\*  
\*  
\*

Retirada la Bandera y después de desfilarse la compañía de alumnos, rompieron filas los nuevos tenientes, y con las autoridades subieron a la tribuna alta, donde había dispuesta una mesa con un lunch. Al ir a colocar S. A. R. a su derecha al coronel Villar, éste le manifestó que estando entre los presentes el coronel retirado D. Nicolás de Ugarte, antiguo profesor suyo, académico de Ciencias y una de las más sólidas glorias del Cuerpo, le suplicaba lo sentase en dicho lugar preferente, que él en justicia no podía ocupar, y que en toda circunstancia tenía singular complacencia en rendirle ese homenaje de consideración y respeto. Accedió a ello S. A. R., colocando a su inmediación al coronel Ugarte, y seguidamente el coronel director de la Academia.

Una vez terminado el refresco, y antes de regresar en automóvil a Madrid, SS. AA. se sentaron un momento mientras la juventud, entre la que se contaban sus Augustos Hijos, bailaba. S. A. R. el Infante D. Luis y D. José Eugenio, número 1 de la promoción de 5.º año, fueron poco después a la estación, con sus profesores los comandantes Escartín de E. M. y Serra, de Ingenieros, despidiéndose cariñosamente de sus compañeros, a los que tratan en un pie de camaradería e igualdad encantador, que proclaman la nobleza de sus sentimientos.

Hasta cerca de las diez se prolongó el improvisado baile, en el que estaban las familias de los compañeros de Guadalajara y algunas de Madrid, y lo más distinguido de la capital alcarreña, que recordó a los que ya van siendo viejos, tiempos mejores, que les hacían olvidar los años transcurridos desde su época escolar, en los que tantos cambios ha sufrido y por tan graves pruebas ha pasado la Colectividad, la principal de las cuales, la desaparición de su casa solariega, tan cerca mostraba la triste realidad.

Pero invitaba al optimismo el ver la nueva rama nacida del viejo tronco, indicio de que éste conserva vitalidad para continuar dando en lo sucesivo nuevos y vigorosos brotes.

LA REDACCION.





# DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR LOS FANGOS ACTIVADOS

Tema obligatorio  
del Concurso-oposición para ingenieros sanitarios. Madrid, 1927-1928.

Ejercicio para el grupo de concursantes ingenieros militares.

## INTRODUCCIÓN

Presentados el 16 de febrero de 1927, previa citación en la *Gaceta de Madrid* del 6 de igual mes, en la Dirección General de Sanidad—Ministerio de la Gobernación—, estaba formado ese día el tribunal del «Concurso-oposición» por el inspector de Sanidad, Dr. Cortezo, y los ingenieros Sres. Gallego Ramos y Serrano, siéndonos entregado el tema siguiente para su desarrollo con carácter forzoso: *Anteproyecto de instalación biológica artificial para depurar 1.000 metros cúbicos diarios de aguas de alcantarilla (por lechos de contacto, ídem percoladores o fangos activados, a elección).*

Desde el primer momento nos impusimos la tarea de exponer el tema señalado con la mayor rapidez y precisión de que fuéramos capaces, al objeto de reintegrarnos a nuestro destino en Marruecos, donde teníamos encomendadas apremiantes obras que reclamaban nuestra presencia.

### I.—En qué consiste la depuración de las aguas de alcantarilla.

Depurar las aguas de alcantarilla es desposeerlas: 1.º, de los cuerpos pesados; 2.º, de las materias flotantes; 3.º, de las partículas finas en suspensión; 4.º, de las sustancias en disolución.

El Consejo Superior de Higiene Pública de Francia señala que debe admitirse provisionalmente como satisfactoria la depuración:

1.º Cuando el líquido, ya depurado o effluente, no contiene más de 30 miligramos de materias en suspensión por litro.

2.º Cuando después de pasar por el papel filtro, la cantidad de oxígeno que el efluente toma al permanganato de potasa durante tres minutos, queda sensiblemente constante antes y después de siete días de incubación a 30 grados en frasco cerrado con tapón de esmeril.

3.º Cuando después de siete días de incubación a 30 grados el efluente no desprende ningún olor pútrido ni amoniacal.

4.º Cuando el efluente no contiene ninguna substancia química susceptible de intoxicar a los peces ni perjudicar a los animales que beban en los cursos de agua donde se vierta.

Se añade generalmente que se admitirá un efluente ligeramente putrescible cuando el curso de agua que le reciba tenga gran caudal, conviniendo efectuar análisis de muestras tomadas aguas arriba y aguas abajo del lugar donde vierta la instalación depuradora en el río, para asegurarse de que sus aguas no se han modificado sensiblemente.

La Real Comisión Inglesa considera aceptable la depuración cuando se cumple solamente la condición segunda de las cuatro que exige el Consejo Superior de Higiene de Francia.

Las condiciones francesas son excesivamente rigurosas, y M. Verrier decía en el tomo primero de los *Annales des Ponts et Chaussées de 1925*, «que si fueran aceptadas en Francia las normas de la Comisión inglesa podría esperarse el desarrollo del sistema de alcantarillado unitario y el saneamiento de las poblaciones francesas progresaría más de lo poco que consienten los elevados gastos que supone canalizar y tratar las inmundicias líquidas, ya que en las poblaciones cercanas al mar o a ríos caudalosos bastaría, después de implantar el «todo a la alcantarilla», separar los cuerpos pesados y materias flotantes y decantar las aguas, lo que exige poco gasto, sin ocuparse de las substancias en disolución, cuya transformación y eliminación es la fase más costosa de la depuración biológica; en muchos casos ni aun la decantación sería necesaria».

Hay ejemplos muy notables y convincentes, especialmente en Alemania, de grandes ciudades que se limitan a una depuración parcial, muy débil, con excelentes resultados.

Nosotros, pensando en nuestra patria, donde todavía no hay una sola población, grande ni pequeña, que depure las aguas del alcantarillado público, nos creemos en el deber de ser posibilistas aplicando un criterio no restrictivo al grado de depuración que en el porvenir se proyecte alcanzar para las aguas de alcantarilla.

*Sistema depurativo adoptado.*—Por lo anterior, consideramos como el mejor sistema de depuración el que permita alcanzar con el menor coste un efluente higiénicamente aceptable, siempre que la instalación donde se traten las aguas fecales sea capaz de elevar el grado de depuración

hasta obtener un efluente que soporte las pruebas más rigurosas de inocuidad cuando fuera necesario por circunstancias accidentales (epidemias, épocas de sequía, etc.); es decir, el procedimiento de construcción y aplicación más económica y funcionamiento más científico y elástico.

*Idea general del mismo.*—Desde hace una veintena de años, el procedimiento más aplicado en Europa y América para la depuración de las aguas negras era el biológico artificial por fosos sépticos y filtros bacterianos; con él—que ha recibido numerosas aplicaciones para las aguas del alcantarillado público en poblaciones de todo el mundo—especialmente en Inglaterra, Alemania, Francia y Estados Unidos—pues en España no ha llegado a aplicarse más que en agrupaciones de edificios o en construcciones aisladas, pero no por ningún municipio, para el total de las aguas residuarias urbanas—la depuración se realiza en tres fases sucesivas: *decantación*, *fermentación*, que produce la solubilización y gaseificación de las materias orgánicas, y *nitrificación* sobre filtros bacterianos. Estos filtros necesitan depósitos descubiertos relativamente muy extensos y la fermentación por otra parte realizada en los fosos sépticos, da lugar a olores repugnantes que producen gran molestia en la proximidad de estas instalaciones.

Tratando de anular o aminorar esos inconvenientes y buscando, como siempre, la posible reducción del coste, se ha modificado modernamente el anterior procedimiento, llegando a la mineralización de la materia orgánica contenida en las citadas aguas por intermedio de los fangos o lodos activados, dándose a este nuevo tratamiento el nombre de «*activated sludge*» de los ingleses, o fangos activados, de los franceses. En este sistema el soporte de oxidación, que es en los filtros bacterianos la materia filtrante, se sustituye por los fangos de las propias aguas de alcantarilla, siendo exactamente los mismos los fenómenos científicos que entran en juego, fenómenos que son sin duda de naturaleza esencialmente biológica.

Para obtener estos fangos activados se emplean hoy dos métodos: consiste el uno en inyectar aire comprimido en la base de un estanque conteniendo aguas de alcantarillas, mezcladas con cierto volumen de fangos bien aireados y poblados de microbios, denominándose método de bio-aireación o método de Manchester; y el otro, en promover una fuerte agitación de las aguas de alcantarilla en presencia del aire, agitación que se alcanza por medio de ruedas hidráulicas, como en Sheffield, o de ruedas de paletas, girando en la superficie del estanque que contiene dichas aguas. Este segundo procedimiento se conoce con el nombre de sistema «*Simplex*», mucho más fácil de instalar y más sencillo en su entretenimiento.

Como resultado de la presencia constante del oxígeno del aire atmosférico y de su acción prolongada durante un cierto tiempo, está demostrado que una gran parte de las materias coloidales se coagulan y sedimentan; las materias orgánicas solubles se oxidan rápidamente lo mismo que el amoníaco, que desaparece al cabo de algunas horas, efectuándose la nitrificación por los microorganismos nitrificantes. El movimiento de la rueda o agitador de paletas se obtiene por medio de un motor de potencia adecuada, siempre pequeña, con las transmisiones convenientes; la mezcla del aire comprimido, inyectado finamente dividido, en las aguas a depurar, se alcanza por medio de difusores especiales de aire, patentados.

## II.—Depuración por los fangos activados.

*Historia.*—Hacia mucho tiempo que se buscaba la manera de depurar las aguas de alcantarilla sometiéndolas a una aireación para favorecer la oxidación de la materia orgánica. De 1881 a 1911 los ensayos fueron infructuosos, y en este último año MMrs. Black y Phelps, de Nueva York, publicaron algunos resultados que demostraban la resistencia a la putrefacción adquirida por las aguas de alcantarilla mediante una inyección prolongada de aire en ellas. MMrs. Clark y Adams observaron los beneficiosos efectos de la aireación y continuaron sus experiencias dos años más, llegando a conclusiones notables.

Poco después, MMrs. Ardern y Lockett (1914) se dedicaron al estudio práctico del problema en Inglaterra (*Traité de Technique Sanitaire*, de F. Putzeys y F. Schoofs, de la Universidad de Lieja.—Lieja 1925) y simultáneamente se proseguían con buen éxito las experiencias en los Estados Unidos.

En Francia M. L. Diénert emprendió interesantes ensayos, cuyos resultados publicó en la excelente revista de París *La Technique Sanitaire et Municipale*, número de septiembre de 1920.

Finalmente, en el volumen 105 de agosto de 1925 de la *Zeitschrift für Infektionskrankheiten* (revista de higiene y enfermedades infecciosas), el autor ruso L. Horowitz-Wlasowa publicó un extenso artículo, del que tomamos el siguiente resumen de las experiencias efectuadas en San Petersburgo para explicar las reacciones que se verifican en el empleo del nuevo método americano de la depuración de las aguas residuales por medio del «barro activado» sobre la base de las observaciones de Clarke y Degage, que deseaban obtener la clarificación rápida de las aguas por medio de su aireación intensiva:

«Las experiencias de Ardern y Lockett demostraron que empleando

los fangos que quedan en el fondo del recipiente después de la clarificación del agua residual y su decantación, disminuye el tiempo necesario para la clarificación y la nitrificación completa, hasta el punto de que finalmente se llega a destruir en cuatro o seis horas hasta el 90-92 por 100 de las materias orgánicas y transformar hasta el 90-92 por 100 de amoníaco en nitratos. El barro que ha adquirido esta notable propiedad se llama *barro activado*.

Estos resultados fueron examinados y confirmados totalmente por diferentes autores americanos y rusos, que demostraron claramente se trata de un método de *depuración biológica* particular de las aguas residuales; sabido es que los distintos procedimientos que para ello se emplean se pueden dividir en dos clases:

- 1.º Físico-químico (sedimentación, clarificación, decoloración, etc.)
- 2.º Biológico (desdoblamiento de las sustancias proteicas que tiene efecto en la mayor parte de los casos al mismo tiempo que en las primeras y nitrificación, que se verifica más tarde, etc.)

Estas experiencias conducen a los resultados siguientes: La acción mecánica de la corriente de aire produce el desprendimiento del ácido carbónico débilmente combinado, y por consecuencia de esto, la precipitación de los monocarbonatos de las tierras alcalinas; esta eliminación del exceso de tierras alcalinas produce en determinados momentos las reacciones cuantitativas más favorables entre los carbonatos de las tierras alcalinas y las sustancias que contienen alumbre; después, la formación de precipitados coloidales de los óxidos hidratados de hierro y aluminio se favorece, lo que da lugar a la clarificación de las aguas residuales, como en el caso de la «coagulación usual del agua potable». Los precipitados procedentes de estos óxidos hidratados son nuevamente disueltos en la segunda porción de agua residual, de manera que la cantidad de sustancias convenientes para el efecto de coagulación aumenta siempre, y el tiempo necesario para la eliminación del exceso de tierras alcalinas viene a ser cada vez más corto, hasta que por fin llega el momento en que las condiciones son las favorables para introducir en el recipiente de aireación la porción siguiente de agua residual, sin que la fase preliminar (eliminación del exceso de tierras alcalinas) tenga efecto y se realizan la precipitación y la clarificación casi simultáneamente.

Al mismo tiempo las sustancias proteicas son rápidamente destruidas por la actividad de las numerosas especies de bacterias proteolíticas y peptolíticas que pululan en las aguas residuales y en sus fangos y se forma el amoníaco, que en parte es arrastrado por la corriente de aire y en parte oxidado por la actividad de los *nitrosomonas*. La acción de esta clase de bacteria se favorece por la introducción intensiva de oxígeno,

Después de la oxidación de la mayor parte de las sales amoniacaes, empieza a actuar la nitro-bacteria, que se encuentra en gran cantidad en el barro.

La acción de la nitro-bacteria, en realidad, no se aumenta por una fuerte corriente de aire, pero como ésta reprime la acción de las antagonistas, así como de las especies de bacterias desnitrificantes, la formación de nitrato es muy intensa en estas circunstancias, de suerte que el nitrógeno total se convierte bien pronto en nitrógeno de nitrato.

Este sistema se recomienda especialmente para las poblaciones que por diversas condiciones desfavorables (falta de terreno, alto nivel de las aguas, clima excesivamente, frío, etc.) no pueden establecer campos de «epandage», y sobre todo, en las que sea preciso economizar superficie de terreno; el rendimiento del sistema es, según los datos de los autores americanos, cien veces mayor que el de los campos de «epandage» y diez veces mayor que el de los filtros biológicos.

*Por último, este sistema puede ser fácilmente regulado de manera que es posible obtener a voluntad diferentes grados de depuración, hecho que debe tenerse muy en cuenta en la apreciación de las condiciones locales.*

*Aplicaciones que ha tenido el sistema.*—Del procedimiento de aire difundido, existían a fines de enero de 1924 en Inglaterra, 20 instalaciones en marcha, desde las grandes fábricas de Davyhulne, Withington, Manchester, Hanley y Worcester, donde se tratan varios millones de gallons (1 gallon, 4,54 litros), hasta las pequeñas instalaciones de menos de 100.000 gallons. En Reading (en la Exposición del Nuevo Madrid que se instaló en el Palacio de Bibliotecas y Museos por el Ayuntamiento de la Corte, se presentaron dos grandes plantas de las estaciones depuradoras de Reading y Wittington, así como una instalación para 50 personas) se terminó recientemente una estación para tratar 3.500.000 de gallons por día, pero todo esto es insignificante comparándolo con las instalaciones construídas en los Estados Unidos, entre las que citaremos:

Indianópolis, que depura 150.000.000 de gallons por día.

Milwaukee, que depura 85.000.000 de id. por día.

Houston (Texas), que depura 19.000.000 de id. por día.

Para Chicago se proyectó una instalación capaz de tratar 175.000.000 de gallons diarios, y solamente en el Estado de Ontario, 11 instalaciones depuran de 150.000 a 20.000 gallons cada día, estando proyectadas unas 20 más.

En Dinamarca, Holanda, Canadá, India y Kimberley (África Austral), funcionan importantes y numerosas instalaciones de igual procedimiento.

En cuanto al de *agitación mecánica*, por ser más moderno, está menos

extendido; el caso más saliente es el de Sheffield, ciudad inglesa, en la que, después de apreciar los resultados de una instalación experimental de 500.000 gallons (2.250 metros cúbicos) diarios—durante tres años—, se ha adoptado para la depuración de las aguas de alcantarilla de toda la urbe (500.000 habitantes), las que, por tener gran cantidad de residuos industriales, aumentan mucho las dificultades del tratamiento.

El procedimiento de Sheffield o de agitación mecánica se ha adoptado para Rotherham, Easham, Wakefield, Stockport, Mansfield y Barnsley, donde funcionan estaciones depuradoras, aprobándose los proyectos correspondientes por el Ministerio de Higiene, para Birmingham, Brighouse, Epsom, Macclesfield y otras poblaciones menos importantes.

El sistema Simplex aplicado en Bury por Mr. Bolton, ha dado excelentes resultados en una instalación donde se depuran diariamente 1.000.000 de gallons (4.500 metros cúbicos) de aguas de alcantarilla.

En París ha sido aceptado este procedimiento y funciona desde abril de 1922 la instalación experimental de Mont Mesly, donde se tratan diariamente 6.000 metros cúbicos de aguas de alcantarilla por el sistema de Sheffield, así como una de las dos estaciones experimentales de Colombes que lleva dos años en marcha y corresponde al sistema Simplex, estando intervenida por M. Bezault, Ingeniero Sanitario.

Finalmente, el Ayuntamiento de Madrid tiene instalada por la «Activated sludge, S. A.», una estación experimental en las orillas del Manzanares, términos de La Bombilla, cuya descripción y comentario, por el Sr. Palanca, Inspector provincial de Sanidad de Madrid, puede verse en *La Gaceta Médica* de marzo último.

*Comparación entre ambos procedimientos.*—La comparación entre los dos procedimientos, de *Aire difundido* y de *Agitación mecánica*, ha sido hecha perfectamente por M. J. D. Watson, que ha ensayado e implantado el segundo para el tratamiento de las aguas de alcantarilla de Birmingham: «La comparación objetiva de los dos métodos, *difusión* y *agitación*, demuestra que la mayor parte de los ingenieros, y entre ellos los técnicos de primer orden, han dado la preferencia a la difusión, que seguramente responde mejor a las condiciones locales por ellos consideradas. De esto no resulta que el de difusión sea superior al de agitación, sino que de aquél hay ya mayor experiencia, por lo que la opinión se manifiesta en su favor, ya que ha sido hasta ahora mejor estudiado.

»La agitación mecánica tiene indudablemente un gran valor. Los resultados obtenidos en Sheffield, las experiencias efectuadas en Glasgow, Crosness, Birmingham, etc., merecen fijar la atención, y antes de resolver; conviene precisar en cada caso la importancia de los diversos factores locales a considerar.»

Para nosotros, la economía y sencillez de la construcción y del funcionamiento, a igualdad de condiciones del efluente obtenido, nos deciden por el procedimiento de agitación mecánica.

### III.—Instalaciones alemanas de barros industriales.

Creemos conveniente anotar que en Alemania no se emplea hasta ahora el sistema de fangos activados para la depuración de aguas de alcantarilla; el hecho es anómalo pero cierto. Existen, sí, importantes y numerosas instalaciones de depuración biológica artificial, de las que se extrae los fangos en ellas obtenidos para su aprovechamiento industrial, ya como abono agrícola en campos de cultivo o como elemento apropiado para el crecimiento y desarrollo de vegetaciones y microorganismos que sirvan de alimento a peces y palmípedas.

Y esto puede prestarse a confusión y se ha prestado en un caso que queremos indicar.

El Ayuntamiento de Oviedo decidió el año 1925 estudiar la depuración de sus aguas de alcantarilla para llevarla a cabo y dar un importante paso en el saneamiento general de la población, iniciado por el entonces su Alcalde-Presidente Sr. Fernández Ladreda y el que suscribe, entonces concejal del mismo, y comisionó al médico-bacteriólogo municipal doctor A. Martínez y al licenciado en Ciencias Químicas D. J. Valdés, químico del Laboratorio Municipal, para que estudiasen en Europa el sistema de fangos activados del que había visto en Norteamérica algunas instalaciones el citado Alcalde Sr. F. Ladreda, y estudiado el fundamento y ventajas del sistema el concejal primer firmante de las ponencias de Saneamiento y Ensanche de la Ciudad.

El señor Alcalde recibió noticias de una casa de instalaciones sanitarias, en las que le comunicaba que en Munich había una gran instalación de fangos para la depuración de las aguas residuarias donde se obtenían ciertos fangos que dicha casa llamaba activados; y ambos técnicos municipales, después de estudiar las instalaciones de fangos activados de Colombes, Clichy y Mont-Mesly, así como de compulsar opiniones y recoger datos de los especialistas más salientes de Francia y Bélgica, fueron a Munich, donde se encontraron con que se trataba de una instalación en la que no se emplean los fangos activados como medio de la depuración, sino que se obtienen aquéllos en cámaras de fermentación, donde los barros se mezclan y retienen para su enriquecimiento en substancias útiles para el abono de las tierras, así como para conducirlos a unos fosos de dilución (estanques de piscicultura) en los que se da entrada a



cienos especiales de las aguas de alcantarilla que favorecen la formación de un «plankton» adecuado para alimentar a carpas y patos, seres vivos que destruyen por ingestión las bacterias de las aguas fecales que llegan en cantidades apropiadas a esos estanques de cría de animales dedicados al consumo público.

Este medio de depuración biológica, experimentado desde hace años, es sencillo y práctico, pero sólo resulta adecuado donde las aguas negras no aportan materias tóxicas y pueden diluirse suficientemente. En él, las materias orgánicas que no se han gasificado ni mineralizado son absorbidas, como queda dicho, por vegetales y animales de constitución sencilla: bacterias, algas, larvas, gusanos, crustáceos, etc., que son luego devorados por peces o patos, pasando a convertirse en carne aprovechable.

Estos estanques necesitan mucha agua limpia, tanto más cuanto más elevada es la temperatura (cuatro o cinco veces el volumen del agua negra decantada) y una gran superficie. En Munich, donde el volumen de aguas negras es de 3,6 metros cúbicos por segundo, se están construyendo estanques en una superficie de 233 hectáreas en un desarrollo de 7 kilómetros y será capaz para depurar hasta un volumen doble del actual. De estos estanques se espera podrán obtenerse anualmente 116 toneladas de pescado (carpas, anguilas, etc.) y 58 de carne de pato (pueden criarse 400 por hectárea), que calculadas a 16 marcos el kilogramo y a 30 marcos por pieza los segundos, representan un lucido ingreso.

Se calcula que una hectárea de estanque puede servir para 300 a 400 metros cúbicos por día; es decir, que la superficie podrá ser diez veces menor que por la depuración biológica natural en campos permeables. En esa instalación depuradora de Munich, se vende el fango fermentado a un marco el metro cúbico, y en los gastos de construcción y explotación de la misma van a partes iguales el Ayuntamiento y la Hidroeléctrica del Isar, empresa que abastece de fluido eléctrico a buena parte de Baviera y a quien interesaba decantar las aguas de su canal de toma, cuya longitud es de 20 kilómetros; se confía en que el aprovechamiento industrial de los fangos compensará todos los gastos de la depuración y resulta sumamente interesante y digna de estudio la feliz manera cómo se han tenido en cuenta las condiciones locales, tanto en la citada instalación de Munich, como en la de Stuttgart, de depuración mecánica, que funciona desde 1916 con cámaras Emscher y Neustadt, donde los fangos fermentan y se mineralizan previa preparación o «activación» efectivamente, de cada cámara nueva, que tarda cerca de un año en llegar a producir fangos fermentados, recogándose en campanas dispuestas en la parte superior de las cámaras el gas metano que, con óxido de car-

bono y ácidos grasos, se desprende de los fangos en fermentación, siendo conducido por tubería adecuada a la fábrica de gas de la indicada ciudad de Stuttgart.

También construyeron los alemanes en Estrasburgo una importante instalación con estanques de piscicultura que funciona desde 1911 y son varias las poblaciones grandes y pequeñas que depuran sus aguas de alcantarilla de igual modo.

#### IV.—Instalación experimental de Mont Mesly (París):

Montada para depurar por agitación mecánica 6.000 metros cúbicos diarios de aguas de alcantarilla y en funcionamiento desde el 21 de abril de 1922.

*Descripción.*—Es bien conocida, por ser clásica ya en el procedimiento y haber llegado por ello a darle su nombre, la instalación depuradora experimental de Sheffield, en la que se trataron por agitación mecánica 2.250 metros cúbicos diarios de agua de alcantarilla en un tanque de aireación que tenía 61,32 por 23,13 por 1,22 metros, o sea 1.609 metros cúbicos, y de su disposición y detalles publican grabados cuantos libros y revistas tratan de estos asuntos.

Pues bien, la instalación experimental de Mont Mesly (París), es en todo análogo a la de Sheffield, pero capaz de depurar un volumen diario casi tres veces mayor, por lo que sus dimensiones son también mayores.

Se compone esencialmente de un depósito de aireación y de tres cámaras de precipitación donde se decantan las aguas a depurar.

El depósito de aireación mide 60 por 25 y 1,50 metros de profundidad uniforme, está dividido por tabiques verticales (cortados en su mitad) en 18 canales de 1,33 metros de ancho y cuyo conjunto constituye un canal de 1.000 metros de desarrollo. Los tabiques están redondeados en sus extremos para evitar remolinos. El líquido, después del tratamiento preliminar, entra por una canalización provista de una compuerta con flotador. Las aguas mezcladas con el barro activado circulan en capa de 1,33 metros de espesor y la mezcla se sostiene íntima por la velocidad de 0,50 metros por segundo (necesaria para mantener en suspensión el barro activado), que se da al agua por medio de 18 ruedas de paletas caladas sobre dos ejes colocados a ambos lados de una pasadera en el centro de los canales y que giran en sentido inverso bajo la acción de dos motores eléctricos de 16 caballos situados cerca del depósito. Estos motores transmiten el movimiento a los ejes por medio de dos reductores de velocidad.

Los cambios de superficie de aireación se producen al contacto con las ruedas y al cambiar de dirección en los canales.

El tabique exterior del canal transversal forma vertedero en toda su longitud y asegura automáticamente la evacuación de una cantidad de agua depurada igual a la que entra por los conductos de alimentación.

El agua depurada, mezclada todavía con el barro activado, pasa a las cámaras de recuperación, destinadas a retener la mayor cantidad posible de barro activado, y pasando por unas cámaras, cae en las de precipitación.

En estas cámaras se decanta el barro y el efluente depurado pasa por la parte superior a la cámara de aforo provista de un aparato registrador, y por la conducción que de ella arranca, va al Sena.

El barro activado cae al fondo de las cámaras de precipitación y es trasegado por medio de tuberías a una fosa situada debajo del local de máquinas. Una bomba centrífuga le lanza por la tubería en el depósito de aireación para mantener constante la proporción. Cuando los barros están en exceso se envían a un campo próximo para su desecación.

La planta, corte y fotografías de esta instalación han sido publicadas en la *Revue de Chimie et Industrie*, de París, número de junio de 1926.

*Funcionamiento.*—La instalación fué puesta en marcha el 21 de abril de 1922 a las cuatro de la tarde. En el depósito de aireación se vertieron 300 metros cúbicos de barro ordinario de lechos percoladores con 92 por 100 de agua y recogido en las canales, decantadores y otros aparatos de la estación. Se vertió luego agua bruta en tal cantidad, que la proporción del barro con relación al líquido era de 46 por 100.

Por medio de determinaciones analíticas se han seguido los puntos singulares de la activación. Los sulfuros acusaban una cifra de 19 miligramos por litro en sulfhídrico ( $\text{S H}_2$ ) al principio y habían desaparecido al cabo de tres días. En este momento el barro pasa de negruzco a gris claro.

El oxígeno disuelto pasa de 0 a 10 miligramos por litro al cabo de nueve días y queda en 11,7 miligramos hasta el fin del período de activación.

El amoníaco alcanzaba la cifra de 40 miligramos el 22 de abril por la mañana y no se encontraron más que indicios el 15 de mayo. La caída brusca de  $\text{N H}_3$ , que es el hecho más saliente y marca el fin de la activación en el Laboratorio, no se produce aquí de una manera tan marcada. Así, el 8 de mayo, se tiene todavía 36 miligramos, pero esta cifra cae a 15 al día siguiente y desciende luego regularmente durante seis días, en que sólo se encuentran indicios. En esta época los nitratos pasan de 0 a 300 miligramos por litro en (ácido nítrico)  $\text{N}_2 \text{O}_5$ . No existe concordan-

cia entre el  $\text{NH}_3$  desaparecido y los nitratos formados. Esta anomalía aparente se explica considerando el empobrecimiento del barro en materias orgánicas. En efecto, el barro contiene primeramente *40,6 por 100* de materias orgánicas y *59,4 por 100* de materias minerales en muestra seca, en tanto que al fin contenía *65,92 por 100* de materia mineral y *34,08 por 100* de materias orgánicas. Es evidente que éstas se han degradado en parte para terminar en la formación de nitratos.

El día 20 de mayo se llenó el depósito con agua y el 23 apareció la «floculación», fenómeno notorio de la depuración.

Pero no se empezó a evacuar el agua depurada, es decir, a marchar de una manera continua hasta el 6 de junio, de modo que para activar los barros fueron necesarios treinta y seis días.

El gasto diario era entonces de 2.000 metros cúbicos y fué luego llegando progresivamente a 6.000 metros cúbicos.

Las aguas así depuradas son de una limpidez perfecta, absolutamente inodoras e imputrescibles después de una incubación de siete días a la estufa a  $30^\circ$  y no alteran el azul de metileno.

La nitrificación es mucho más avanzada en Mesly que en las estaciones de Sheffield y Manchester, así como la desaparición del  $\text{NH}_3$  que en muchos casos es casi completa. Pero las aguas de París son menos sucias que las inglesas.

La importancia de la depuración en Mesly, medida por el descenso de oxidabilidad al permanganato en cuatro horas y en medio ácido, es de 81,6 por 100 y alcanza en ciertos días 88 por 100.

La proporción de barro más conveniente es de 17 por 100, haciendo la lectura después de dos horas de reposo. Esta cifra es variable y parece ser función del tiempo de contacto y suciedad de las aguas.

### V.—Instalación del Laboratorio Municipal de Oviedo.

En el Laboratorio Municipal de Oviedo ha estado funcionando durante los seis últimos meses del pasado año, una pequeña instalación experimental para depurar por fangos activados las aguas fecales de dicha ciudad, en la que el antes citado médico bacteriólogo Dr. Martínez y el químico municipal Sr. Valdés, han confirmado punto por punto los resultados obtenidos en la instalación de Mont Mesly durante los cuatro años y medio que lleva trabajando.

En un frasco de 10 litros se vertían por un tubo, con embudo de cristal, aguas de alcantarilla, y al fondo de aquél llegaba otro tubo con alcachofa de cristal para llevar y difundir una corriente de aire produ-

cida por la trompa de vacío del laboratorio, corriente que causaba una enérgica aireación del fango activado (obtenido previamente en el frasco, con barros tomados en los colectores de la ciudad), así como una remoción del mismo en la masa líquida, extrayéndose por un cuarto tubo de cristal, en sifón, el líquido clarificado que iba formándose en la parte superior.

*Floculación.*—Tardó en presentarse la floculación poco más de un mes—como en Mont Mesly—, tiempo que transcurrió desde que se echaron los primeros fangos, decantados a la salida de un colector de la ciudad, hasta que por aireaciones sucesivas en el frasco, *precipitaron en pequeños copos las aguas sucias alojadas en el mismo, clarificándose bruscamente*, fenómeno que se llama «floculación».

Es interesante conocer el delicado estudio de los cuerpos coloidales, ya que éstos juegan tan importante papel en la depuración de las aguas negras; en la excelente obra *Praktikum der Physikalischen Chemie &*, del doctor Med. Leonor Michaelis, de la Universidad de Berlín, publicada en 1922 (*Manual de Físico-química y en particular de química de los coloides*), se desarrollan de clara manera las últimas teorías sobre la floculación y peptización de los coloides.

Sabido es que en términos químicos se llama *sol* a la solución coloidal y *gel* a su precipitado; pues bien, el paso de *sol* a *gel* se llama *floculación*, mientras que el tránsito de *gel* a *sol* recibe el nombre de *peptización*, y estos fenómenos, precisamente, son los que caracterizan la fase más decisiva de la depuración por los fangos activados.

*Reacción del medio.*—No todas las aguas residuales son aptas para depurarse por los fangos activados, y esto explica las anomalías que suelen encontrarse en muchos casos durante el proceso depurativo.

Por ello, es preciso efectuar análisis previos para determinar la *valoración de la acidez o del p<sub>H</sub>*, en términos químicos.

La concentración en iones de hidrógeno que se expresa en iones gramos por litro y se representa por el símbolo [H], está magistralmente tratada en el libro *La détermination colorimétrique de la concentration des ions hydrogène*, de J. M. Kolthoff, profesor de la Universidad de Utrech, publicado en Utrech en 1926, y nos limitaremos a indicar la representación matemática del p<sub>H</sub>.

El símbolo p<sub>H</sub> tiene la significación siguiente:

$$p_H = -\log. [H] = \log. \frac{1}{[H]} = \text{colog. } [H] \quad \text{y} \quad [H] = 10^{-p_H}.$$

Pero para facilitar los cálculos y no tener que manejar números tan pequeños, se considera

$$[H] = 3 \times 10^{-5} = 10^{(\log. 3) - 5} = 10^{-4,52} \quad \gg \quad p_H = 4,52.$$

El  $P_H$  del agua pura es, por este convenio, de 7, número que corresponde a la neutralidad o punto neutro. Es decir, que la reacción neutra está caracterizada en números redondos, por

$$[H] = 10^{-7} \quad \gg \quad p_H = 7.$$

Con reacción alcalina,  $P_H > 7$ .

Con reacción ácida  $P_H < 7$ .

Pues bien, lo más importante para el objeto de nuestro estudio, es que cuando el líquido a depurar tenga un  $P_H < 5$  no es adecuado el sistema de los fangos activados, que proporciona excelentes resultados solamente para las aguas fecales de reacción alcalina.

Las aguas de alcantarilla de Oviedo, según los análisis del Laboratorio Municipal, tienen un  $P_H = 8,10$ , como media de 10 determinaciones y se comportan bien en su depuración por los fangos activados, según conclusiones de los técnicos municipales bacteriólogo y químico antes nombrados, que llevan cerca de dos años estudiando la aplicación de dicho sistema depurativo para aquella ciudad.

*Análisis.*—El resultado medio de la depuración en el laboratorio fué registrado en numerosos cuadros de análisis, que no insertamos para no alargar demasiado este trabajo.

*Acidez límite para la aplicación del sistema propuesto.*—La reacción normal de las aguas de alcantarilla es alcalina. Cuando la reacción es ácida, el amoníaco salino no desaparece. El efecto de trazas de ácido sobre el fango activado, además de alterar la contextura de los pequeños copos, no se limita a impedir la desaparición del amoníaco, sino que tienen como consecuencia grave la de aniquilar el poder absorbente del fango.

Al cesar la aireación, el agua que sobrenada queda turbia y se decanta mal. Parece que los coloides fijados por el barro se retrogradan hacia la fase dispersada. En este momento si se trata de disminuir la oxidabilidad de un agua muy ligeramente ácida ( $P_H = 5$ ) poniéndola en contacto con el barro en cuestión, no se obtiene ningún resultado. Por el contrario, la oxidabilidad que se observa entonces es más elevada que antes del contacto, porque el agua se carga con las impurezas del barro en vías de *peptización*.

Debe evitarse en absoluto la entrada de aguas, aun muy débilmente ácidas, en las instalaciones de depuración por fangos activados.

La acidez límite, a partir de la cual la caída del amoníaco y de la materia orgánica se hace imposible, parece ser de  $P_H = 5$ , según hemos indicado.

## VI.—Instalación depuradora que se propone.

Como resumen de los datos adquiridos e impresiones recogidas directamente de los técnicos higienistas (médico, ingeniero y químico) que han visitado las instalaciones experimentales de Europa y conducido alguna nacional, proponemos como solución más adecuada para depurar 1.000 metros cúbicos de agua de alcantarilla diariamente, el construir dos elementos-instalaciones de depuración por fangos activados con simple aireación o sistema Simplex, exactamente iguales, capaces cada una para tratar 500 metros cúbicos diarios de aguas residuales.

Hemos proyectado dos modelos del mismo sistema:

Uno de ellos análogo al que construyen los ingenieros sanitarios Ames, Crosta y C.<sup>a</sup>, de Nottingham, descrito en la excelente obra *Sewage Treatment-And Disposal*, de G. M. Flood, de Manchester, publicado en Londres en 1926.

En esencia, consiste en un tanque cilíndrico de cemento armado o fábrica de ladrillo, en el que la relación del radio a la altura es de 3 a 4 metros; para ese volumen diario de aguas fecales a tratar de 500 metros cúbicos, las dimensiones correspondientes son 4,05 metros de radio y 5,40 de altura total, con lo que el volumen aproximado del tanque resulta ser de 278 metros cúbicos; dicho tanque tiene su fondo en forma de cono con una inclinación de  $37,5^\circ$  que aumenta a  $60^\circ$  a 0,60 metros de la base del tanque. Fijo en el eje hay un tubo vertical de 1 metro de diámetro, cuyo extremo inferior está a unos 15 centímetros del fondo, permitiendo el libre paso de la mezcla de fango activado y aguas negras que, cayendo al fondo del tanque, sube por el tubo. En la parte alta del tubo hay un cono giratorio de 2 metros de diámetro con un orificio central de 1 metro, correspondiente al diámetro del tubo vertical. Dicho cono giratorio tiene cierto número de aletas y está suspendido de un eje vertical montado en cojinetes de bolas y accionado por los correspondientes engranajes. Cuando el cono se pone en movimiento lanza el líquido en numerosas partículas, y como la mezcla aspirada por el tubo es despedida fuera, golpea la superficie libre del líquido produciéndose millones de burbujas. Esta agitación es suficiente para airear la mezcla por completo.

Como el líquido que llega a la parte superior es lanzado fuera del cono giratorio, y el del fondo del tanque sube por el tubo vertical, se establece así una circulación continua.

Las aguas arrojadas por el cono giratorio, al golpear la superficie libre de la masa líquida la da un ímpetu que crea un movimiento en espiral y asegura el contacto completo entre las aguas de alcantarilla y los fangos activados. El tanque se divide en dos compartimientos: uno interior circular, y otro exterior anular, mediante la construcción de un tabique que sobresale de la superficie del líquido y termina a un metro veinte centímetros del fondo del tanque. Dicho tabique divide el tanque en dos partes distintas: la interior circular, es la zona de agitación, y la exterior anular, de reposo y fijación.

La distancia entre la pared exterior del tanque y el citado tabique puede variarse para dar cierta relación entre las zonas de fijación y agitación. Fuera de la primera hay un umbral sobre el que pasa el efluente depurado. Lateralmente va un tubo para extraer periódicamente el exceso de fangos. La velocidad ascendente del agua en la zona de fijación es menor que la descendente del fango; éstos bajan y pasan automáticamente a la zona de aireación para circular de nuevo. El tanque trabaja continuamente durante la jornada diaria, y la pérdida de carga no llega a 7,5 centímetros ( $3 \times 2,5 = 7,5$ ) y no hay gasto de energía en hacer que vuelvan los fangos.

Es conveniente parar el tanque durante un corto tiempo antes de sacar algo de barro, para permitir que éste se fije o pose y haga más denso, evitando echar fuera demasiado líquido fangoso.

\*  
\*\*

El segundo modelo que proponemos, de igual sistema, es del tipo que pertenece la instalación experimental que en la Fábrica de Colombres (París), ha montado para depurar 350 metros cúbicos diarios por cuenta de la Ville de París, el Ingeniero sanitario M. Bezault, Director de la «Société Générale de Depuration et d'Assainissement», de París, descrita por el mismo en la revista *La Technique Sanitaire et Municipale*, en su número de febrero de 1926 y visitada por el coronel de Ingenieros, Consejero del Real Consejo de Sanidad de España, Sr. Gallego Ramos el pasado año.

Se compone de un tanque de aireación de planta cuadrada de 8 metros de lado y cuya altura es de 5 metros, con lo que su volumen—adecuado para tratar 500 metros cúbicos de agua de alcantarilla cada día—es de 320,00 metros cúbicos; en su centro se dispone un tubo de 1 metro



de diámetro interior y 5 metros de altura; este tubo lleva en la parte superior una disposición apropiada para recibir la rueda de aletas soportadas por un árbol vertical de transmisión, puesto en movimiento por intermedio de un motor eléctrico. Por comparación con las instalaciones aludidas deducimos que bastará con que dicho motor tenga una potencia de 4 C. V.

Achaflanando los ángulos del tanque se construyen unos tabiques, sin llegar al fondo, que hacen de sifón, y constituyen unos compartimientos a los que llegan las aguas depuradas, ganando desde ellos el canal lateral de salida.

El funcionamiento de la instalación es sencillísimo: el tubo de llegada de las aguas negras desemboca en la zona de agitación, creada por el movimiento de las aletas, siendo atraídas las aguas hacia la base del cilindro por cuyo interior ascienden para ser fuertemente agitadas por el cono gitatorio, en contacto con el aire y pasar al fondo, ganando los compartimientos de los ángulos y desde ellos el canal de salida; por medio de una motobomba de 1 C. V. se efectúa la extracción de los fangos sobrantes, que son inodoros.

La duración de la operación es de diez a doce horas y de ella depende la capacidad del tanque; la velocidad de rotación de las aletas es en la instalación de París 140 vueltas por minuto, correspondiendo cada veinte minutos a una vuelta de la masa líquida por toda la superficie del estanque, o sea treinta y tres veces en once horas.

*Presupuesto.*—De los presupuestos facilitados por las casas constructoras de esta clase de instalaciones (Ames Crosta de Nottingham—Inglaterra—y Societé Générale de Depuration—París—), deducimos que un elemento de los proyectados de planta circular o cuadrada, con capacidad suficiente para tratar 500 metros cúbicos diarios de agua de alcantarilla, no excede de 50.000 pesetas como precio de todo coste.

Y es conveniente que nos detengamos, siquiera sea brevemente, en el estudio económico del sistema propuesto, porque es creencia muy extendida que la depuración por los fangos activados resulta demasiado costosa.

No es así en forma alguna, pues aunque por tratarse de mecanismos patentados su coste resulta mayor siempre que el valor intrínseco de la construcción, basta darse cuenta de la sencillez de los dos modelos propuestos para apreciar que con 100.000 pesetas se logra la depuración de 1.000 metros cúbicos diarios de aguas fecales.

Los técnicos municipales ovetenses, recibieron sus instrucciones para estudiar la depuración de 20.000 metros cúbicos diarios de aguas de alcantarilla, y parece que las ofertas recibidas giraban hacia el millón de

francos oro, cifra que al cambio de entonces corresponde aproximadamente al presupuesto de 50.000 pesetas los 500 metros cúbicos que facilitó como probable M. Bezault en el pasado año.

En el «Proyecto de acuartelamiento de una Brigada de Infantería en el Campamento de Carabanchel» que presentamos, con el capitán del Cuerpo D. Enrique Gallego, al concurso abierto en el pasado año por la Sección de Ingenieros del Ministerio de la Guerra, proponíamos este mismo sistema de depuración de las aguas residuarias, y siendo el presupuesto total de la obra 12 millones de pesetas, el coste de la instalación depuradora se fijaba en 125.000 pesetas próximamente; el método de tratamiento de las aguas de alcantarilla por los fangos activados fué aplicado también por otros ingenieros concursantes en el citado proyecto de construcción de edificios.

*Desinfección del efluente o líquido ya depurado.*—La depuración biológica artificial no suprime por completo en ninguno de los sistemas actualmente en uso el carácter infeccioso de las aguas de alcantarilla, y el análisis del efluente de las instalaciones depuradoras, demuestra la existencia, casi siempre, de gérmenes patógenos. Pero de que no desaparezcan totalmente los bacilos de las enfermedades de origen hídrico, no puede deducirse de ninguna manera que no sean eficaces los sistemas de depuración de las inmundicias líquidas conocidos hasta el día; la reducción numérica de los microbios patógenos disminuye mucho el peligro de infección; sólo con la fijación de las materias inertes—vehículo de las bacterias—se inmovilizan estas últimas, y en cuanto a las que queden en el efluente, como están privadas de todo soporte nutritivo, oponen escasa resistencia a los factores que les son hostiles.

Cuando se juzgue indispensable hacer absolutamente inofensivo desde el punto de vista bacteriológico un efluente, antes de verterlo al río, arroyo o accidente del terreno elegido para ello, se deberá recurrir a la desinfección por agentes químicos, ya que por el calor no resulta posible por los cuantiosos gastos que en general exigiría.

De todos los desinfectantes propuestos hasta hoy para el tratamiento de las aguas de alcantarilla, el cloruro de cal es el menos costoso; la desinfección por el cloro líquido parece, sin embargo, que será pronto la más ventajosa.

MANUEL GALLEGO.



## Cálculo del eje y de los segmentos del émbolo de un motor de explosión.

Para conseguir mayor claridad y rapidez en el desarrollo de nuestros cálculos, vamos a referirlos a un ejemplo práctico, suponiendo que se trata del caso concreto de un motor de explosión de ciclo clásico de cuatro tiempos (ciclo de Beau de Rochas) cuyo émbolo sea de aleación de aluminio, de 140 milímetros de diámetro exterior, dotado de tres segmentos de ajuste en su parte superior y otro de engrase en la inferior y que la presión de explosión sea igual a 30,9 kilogramos por centímetro cuadrado.

El eje de émbolo de que se trata, suponemos sea tubular, cilíndrico, móvil a un tiempo en sus alojamientos en dicho émbolo y en el pie de biela (eje flotante), impidiéndosele salir de los primeros por medio de dos arandelas de acero colocadas una en cada uno de sus extremos.

El metal empleado para la construcción del eje, suponemos ser el acero níquel cromo de cementación, categoría D. 2 del Cuadro Standard de nuestra Aeronáutica Militar (análogo al núm. 31 del Cuadro de Unificación del Standard Aeronáutico francés), cuyas características y composición medias son las que a continuación se expresan:

Carbono,  $< 0,12$ .

Manganeso,  $< 0,50$ .

Fósforo (máximo),  $0,040$ .

Silicio,  $0,09$ .

Níquel,  $2,50$ .

Cromo,  $0,60$ .

Azufre (máximo),  $0,040$ .

$R \geq 85 \pm 5$  kilogramos por milímetro cuadrado.

$E \geq 70$  kilogramos por milímetro cuadrado.

$A \%$  mínimo =  $12$ .

$\rho$  mínimo =  $12$  kilogramos.

Puesto que el émbolo es de aleación de aluminio y el eje está suelto en sus alojamientos, lo apoyaremos directamente sobre ellos, sin intermedio de cojinetes de bronce, antifricción, etc., que serían supérfluos en tal caso.

La longitud del eje que ha de apoyar sobre el pie de biela viene dada por la fórmula aproximada

$$b = 0,6 D,$$

en la que  $D$  es el calibre del cilindro, que, como hemos dicho, suponemos es de 140 milímetros.

Así, resulta

$$b = 84 \text{ milímetros.}$$

La longitud total del eje del émbolo se hará inferior en 3 milímetros de cada lado al diámetro total exterior del émbolo, tanto para permitir su libre dilatación, como para alojar los dos anillos de fijación de cada una de sus extremidades.

El diámetro exterior  $d$  del eje se determina por la condición de que la presión específica  $\mu$  del eje sobre la superficie, dentro de la cual gira, no sea tan elevada que no permita la lubricación. Esta presión puede ser tomada igual (en un cálculo de anteproyecto) a 2 kilogramos por milímetro cuadrado como máximo, si bien estudios recientes y experiencias efectuadas en Europa y en Norteamérica, permiten elevar dicho límite por encima de aquel valor. En nuestros cálculos, y para mayor seguridad en el engrase, despreciaremos el efecto favorable de las fuerzas de inercia.

La presión total de explosión vendría dada por la fórmula

$$P_e = \frac{\pi D^2}{4} p_e$$

en la que, como es lógico

$$D = 140 \text{ milímetros}$$

$$p_e = 30,9 \text{ kilogramos por centímetro cuadrado.}$$

Sustituyendo estos valores en aquella expresión, obtenemos

$$P = 4760 \text{ kilogramos.}$$

Si suponemos que la presión específica de engrase sea igual a 1,5 kilogramos por milímetro cuadrado solamente, podremos establecer la ecuación

$$P_e = \mu b d,$$

en la cual

$$P_e = 4760 \text{ kilogramos.}$$

$$\mu = 1,5 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

$b$  = parte activa del eje de émbolo, igual a la longitud del pie de biela, que suponemos sea de 84 milímetros.

$d$  = diámetro exterior del eje de émbolo.

obteniéndose, finalmente, con todos estos valores

$$d = 37,8 \text{ milímetros.}$$

Para mayor facilidad en los cálculos y en la fabricación, redondeando cotas, haremos

$$d = 37 \text{ milímetros,}$$

y entonces la presión unitaria de engrase será

$$\mu = 1,54 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

valor admisible, por ser inferior al límite antes fijado.

Una vez calculado el diámetro exterior, el interior se calculará para conseguir que el eje de émbolo resista a los esfuerzos de flexión producidos por la explosión de la mezcla carburada en el interior del cilindro.

Considerando al eje de émbolo como una pieza empotrada, sometida a flexión y cargada uniformemente, el momento máximo de flexión (momento en el empotramiento) viene dado por la expresión

$$M_{\text{máx.}} = \frac{Fl}{8}$$

en la que  $F$  es la presión total de explosión, o sea

$$F = \frac{\pi D_i^2}{4} p_e$$

con lo que resulta

$$M_{\text{máx.}} = \frac{\pi D^2}{4} p_e \frac{l}{8}$$

Por otra parte, si llamamos  $t$  a la carga de trabajo admitida para el acero elegido, e  $I$  al momento resistente de la sección del eje de émbolo, tendremos

$$t = M \frac{I}{v}$$

y para una sección anular sabemos que

$$\frac{I}{v} = \frac{\pi}{32 d} (d^4 - d_1^4),$$

siendo  $d_1$  el diámetro interior que buscamos.

Sustituyendo todos estos valores en las fórmulas anteriormente expuestas, se llega finalmente a la expresión

$$t = \frac{D^2 p_e b d}{d^4 - d_1^4}$$

de donde despejamos

$$d_1 = \sqrt[4]{d^4 - \frac{D^2 p_e b d}{t}}$$

Si tomamos

$$t = 20 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado}$$

obtendremos, en el caso particular que nos ocupa,

$$d_1 = 31 \text{ milímetros.}$$

Dejando un huelgo de 1 milímetro de cada lado entre el extremo correspondiente del pie de biela y el apoyo del eje en el émbolo, la longitud de apoyo del eje sobre cada uno de sus alojamientos en el émbolo será, suponiendo que el diámetro exterior de éste sea de 138,5 milímetros,

$$l = \frac{138,5 - 84 - 2}{2} = 26 \text{ milímetros}$$

aproximadamente.

El espesor de nuestro eje será, con los diámetros antes encontrados

$$e = 3 \text{ milímetros.}$$

La colocación del eje respecto a la altura del émbolo deberá ser tal, que su eje de simetría pase por el centro de gravedad de las presiones laterales que aquél ejerce sobre el cilindro. En primera aproximación y por término medio, puede situarse el eje de émbolo a la mitad de la altura de éste, si bien hay interés (en razón del mejor enfriamiento del mismo eje y del pie de la biela) en alejarlo algo más del fondo del émbolo.

lo, lo que tiene el inconveniente de dar cilindros más altos y, por lo tanto, más voluminosos y pesados.

Supondremos que los segmentos del motor que estudiamos son de fundición gris dulce, de gran tenacidad, cuya carga de trabajo puede ser tomada igual a 10 kilogramos por milímetro cuadrado.

La altura de los segmentos se determina por medio de la fórmula aproximada

$$h = \frac{3,5 D}{100}$$

en la que  $h$  es la altura del segmento y  $D$  el calibre del émbolo, obteniéndose, con los valores que hemos supuesto,

$$h = 4,9 \text{ milímetros.}$$

El diámetro exterior de los segmentos puede obtenerse mediante la fórmula

$$\delta = 1,035 D$$

que nos da, en el caso particular que nos ocupa,

$$\delta = 145 \text{ milímetros.}$$

La anchura de la hendidura puede tomarse igual a

$$0,005 D$$

o sean

$$0,7 \text{ milímetros}$$

en nuestro ejemplo.

Para obtener el espesor de los segmentos se utilizará la fórmula

$$e = D \sqrt{\frac{3q}{t}}$$

en la cual:

$D$  = calibre del cilindro.

$q$  = presión específica o banda del segmento.

$$q = \begin{cases} 0,20 & \text{para 4 ó 5 segmentos.} \\ 0,25 & \text{para 3 ó 4 ídem.} \\ 0,30 & \text{para 3 ídem.} \\ 0,40 & \text{para 2 ídem.} \end{cases}$$

$t$  = carga de trabajo del metal en kilogramos por centímetro cuadrado

y substituyendo estos valores se obtiene finalmente

$$e = 3,9 \text{ milímetros}$$

para la fundición gris especial utilizada y el caso hipotético que nos ocupa.

MANUEL BADA VASALLO.

---

## SECCIÓN DE AERONÁUTICA

---

### Cobertizos de catenaria invertida para dirigibles.

Los enormes y costosísimos cobertizos necesarios para dar alojamiento a los dirigibles modernos, cuya capacidad va continuamente en aumento por crecer sus ventajas con la cubicación, han hecho que los ingenieros especializados en esta clase de construcciones fijen su atención preferentemente en conseguir la solución más eficaz y edecuada para este caso particular, cuyas condiciones difieren bastante de las demás obras de ingeniería constructiva.

El Gobierno francés convocó hace siete años a un concurso entre los constructores franceses para presentar proyectos de dos cobertizos para dirigibles, de la mayor capacidad realizada en el mundo en aquella fecha, que habían de tener 300 metros de largo y una sección suficiente para envolver una semicircunferencia de 25 metros de radio reposando sobre un rectángulo de 50 metros de largo por 25 de alto. Estos cobertizos estaban destinados para el aeropuerto de Orly, a 14 kilómetros al S. de París.

Resultó vencedor en este concurso un proyecto presentado por el ingeniero E. Freyssinet, que adoptaba como solución la construcción, para cada cobertizo, de una bóveda continua de cemento armado, calculada de modo que contuviera en su espesor la curva de presiones permanentes debidas a su peso, con lo cual toda ella trabajaría solamente por compresión cuando no existiera viento, produciéndose únicamente esfuerzos de flexión que harían trabajar por extensión a la armadura de hierro contenida en el hormigón de cemento cuando la construcción estuviera sometida a la acción del viento, que, según las condiciones impuestas, podría llegar a ser el correspondiente a una presión de 250 kilogramos por metro cuadrado, o sea de 200 kilómetros por hora.

Los cobertizos construidos con arreglo a este proyecto, que ya están terminados aunque no destinados a alojamiento de dirigibles sino de aviones de la Aeronáutica Naval, tienen en su fibra media 55 metros de altura y 86 metros de luz



en la base, y sus paredes, de 8 centímetros de espesor en la parte alta y 14 en la base, presenta forma ondulada, en acanalamientos verticales de sección parecida a la de los hierros Zores para aumentar el momento de inercia con el mínimo aumento de material.

El coeficiente de trabajo del hormigón por efecto de las cargas permanentes, o sea por su peso, resultó igual a 8 kilogramos por centímetro cuadrado, y teniendo en cuenta la acción de un huracán de 200 kilómetros por hora soplando transversalmente con una inclinación de 10° con relación al horizonte (o sea en las peores condiciones posibles), el hormigón trabajaría por compresión a 58 kilogramos por centímetro cuadrado, y el acero a extensión a 14 kilogramos por milímetro cuadrado (suponiéndose que el cemento no trabaja a extensión) en las partes más castigadas, cifras nada exageradas puesto que el hormigón empleado resistía un trabajo de compresión de 200 kilogramos por centímetro cuadrado a los noventa días, y el acero tenía su límite elástico a los 30 kilogramos por milímetro cuadrado de extensión.

No podemos entrar en una descripción detallada de estas construcciones y de los originales e ingeniosos procedimientos seguidos para su montaje, que han podido aparecer atrevidos por ser distintos de los habitualmente empleados, y por la enorme magnitud de la obra, pero cuyo empleo ha quedado justificado en vista de la rapidez, economía y solidez obtenida en la construcción. Solamente dedicaremos esta nota a presentar algunas consideraciones sobre el planteo matemático de este problema, que consideramos de interés teórico y práctico.

Por la condición, ya indicada, de que las paredes del cobertizo encierran dentro de su exiguo espesor la curva de presiones debidas al peso, se deduce inmediatamente con sólo suponer la gravedad actuando hacia arriba en lugar de hacia abajo, que la forma de la sección que se obtendrá es precisamente la que tomaría un hilo suspendido de sus extremos y sometido a su propio peso, o sea la *catenaria*; pero como hay que tener un coeficiente de trabajo constante para evitar secciones débiles o material superfluo, la curva obtenida será, no la *catenaria* formada por un hilo de peso lineal constante, sino la *catenaria de igual resistencia*, en la cual se supone que la sección (y por lo tanto el peso lineal del hilo) es proporcional a la tensión que tiene en cada punto, con lo que su coeficiente de trabajo es constante.

Veamos como se calcula la ecuación de esta curva.

Siendo  $R$  el esfuerzo del hilo en un punto de él,  $q$  su peso por unidad de longitud  $l$  en el mismo punto,  $s$  la sección transversal,  $\alpha$  el ángulo de la tangente con la horizontal,  $r$  el radio de curvatura,  $l_0$  la longitud de hilo de sección constante que puede sostenerse colgando verticalmente (que es constante para cada material),  $C$  el coeficiente de trabajo adoptado y  $D$  la densidad del material, tendremos:

$$R = q l_0, \quad C = \frac{R}{s}, \quad q = D s, \quad l_0 = \frac{C}{D}.$$

Formando el triángulo diferencial de las fuerzas en un elemento  $dl$  del hilo, entre los esfuerzos en los dos extremos y el peso del elemento, se obtiene:

$$R d\alpha = q \cos. \alpha dl,$$

de donde:

$$\frac{dl}{d\alpha} = \frac{l_0}{\cos. \alpha} = r,$$

e integrando se obtiene la ecuación en coordenadas intrínsecas:

$$l = l_0 \log. \text{ nep. } (\sec. \alpha + \text{tang. } \alpha).$$

La ecuación en coordenadas cartesianas se puede obtener del modo siguiente:

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{dx}{dl} \frac{dl}{d\alpha} = \cos. \alpha \frac{l_0}{\cos. \alpha} = l_0 \quad , \quad x = l_0 \alpha ;$$

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{dy}{dl} \frac{dl}{d\alpha} = \text{sen. } \alpha \frac{l_0}{\cos. \alpha} = l_0 \text{ tang. } \alpha \quad , \quad y = l_0 \log. \sec. \alpha$$

$$y = -l_0 \log. \cos. \frac{x}{l_0} ;$$

o, puesta bajo otra forma:

$$e^{\frac{y}{l_0}} \cos. \frac{x}{l_0} = 1.$$

El origen de coordenadas es el punto de ordenadas mínima, o vértice, de la curva. Esta curva es rectificable, pues siendo

$$dy = -l_0 \frac{-\frac{1}{l_0} \text{sen. } \frac{x}{l_0}}{\cos. \frac{x}{l_0}} dx = \text{tang. } \frac{x}{l_0} dx ,$$

resulta:

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{1 + \text{tang.}^2 \frac{x}{l_0}} dx = \sec. \frac{x}{l_0} dx$$

y la longitud  $l$  desde el vértice hasta un punto de abscisa  $x$ , será:

$$l = \int \sec. \frac{x}{l_0} dx = l_0 \log. \text{ tang. } \left( \frac{\pi}{4} + \frac{x}{2l_0} \right) = l_0 g d^{-1} \frac{x}{l_0} .$$

Es también interesante el cálculo del volumen  $c$  del hilo (o del cobertizo por unidad de longitud) en función de la sección mínima en el vértice  $s_0$ :

$$dc = s dl = \frac{s_0}{\cos. \alpha} \frac{dx}{\cos. \frac{x}{l_0}} = s_0 \frac{dx}{\cos.^2 \alpha} \dots \text{ puesto que } \alpha = \frac{x}{l_0} .$$

El volumen  $c$  del hilo a uno y otro lado del vértice hasta la abscisa  $x$ , resulta:

$$c = \int_{-x}^{+x} s dl = s_0 \int_{-x}^{+x} \frac{dx}{\cos.^2 \frac{x}{l_0}} = 2 s_0 l_0 \text{ tang. } \frac{x}{l_0} = 2 s_0 l_0 \text{ tang. } \alpha .$$

Igualando a cero el valor de  $dc/dl_0$  se ve que, para  $x$  constante,  $c$  es mínimo

cuando  $l_0 = \infty$ , pero, para  $y$  constante, el mínimo de  $c$  ocurre para el valor de  $l_0$  que satisface la ecuación:

$$2 \frac{y}{l_0} + \log. \left( 1 - \frac{y}{l_0} \right) = 0.$$

De estas ecuaciones se deducen las siguientes propiedades:

1.<sup>a</sup> Poniendo la ecuación de la curva bajo la forma  $y/l_0 = -\log. \cos. x/l_0$ , se deduce que *todas las catenarias de igual resistencia son semejantes*, lo que también ocurre a las otras catenarias, a las parábolas, las circunferencias, las cicloides, etcétera.

2.<sup>a</sup> Como  $\cos. (x/l_0) = \cos. (-x/l_0)$ , la curva que estudiamos es *simétrica con relación a un eje vertical que pasa por vértice o su punto más bajo* (más alto en el caso de los cobertizos).

3.<sup>a</sup>  $r = l_0 \cos. \alpha$ , luego *la proyección del radio de curvatura en cualquier punto de esta curva, sobre su eje, es constante*. Llamando *radial* a la línea obtenida trazando a partir de un punto vectores iguales y paralelos a los radios de curvatura de una curva dada, esta propiedad se puede expresar diciendo que *la catenaria de igual resistencia tiene por radial una recta horizontal*.

4.<sup>a</sup> En cada punto la abscisa es proporcional al ángulo de la tangente con la horizontal.

5.<sup>a</sup> Para  $x = \pm \frac{1}{2} \pi l_0$  >  $y = \infty$ , luego *la catenaria de igual resistencia está encerrada entre dos asíntotas verticales, en lo cual se diferencia de la catenaria común*. Esta propiedad puede también expresarse diciendo que *la máxima separación horizontal entre los puntos de suspensión de un hilo de igual resistencia es igual a la longitud de la circunferencia que tiene por diámetro la longitud de hilo de sección constante que puede sostenerse colgando verticalmente*. En el caso de catenaria común, o sea con hilo de sección constante, esta máxima separación de los puntos de suspensión es de  $1,925 l_0$ , o sea algo menos de la mitad que en el caso de hilo de igual resistencia.

6.<sup>a</sup> Para  $\alpha = 0$  >  $r = l_0$ , luego *el radio de curvatura en el vértice (que es el mínimo) es igual a la longitud de hilo de sección constante, que puede sostenerse colgando verticalmente*.

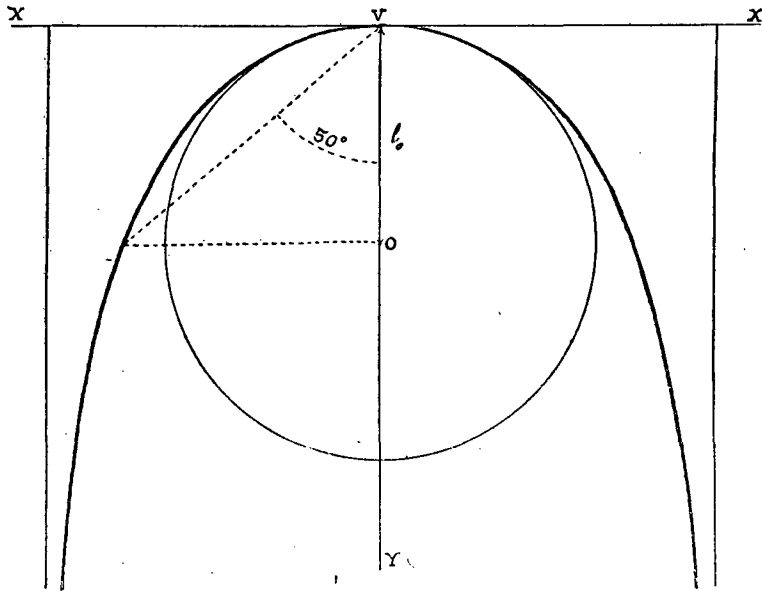
7.<sup>a</sup> *La forma de la catenaria de igual resistencia es independiente de la sección del hilo, y sólo depende de la relación entre la densidad y el coeficiente de trabajo*.

8.<sup>a</sup> *En la catenaria de igual resistencia, como en la común, la proyección sobre la horizontal, del esfuerzo en cada punto, es constante*. Y puesto que las secciones son proporcionales a los esfuerzos, también es constante la proyección de cada sección sobre el eje vertical.

Y 9.<sup>a</sup> *Para luz constante, el volumen del material empleado es tanto menor cuanto mayor es el coeficiente de trabajo a que se le someta, pero para altura en la clave constante, el volumen del material es mínimo para un cierto valor del coeficiente de trabajo, del cual no se debe pasar*.

En la figura está representada la forma de esta curva con sus dos asíntotas y el círculo correspondiente al radio de curvatura en el vértice. Todos los cobertizos que se construyan con arreglo a este principio habrán de ser semejantes a la curva trazada, variando solamente la parte de ella, a uno y otro lado del vértice, que forma la bóveda sobre el suelo, y la escala. Como el radio de curvatura mínimo  $O V$  está

indicado, y sabemos que éste es igual a  $l_0 = C/D$ , suponiendo que la densidad  $D$  del hormigón de cemento con su armadura es de 2,5 gramos por centímetro cúbico, podremos obtener el trabajo  $C$  en kilogramos por centímetro cuadrado multiplicando 2,5 por la longitud  $O V$  en la magnitud representada por la escala, medida en centímetros, o, lo que es igual, dividiendo por 4 la longitud  $O V$  medida en metros.



Para obtener con suficiente exactitud la magnitud  $O V$  dada la curva, basta saber que es igual a la ordenada del punto de la curva, que unido con el vértice forma un ángulo con la horizontal de  $50^\circ$  (más exactamente: áng. tang. 1,193).

En efecto, si en la ecuación cartesiana de la curva hacemos  $y = l_0$ , tendremos:

$$l_0 = -l_0 \text{ long. } \cos. x/l_0 \quad \gg \quad \text{long. } \cos. x/l_0 = -1,$$

$$\cos. x/l_0 = 1/e = 0,3678 \quad \gg \quad x/l_0 = \text{áng. } \cos. 0,3678 = 1,193 \text{ radianes,}$$

luego en el puesto en que  $y = l_0$ :

$$x/y = 1,193 = \text{tang. } 50^\circ.$$

Por este procedimiento puede resolverse con facilidad el problema de elegir el perfil de cobertizo más adecuado conociendo el gálbo que se desea cubrir y el coeficiente de trabajo admitido para las cargas permanentes producidas por el peso, debiéndose tener en cuenta que, así como para este coeficiente de trabajo el espesor no influye con tal de que siga la ley de variaciones que hemos deducido (lo que es evidente, pues, una bóveda más gruesa puede siempre suponerse formada por otras más delgadas yuxtapuestas sosteniéndose cada una a sí misma), al tenerse en cuenta

la acción del viento aumenta considerablemente el coeficiente de trabajo total al disminuirse la sección, por lo cual ésta no debe ser inferior a un cierto valor mínimo, por este motivo convendrá en algunos casos emplear la forma de catenaria de igual resistencia desde la base hasta la altura en que se llegue a la sección menor prácticamente utilizable, continuando el resto con esta misma sección constante y en forma de catenaria común.

También es circunstancia digna de tenerse en cuenta que el efecto del viento, desde luego de mucha más importancia que el del peso de la construcción, es tanto menor a igualdad de altura, cuanto mayor es la base, por lo que habrá ventaja en elegir formas más achatadas aunque ello implique algún aumento en la escala adoptada para la figura 1 y, por lo tanto, mayor longitud  $OV$  y mayor coeficiente de trabajo por las cargas permanentes debidas al peso del material. ††

---

## REVISTA MILITAR



### Curso de preparación de coroneles.

Continuando la orientación iniciada por el Estado Mayor Central del Ejército, en el plan de instrucción del año actual, dictado por la Dirección General de Preparación de Campaña, figuraba un curso para coroneles de todas las Armas, próximos al ascenso, que se ha desarrollado en el mes de junio bajo la dirección del capitán general de la 1.<sup>a</sup> Región, Barón de Casa-Davalillos.

Conservando como en los primeros una parte de conferencias de información de los distintos servicios, se ha caracterizado éste por una mayor intervención de los coroneles, que han desarrollado temas sobre el plano y sobre el terreno, poniéndose a prueba su entusiasmo y vigor físico con una vida de actividad y movimiento, sostenida durante un plazo bastante largo para que no pudiera ser soportada con un simple esfuerzo nervioso.

Las conferencias tuvieron lugar durante la primera semana y versaron sobre la fábrica de productos químicos de la Marañosa; estación radiotelegráfica de Prado del Rey; grupo de información de artillería; aviación y empleo de las armas, explicado por los jefes de las tres secciones 4.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 1.<sup>a</sup> de la Escuela Central de Tiro.

Desde el 8 al 11 se desarrolló en la Escuela Superior de Guerra un tema sobre el plano, basado en un supuesto defensivo contraofensivo en la región próxima a Cervera, en el cual cada uno se encargó de la parte relativa a su Arma o especialidad.

A partir del día 12 se realizaron en el Campamento de Carabanchel los ejercicios sobre el terreno, con tropas reales, formadas por un regimiento de Infantería y otro de Artillería, tomando cada día el mando un coronel de cada una de estas Armas, que elegía el tema que había de desarrollar, siguiéndolo en todas sus fases e incidencias la totalidad de los asistentes al curso. Este período duró hasta el día 21 y se ajustó su duración al del número de actuantes.

Los días 22, 25, 26 y 27, se dedicaron a los reconocimientos y subsiguiente explicación en el campo, de sus soluciones, de varios temas sobre el terreno, referentes a Estado Mayor y Servicios de Ingenieros, Intendencia y Sanidad. Las zonas eran tres: una, sobre el Tajo; otra, en la margen izquierda del Jarama, y otra, hacia el Escorial y Galapagar, eligiendo cada actuante una de ellas y dando la solución detallada con arreglo a su técnica peculiar y los Reglamentos.

El sábado 23 se verificó un tema combinado del Servicio de Aerostación, con dos globos elevados en Azuqueca y dos columnas de Infantería y Caballería, de la guarnición de Alcalá, siguiéndose sus movimientos desde la barquilla por los equipos que fué posible subieran, y el resto, por el puesto del observador de pie de globo, que funcionó, así como las transmisiones, lo mismo que en la realidad. Previamente había dado una conferencia en la Escuela Superior de Guerra el día 15, el segundo jefe del Servicio explicando los modernos métodos de observación, y el primer jefe, que tomaba parte en el curso, una explicación sobre su actual organización.

Los coroneles, en su mayor parte llegados a la cabeza de la escala después de una larga vida militar y muchos de ellos en condiciones de carrera que no les permitirán alcanzar el empleo de general, demostraron su gran espíritu al someterse a un régimen de sobretrabajo, dando un buen ejemplo a sus subordinados y cooperando con este esfuerzo a que cristalice un sistema por el cual los directores del ejército pretendan tenga éste, dentro de algunos años, un cuadro de alto mando que responda a las complejas necesidades de la guerra moderna. □

#### Obras defensivas alemanas de post-guerra.

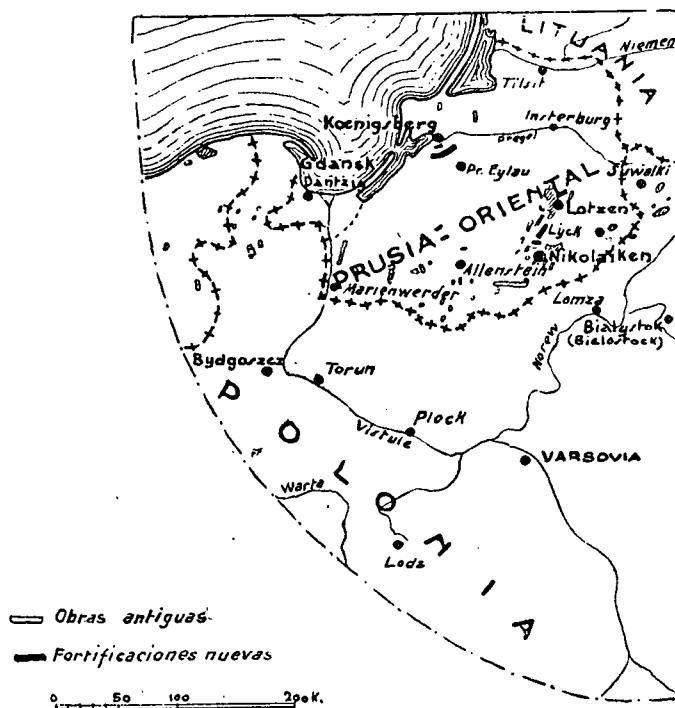
Las cláusulas del Tratado de Versalles, al imponer en la frontera occidental de Alemania la profunda modificación que representa la disgregación de Alsacia y Lorena y la desmilitarización de la zona del Rhin, y al cambiar por completo la distribución territorial en la oriental, con la creación del Estado polaco y el pasillo de Dantzig han desarticulado todo el sistema defensivo permanente alemán, que obedecía a directivas extratéticas anuladas en la actualidad.

La relación de los párrafos relativos a la frontera con Francia, imponían un desmantelamiento absoluto de las plazas que jalonan el Rhin, pero los términos respecto a la Prusia oriental y a las que cubren el Oder no eran tan absolutas, puesto que el artículo 180 decía que habían de conservarse en su *estado actual*.

En 1925 se produjo un estado de alarma, en los gobiernos de Francia y Polonia, especialmente, al traslucirse que a pesar de la vigilancia de los aliados, que mantenían en territorio de su antiguo enemigo numerosas comisiones de control militar, se habían construido determinadas obras defensivas permanentes en las plazas de Königsberg y Lotzen de Prusia oriental (fig. 1), y en la de Kustrín y Glogau sobre el Oder (fig. 2). Dado el explicable recelo que ha de inspirar un enemigo dominado a tanta costa, que sólo con reservas había admitido su nueva frontera oriental, la extraña situación de un enorme territorio separado del núcleo nacional por un pasillo artificial poco viable, y la solución violenta de la cuestión territorial de Silesia, no es de extrañar que se dieran extraordinarias proporciones al asunto, del cual el gran público sólo tuvo noticias confusas.

La intervención de las cancillerías llevó a fines del pasado año a un acuerdo sobre interpretación de los artículos 180 y 196 del Tratado, con el cual y con algunas noticias sueltas de la prensa militar, cabe formarse idea de la índole y situación general de las nuevas obras.

La plaza de Koenigsberg, con papel terrestre y marítimo a la vez, está a caballo sobre el río Pregel y cuenta con un núcleo poligonal y 12 fuertes destacados a distancias del núcleo que varían de cuatro a seis kilómetros. Alrededor del año 1890 hicieron importantes obras de mejora, especialmente blindajes más resistentes, en los fuertes y baterías intermedias. A la derecha del río hay siete fuertes y cinco a la izquierda; en esta parte, y sobre todo en el sector en que se encuentran los dos ferrocarriles que conducen más directamente a Polonia, se habían construido su-



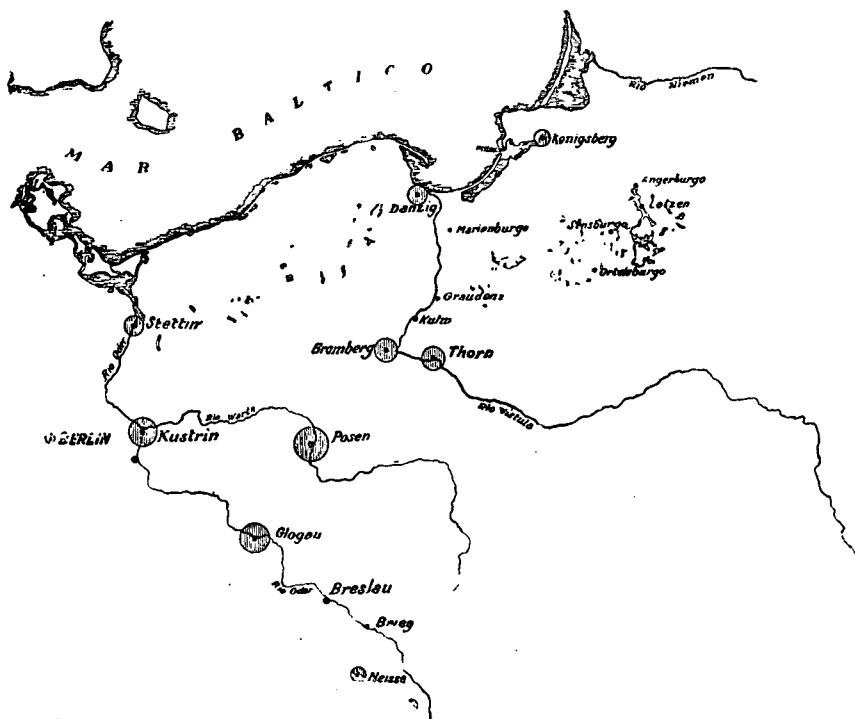
Frontera de Polonia y Alemania.

brepticamente después de la guerra 53 abrigos, que permitían alejar la defensa a una distancia de 14 a 20 kilómetros del núcleo. Como consecuencia del acuerdo citado, se ha autorizado a Alemania a conservar en esta zona 31 abrigos; de los 22 que han de destruirse, 17 serán elegidos por los técnicos alemanes y los cinco restantes por los aliados (fig. 3).

La región masuriana comprendida entre Augerburgo y Ortelsburgo estaba fortificada con ocho obras de infantería, con cuartel de hormigón, y ocho baterías acorazadas; durante la guerra se hicieron numerosas obras semipermanentes que valorizaban el obstáculo formado por los numerosos lagos en los que quedó quebrado el primer ímpetu del ejército ruso. En el centro de esta región, delante de Lotzen y cubriendo el ferrocarril a Polonia, se han construido en 1926 15 abrigos, que se han respetado íntegramente (fig. 4).

Queda en esta forma la Prusia oriental como una gran plaza de armas, que puede obrar sobre el flanco de Polonia o de un ataque ruso a través de ella.

La plaza de Kustrin está situada en la confluencia del Warta al Oder, su defensa se apoyaba en cuatro obras permanentes: una, sobre la orilla izquierda dominando el ferrocarril de Berlín; otra, al Norte entre el Warta y el Oder, que barreaba las líneas férreas a Soldin y Stettin, y otras dos, al S. E. Entre las obras había numerosas baterías preparadas, con distinta densidad, por ser los sectores de muy diferente accesibilidad y la distancia al núcleo también variable entre los límites de 4 a 14 kilómetros (fig. 5). Estas defensas fueron completadas en 1926 con cinco



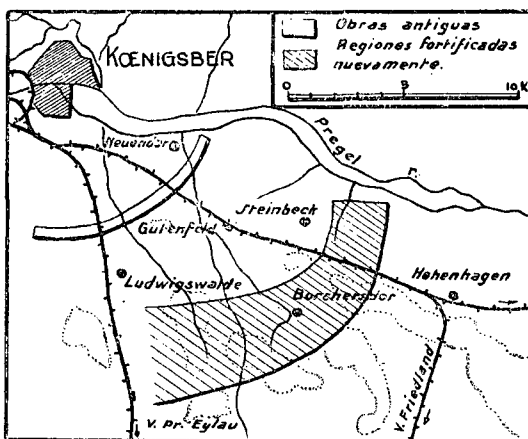
Las fortalezas de Alemania occidental.

abrigos, repartidos en una amplia zona al S. E. destacada a gran distancia y situada delante de Francfort sobre el Oder; la obra extrema del flanco derecho dista 40 kilómetros del núcleo y tiene el papel de proteger la principal vía de acceso que desde Polonia conduce a Berlín. Estos cinco abrigo deben ser totalmente destruídos según el convenio repetido.

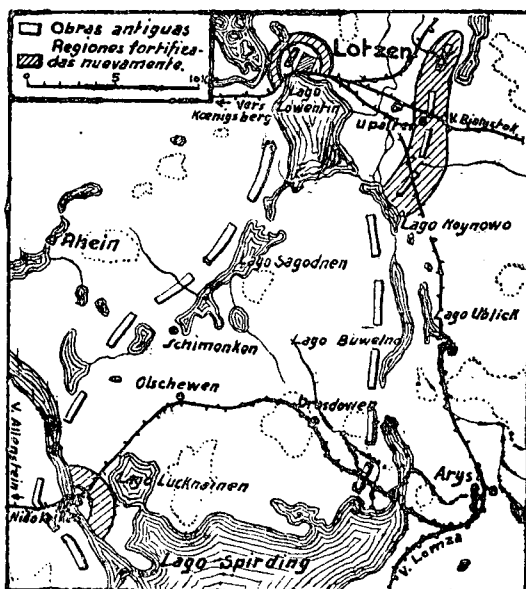
La plaza de Glogau forma una cabeza de puente sobre el Oder, constituida por fuertes de tipo anterior a la adopción de las granadas torpedos, y exageradamente acercadas al centro, la mayor parte a un kilómetro, y sólo algunas en la orilla derecha entre los ferrocarriles a Lissa y Posen que sigue la dirección Norte y el que conduce a Kalisch, Lodz y Varsovia que va en dirección N. E. llegaban a una dis-



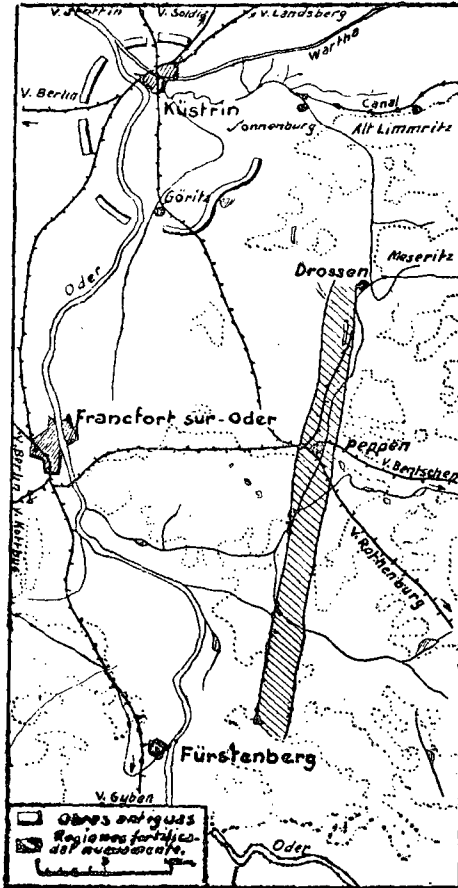
tancia superior a tres kilómetros. La nueva frontera ha colocado esta plaza de Silesia a menos de 30 kilómetros de Polonia, y se ha reforzado con siete abrigos en el sector que mira dicho país y ocho en la orilla izquierda del río. El convenio obliga a destruir los primeros y respeta íntegramente los últimos, precisamente los de menor importancia militar (fig. 6).



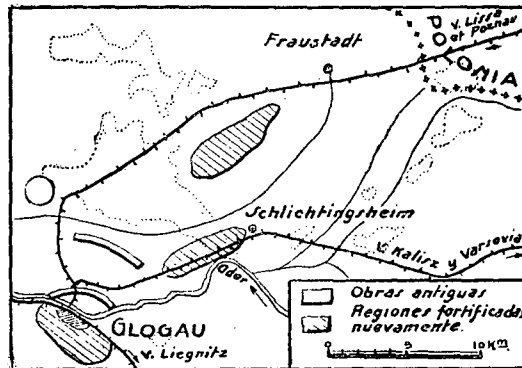
Obras de Koenisberg.



Obras de Lotzen y lagos mansurianos.



Obras de Küstrin  
de Francfort sur Oder.



Obras de Glogau

En total, en el convenio se autoriza la conservación de 54 obras nuevas, debiendo destruirse 84, pero en lo futuro no podrán hacerse en ellas más trabajos que los de consolidación para evitar los destruya el tiempo; entre ellos se admitirá la sustitución de materiales deleznable como la tierra, madera o ladrillo por los más sólidos de mampostería y hormigón de cemento.

Las características de estas obras indican que su fin no era servir para asentamiento de piezas ni como obstáculo pasivo contra el avance; se trata de abrigos completamente enterrados, cubiertos con hormigón de gran espesor, destinados a depósitos de municiones, puestos de mando y lugares de resguardo para el personal. Son simplemente los puntos sólidos y no improvisables de un sistema extenso, que se completaría rápidamente en caso de movilización con obras de campaña, para lo cual se tienen dispuestos los *stocks* de material y cuantos estudios y elementos es posible sin llamar la atención del enemigo. Esta orientación encaja dentro del espíritu de los nuevos reglamentos alemanes, que consideran a la fortificación como un elemento de la maniobra general y ha sido lo único que ha podido llevarse hasta el grado de adelanto que representa el terminar 88 obras, sin que fuera capaz de impedirlo una vigilancia constante y recelosa.

En el convenio se define por una línea jalonada a lo largo de las fronteras meridionales y orientales de Alemania, la zona en la cual están comprendidas las obras permanentes que no pueden ser objeto de alteración ni mejora alguna. □

---

## CRÓNICA CIENTÍFICA

---

### Perfeccionamientos en los crisoles de plombagina.

Muchas pruebas se han intentado para aumentar la duración de los crisoles de plombagina que hayan de ser sometidos a temperaturas elevadas. Se han ensayado aplicaciones superficiales de varios óxidos finamente divididos y aglutinados con uno de los adhesivos usuales, pero la capa así obtenida se exfolia a temperaturas elevadas, y además puede contaminar la materia fundida y atacar el crisol.

El uso del silicio, con miras a la formación de carburo de silicio como capa protectora, ha sido ensayado de distintas maneras: Helberger, por ejemplo, ha sugerido la idea de introducir silicio en el crisol vacío, calentándole después a temperatura muy elevada a fin de conseguir la formación del carburo. Un método perfeccionado, del que se esperan grandes resultados aparece descrito en *Zeitschrift für Elektrochemie*, vol. 33, 1927, pág. 200. Se seca primeramente el crisol a 150° C y se le inmerge después durante algunas horas, a temperatura ambiente, en una disolución coloidal de silicio o, preferiblemente, de pentaóxido de vanadio. Al calentarlo inmediatamente después a temperatura muy elevada, el óxido coloidal que había sido absorbido por el grafito, se convierte en carburo; este proceso se repite dos o tres veces. Cualquier óxido ordinario que pueda aparecer en la superficie del grafito se hace desaparecer. Un crisol así tratado se afirma que tuvo una vida de ciento diez horas, sometido durante todo ese tiempo a temperaturas comprendidas entre 1.830 y 2.000°

centígrados, mientras que un crisol similar sin ningún tratamiento sólo duró cuarenta horas sometido a temperaturas que variaban entre 1.700 y 1.800° centígrados.

Es evidente que el tratamiento descrito únicamente podrá usarse en los casos en que las sustancias que hayan de ser fundidas no reaccionen con los carburos de silicio o de vanadio; pero su utilidad es incontestable para las numerosas operaciones en que no sean de temer reacciones semejantes. △

#### Nuevo procedimiento para emulsionar asfalto.

La revista *Chemical Trade Journal* da cuenta de un método nuevo para la emulsión del asfalto que ofrece algunas ventajas respecto a los ya conocidos. El asfalto puro es desmenuzado en partículas sumamente pequeñas en presencia de agua y de una proporción reducidísima de mineral inerte en estado coloidal; para efectuar la operación se emplea una máquina emulsionadora de gran velocidad. Durante la operación se introducen en la mezcla sales de cromo a manera de antioxidante que preserva de corrosión al metal férreo durante la desecación del agua contenida en la emulsión. Las ventajas que se alegan en pro de la emulsión cromada de asfalto son la de que conserva todas las propiedades preservativas del asfalto puro, la facilidad de aplicación en frío con un pulverizador o brocha y la ausencia de disolventes volátiles que permite el empleo de la pintura en locales cerrados sin riesgo para el obrero pintor, puesto que no emite gases tóxicos ni vapores que formen con el aire mezclas explosivas. △

#### Galvanizado de diferentes metales sobre aluminio.

Una compañía inglesa ha estudiado y llevado a efecto un procedimiento original para cubrir los objetos de aluminio con películas de cinc, níquel, cobre, cromo o aleaciones de estos metales. El procedimiento es de naturaleza electrolítica, económico y completamente comercial. Mediante un tratamiento anódico se forma sobre la superficie del aluminio una capa muy fina de óxido, la cual, en el ambiente atmosférico ordinario, es no conductora y no corrosible. Este tratamiento, no llevado al extremo, prepara la superficie del aluminio para la deposición del níquel sobre él y de una capa de cobre sobre el níquel.

Si se desea, después de pulimentar la capa de cobre, se puede depositar sobre ella una capa final de cromo; el artículo obtenido es de aspecto brillante y limpio, lo que hace innecesario el pulimento del cromo, que es, naturalmente, muy duro. Según los autores del procedimiento, las capas son adherentes, sin tendencia a desprenderse, y sufren las pruebas de ataque por ácido y sales con resultados satisfactorios.

Las aleaciones de aluminio pueden ser galvanizadas del mismo modo, siempre que su contenido de cobre no exceda del 6 por 100, y mejor del 3.

En Londres se ha instalado un taller para aplicar este procedimiento en escala comercial, con el objeto de estimular el empleo del aluminio en los casos en que su escaso peso ofrece ventajas; al endurecer su superficie y darle aspecto brillante y pulimentado, se evita la necesidad de limpiarle con frecuencia. △