

na, siluriana, carbonífera y terciaria. Según la teoría de la contracción termal desarrollada por Jeffreys, se explica el carácter de intermitencias con que se forman las grandes cordilleras, porque los esfuerzos de compresión en las capas superiores a la que hemos llamado C_0 , irán aumentando de un modo continuo hasta que vencida la cohesión de las rocas más profundas, que se encontrarán a elevada presión y temperatura, pasarán a ser plásticas, mientras que las más cercanas a la superficie se fracturarán. Estas circunstancias son las que corresponden a un período orogénico, durante el cual, al irse adaptando las capas sobre la C_0 , irán desapareciendo los esfuerzos de compresión. Pero como el enfriamiento seguirá produciéndose de un modo continuo, las capas sobre C_0 volverán a comprimirse cada vez más, hasta que, pasado el tiempo necesario, se reproduzca nuevamente el fenómeno orogénico. El cálculo hace ver que las épocas de actividad han podido llegar a seis, teniendo en cuenta la probable edad de la Tierra, y aquella cifra no es de orden distinto a la que nos da la Geología como número de sistemas de cordilleras seguramente formados, debiendo advertir que no se sabe nada cierto respecto a si se formaron algunas durante los tiempos arcaicos.

Se ha indicado precedentemente que los plegamientos originarios de las cordilleras no se distribuían uniformemente por la superficie terrestre, sino que se formaban en zonas donde las rocas ofrecían menos resistencias que en las circundantes. Esto ocurre cuando en virtud de grietas corticales, hundimientos debidos al peso de sedimentos acumulados u otras causas se han producido ya profundos surcos o bien hondos geosinclinales, sobre los que se han acumulado sedimentos sueltos o poco consolidados. Las dos paredes de la fosa en U constituyen las regiones delantera (vorland) y zaguera (ruckland) de Suess, que al sufrir movimientos en las épocas de actividad orogénica comprimirán los sedimentos, los cuales se irán plegando y levantando mediante un proceso, respecto al cual varían las opiniones, pero que, en líneas generales, está muy bien expuesto por De Launay, del que resulta que las laderas más abruptas y plegadas de la cordillera que se forme corresponderán a la región delantera, o sea la que, por ser la más resistente,

haya ejercido mayor empuje al comprimir los depósitos.

Wegener ha dado también, dentro de su teoría, una explicación del modo de formarse las montañas. Según dicho geólogo se originan, bien cuando las masas continentales en movimiento se aproximan hasta tocarse, pues al comprimirse se producirá el plegamiento del sial de sus bordes, o también por las arrugas que en éstos puede originar la resistencia que por su viscosidad opone el sima, que constituye bajo los sedimentos marinos todos los fondos oceánicos, al avance de los macizos continentales. Entre las objeciones que se han hecho a esta explicación de la formación de montañas, tiene mucha importancia la de que calculadas las fuerzas que se pondrían en juego, no serían capaces de vencer la acción de la gravedad en la proporción necesaria para producir la elevación de las cordilleras, pues aquellas fuerzas resultan de un orden de magnitud insignificante con respecto al peso de las masas que habría que levantar.

Resulta de todo lo precedentemente consignado, que la explicación que parece actualmente más satisfactoria para la formación de las grandes cordilleras, es la de que son debidas a plegamientos producidos por los esfuerzos predominantemente horizontales debidos al enfriamiento de la Tierra, pues tanto a las que admiten la preponderancia de los esfuerzos verticales como a la de Wegener, se oponen objeciones de gran peso. Pero esto no quiere decir que aquella teoría, que se conoce por muchos por el nombre de teoría de la contracción, explique con toda claridad el proceso de formación de las montañas, aun cuando concuerda con gran parte de los hechos observados, entre ellos con que sea menor la densidad en las capas bajo aquéllas, puesto que las formarán sedimentos que, aun cuando consolidados, serán probablemente menos densos que las rocas básicas circundantes.

Terminaremos haciendo resaltar que el incesante estudio de los fenómenos naturales, como los orogénicos y los demás de que se ha tratado en este artículo, aporta constantemente nuevos datos, que obligan a interpretaciones que unas veces afectan a detalles y otras a puntos esenciales, siendo en este último caso necesario modificar, muchas veces por completo, ideas que se tenían como casi definitivas.

N. PUIG DE LA BELLACASA
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Las cañerías de hormigón de portland

Es un hecho en la actualidad la falta de fe de la generalidad de los ingenieros (al menos con referencia a los de Caminos creo poder asegurarlo) en que tubos o caños de hormigón de portland puedan hacer el mismo oficio que los de hierro colado, en conducciones de agua, con suficiente margen de seguridad en cuanto a estabilidad y resistencia y en cuanto a evitación de escapes y filtraciones.

Y si un número no pequeño, de mis aludidos estimabilísimos compañeros, cree en la *posibilidad técnica* de la sustitución equificiente de los unos por los otros, es dando por sentado que al hormigón no falte la armadura de hierro y que el cálculo de resis-

tencia sea hecho según los principios y normas actuales de la Mecánica del hormigón armado; pero desconfiando, por lo mismo, de que la ventaja económica probable merezca la pena de arrostrar los inconvenientes de la permeabilidad inicial (que tienen por inevitable) y de la inestabilidad de las juntas (si bien ésta crean posible obviarla por la construcción continua *in situ*) y todos los riesgos que la desastrosa experiencia de multitud de cañerías del mismo material hace temer.

Algunos, muy contados, a quienes particulares circunstancias hayan puesto en el caso de estudiar con especial detenimiento y del único modo positivo (la

metódica y prolija experimentación) las cañerías de que se trata, se hallarán en otra orientación *práctica*, y *teórica*, respecto a la materia.

Materia modesta, hay que reconocerlo, en medio de las de más notoria importancia y magnitud y dificultad que abundan en el campo de la Ingeniería (y quizá sea esto lo que ha dado lugar al fenómeno general que arriba queda señalado, por requerir y absorber la atención de la mayoría de los ingenieros otras cuestiones de más relevante interés y consideración); pero su trascendencia, no obstante, en lo que a la riqueza o economía general importa, no es despreciable, y es deber de cualquier ingeniero aportar las advertencias que su particular conocimiento del asunto le sugiera.

Uno o dos ejemplos bastan para poner bien de manifiesto dicha importancia y algo de lo que a la teoría se refiere; pero los expondré después.

Antes, por ser la base necesaria, conviene decir que es un hecho, comprobado ya por algunos desde ha tiempo, la segura construcción de caños y cañerías de hormigón de portland capaces de reemplazar bien a las de hierro colado en la gran aplicación corriente de éstas a las conducciones de agua. Capaces por la resistencia, capaces por la impermeabilidad práctica (perfecta desde el primer momento, no por el consabido efecto de las sales y materia sutil en suspensión que rellenan poros y oquedades) y capaces por la estabilidad y el hermetismo o *estancuidad* (permítase la palabra) de las juntas.

No entienda nadie que con esta afirmación quiero referirme exclusivamente a determinado y particular sistema en que, por añadidura, pueda estar yo interesado. No. Precisamente uno de los juicios que tras mis especiales y perseverantes trabajos en la materia tengo formados, es que los efectos o características aprendidos a conseguir por algún ingeniero, en las sencillas estructuras o modestos elementos constructivos y construcciones de que tratamos, pueden ser o haber sido también conseguidos por cualquiera otro dedicado a ello con un cuidado y constancia semejantes. No niego, pues, antes la doy por cierta, la probabilidad de que hoy día se esté ya construyendo, por distintas entidades técnicas y por procedimientos diversos, y hasta sin recíproco conocimiento ni aun noticia las unas de las otras, caños y cañerías de hormigón que satisfagan las condiciones esenciales señaladas. Podrá haber, habrá seguramente, diferencias, quizá grandes, en el grado o cuantía de la *ventaja económica* con que cada una de dichas entidades realice el fin práctico, reemplazando al hierro colado, y cabe que alguna pueda superar notablemente a las demás en cuanto a tal ventaja; pero nada más.

Y vamos a mi tesis.

Si es cierto el hecho que afirmo, y aunque sólo sea porque hay quien con alguna solvencia técnica lo afirma, ¿no será prudente que los ingenieros procuren cerciorarse de modo convincente (visitando por sí establecimientos y obras y presenciando pruebas) de la verdad que haya en ello?

Allanaría mucho esta diligencia de deber profesional el que, ya por iniciativa oficial, ya por alguna entidad gran consumidora de cañerías, ya por los propios explotadores de modernos sistemas especiales, se promoviese un certamen donde fueran indemnizados los gastos de concurrencia a todo el que demostrara saber conseguir *seguramente* las caracterís-

ticas enunciadas, y se adjudicara un premio estimulador a aquel que más satisfactoriamente o con mayor ventaja de precios, relativamente al hierro colado, demuestre lograrlas.

Alguien, acaso, piense que podría ser esto un paso perjudicial, por ser importantes intereses establecidos los que representan las fábricas de tubos metálicos, tanto de hierro colado como de chapa de hierro o acero; pero ha de observarse que para ciertos diámetros y cierta altura en la escala de los esfuerzos a resistir, y para todos los casos o circunstancias en que se imponga la reducción de volumen de los conductos, podrá ser siempre necesario o conveniente recurrir a la producción de dichas fábricas, así como para las llaves fontaneras y gran número de las llamadas piezas especiales; debiendo, además, tener en cuenta la multitud de otros objetos cuya fabricación es propia y conveniente en tales establecimientos. Y hay que pensar, por otra parte, en el beneficio general que implicará el quedar a disposición de otras aplicaciones, resentidas hoy más o menos de la carestía del hierro, una gran porción de la enorme cantidad de este metal que en canalizaciones hasta hoy se viene empleando.

Los ejemplos que antes anuncié, y con los cuales voy a terminar, son los siguientes:

Imaginemos una población para cuyo abastecimiento de agua potable se ha de construir una traída de 60 cm de diámetro interior y 12 km de recorrido hasta el depósito, y una arteria-madre, desde éste al vértice de la distribución (suponiendo ésta radial), de 1 500 m de longitud y 50 cm de diámetro. La traída atraviesa varias vaguadas, formando sifones cuyos puntos inferiores se hallan de 30 a 80 m bajo el plano superficial de agua en la toma. La carga estática máxima sobre el punto más bajo de la arteria-madre es de 35 m.

Dentro de la que parece prudente desconfianza hacia las cañerías de hormigón, es hoy lo más probable que los llamados a intervenir en el proyecto y su aprobación crean indudable deber optar por el hierro colado para ambas conducciones. El coste de los tubos para la traída, a 135 pesetas el metro lineal, ascenderá a 1 620 000 pesetas, y los de la arteria-madre, a 105 pesetas el metro, costarán 157 500 pesetas; total, 1 777 500 pesetas, sin contar el coste de los transportes.

Pero, si es perfectamente posible construir una cañería de hormigón de portland del diámetro de dicha traída, y que resista sin rotura, resudaciones ni escapes, en los tramos que se quiera, 11 ó más kilogramos por centímetro cuadrado, de presión hidráulica interior, y el coste de cuyos caños no pase de pesetas 624 000 (52 pesetas, término medio, por metro lineal) para los 12 km, y una cañería de 50 cm de diámetro, que resista análogamente 8 kg por centímetro cuadrado y cuyos elementos no importen más de 60 000 pesetas, para los 1 500 m de la arteria-madre; si esto es posible, digo, saltaría a la vista el gran acrecimiento relativo de bien general que puede reportar, justamente aplicado a otras mejoras o necesidades, el *millón y pico de pesetas* que podría economizarse. Y esto en sólo una parte de sólo un abastecimiento urbano.

Otro ejemplo: una elevación de agua cuya cañería de impulsión ha de tener 50 cm de diámetro; longitud, 1 250 m; altura manométrica, 62 m. El ingeniero encargado del estudio y construcción de la obra

es relativamente nuevo y está bien enterado de lo que enseña la actual ciencia del hormigón armado respecto al cálculo de las estructuras tubulares destinadas a sufrir esfuerzos internos expansivos. Proyecta la cañería con un margen de resistencia del 100 por 100 en la zona inferior del trazado y de 75 por 100 en lo demás. Convoca constructores prácticos, a base de que se ciñan al proyecto, en cuanto a mezclas, espesores y armaduras; y, el que menos le pide, no baja el precio de los caños de 70 pesetas, término medio, por metro lineal, sin comprometerse (como tampoco ninguno de los demás) a garantizar firmemente la comprobación práctica de las resistencias calculadas. Uno, sin embargo, después de afirmar que los caños del proyecto, a pesar de sus bien calculadas armaduras, *no es seguro respondan bien a las supuestas resistencias* (y tiene razón; pero he de dejar para otro día el entrar sobre este tema más allá de decir que corroboró tal afirmación fundándome en reiterados ensayos míos), se ofrece a construir la cañería, si se le deja en plena libertad en cuanto a mezclas, armaduras, procedimiento y forma de empalmes, garantizando su buen servicio sin averías ni

pérdidas de agua, y que los caños satisfarán, sin rotura ni resude, a los quince días de edad y aun antes, a la siguiente prueba de taller: a presión de once atmósferas (dejemos pasar la expresión vulgar) los de la zona inferior, de ocho atmósferas los de la mayor parte, y de cuatro atmósferas los de la zona alta; pudiendo en tal caso reducir el precio medio de los mismos a 47 pesetas metro lineal. Y aceptada la proposición, por las garantías ofrecidas, se cumple puntualmente lo prometido. Economía: *más de 25 000 pesetas*, aun con referencia a la cañería proyectada ya de hormigón. Advirtiéndome que he modificado algo, en sentido desfavorable, varios datos del caso real, por no tenerlos bien presentes ahora y evitar que alguien pueda decir que exagero, falseando las cosas a favor de mis asertos.

Ha de reconocerse que ambos ejemplos inducen a una seria reflexión y a un inquietante cálculo global de lo que se perjudica o se deja de beneficiar a la economía y bien generales cada año, y aun cada mes, que tardamos en cerciorarnos de lo que fuera de los tratados técnicos puede encontrarse al presente en la materia de referencia.

Angel BLANC
Ingeniero de Caminos.

Jubilaciones y Escalafones

Antecedentes

En alguna otra ocasión he divagado sobre este tema, aun a riesgo de cansar y molestar a los lectores de nuestra REVISTA.

Para el otoño de 1923 tenía preparado un trabajo algo extenso sobre la misma base del publicado en 1920, mas las circunstancias aconsejaron esperar el rumbo conveniente, y en verdad que no resultó infructuosa la demora, ya que al poco tiempo se varió el funcionamiento del Escalafón con nuevas normas derivadas del cuarto turno de amortizaciones, que anulaban aquel estudio de 1923; y cuando ya me proponía lanzar otras cuartillas, a base de las amortizaciones, fueron suspendidas éstas, acordándose últimamente, por Real decreto de 11 de mayo de este año, fijar las plantillas de los Cuerpos facultativos, correspondiendo al de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos la que sigue:

	Categoría que designaremos
1 Presidente del Consejo de Obras públicas....	A''
4 Presidentes de Sección de dicho Consejo....	A'
10 Consejeros inspectores.....	A
47 ingenieros jefes de primera clase.....	B'
52 ídem íd. de segunda clase.....	B
94 ingenieros primeros.....	C ₁
98 ídem segundos.....	C ₂
43 ídem terceros.....	C ₃
38 ídem en prácticas.....	P

con un total de 387 ingenieros.

Esta plantilla difiere de la que regía antes de las amortizaciones, en que aparece la nueva categoría de ingenieros en prácticas, sin los que quedaría reducido a 349 ingenieros, en vez de los 360 del Escalafón anterior.

Mas durante el período de amortizaciones se llegó a reducir el número hasta 345 ingenieros, sin contar con los de prácticas, según aparece detallado en el último Escalafón de bolsillo, publicado por la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, con las rectificaciones hechas hasta 1.º de enero de 1925.

Y este Escalafón de bolsillo es la base del estudio realizado, para presentarlo sintetizado a los compañeros y lectores de la REVISTA en el gráfico de Jubilaciones, el *Cuadro-resumen* de dichas jubilaciones, por años y por categorías, y como consecuencia, la *Tabla* de la situación de los Escalafones probables durante los diez y seis años, comprendidos entre 1926 y 1941, ambos inclusive, que aparecen en las páginas siguientes.

Consideraciones

La simple visión del gráfico y la lectura del Cuadro-resumen, como base de la tabla mencionada, sugiere varias consideraciones, limitándonos en este modesto trabajo a señalar los detalles más salientes, sin contar más que con las jubilaciones.

Según ya se previó el año 1920, el gran número de jubilaciones, a partir de 1929 (y a base de la jubilación única a los sesenta y siete años de edad, para todas las categorías), como consecuencia de la acumulación de ingenieros, de edades muy poco diferentes, en una gran zona del Escalafón, da lugar a una inestabilidad muy acentuada del Consejo de Obras públicas, lo que ha de motivar una grave crisis de su normal funcionamiento, por lo que parece conveniente prever y, si es posible, evitar tal situación, asegurando un mínimo plazo en el cargo de Consejeros.