

Corrosión en las turbinas

Sabida es la gravedad que reviste, en ciertas Centrales hidroeléctricas, este fenómeno de corrosión; que al destruir partes importantes de rodets, distribuidores, ejes y cámaras cerradas de turbinas, queda disminuido, a la vez, el rendimiento de éstas en importancia correspondiente a la destrucción sufrida.

No hay que confundir los fenómenos de corrosión con los de erosión. Esta es efecto del caudal sólido que arrastran las aguas. Especialmente cuando éstas van animadas de gran velocidad, como sucede en saltos de relativa gran altura, los granos de arena en suspensión hacen el efecto de esmeril, desgastando el metal sobre el que roza el agua y produciendo en él surcos con superficies lisas, como corresponde a la acción de lija de las aguas.

Este efecto es de enorme importancia, y en algunas instalaciones ha revestido tanta, que en el transcurso de semanas había que sustituir rodets o álabes de los distribuidores. En España son frecuentes estos fenómenos de erosión, por el carácter torrencial de los ríos, que determina gran riqueza de caudal sólido en sus aguas.

Así, pues, el efecto de erosión es de carácter físico.

En cambio, la corrosión que se observa en muchas turbinas es de índole química. La superficie atacada no se presenta lisa, como en el anterior fenómeno de erosión, sino que aparece esponjosa. En unas zonas el ataque es profundo; en otras, es apenas notorio. Siempre coincide la parte atacada con regiones en que se produce alguna depresión hidráulica, por ejemplo, en la parte alta de los tubos de aspiración, especialmente cuando la altura de éstos se acerca al límite práctico; en la zona inmediata posterior a una estrangulación de la vena líquida, la que al ensancharse produce una depresión; cuando por falta de adaptación de la vena líquida a la superficie metálica queda cierta cámara de presión débil.

El aire que el agua llevaba disuelto, al pasar ésta por esas regiones de presión débil, se desprende; pero parece que primero sucede esto con el oxígeno, que, en estado naciente, tiene gran poder corrosivo y ataca al hierro, formando una delgada capa de óxido que la misma agua arrastra, dejando al metal dispuesto a sufrir un nuevo ataque.

Se ha observado, además, que, rebasados ciertos valores de velocidad específica, para un salto de altura determinada, hay corrosión, tanto mayor cuanto más elevada es aquella velocidad.

Este fenómeno de corrosión es también de grandísima importancia, y contra él no hay otro remedio que evitar en lo posible estos espacios de depresión;



proveer las turbinas de tubos de aspiración cortos, para lo que se adaptan perfectamente los tipos de turbinas de eje vertical, y procurar que no haya estrangulaciones y ensanches súbitos de la vena líquida. Y cuando se trate de instalaciones ya ejecutadas en que no es fácil acudir a estos remedios, el hacer los rodets y otras partes atacadas de bronce fosforoso, que resiste mejor el efecto indicado.

Se reproduce aquí la fotografía de un rodete corroído, que se sustituyó por segunda vez, y la última por uno de bronce, en la Central hidroeléctrica de la S. A. Teledinámica Turolense.

Esta fotografía figura en un trabajo llevado a cabo por el alumno de Ríos, Canales y Pantanos, en el curso de 1924-25, Sr. Fernández Merino (D. Alfonso).

J. L. G. N.

La contratación de obras públicas en Italia

Siempre sería interesante conocer y estudiar la legislación de Obras públicas de una nación como Italia, en donde aquéllas han tenido constantemente, y más en estos momentos, un desarrollo tan considerable; pero ese interés sube de punto para nosotros, pues es indudable que podremos, con su ejemplo, sacar enseñanzas provechosas y muy dignas de tenerse en cuenta para que, sin traducirlas literalmente, apli-

quemos a nuestros pliegos de condiciones, a nuestra contabilidad y demás disposiciones vigentes, ya anticuadas, aquellos principios que sirvan para mejorar nuestra legislación, poniéndola en consonancia con lo que exigen las nuevas orientaciones económicas y la técnica moderna del constructor.

El objeto de este artículo, y de otros sucesivos, es poner de manifiesto, muy sucintamente, la orienta-

ción que en Italia se da a los sistemas de construcción, sin entrar en detalles, que están contenidos en una Memoria presentada a la Superioridad, en cumplimiento y como final de una Comisión oficial, que permitirán apreciar cuánto puede modificarse nuestra legislación, con beneficio evidente, a mi entender, para los intereses nacionales.

Se destacan vigorosamente en toda la legislación italiana sobre contratos en general, y en especial sobre los de Obras públicas, tres puntos esenciales: primero, el cuidado minucioso que la Administración pone para poder elegir sus contratistas; segundo, las precauciones que toma para que los contratos se cumplan con exactitud, y tercero, la forma que emplea para evitar, y en su caso resolver, las cuestiones litigiosas.

Toda su legislación se ve que está inspirada en que el Estado asemeje su actuación a la que los particulares y las Compañías más exigentes emplean en la defensa de sus intereses propios.

Las Obras públicas se hacen por contrata o por administración; pero esta última forma se puede decir que no se emplea más que en casos muy especiales y para obras de muy poca importancia.

Dentro de las contratas, emplean las subastas libres o restringidas y los concursos; pero, en todos los casos, el proponente particular o entidad tiene que presentar un certificado de aptitud, moralidad y solvencia, que tiene que estar dado por un ingeniero jefe de uno de los servicios de Obras públicas y que no puede tener fecha anterior a seis meses de la convocatoria.

Estos certificados, que se presentan en los plazos y forma que detalla el anuncio o la invitación correspondiente, se remiten, por la autoridad competente, a una oficina, llamada *Sección de contratos*, que forma parte de la Secretaría general del Ministerio de Obras públicas, la cual rechaza aquellos certificados que no son aceptables y presenta al ministro una lista de los a su juicio admisibles, pudiendo a su vez el ministro rechazar aún aquellos que crea que no son convenientes al interés nacional, sin que nadie por ningún medio pueda protestar ni reclamar por esa exclusión; es decir, que puede darse el caso de que una persona tenga un certificado favorable y sea rechazada, pues puede el ministro haber tenido noticias posteriores y reservadas que le obliguen a tomar esa decisión, ya porque él mismo haya pedido datos al ingeniero jefe o al prefecto, o porque esos funcionarios, usando de atribuciones que los reglamentos les otorgan, le hayan hecho nuevas manifestaciones reservadísimas, ya por escrito o verbales, que modifiquen un certificado dado a veces por presiones exteriores, quedando todo dentro del más absoluto secreto, bajo penas graves.

La Sección de contratos, a la cual se le mandan de todos los servicios los datos necesarios, tiene listas de contratistas y puede, dado lo perfecto de su funcionamiento, informar con toda seguridad de acierto; tiene también a su cargo esa Sección la estadística de cuanto en las subastas y concursos ocurre, publicando periódicamente unas Memorias, en las que se insertan datos de gran interés; ella misma es la encargada de recibir la notificación de exclusión definitiva de algún contratista que no haya cumplido y de anunciarla inmediatamente a todos los demás servicios de Obras públicas, Prefecturas, Oficinas de Hacienda pública, provincial y municipal,

a fin de que no pueda ser nunca contratista en ningún servicio de la Administración, mientras no se le levante tan ejemplar castigo, dándole el *Nulla Osta*.

De la misma manera, no podrá ningún servicio contratar con persona excluida sin preguntar, de un modo reservado, al ministro, si tiene el *Nulla Osta*, debiendo recibir la contestación por telegrama cifrado, a fin de prevenir cualquier sorpresa y conservar el secreto.

Ningún contratista serio de Italia protesta de tan rigurosas condiciones, que tienen una repercusión hasta en las obras particulares, pues el poder ser contratista del Estado es un mérito justamente apreciado para trabajar con Empresas y particulares.

La Sección de contratos interviene de la misma manera en cuantos actos hay que verificar, desde que se decide subastar una obra hasta que se hace la adjudicación definitiva, y para ello se nombra un funcionario, que se llama *delegado de la contrata*, el cual se ocupa de los anuncios, custodia de documentos, firma de escrituras y, en una palabra, de cuanto es preciso para que se cumplan con exactitud cuanto las disposiciones vigentes previenen, librando de esas preocupaciones a los jefes de los Servicios y de los Negociados del Ministerio; en las obras que se hacen por concurso tiene también la Sección de contratos su intervención en forma análoga.

Se anuncian las subastas en Italia por medio de los periódicos oficiales y también con grandes carteles, que se fijan al público en todas las Jefaturas de Obras públicas, en las Prefecturas y hasta por las calles, en los sitios designados para ello. Esos carteles, muy detallados por cierto, señalan las principales condiciones y requisitos para acudir a las subastas, los plazos, los días y horas en que se verificarán los diferentes actos de las mismas y, desde luego, la cuantía del contrato.

Pueden ser las subastas sencillas o repetidas; en las primeras se hace la adjudicación provisional en el acto, y en las segundas se repite la subasta, dentro de un plazo señalado previamente en los anuncios, sirviendo de base para la adjudicación la cifra de la oferta más favorable, y hasta puede repetirse de nuevo si así está previamente anunciado.

En todas las subastas hay lo que se llama el *sobre secreto*, en el que el ministro señala la rebaja mínima que podrá admitirse sobre el presupuesto oficial, y en muchos casos también la máxima admisible, y está facultado el que preside el acto para declarar desierta la subasta si no hay ningún pliego que esté dentro de las condiciones que el sobre secreto señale, sin que tenga obligación de hacerlo público; y, por supuesto, al verificarse la nueva subasta, habrá un nuevo sobre secreto, que podrá ser distinto del anterior.

Se hacen, para las obras importantes, subastas restringidas, a las que no pueden acudir más que aquellas personas o entidades previamente invitadas por el ingeniero jefe del Servicio, y siempre que hayan sido admitidas en vista del certificado de aptitud, moralidad y solvencia, en la forma anteriormente explicada. En estas invitaciones se ha autorizado en algunos casos a los ingenieros jefes a que pongan como condición precisa que el proponente sea un ingeniero con título oficial o demuestre que tendrá un ingeniero al frente de las obras, responsable de las mismas y de la comprobación que habrá hecho de los cálculos de las obras principales; se considera esta

autorización a los ingenieros del Estado como el primer paso para que sea obligatoria en toda clase de obras, incorporándola al pliego general de condiciones, para atender así a la reiterada petición que han dirigido al Gobierno todas las Asociaciones de Ingenieros de Italia.

En casos ya muy especiales, como, por ejemplo, en los suministros de maquinaria y en las obras de hormigón armado, se recurre al sistema de concursos, casi siempre restringidos, y en los cuales se pone siempre a disposición de los invitados un proyecto oficial, y hasta les remiten copias para que, tomándolo como base, hagan proposiciones de precio y hasta disposiciones que lo mejoren.

La adjudicación de estos concursos se puede hacer en forma análoga a las subastas, incluso con sobre secreto, o eligiendo simplemente la proposición más beneficiosa para la Administración, sin derecho a ninguna reclamación.

Adjudicada, por cualquiera de los sistemas expuestos, una obra, y previo el depósito de la fianza, se hace el contrato; pero este contrato no es firme hasta que sea aprobado por el ministro, que lo deberá hacer en el plazo de dos meses, bien entendido que la no aprobación no da derecho a ninguna reclamación ni indemnización, siendo tal decisión inapelable.

El contratista tendrá que presentar, antes de la firma del contrato, un sustituto, que lo firmará también, adquiriendo los mismos compromisos, y que sustituirá al titular en caso de muerte, con los mismos derechos y obligaciones, y siendo dicho sustituto el que se entenderá con los herederos, sin que el Estado tenga nunca que tratar nada con éstos.

Como curiosidad, indicaremos que hay un sistema de subasta por pujas a la llana, que se hacen durante el tiempo que permanecen, sucesivamente, encendidas tres candelas; se conserva así una tradición que se aplica a suministros de poca importancia y que figura en la novísima legislación de contratación de toda clase de servicios.

Hay algunos otros detalles interesantes en los contratos de Obras públicas; por ejemplo, las fianzas, que son del 10 al 5 por 100 del importe de la obra, y se completan con una retención del 10 por 100 de todos pagos; los éstos se hacen por cantidades fijadas previamente en los pliegos de condiciones; las fianzas se pueden constituir en papel de la Deuda del Estado, y también de algunos Municipios, y, desde luego, con obligaciones de los ferrocarriles del Estado, que son la casi totalidad de los de Italia. En determinados casos se admite la fianza personal, y en algunos muy especiales, y cuando se contrata con entidades de reconocida garantía, se prescinde de la fianza.

El Real Cuerpo de Ingenieros Civiles está encargado del proyecto, construcción y administración de todas las Obras públicas; se recluta mediante concursos entre los ingenieros que salen de las ocho Reales Escuelas que hay en Italia; tiene una organización muy semejante a la de nuestro Cuerpo, salvo su origen; su misión en la ejecución de las obras no es meramente inspectora, sino perfectamente directora, y para ello las obras se hacen bajo la responsabilidad de los jefes de los diferentes Servicios, y al frente de cada una de ellas hay un ingeniero subalterno (algunas veces asume esta función el mismo jefe), que se le denomina ingeniero director, el cual, ayudado por el personal auxiliar (bastante numero-

so, por cierto), se ocupa de toda la gestión directora, desde el replanteo previo a la remisión de todos los datos necesarios para llegar a la liquidación definitiva, todo ello bien entendido bajo la vigilancia del ingeniero jefe, que es quien en definitiva tiene la responsabilidad del cumplimiento de cada contrato.

La intervención del ingeniero director está perfectamente definida, a fin de que no haya conflictos con los contratistas, y para ello hay que llevar en cada obra una documentación muy detallada, que comprende: el libro del director, en donde se insertan cuantas órdenes da y recibe y todos los incidentes de la obra; el diario de la obra, en donde el personal subalterno inscribe cuanto en la misma ocurra; la libreta de mediciones, en donde se croquizan y acotan todas las obras, en forma tan minuciosa que al terminar cada una queda hecha su total valoración, la cual, firmada por el contratista, es ya firme e inapelable, salvo si hace una reserva, para que al final se discuta; la lista semanal, en donde se anota el número, oficio y jornal de los obreros del contratista, los materiales que en la obra hayan entrado y los empleados; el estado de las obras, que son verdaderas liquidaciones parciales y que también deben ser firmadas por el contratista, y, por último, los certificados de pagos y el registro de los mismos, que es realmente un balance periódico de la obra, documento que, al terminar ésta, resulta ser la cuenta general base de la liquidación definitiva.

De lo dicho se desprende que el director de la obra está en cada momento enterado de la marcha de la misma en sus menores detalles, incluso en los precios de coste de las diferentes unidades, y puede, con completo conocimiento de causa, darse cuenta de si el contratista podrá realizarla en los plazos previstos, y, en caso negativo, podrá proponer las medidas convenientes, y, si éstas no son obedecidas, encargarse de hacer la obra por administración a cargo del contratista, utilizando todos los elementos y medios auxiliares de que éste disponga, sin que se pueda producir ninguna perturbación, y con arreglo a lo preceptuado con todo detalle en los pliegos de condiciones.

Una vez terminadas las obras, el ministro nombra un funcionario que haga la recepción definitiva y la liquidación general (lo que allí recibe el nombre de *collaudo*). En obras de importancia se nombra una Comisión de tres personas, debiendo advertir que en ningún caso podrán los funcionarios que intervienen en el *collaudo* haber tenido participación, ni directa ni indirecta, en la redacción del proyecto, ni con ninguno de los trámites que hayan sido precisos para su aprobación y realización.

El receptor, o Comisión receptora, reconoce las obras, con asistencia del ingeniero jefe del servicio y del ingeniero director; reúne todos los datos de la contabilidad de la misma, las reclamaciones del contratista, las resoluciones que hayan podido recaer sobre algunas de ellas y, con todos los antecedentes, hace una ponencia, fija el saldo que el contratista puede percibir y da su opinión sobre el comportamiento del personal director, poniendo de manifiesto si éste ha defendido con el celo suficiente los intereses de la Administración. La memoria del receptor se somete al Consejo Superior de Obras públicas, que, con su informe, lo remite al ministro, para su resolución definitiva.

La reglamentación sobre la ejecución de las obras

está perfectamente detallada, evitando por completo rozamientos y conflictos entre los diversos funcionarios que intervienen, simplificándose por supuesto todas las operaciones en las obras de menos importancia.

Todo contratista tiene que admitir el arbitraje para todas aquellas cuestiones que hayan surgido durante las obras y que no se hayan podido resolver por el director o por el ministro; puede pedirlo la parte que se crea perjudicada, y tiene la otra que aceptarlo o allanarse.

El Colegio arbitral se compone de cinco miembros, nombrados: dos, por el presidente del Consejo de Estado; dos, por el presidente del Consejo Superior de Obras públicas, y uno por el presidente de la Audiencia de Roma, señalando las cuestiones que han de resolver, y el plazo; su fallo es inapelable, tanto dentro de la vía administrativa como de la judicial, y, dada su alta categoría, se comprende que no se ha de utilizar este recurso más que en casos de verdadera importancia, y esto, unido a los gastos que produce, que paga la parte condenada, da como resultado que las cuestiones que en las obras surgen se resuelvan la mayoría de las veces o por el ingeniero jefe del servicio, o por el inspector del distrito, o, en último caso, por el ministro.

Hay que tener en cuenta que, dada la forma como se dirigen y ejecutan las obras, y lo minucioso de su contabilidad, son realmente pocas las discusiones que pueden surgir, por ser obligatorio que el contratista firme todas las liquidaciones parciales que se hacen de cada obra, o de un grupo de obras, firma que pone en la misma libreta en donde diariamente se toman los datos, ya aceptándolas, ya haciéndolas sus reservas, y no pudiendo posteriormente hacer nuevas reclamaciones; es decir, que sólo se podrán discutir ante el receptor lo entonces reclamado, y siempre con los datos que en la misma libreta aparezcan, estando interesado en que todas sus reclamaciones se resuelvan a medida que las obras avanzan.

Por otra parte, como se hace periódicamente y de un modo obligatorio, al fin de cada año económico, el registro de pagos, que es, según se ha dicho, un verdadero balance, que también tiene que firmarlo el contratista, con su conformidad o reparos, resulta de hecho que la obra está a cada momento al día en cuanto a la parte financiera. En la parte técnica de variaciones de obra o cambio de materiales, tampoco hay posibilidad de graves discrepancias, pues el pliego general de condiciones tiene un artículo que obliga al contratista a aceptar aumentos y disminuciones de obra dentro de límites muy amplios del presupuesto, y autoriza al director de la obra, entre esas cifras, a ordenar cuantas variaciones crea convenientes de dimensiones, materiales, emplazamiento y hasta de tipo de obras, siempre que haya precios previstos en el cuadro correspondiente o se hayan fijado contradictoriamente, teniendo en cuenta que las variaciones debidas a aumento o disminución en cimentaciones, agotamientos y otros gastos análogos, no entran como sumandos para llegar a la cifra de obra que el contratista está obligado a hacer; además, para facilitar la gestión del director de la obra, en el cuadro de precios del proyecto se señalan los de los materiales y el de los jornales de los diferentes obreros, según su oficio y categoría, dentro del mismo, y estas cifras son tan obligatorias para

el contratista como las de unidades de obra, en las rescisiones, en las hechas por administración y en los casos diversos que se presenten.

En casos especiales y muy determinados se pagan las obras por tanto alzado, siendo lo general hacerlo por unidades de obra, y en todos los contratos se señalan qué obras se harán por administración, adelantando el contratista los fondos necesarios, dentro de la cuantía que cada proyecto indica.

Para facilitar la concurrencia a obras de importancia (grandes saltos de agua, túneles, saneamiento de terrenos, puertos), la Administración o las entidades (Juntas de obras, entes autónomos) adquieren los medios auxiliares, que entregan al contratista mediante condiciones previamente fijadas en las subastas o concursos, y que pueden ser un canon de explotación y la conservación en buen estado para el día en que hagan la entrega, o un canon mayor, para que quede al finalizar las obras de propiedad del contratista; otras veces es la Administración la que obliga al contratista a que adquiera determinado material, que debe dejar de propiedad de aquélla cuando su compromiso termine.

En el gran túnel de los Apeninos, de 20 km de longitud, que construye la Administración de los ferrocarriles del Estado para la línea directa de Bolonia a Florencia, ha hecho esa entidad (que goza de una organización tan autónoma como la de una compañía privada) una importante instalación de ventilación y desagüe, una central de compresores, una central hidráulica para fuerza y luz, dos ferrocarriles de vía de un metro que parten, el primero, de la estación de Sasso, y el segundo, de Prato, y van hasta las bocas respectivas, destinados exclusivamente al transporte de obreros y de materiales para esa grandiosa obra, y un tranvía aéreo, de 10 km, para aprovisionar los pozos de ataque que han hecho en la mitad de la longitud del túnel; todas esas instalaciones son aprovechadas por todos los contratistas que hay en esa obra, pagando un canon que amortiza una parte importante de lo gastado, y en alguna la totalidad, y desde luego los gastos de explotación, hasta el punto de que los ferrocarriles quedarán a beneficio de los pueblos por donde pasan para convertirlos probablemente en caminos ordinarios.

En otros casos, como en el puerto de Nápoles, el contratista aprovecha una instalación de fabricación de hormigón para la construcción de grandes bloques, también algunas grúas y titanés del taller donde se hacen; se impulsa de esta manera la formación de grandes Empresas nacionales de construcción, y han evitado así que las extranjeras piensen en explotar ese mercado, ya muy importante, protegiendo de esta forma la industria nacional.

Comparando la organización italiana con la de España, se ve la posibilidad de implantar aquí algo de lo allí establecido, ya de un modo definitivo, ya a manera de ensayo para obras de cierta importancia, y que podría ser lo siguiente:

Modificar la inspección y vigilancia de las obras, sustituyéndola por una dirección efectiva; exigir el certificado de aptitud, solvencia y moralidad a los contratistas; exigir que al frente de las contratas haya siempre un ingeniero de Caminos, Canales y Puertos; procurar que la Administración adquiera material y medios auxiliares en cierta clase de obras; hacer concursos en obras importantes, pero siempre

sobre la base de un proyecto oficial que se comunique a especialistas, para que lo puedan mejorar; imponer el arbitraje obligatorio para evitar los litigios entre la Administración y los contratistas y entre éstos y los obreros; facilitar la constitución de fianzas, admitiendo la garantía de un Banco que figure en el Consorcio nacional, y, por último, procurar que los créditos de los contratistas puedan movilizarse como efectos de comercio, para conseguir una dis-

minución en los plazos de ejecución de las obras, siempre que aquéllos lo pidan.

Como base de todas estas reformas, se tendría que crear la Sección de contratos dentro del Negociado de Estadística, para que los certificados de aptitud de los contratistas tuvieran la eficacia debida y para que, organizando una estadística especial de subastas, se puedan conocer qué variaciones se debían introducir en servicios tan importantes.

Enrique COLÁS
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Más acerca de las aguas ascendentes de Canarias

En artículo del Sr. Suárez Galván sobre las aguas ascendentes de Canarias, inserto en el número 17 de esta REVISTA, y en especial en una nota publicada acerca del mismo asunto, se hacen algunas hipótesis sobre la constitución de la Tierra y relacionadas con la atracción newtoniana, que llevan consigo dificultades mecánicas.

Empezando por los anillos de Saturno, la observación demuestra que son planos, de muy poco espesor y diáfanos, porque, a su través, se ven las estrellas. Se supone por los astrónomos que están constituidos por aglomeraciones de pequeñas masas independientes, en número considerable, describiendo cada una su órbita, con variación de las distancias mutuas, obligados, principalmente, por la atracción del núcleo de Saturno, y con las perturbaciones que en estas órbitas producen las masas de los compañeros.

Hay una conocida experiencia de Plateau en la cual una pequeña masa de aceite en suspensión dentro de una mezcla de igual densidad de agua y alcohol y sometida a rotación creciente, acaba por tomar la forma de un toro de revolución; pero éste no es el caso de los anillos de Saturno, pues en aquél tienen influencia determinante la tensión superficial del aceite en contacto con la mezcla y la fuerza centrífuga.

Entre las formas de equilibrio relativo de una masa líquida en rotación, sometida a los esfuerzos de su propia atracción, moviéndose como un sólido invariable, aparece efectivamente que una de ellas es un anillo, pero sin que intervenga la atracción de otro núcleo central como es el cuerpo central de Saturno; además, esta forma de equilibrio posible es un equilibrio inestable. Acerca de este punto puede consultarse el tomo IV del *Traité de Mécanique Rationnelle*, de Appell, que trata exclusivamente de estos asuntos.

Aparte de esto, si la masa del anillo es pequeña con relación al núcleo, como en el caso de Saturno, el anillo no puede ser forma de equilibrio con un ancho sensible de anillo. Como sucede con los planetas del sistema solar, y de acuerdo con la tercera ley de Keplero, las partículas que forman el borde interior del anillo tendrán un período de revolución menor que las del borde exterior, las velocidades angulares serán diferentes y si fuese un líquido se producirían remolinos. En un anillo plano sólido, girando alrededor del núcleo con velocidad angular dada, no habría inconveniente en hallar las tensiones interio-

res que se producen siguiendo el mismo método que se emplea para el cálculo de los tubos gruesos, si bien con la dificultad de que uno de los esfuerzos elementales que hay que tener en cuenta es la atracción producida por el mismo anillo, cuya valoración depende de las integrales elípticas.

Supongamos ahora un anillo circular lineal sólido girando alrededor de Saturno; la gravitación en un punto, que en sus inmediaciones le acompañe en su movimiento, se puede descomponer en tres fuerzas, dirigidas según el radio: una atracción del anillo, dirigida siempre hacia él, la fuerza centrífuga, y la atracción del planeta. Si estas dos últimas se anulan con una velocidad angular suficiente, queda sólo la atracción del anillo, que es el caso en que se dice que la gravitación aparente estaría dirigida hacia una línea, la circunferencia del anillo.

Pasemos ahora a la capa cortical sólida de la Tierra, independiente del núcleo central y resistiendo como bóveda. Haciendo el cálculo de las presiones a que esto conduciría para un espesor pequeño, como es el de 60 km, comparado con el radio terrestre, y con un peso de 3 000 kg por metro cúbico, se llega a una presión lateral de 1 000 toneladas por centímetro cuadrado, sin que haya ninguna en sentido del radio; comparada con este esfuerzo la cohesión hace un papel insignificante para contener la desigualdad de presiones, y todo sólido sería plástico.

Aparte de la dificultad anterior, tampoco podría admitirse la hipótesis de una Tierra constituida solamente por una corteza. Dada la pequeña velocidad angular del movimiento diurno, la fuerza centrífuga es despreciable y en cada punto de la corteza se sumarían la atracción del núcleo y la de la corteza. Esta última, para una forma esférica con repartición homogénea de la masa, según propiedad conocida, está dirigida hacia el centro, pero decrece a medida que atravesamos el espesor y se anula al llegar a la superficie interior de la corteza, pero no la atracción preponderante del núcleo. Esta atracción no puede considerarse pequeña, pues dada la densidad media conocida del globo, si concentrásemos la mayor parte de la masa en la corteza, no hay materia conocida suficientemente densa que la pudiera constituir.

El origen de las desigualdades que se encuentran en el valor de g , hay que buscarlo, como dice muy bien el Sr. Suárez Galván, en la falta de homogeneidad de la Tierra; la cohesión (cuya influencia se acusa en la transmisión de los terremotos, en el valor del aplanamiento del elipsoide hacia los polos y en las