

TERCERA PARTE

PROYECTOS DE CIMIENTOS

CAPÍTULO XIV.—Comparación y coste de los cimientos.

CAPÍTULO XV.—Cálculo de los pilotajes.

CAPÍTULO XVI.—Cálculo de los cajones de hormigón armado para aire comprimido.

CAPÍTULO XIV

COMPARACIONES Y COSTE DE LOS CIMIENTOS

Factores que deben tenerse en cuenta. — En terrenos firmes y próximos. En terrenos firmes, bajo aluviones de profundidades variables. — Problema de las presiones sobre el terreno. — Problema de las socavaciones. — Por agotamientos. — Con pozos o cajones de hormigón. — Con cajones flotantes con fondo. — Dragados. — Cimientos por aire comprimido. — Profundidades de los cimientos con cajones hincados. — Cimentaciones directas sumergidas. — Cimentaciones indirectas sobre pilotaje. Cimentaciones en terrenos fangosos indefinidos. — Cimentaciones especiales. — Sistemas de ejecución por administración o por contrata.

Factores que deben tenerse en cuenta. — Recordando lo que ya expusimos en el capítulo I sobre la importancia del estudio de los cimientos, hemos visto también, por la enumeración de los medios de ejecución y la multitud y variedad de procedimientos, que pueden aplicarse varios de éstos a cualquier clase de terreno.

La elección entre los procedimientos posibles de cimentación no es siempre fácil, porque, además del principal factor, que es la calidad del subsuelo en que ha de cimentarse, y cuyo estudio debe preceder al de todos los demás elementos del problema, deben tenerse en cuenta y simultáneamente los siguientes factores:

a) *El destino de las obras.* — Es evidente que no debe cimentarse con iguales precauciones un puente de un camino vecinal que

el de un ferrocarril de interés general, la presa de un molino que el muro de un pantano que ha de almacenar millones de metros cúbicos de agua.

b) *El régimen del río o de las mareas*, las corrientes y resacas, todo ello influyendo en las necesidades de desagüe y, sobre todo, en la importancia de las socavaciones.

c) *El número de las obras*, cuando haya sólo que construir un puente, y si éste no tuviere mucha importancia, los gastos generales de personal, transportes, dirección, administración, medios auxiliares, etc., pesan exclusivamente sobre esa obra, mientras que podrían repartirse sobre varias obras, si la contrata se aplicara a un cierto número de ellas.

d) *El volumen de los cimientos*.—Tiene este factor una importancia a veces decisiva en la elección del sistema. Si, por ejemplo, el volumen del cimiento a ejecutar en una obra no excediera de 1.000 m.³, resultará casi prohibitivo el empleo de procedimientos exigiendo mucha maquinaria, como el del aire comprimido, por ejemplo. La adquisición y transportes de ida y vuelta de la maquinaria, su instalación en obra, los obreros especializados que exige, necesitan amortizarse en un volumen de obra considerable, para no recargar con exceso el coste de la unidad.

e) *Recursos de utillaje de la región*.—No puede pensarse en aplicar iguales medios mecánicos cerca de una población industrial donde se encuentran elementos y repuestos de todas clases, y dragas y escafandras si se estuviera cerca de un puerto, que en una región del interior, desprovista de industrias y a veces hasta de medios de comunicación y donde habría que improvisarlo todo.

f) Y, por último, *el plazo de ejecución*, que también puede influir en la elección de procedimientos, pues cuando no hay prisa pueden cimentarse las obras en varias campañas de estiaje con elementos baratos, mientras que si el tiempo apremia, los riesgos aumentan, los procedimientos exigen mayor seguridad y en consecuencia el empleo de medios auxiliares poderosos, que implican a su vez un aumento sensible de gastos de instalación, porque la *velocidad, y aun más la precipitación en los trabajos, cuestan muy caras*.

La complejidad del problema no permite la elección inmediata ni el infalible acierto; pero en la mayor parte de los casos, y a menos

que el ingeniero tenga un gran conocimiento previo del terreno y una larga experiencia de constructor, habrá que tantear, o por lo menos examinar, las soluciones más indicadas para cada caso.

En terrenos firmes y próximos. — La elección entonces no es dudosa. Se debe cimentar directamente y se podrá realizarlo en seco, aprovechando los estiajes, limpiando las superficies en la parte descompuesta o descomponible y escalonando los cimientos, si el terreno firme estuviera inclinado.

Son entonces baratos los cimientos y pueden multiplicarse los apoyos, reduciéndose las luces de los arcos o tramos.

Los precios unitarios de estos cimientos son iguales a los ordinarios de la construcción para excavaciones y fábricas, que ejecutadas en seco pueden variar entre las cifras medias siguientes:

	Pesetas
Metro cúbico de excavación en tierra para cimientos.....	1 a 2
» » » » en terrenos de tránsito	2 a 4
» » » » en rocas	3 a 6
» » » mampostería hidráulica.....	20 a 40
» » » hormigón ciclópeo	35 a 60

Influyen en estos precios muy principalmente los gastos de transportes de la piedra, arena y cemento para las fábricas, ya que los productos de la excavación son escasos y pueden verterse en el río o a los terraplenes inmediatos.

Terrenos firmes, bajo aluviones de profundidades variables. — Suelen ser éstos los que con más frecuencia se presentan en los puentes, y, ante todo, debe estudiarse minuciosamente el régimen del río y el de sus avenidas máximas, para determinar la profundidad que podrán tener *las socavaciones, una vez construido el puente.*

Y también aquí debe examinarse si no convendrá en muchos casos aumentar el desagüe de la obra, para no perturbar el régimen del río en sus avenidas, *pues casi siempre, y sobre esto debemos in-*

sistir, es más económico un aumento de tramos, con apoyos cimentados a pequeñas profundidades, que pocos tramos o arcos con los cimientos hondos, que se necesitan para precaverse contra las socavaciones que el estrechamiento del cauce habría de producir (1).

Hemos construído numerosos puentes apoyados en cimientos poco profundos o sobre palizadas o pilotes con 4 y 5 m. de hinca, en ríos torrenciales y de violentas avenidas, que parecían exigir cimientos serios; pero como cuidamos de construir el número de tramos necesarios para que las mayores crecidas no encontraran estrechamiento en su desagüe, no hemos provocado socavaciones y aguantan desde hace muchos años aquellos frágiles apoyos.

Pero en todo caso, antes de resolver la superficie de apoyo y la profundidad de estos cimientos, hay que estudiar las dos condiciones previas que tienen que reunir, y que ya dijimos en el capítulo I, que son: 1.^a, que la presión máxima a que esté sometido el terreno sea inferior a la resistencia de éste, y 2.^a, que el apoyo del cimiento sobre el terreno no pueda ser socavado por las avenidas.

Examinaremos cada uno de estos problemas:

Problema de las presiones sobre el terreno. — En los terrenos fangosos, que no pueden estar sometidos a presiones superiores a 1 kg. por centímetro cuadrado (2), o cuando se trate de grandes luces, cuyos apoyos pueden sufrir presiones de 10 o más kilogramos por centímetro cuadrado, deben calcularse mecánicamente las presiones máximas sobre los cimientos, para que el terreno pueda soportarlas, ya sea repartiendo la carga sobre grandes superficies, ya prolongando el cimiento hasta un terreno resistente.

Pero en arcos o tramos con luces inferiores a 30 m., que son las más frecuentes, el problema de las presiones no suele tener importancia.

Los estribos y pilas trabajan entonces casi siempre a presiones

(1) Aunque desarrollaremos este concepto en el tomo siguiente, *Proyectos de los Puentes*, no está demás anticipar que el coste de los tramos y arcos por metro lineal crecen en una proporción aproximada a sus momentos flectores, que, como es sabido, son función, a su vez, de los cuadrados de las luces. De aquí la economía que debe perseguirse reduciendo las luces, mientras no quede aquélla compensada por el aumento de gasto que ocasionaría el mayor número de pilas y de sus cimientos.

(2) Véase el cuadro del capítulo II, pág. 28.

de 4 a 6 kg. por centímetro cuadrado, y con un ligero ensanche que se dé a los zócalos y cimientos es fácil conseguir que la carga sobre el terreno no exceda de los 3 a 4 kg. por centímetro cuadrado, que soportan fácilmente las arenas y gravas que constituyen los lechos de la mayor parte de los ríos.

Problema de las socavaciones. — Pero, en cambio, en estos terrenos de aluvión el estudio de la socavabilidad del cauce adquiere singular importancia.

Deben, ante todo, comprobarse los efectos de las avenidas del río, examinando las socavaciones que hayan producido, para fijar, aunque sea aproximadamente, las que pueda provocar el puente que se proyecta.

El problema parece sencillo, pero no puede resolverse rigurosamente.

Si existen puentes inmediatos, se observarán los efectos de las avenidas en sus apoyos. Pero si no los hubiere, el estudio de los bajofondos del cauce y el examen de los aluviones y de sus márgenes es lo único que puede orientar al ingeniero.

Tendrá, por último, que apreciar intuitiva y *aproximadamente* las profundidades máximas que pudieran tener las socavaciones con el nuevo puente, y deberá proyectar la base de los cimientos a 2 ó 3 m. por debajo de aquella profundidad, sin perjuicio de defender el cimiento para los casos imprevistos.

Si, por ejemplo, en un cauce se supone que la máxima socavación puede ser de 3 m., y si el terreno firme estuviere a 10 m., ¿a qué empeñarse en alcanzarle, si con un cimiento a 5 ó 6 m., protegido con escollera o gaviones, podemos obtener garantías suficientes de estabilidad?

Claro es que sería mejor llegar al firme que nos asegure contra toda socavación; pero si esto ha de producir un aumento sensible de coste, recuérdese lo que dijimos en el capítulo I: que las economías obtenidas en la construcción deben capitalizarse a interés compuesto, para apreciar así la ventaja real de una reducción inmediata de gasto, debiendo el ingeniero muchas veces preferir el *riesgo poco probable a un gasto casi siempre estéril*.

Resumamos ahora los procedimientos de cimentación más económicos.

Por agotamientos. — Si por los sondeos realizados se deduce que el terreno firme puede encontrarse a profundidades que no excedan de 5 m., y si la compacidad de los aluviones permite suponer un agotamiento fácil, puede examinarse este sistema de cimentación directa, o el de saneamiento del suelo por medio de pozos, que citamos en el capítulo XII § VI, aunque siempre con el peligro de sus naturales contingencias.

Si el terreno firme es arcilla, el tipo más seguro de ataguías es el de tablestacas metálicas o de hormigón armado, pues que penetrarán algún tanto en la capa impermeable y evitará las filtraciones de fondo, que son las más difíciles de agotar.

El coste de estos agotamientos es muy variable, hasta el punto que en la mayor parte de las obras todos los gastos que ocasionan se ejecutan por administración y se pagan por separado, con arreglo a lo que realmente cuesten, porque los contratistas no quieren pechar con el riesgo que entraña esta clase de trabajos.

Pero hay obras en que los constructores especialistas, disponiendo de material adecuado y personal práctico, contratan por metro cúbico de cemento terminado, siendo de su cuenta las ataguías, medios auxiliares y el relleno con fábrica hidráulica.

Estos precios aumentan con la profundidad a que ha de agotarse y oscilan entre 50 y 150 pesetas por metro cúbico, para alturas de cimientos comprendidas entre 2 y 5 m., pues no es económicamente práctico exceder de esta última profundidad, a menos que el terreno fuere casi impermeable.

No debe olvidarse que los agotamientos encierran siempre una incógnita, y que en los terrenos dudosos, o en aquellos en que sea forzoso alcanzar una profundidad fija, será preferible recurrir a otros procedimientos menos aleatorios; aun poniendo en juego medios auxiliares potentes, no se puede responder nunca de que los agotamientos han de dominarse.

Con pozos o cajones de hormigón. — Son cimientos de mayor seguridad y garantía, incluso para agotamientos, pues si éstos no pudieran conseguirse, queda el recurso de proseguir la hinca excavando bajo el agua, y, una vez alcanzado el terreno firme o la profundidad que se considere necesaria para sustraer su base inferior a las socavaciones, se rellena el pozo o cajón con arena u hormigón

sumergido, que entonces no tiene los inconvenientes que se han observado cuando todo el cimiento se ejecuta con dicho material.

También permiten estos cajones recurrir, en caso necesario, al aire comprimido, cerrándolos superiormente con una tapa de H. A. en la que se empotre la chimenea de una esclusa.

Su coste, comprendiendo cajones y rellenos, varía hoy entre 100 y 200 pesetas por metro cúbico, según la clase de terreno, las profundidades y el volumen de los cimientos.

Ofrece también la ventaja de que no tiene límite la profundidad de su hinca y de que exige material y medios auxiliares de menor precio y transportes que el del aire comprimido, por lo que puede aplicarse a menores volúmenes de cimientos.

Con cajones flotantes con fondo. — Para muelles, diques, rompeolas o diques de carena y para pilas de puentes bajo grandes profundidades de agua, pueden ser muy ventajosamente empleados los cajones con fondo de hormigón, y mejor aún de hormigón armado, que con tanto éxito aplicamos desde hace tiempo en España.

Ofrecen mayor resistencia al choque de las olas que los bloques artificiales macizos; reducen las juntas, que son siempre soluciones de continuidad peligrosas, y, *sobre todo, permiten su ejecución sin las costosas grúas y material que exige la construcción y el asiento de los bloques macizos.*

Por último, cuando se tema la descomposición de los cementos por el mar, puede suprimirse tal contingencia, ejecutando con cemento fundido o de gran resistencia la estructura del cajón, defendiendo así con una coraza indestructible su relleno y transformando el conjunto en un monolito eterno.

Dragados. — Para la hinca de estos cajones, y otras veces para su asiento, debe excavarse muchas veces el terreno debajo del agua.

Si el volumen es pequeño, puede apelarse a buzos; pero no baja el coste de la excavación de 30 a 60 pesetas por metro cúbico. Empleando dragas de rosario, (fig. 258) chupadores o Priestmann, puede reducirse aquel precio a 20 y hasta a 10 pesetas por metro cúbico, según los casos y los terrenos.

En obras de puertos, y para volúmenes grandes, el coste de los dragados desciende considerablemente.

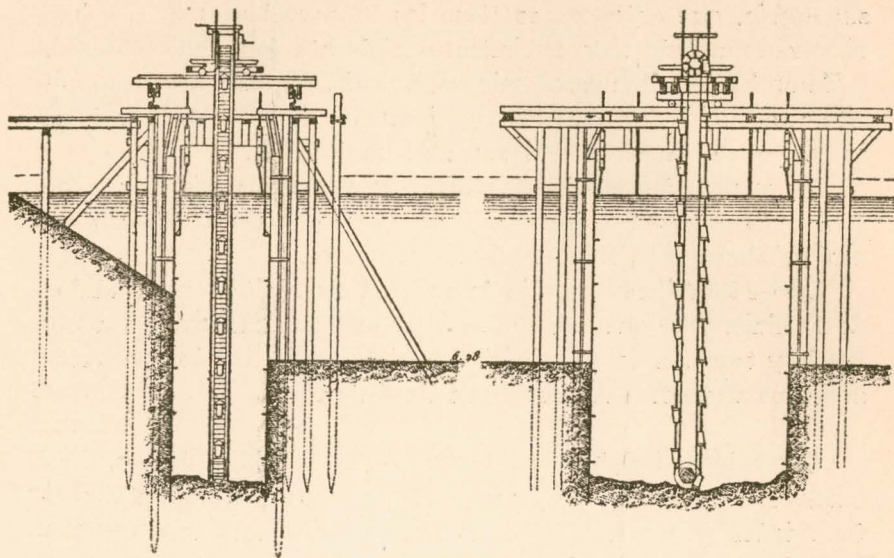


Fig. 258. Excavaciones con dragas de rosario.

Cimientos por aire comprimido. — Si el número de apoyos y el volumen de cimientos a ejecutar excediera de 1.000 m.^3 , pueden convenir en algunos casos los cimientos por el aire comprimido, que ofrecen la indudable ventaja de *que se ejecutan en seco las excavaciones y el relleno*, hasta profundidades de 30 m., que excepcionalmente se requieren.

Ya demostramos también la esterilidad del gasto de los tubos y cajones metálicos y las indudables ventajas de los tubos o cajones de hormigón armado, incluso para terrenos bajo grandes alturas de agua, por lo que parece indudable que se debe emplear de preferencia el hormigón armado para tubos y cajones.

El precio por metro cúbico, a todo coste, de cimiento por aire comprimido, está hoy comprendido entre 150 y 250 pesetas por metro cúbico, incluso cajones, sus varaderos y armaduras.

El gasto aumenta sensiblemente cuando las profundidades son inferiores a 10 m. y cuando exceden de 15 m., porque en el primer caso, las instalaciones de cada cajón se reparten en pequeño volumen, y en el segundo caso, porque el trabajo es mucho más penoso y más lento.

Profundidades de los cimientos con cajones hincados. — Existe la creencia entre algunos ingenieros de que, cuando se apela a los procedimientos de cajones, ya sean hincados al aire libre, o ya con aire comprimido, es condición precisa llegar a terreno firme.

Y no vemos por qué, si antes se llega a terreno suficientemente resistente y al abrigo de las más profundas socavaciones.

Recordamos a este propósito que porque los sondeos oficiales consignaban que en un puente, de cuyo nombre no queremos acordarnos, a los 30 m. estaba el terreno firme, nos obligaron a alcanzar tan excepcional profundidad, con un aumento de gasto para la Administración de 100.000 pesetas, y lo que fué más sensible, la muerte de dos operarios, sin encontrar aquel terreno duro acusado por los sondeos, siendo así que hubiera quedado aquel cimiento perfectamente garantido y sólido con 10 m. de hinca.

Hay también casos en que puede ser más económico aumentar la superficie de apoyo de un cajón hincado a 10 m. sobre arena, por ejemplo, si con ella se resuelven los dos problemas de presión e insocavabilidad, que empeñarse en ir a buscar la roca a 20 o más metros de profundidad, y el ingeniero no debe vacilar en proponer la profundidad más económica.

Cimentaciones directas sumergidas. — Ya dijimos que las de escolleras o bloques sólo deben aplicarse en diques de puertos. En cuanto a las de hormigón sumergido, dentro de recintos y ataguías a pesar de los ejemplos que se presentan como modelos, seguimos creyendo que sólo tienen inconvenientes respecto a los de pozos o cajones, sin ahorro sensible sobre éstos.

Su precio se aproximará mucho al de aquéllos (que hemos dicho será de 100 a 200 pesetas por metro cúbico), pero nunca ofrecerán los hormigones sumergidos las garantías de homogeneidad y resistencia de los moldeados al aire libre. En cuanto a los sumergidos de relleno, que podrán suprimirse muchas veces en los cajones, sustituyéndolos por arenas o gravas, no necesitan tanta resistencia y no hay motivo para desecharlos.

Podrán también sustituirse o mejorarse estos hormigones sumergidos por inyecciones de cemento o mortero, que rellenen los huecos de los aluviones del suelo, transformándolos en bloques macizos, reduciéndose su deslavamiento por el empleo de cementos

rápidos. Estas inyecciones pueden contenerse dentro de recintos de tablestacas metálicas, que se extraen para utilizarse nuevamente, o de tablestacas de hormigón armado, que se incorporan y defienden el cimiento.

Es éste un procedimiento que ha de extenderse, seguramente, sustituyendo en la mayor parte de los casos, y con ventaja, al de hormigón sumergido.

Cimentaciones indirectas sobre pilotaje. — Ya dijimos que este procedimiento de cimentación, abandonado casi ante los progresos de otros sistemas, había resurgido victoriosamente por las ventajas de precio, duración y fácil hinca de los pilotes de hormigón armado.

Estos pilotes son hoy, casi siempre, tan baratos como los de madera y mucho más que los de hierro: *ni se pudren, como aquéllos, ni se oxidan, como éstos.*

Se hincan a percusión con gran facilidad y sin romperse, y pueden alcanzarse con ellos los rechazos que se necesiten, recurriendo al sistema *Simplex*, así como se aumenta la resistencia del subsuelo con los pilonos *Compressol*.

En todos los terrenos de aluvi6n, incluso en los fangosos, puede cimentarse con pilotes.

Si en puentes carreteros la altura de rasante sobre el cauce no excede de unos 10 m., es casi seguro que convenga para el puente la disposici6n de tramos rectos de hormig6n armado de 6 a 15 m. de luz, apoyados sobre palizadas sencillas o dobles, con o sin tajamares.

Cuando la altura de rasante exceda de 10 m., o en puentes para ferrocarriles, es m6s probable convenga que los cimientos est6n formados por un pilotaje cuyas cabezas se envuelven y arriostran por una solera de hormig6n, sobre la que se edifica el apoyo de f6brica.

Si el terreno firme se encontrara a profundidades que no excedieran de unos 12 m., f6cil ser6 alcanzarlo con la hinca, pudi6ndose obtener as6 el rechazo absoluto por el apoyo directo sobre el firme.

Pero si 6ste fuera m6s profundo, bastar6 hincar los pilotes a profundidades superiores en unos 3 m. a las socavaciones posibles, teniendo cuidado, en los c6lculos de estos pilotajes, de no suponer m6s terreno adherente que esos 3 m. por debajo de las socavaciones.

En general, los pilotes y su hinca se contratan y se pagan por metro lineal.

Para la comparación con otros procedimientos de cimentación pueden tenerse en cuenta los precios medios siguientes, aplicables al tipo corriente de pilotes de hormigón armado de sección cuadrada:

	Metro lineal de pilote — Ptas.	Metro lineal de hinca — Ptas.
Pilote de. 20 × 20 cm.....	De 15 a 20	De 10 a 12
» » 25 × 25 »	De 20 a 25	De 12 a 18
» » 30 × 30 »	De 25 a 30	De 18 a 25
» » 35 × 35 »	De 30 a 35	De 20 a 30
» » 40 × 40 »	De 35 a 40	De 25 a 35

Respecto a los demás sistemas de pilotes, varían esencialmente con cada uno de los cimientos, y hay que pedir precios a las casas especialistas, únicas que pueden garantizar el coste y su ejecución.

Cimentación en terrenos fangosos indefinidos.— La propia composición de estos terrenos demuestra que las velocidades de los ríos en las avenidas son insignificantes siempre, y que no son de temer socavaciones sensibles, una vez establecido el régimen de desagüe (1).

El problema de la cimentación es, pues, un problema de presiones sobre el terreno, por lo que conviene determinar por experimentos previos las cargas a que puede someterse.

Cualquiera que éstas sean, siempre serán inferiores a 1 kg. por centímetro cuadrado, lo que aconseja reducir cuanto se pueda el peso propio de las obras.

Desde este punto de vista debían preferirse los tramos cortos de madera; pero su rápida destrucción anula la ventaja de su ligereza.

Pueden sustituirse por tramos de hormigón armado de luces comprendidas entre 5 y 10 m., sobre palizadas dobles o pilotajes y soleras de hormigón armado.

(1) Decimos esto porque es claro que, si en un lecho fangoso se interpone un obstáculo grande, se producirán alrededor de éste o en uno de sus lados socavaciones irregulares, hasta que se restablezca en todo el lecho un nuevo nivel uniforme, suficiente para el desagüe normal.

Cimentaciones especiales. — Todos los demás procedimientos que hemos descrito en los capítulos anteriores pueden también aplicarse, pero en circunstancias parecidas a los especiales que los justificaron.

Los cimientos con entibaciones deben reservarse para los terrenos secos, pero corredizos; los pilotes de madera, para aquellas regiones productoras de ese material que lo hagan el más económico; los pilotes metálicos de rosca y los tubos o cajones metálicos, para algunas obras en las que el hormigón armado ofrezca inconvenientes especiales.

Y, por último, los de *transformación del suelo*: por *sustitución*, con colchones de arena, enfajinados, plataformas de hormigón armado o inyecciones de cemento; por *petrificación del suelo*; por *defensas del lecho*, con escolleras, gaviones o zampeados de fábrica; por *compresión del terreno*, por el sistema Compressol; por *congelación del suelo*, en ciertas galerías o túneles, o por *saneamiento del terreno*, sólo deben emplearse en casos excepcionales, en los que los demás procedimientos no fueran económicamente aplicables. Sin embargo, y como hemos ya insistido varias veces, la transformación de los lechos de aluvión en bloques monolíticos, por *medio de inyecciones de cemento*, abre un ancho campo a este procedimiento de cimentación, al que podrá recurrirse con frecuencia.

Sistemas de ejecución, por administración o contrata. — Ya hemos dicho que, salvo algunos casos, en que los constructores especialistas se comprometen a ejecutar a precios fijos los agotamientos, este procedimiento de cimentación suele hacerse por administración directa, aunque sea con el personal del contratista.

También se ejecutan con frecuencia por administración los sondeos previos del terreno, con los aparatos de que dispone la Dirección de Obras públicas.

Pero cuando estos sondeos exigen un material de que no se disponga, cuando los sistemas de cimentación son objeto de patentes, o cuando su ejecución exija medios auxiliares poderosos, cuya adquisición encarezca con exceso un pequeño volumen de obra y no permita su amortización, es preferible recurrir a las Casas especialistas en esta clase de trabajos, que siempre ofrecerán garantías de práctica y de velocidad de ejecución, que no pueden pretenderse

con personal poco avezado al manejo de maquinaria, en la que una falsa maniobra produzca quizá accidentes o retrasos considerables.

En cambio, para la ejecución de cimientos relativamente corrientes, como son los pilotajes y los cajones en seco o por aire comprimido, es preferible emplear el sistema de concursos, a que suelen recurrir las grandes Sociedades y las Compañías de ferrocarriles, invitando solamente a los constructores de garantías.

El sistema de subastas por licitación pública que adopta generalmente el Estado, aun para la ejecución de sus puertos, ofrece siempre el peligro de que por una diferencia de coste insignificante tengan que adjudicarse las obras de una cimentación, muchas veces difícil y delicada, a contratistas indocumentados y sin experiencia, los que, sin más garantía que una fianza, pueden ocasionar perjuicios de gran importancia, no sólo por lo que a la rapidez de ejecución se refiere, sino por la defectuosa organización del trabajo y los vicios de una ignorante o deficiente ejecución.

En estos casos, el ingeniero tiene que imponerse la tarea de inspeccionar muy escrupulosa y frecuentemente las obras, pues aunque en apariencia sea el contratista exclusivamente responsable, en casos de contratiempos o accidentes, podrán alcanzar al ingeniero las salpicaduras de esas responsabilidades, si se descubrieran *a posteriori* defectos de construcción, sólo evitables por una vigilancia constante, que en la práctica es difícil de ejercer eficazmente.

