

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE SEPTIEMBRE DE 1888.

4.ª Serie.

Tomo 6.º

Número 17.

AÑO XXXVI DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Fundaciones por medio del cajón-atagüa desmontable, por D. A. Fernández Navarrete.—Experiencias del frágado y endurecimiento de los morteros, por E. Candlot.—Estadística de puentes. Año 1886.—Lámina 79: *Fundaciones por medio del cajón-atagüa desmontable.*

FUNDACIONES POR MEDIO DEL CAJÓN-ATAGÜA DESMONTABLE

(Lámina 79.)

Todos los ingenieros que han tenido que intervenir en fundaciones por medio del aire comprimido, han pensado indudablemente en las ventajas positivas y gran economía que se obtendrían si se pudiese desmontar el cajón, después de construido el cimiento, para aprovecharlo en otras obras ó en partes análogas de la misma construcción. Preocupado por esta idea, he tratado de investigar los ensayos realizados con el mencionado objeto, habiendo reunido datos que considero que presentan bastante interés para que no se juzgue inoportuna la idea de dar de ellos una ligera noticia, remitiendo al que desee más detalles á las Memorias originales de los autores de los sistemas ideados, y principalmente á la publicada en 1881 por el ingeniero de puentes y calzadas Mr. Liébeaux, que ha merecido ser premiado con medalla de oro por el Ministerio de Obras públicas de Francia. Además de las razones expuestas, me ha animado á redactar la presente nota, la convicción de que el cajón-atagüa desmontable está llamado á prestar grandes servicios y á extender el uso del aire comprimido á fundaciones poco profundas.

El primer ensayo de empleo del cajón desmontable que ha obtenido éxito satisfactorio, se debe á Mr. Montaignier, contratista de fundaciones por medio del aire comprimido. Consistía el primer modelo en una campana de cinco metros de altura, en la cual, con el auxilio del aire comprimido, se desmontaba el terreno hasta llegar á una capa á propósito para servir de base á la fundación, y se ejecutaban las fábricas hasta un nivel superior al del estiago. Este procedimiento tenía las ventajas siguientes:

1.^a Asegurar la homogeneidad de las fábricas suprimiendo la solución de continuidad que siempre existe en el techo de las cámaras y los huecos que quedan debajo, por mucho esmero que se haya puesto en la ejecución del relleno.

2.^a Obtener la misma rapidez de ejecución que con los otros sistemas en que se emplea el aire comprimido, sin exponerse á las eventualidades y entorpecimientos que se experimentan en las fundaciones con agotamiento que se emplean ordinariamente en pequeñas profundidades.

3.^a Economizar el hierro de las cámaras y envolventes, puesto que todas las piezas del cajón-atagüa desmontable tienen el carácter de medios auxiliares y deben figurar en el presupuesto, por el interés y amortización del capital que representan.

En el puente del Garrit, que es una de las primeras obras en que se ha aplicado el nuevo sistema, ha sido objeto de importantes modificaciones, que se traducen en nuevas ventajas y facilidades para la ejecución. Circunstancias que no juzgamos oportuno detallar, obligaron en la mencionada obra á reducir el plazo de ejecución á una sola campaña, por lo que el ingeniero encargado, Mr. Liébeaux, tuvo que pensar en el empleo de un método especial para las fundaciones de las dos pilas más expuestas á la corriente, con el doble objeto de acelerar su construcción y de que no fuese perturbada por las avenidas.

El empleo del sistema de Mr. Montaignier estaba en este caso perfectamente indicado, puesto que la poca profundidad de la fundación no se prestaba al empleo de cámaras ordinarias, que tienen cuando menos dos metros de altura. La primera idea fué hacer por completo las fundaciones por medio del aire comprimido, pero al discutir la solución del problema, el ingeniero y el contratista inventor convinieron en que podía procederse al aire libre mediante ciertas precauciones, que se resumen en el párrafo del informe de Mr. Liébeaux, que literalmente se traduce á continuación:

«Con este cajón se podría, si se quisiese, ejecutar las fábricas al aire libre. Bastaría hacer la hincas con aire comprimido y quitar el techo después de haber hecho alrededor del cajón un malecón de arcilla y en el interior un pozo para recoger las aguas de filtración. No se debe quitar el techo hasta haberse asegurado bien de que las filtraciones tienen poca importancia, de lo contrario, convendrá hacer las fábricas de cimientos con aire comprimido.»

Para aclarar estas ideas, lo mejor es describir el cajón empleado en el puente del Garrit siguiendo al ingeniero ya mencionado Mr. Liébeaux, de cuya Memoria se toman también las figuras que lo representan. El cajón envuelve la pila que se ha de fundar, teniendo mayores dimensiones en todos sentidos para que los operarios puedan circular perfectamente alrede-

dor del macizo que construyen, y verificar con comodidad el asiento de los materiales en obra. Esto facilita la colocación del cajón, que no tiene que hacerse con la precisión y exactitud que requieren las fundaciones en que el cajón queda formando parte del macizo de cimientto.

La cámara de que se trata estaba formada de chapas de palastro verticales, de dos metros de longitud, consolidadas por hierros de ángulo horizontales y montantes verticales de sección muy reducida.

Las uniones se hacen por medio de hierros de ángulo y pernos, colocando en ellas una lámina de caoutchouc para obtener la impermeabilidad más completa para el agua y el aire comprimido. Dos filas de aberturas circulares, provistas de sus correspondientes cristales, permiten la entrada de la luz suficiente para trabajar en el interior de la cámara sin luz artificial. El techo tiene una disposición muy parecida á la de las cámaras del sistema ordinario, uniéndose por medio de cartabones á los refuerzos verticales de las paredes.

La inspección de las figuras 1.ª, 2.ª y 3.ª en que se representan las disposiciones que sucintamente se acaban de describir, facilitará su inteligencia. También se observará que el servicio de la cámara se practica por medio de tres esclusas; dos de pequeñas dimensiones para el paso de operarios y herramientas, y otra mayor que ocupa la parte central, y por medio de la cual se extraen los escombros y se introducen los materiales que han de formar el macizo de cimientto.

La operación de colocar y sumergir el cajón no presenta dificultad ninguna; la figura 4.ª contiene una indicación del andamio flotante empleado en el puente del Garrit con este objeto. La única precaución que debe tomarse es la de sujetar todo el aparato al andamio por medio de husillos ú otro sistema que se preste á ejercer un esfuerzo considerable de tracción cuando se trate de extraer la cámara después de terminada la fundación; puede también auxiliarse esta maniobra colocando en el interior de la cámara gatos que se apoyen sobre la última hilada construída. Mr. Liébeaux hace también observar muy oportunamente que puede facilitarse la operación de llevar el cajón al lugar donde debe sumergirse, aumentando la fuerza de flotación de todo el sistema, lo que se consigue inyectando aire en la cámara. Es también esencial cargar el cajón para hacer equilibrio á la subpresión; en la obra de que se trata se llegaron á colocar 130.000 kilogramos sobre el techo. Las excavaciones ejecutadas por medio del aire comprimido no presentaron más dificultades que si se hubiesen realizado por el procedimiento ordinario. Antes de proceder á la construcción de las fábricas al aire libre es preciso asegurar la impermeabilidad del cajón que sirve de ataguia. Al efecto, en el puente del Garrit, al llegar á la capa resistente en que había de insistir la fundación, se colocaron cuñas de made-

ra dura debajo del anillo cortante, pretendiendo que al suprimir la contra presión descendería el cajón introduciéndose el anillo en la madera. Esta previsión no se realizó, pero se consiguió restañar las filtraciones por medio de una capa de hormigón de 0,10 metros á 0,15 metros, pudiendo, desde luego, trabajarse al aire libre con agotamientos de poca importancia.

El ingeniero autor de la Memoria, de donde se toma esta descripción, asegura que si se hubiesen continuado los tanteos se hubiera conseguido atajar las filtraciones, hasta el punto de poder hacer frente á ellas con una bomba de mano. Dos circunstancias importantes deben consignarse: que en el puente de que se trata se tardaba únicamente media hora en poner en comunicación la cámara con el aire libre ó viceversa, para lo cual no se desmontaba el techo por completo ni tampoco las exclusas de aire, y que habiendo sobrevenido una avenida de cinco metros sobre el nivel del estiaje, no produjo más entorpecimiento que la paralización de la obra hasta que el río recobró su nivel, sin que al volver á trabajar se observase ningún desperfecto en la obra ejecutada.

El coste total de las fundaciones de las dos pilas ejecutadas por medio del cajón desmontable fué de 42.000 francos, y siendo el cubo de las fundaciones de 131,80 metros cúbicos, el coste del metro cúbico de fundación,

resulta: $\frac{42.000}{131,80} = 318$ francos.

Este precio es próximamente doble del que hubiera resultado de haber empleado algún otro de los procedimientos usuales de fundaciones; pero Mr. Liébeaux justifica esta elevación de coste por la pequeña profundidad de las fundaciones, y demuestra que si éstas hubieran alcanzado á cuatro metros debajo del estiaje, el volumen hubiera sido de 333 metros cúbicos, y el precio del metro cúbico de 150 pesetas. Además, también contribuyó á aumentar los gastos la necesidad de construir un aparato nuevo y especial para fundar únicamente dos apoyos. El ingeniero mencionado no duda, por lo tanto, en afirmar que en obras en que las circunstancias que se acaban de exponer no se verifiquen, el empleo del cajón-atagüa, resultará más económico que el sistema ordinario de aire comprimido y más seguro que los sistemas que exigen agotamientos.

No ha tardado Mr. Liébeaux en ver confirmadas sus provisiones; el ingeniero Mr. Convrat-Desvergnés ha contratado con Mr. Montaignier las fundaciones de cuatro pilas del puente de Marenil, sobre el Dordoña, al precio de 95 francos el metro cúbico. La profundidad de los cimientos varía en el puente de Marenil de 2,50 metros á 5,00 metros, y se ha calculado que tanto las fundaciones al aire libre con cajones de madera y agotamientos, como las ejecutadas por medio del aire comprimido en cajones del tipo ordinario, hubieran resultado más caras. El cajón empleado en este puente

fué el construído para el puente del Garrit, habiendo constituido poderosamente esta circunstancia á la economía en la ejecución de las fundaciones.

Posteriormente Mr. Montaignier ha hecho una modificación en el cajón desmontable, que consiste en establecer el techo á una altura de 2,50 metros sobre el anillo cortante, consiguiendo con esta disposición notable economía en el volumen de aire comprimido. Sobre el techo coloca una envolvente como en los cajones usuales, lo cual proporciona la ventaja de poder cargar el cajón por medio de arena y hacer variar la carga según las necesidades del momento. La figura 5.^a, que se ha copiado del tratado de construcción de puentes de Mr. Croizette Desnoyers, da idea de esta nueva disposición y del andamio flotante empleado para la inmersión del cajón.

Gracias á estas modificaciones del sistema, Mr. Montaignier asegura en un folleto publicado en 1882, que su procedimiento tiene buena aplicación en profundidades de uno á siete metros y que puede obtenerse una disminución de precio de un 25 á 22 por 100 con relación al empleo del aire comprimido en cámaras no desmontables.

Expuestos los hechos, las consecuencias se deducen por sí mismas; pero como resumen he juzgado oportuno hacer algunas indicaciones acerca del lugar que ha de ocupar el nuevo sistema entre los procedimientos comunmente empleados.

En las fundaciones por medio del aire comprimido usando el procedimiento ordinario, el precio por unidad disminuye á medida que aumenta la profundidad, porque los gastos generales se reparten en mayor número de metros cúbicos de fundación. Por el contrario, en las fundaciones por agotamiento, lo mismo cuando se emplean cajones de madera calafateados que en el caso en que puede ejecutarse la obra con el auxilio de simples ataguías, los gastos y dificultades aumentan muy rápidamente con la profundidad.

De estas leyes inversas de variación, resulta necesariamente que existirá siempre una profundidad teórica, para la cual sea indiferente el empleo del aire comprimido ó de los agotamientos, y á partir de la cual las condiciones económicas del problema impondrán el empleo del aire comprimido. En realidad, el problema de las fundaciones es tan complejo y tan difíciles de prever las dificultades que pueden sobrevenir, que en la práctica no es posible determinar con exactitud la profundidad teórica de que se trata; pero otras condiciones independientes del precio determinan en todos los casos la elección del sistema. Por ejemplo, en ríos de régimen torrencial, el temor de avenidas repentinas, que pueden destruir en pocas horas el trabajo de una campaña, aconsejará en muchos casos la aplica-

ción del aire comprimido. Otra circunstancia digna de tomarse en consideración, será en muchos casos la rapidez de ejecución que proporciona el nuevo procedimiento. De todo lo expuesto se deduce que la profundidad, á partir de la cual se emplea el aire comprimido, depende del precio de este sistema de fundación. Así se explica que cuando empezó á hacerse uso del aire comprimido, sólo se empleaba en profundidades mayores de nueve metros, y en la actualidad, por los perfeccionamientos que ha experimentado el sistema, y sobre todo por la rebaja de precios debida á la competencia entre las casas constructoras, se ha llegado á emplear en profundidades de 3,40 metros. Puede, sin embargo, afirmarse que su aplicación no resultará en general ventajosa, sino cuando la fundación desciende á cuatro ó cinco metros debajo del estiaje.

Siendo el sistema del cajón desmontable más económico que el ordinario por medio del aire comprimido, su precio llegará á igualarse con el de los sistemas de agotamientos á una profundidad inferior á los cuatro ó cinco metros á que se ha visto que resulta aplicable el aire comprimido en cámaras del tipo usual, y desde esta profundidad hasta los siete metros á que puede extenderse su empleo, será económicamente más ventajoso. Ocupa, por lo tanto, considerado desde el punto de vista del coste, un lugar intermedio entre los procedimientos de agotamientos y el ordinario de aire comprimido.

En la práctica deberán tenerse presentes, además del precio del metro cúbico de fundación, las siguientes ventajas del cajón-atagüa:

Que con su auxilio se ejecuta con aire comprimido toda la parte más difícil del trabajo, que es la excavación y colocación de la primera hilada de los cimientos.

Que la inspección y vigilancia de las obras no ofrece ninguna dificultad.

El empleo del aire comprimido se hace aplicable á profundidades pequeñas en que no sería racional el empleo de otra clase de cámaras.

Procura gran rapidez de ejecución y solución fácil y eficaz á todas las dificultades imprevistas.

El cajón desmontable tiene además la ventaja de poderse adaptar el mismo aparato á la fundación de apoyos de distintas dimensiones, sin más que variar el número de chapas que constituyen las paredes.

A pesar de todas estas ventajas no se debe recomendar para ciertas profundidades el empleo exclusivo del cajón-atagüa, porque el estudio del problema y de las circunstancias locales demostrará en cada caso la solución más conveniente. Sin embargo, el régimen torrencial de la mayor parte de nuestros ríos, que contribuye á que en ciertas épocas circule por ellos un caudal de agua muy escaso, facilita el empleo del cajón desmon-

table, que deberá, por lo tanto, entrar en comparación con los otros sistemas en la actualidad empleados.

Aparte de los servicios que el procedimiento de Mr. Montaigner puede prestar, marca la tendencia de los progresos que se traten de hacer en los sistemas actuales de fundación, y su primera aplicación es una página interesante de la historia de las fundaciones por medio del aire comprimido.

ANTONIO F. DE NAVARRETE.

EXPERIENCIAS DEL FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO DE LOS MORTEROS

FABRICADOS CON CIMENTO PORTLAND.

Es necesario algunas veces, en las construcciones, obtener morteros de cemento de fraguados muy lentos, lo cual se consigue empleando una pequeña proporción de cemento en la composición de la mezcla, siempre que los componentes sean de buena calidad; pero en cuanto la cantidad de cemento mezclado con la arena es de importancia, el endurecimiento se efectúa casi con la misma rapidez que usándolo puro, y en este caso no se obtienen mezclas que tarden diez á doce horas en fraguar, las cuales es necesario emplear en algunas obras.

Es conveniente, por lo tanto, encontrar un medio práctico de obtener mezclas de fraguado lento sin perjudicar á su consistencia.

En las construcciones marítimas, el problema está resuelto desde hace mucho tiempo, porque se sabe que el agua del mar retarda el fraguado de las mezclas. El procedimiento que se debe seguir está indicado, y únicamente me he propuesto encontrar un medio de obtener, con el menor gasto posible, el efecto producido por el agua del mar.

Empezaré por examinar la acción del agua del mar en el fraguado y entre qué límites se manifiesta, según la naturaleza de los cementos.

Cuando se emplea agua del mar en las mezclas, el fraguado es mucho más lento que usando el agua dulce; pero la diferencia es más ó menos importante, según la composición de los cementos y el mayor ó menor tiempo que las mezclas han estado en contacto con el aire antes de su empleo en obra. En los cementos bien cocidos se observa un retraso de muchas horas en el fraguado cuando se emplea el agua del mar para la mezcla, comparándolo con el tiempo que necesita usando el agua dulce en su manipulación, y en los cementos imperfectamente cocidos ó muy arcillosos la dife-

CAJA ATAGUÍA DESMONTABLE Y MÓVIL PARA FUNDACIONES.

Fig. 1.ª

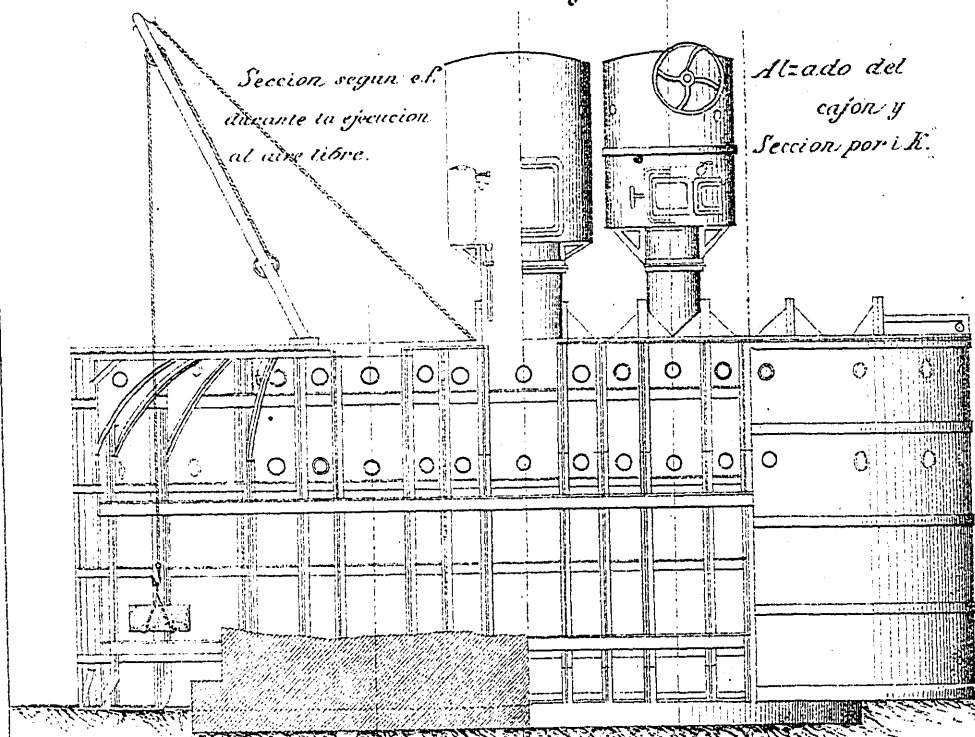


Fig. 2.ª

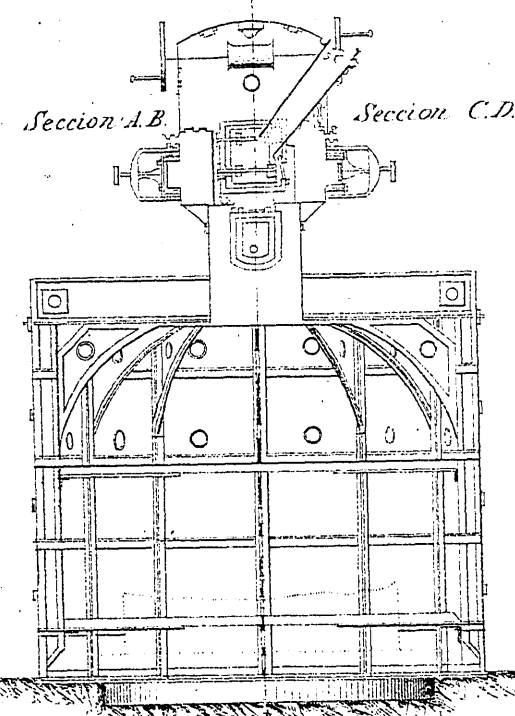


Fig. 5.ª

Modificacion de Mr. Montagnier

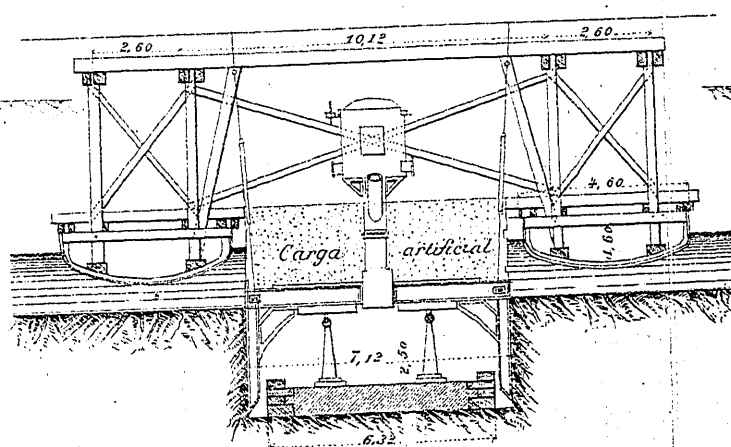


Fig. 3.ª

Visto desde dentro del cajon.

Visto desde el exterior y sin esclusas.

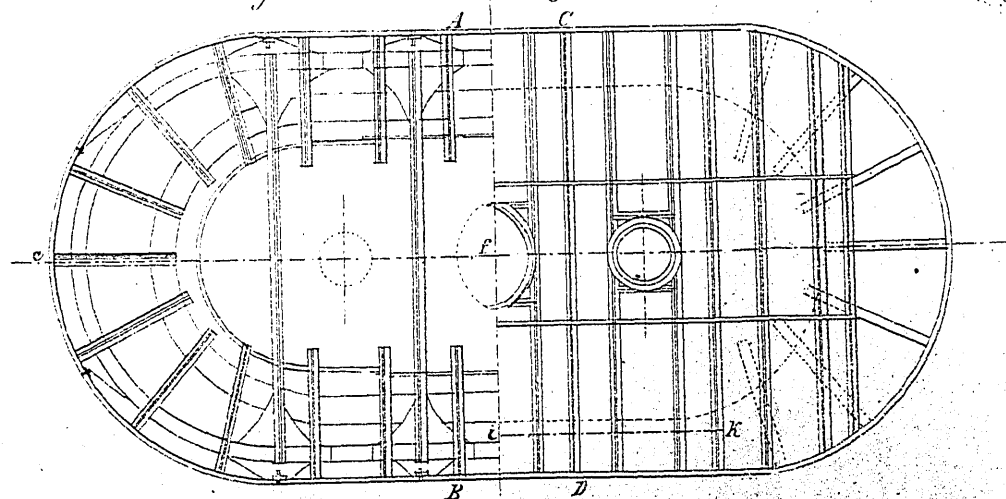
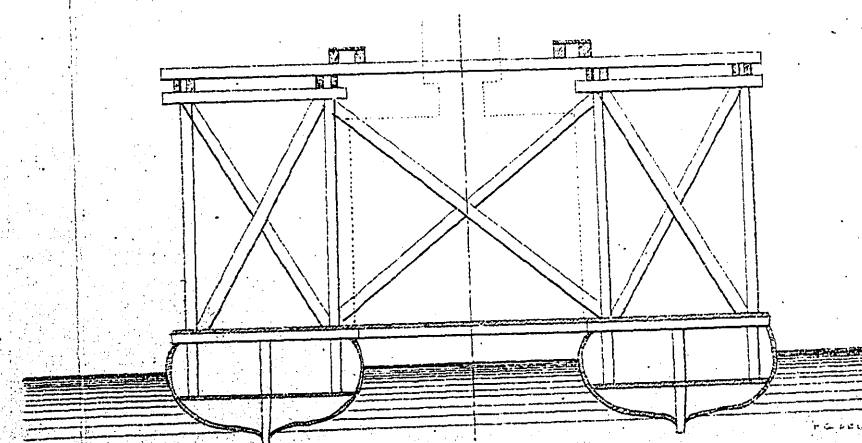


Fig. 4.ª

Andamio flotante.



Escalas. { 1.ª por 100 para las fig. 1.ª 2.ª y 3.ª
1.ª por 200 para las fig. 4.ª y 5.ª