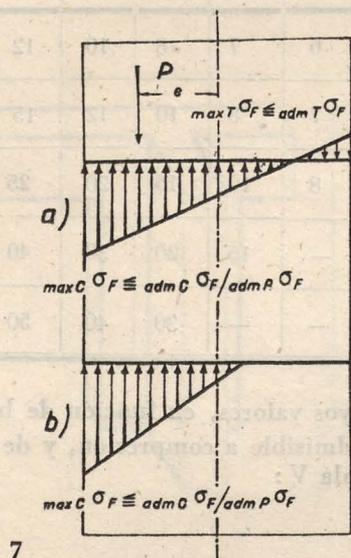


Como tensiones admisibles de tracción ( $adm T^{\sigma_F}$ ) en régimen de flexión o flexión compuesta, podrán to-

marse las que se dan en la Tabla VI en relación con las correspondientes  $adm C^{\sigma_F}$

TABLA VI

Tensión admisible a compresión $adm C^{\sigma_F}$ Kg/cm <sup>2</sup>	3	4	5	6	7	8	10	12	15	20	25	30	40	50
Tensión admisible a tracción $adm T^{\sigma_F}$ Kg/cm <sup>2</sup>	0				1			2		3		4		5



Formas de calcular admisibles en fábricas sometidas a flexión, compuesta: a), considerando la resistencia a tracción de la fábrica; b), eliminando dicha resistencia.

En los casos en que  $adm T^{\sigma_F} = 0$ , o en los que el cálculo dé tensiones de tracción mayores que  $adm T^{\sigma_F}$ , podrán todavía proyectarse elementos de fábrica que trabajen a flexión compuesta, admitiendo la conocida hipótesis de que se producen fisuras que llegan hasta la línea neutra, y trabajando el material solamente a compresión con ley triangular de tensiones (fig. 7), siempre que la máxima tensión de compresión que se produzca no sea mayor que la correspondiente  $adm C^{\sigma_F}$  o  $adm P^{\sigma_F}$  según los casos, y que la seguridad al vuelco no sea menor de 1,5.

BIBLIOGRAFIA:

- (1) KREUGER: *Tonindustrie Bauzeitung*. - 1946. - página 615.
- (2) BREYER Y KREFELD: *Concrete* (Detroit). - 1923. págs. 167-195.
- (3) GRAF: *Beton und Eisen*. - 1924. - págs. 52-65.
- (4) GRAF: *Bautechnik*. - 1926. - pág. 229.
- (5) KRÜGER: *Mitteilungen Deutsche Material Prüfungs Amt*. - 1934. - pág. 261.
- (6) HERRMANN: *Deutsche Bauzeitung*. - 1939. - página 827.
- (7) GRAF y WEISSE: *Fortschritte u. Forschungen im Bauwesen*. - B.I. - 1942. - pág. 12.

DIVERSOS CASOS DE APEOS EN LOS EDIFICIOS

Mariano Rodríguez-Avial Azcúnaga  
José Busó Martínez. — Arquitectos

Se conoce con el nombre de apeo al conjunto de entramados de madera necesarios, bien para detener la prosecución de una ruina en una construcción, bien como construcción auxiliar para el recalce de edificios, o bien para poder proceder a la sustitución de elementos resistentes.

De aquí se deduce que la clase de apeos es muy diversa, hasta el punto de que cada caso concreto tiene varias soluciones, entre las cuales el Arquitecto-Director de la obra debe elegir aquella que sea más económica y menos complicada de ejecución. En casi todas las ocasiones, sobre todo tratándose de edificios amenazando ruina, esta resolución ha de tomarse inmediatamente, no habiendo lugar a un estudio previo de Gabinete para elegir cuál de aquellas soluciones es la más aceptable, y por tanto se ha de resolver con arreglo al criterio del director facultativo, que es precisamente una de las causas que denotan la calidad del técnico.

Los apeos se dividen en apeos verticales y apeos oblicuos o apuntalamientos; en el presente artículo nos proponemos describir algunos de los más corrientes, y concretamente el realizado bajo nuestra dirección facultativa en la obra de reforma y ampliación de la casa situada en Madrid, calle de Peligros, 8.

El caso más frecuente que se presenta en las obras de reforma, es el de la sustitución, en planta baja, de un macho de fábrica o de un soporte por una estructura horizontal a base de elementos metálicos.

Para ello hay que prever el momento en que se procede a la sustitución, disponiendo una estructura auxiliar que realice el trabajo que hasta ese momento efectuaba el elemento resistente. Lo más corriente es colgar el muro, para recibir las cargas de los pisos superiores a donde se ha de realizar la sustitución, por medio de un apeo de asnilla y un apuntalamiento (fig. 1): La asnilla se coloca atravesando el muro por unos mechinales y

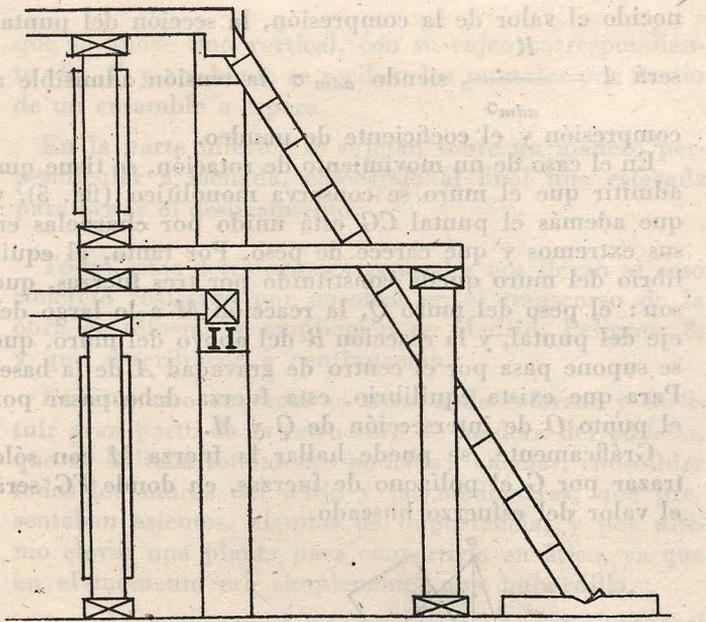


Fig. 1

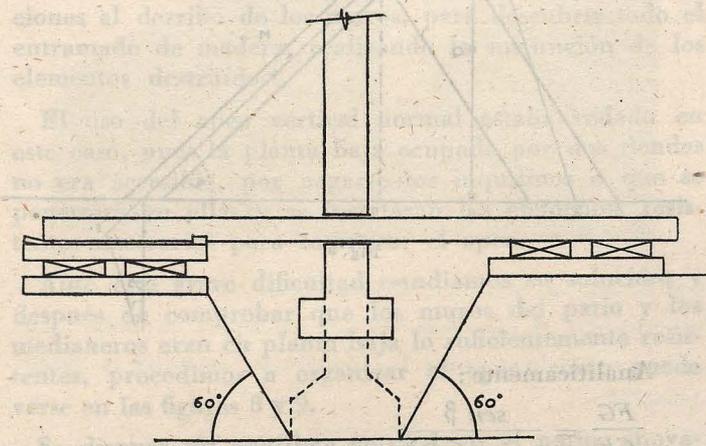


Fig. 2

apoyando sobre soportes de madera, colocados a ambos lados del mismo. Estas asnillas se repiten varias veces, uniendo los soportes entre sí por medio de riostras, formando cruces de San Andrés, con el fin de evitar una posible flexión transversal. Los soportes se apoyan todos sobre un durmiente colocado paralelamente al muro, y sus cabezas se unen por unas carreras en la misma forma. Así se consigue el encajar todos los forjados, pues lo más corriente es que se apeen varios pisos.

Además se dispone un apuntalamiento, cuya línea de acción ha de procurarse que pase por el apoyo del envigado. En caso de que esto no sea posible, hay que neutralizar el empuje con un puntal interior, cuyo pie se apoye en la traviesa de la primera crujía.

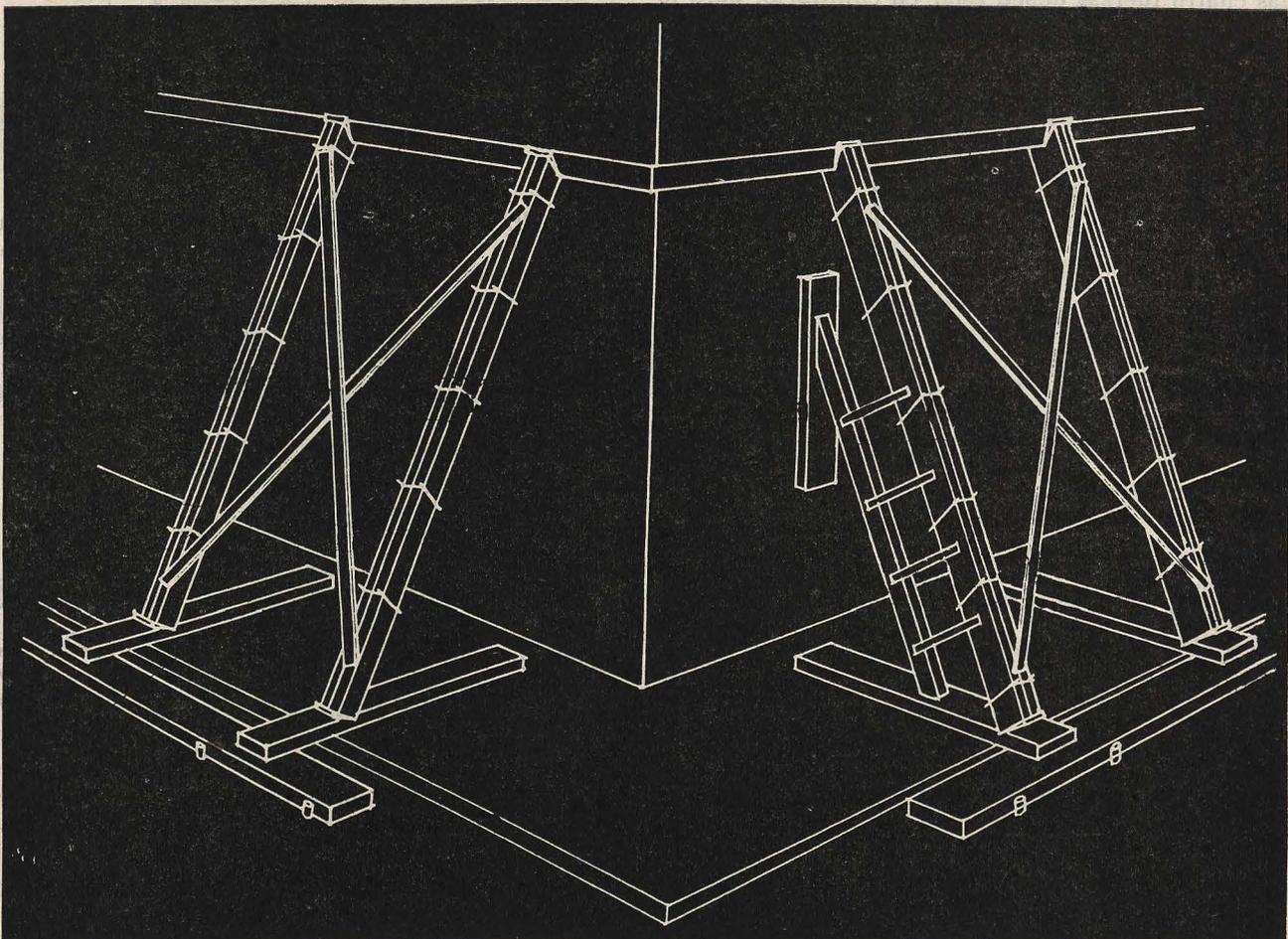
En el caso de vigería metálica, en el cual la entrega de las viguetas sea suficiente, hay que hacer notar que simplemente con el apeo vertical de las cabezas de las viguetas, éstas contribuyen eficazmente al sostenimiento del muro por ser el brazo de palanca de corta longitud, pudiendo llegarse a prescindir del apuntalamiento e incluso del apeo de asnilla. Principalmente tiene esto lugar cuando se trata de un muro de traviesa, puesto que entonces corrientemente acometen al mismo las cabezas de las vigas por los dos lados, atravesándolo.

Cuando se trata del recalzo de un muro, aquél se realiza siempre por puntos, que suelen ser de un metro de ancho, y distanciados uno de otro, si el muro es de gran longitud, veinte veces el espesor del mismo por lo menos.

En la figura 2 se puede observar un procedimiento a seguir cuando se trata del recalzo de un muro. Se atraviesa éste por unas viguetas metálicas, que se apoyan sobre durmientes paralelos al mismo, y éstos, a su vez, sobre otros perpendiculares, acuñando convenientemente para que trabaje el apeo antes de proceder al recalzo.

Se ha de tomar la precaución de separar lo suficiente estos apoyos del muro, para que las cargas transmitidas queden alojadas dentro del ángulo de  $60^\circ$ , como se indica en la figura.

Fig. 3



En los apeos por ruina de la edificación, el caso más frecuente es el de tener que acudir a detener el movimiento de un muro. Este movimiento puede ser de dos clases: bien por un cedimiento del plano de asiento del muro, o bien por un giro alrededor de su base debido a empujes desde el interior del edificio.

En ambos casos el sistema de apeo es análogo, por medio de apuntalamientos, como indica la figura 3.

Si los movimientos que se acusan en el muro son progresivos y rápidos, como ocurre frecuentemente en edificios ruinosos, se debe recurrir urgentemente a tomar las siguientes medidas:

Proceder al apuntalamiento con doble orden de puntales de las partes externas en peligro, empezando naturalmente por las más cedidas.

Proceder, si se trata de un cedimiento, a sostener los forjados que acometen al muro mediante un conjunto de apeos verticales.

Asimismo, se debe, en el caso anterior, recercar las ventanas, poniendo un dintel y un umbral de madera y acuñando entre ellos dos elementos laterales verticales. El objeto de esto es evitar la deformación de los huecos, que aceleraría la ruina.

### CALCULO DE PUNTALES

En general, no se suelen calcular los puntales, pues la práctica de estos trabajos aconseja, en cada caso, la disposición, número y dimensiones de los mismos.

Sin embargo, vamos a explicar sucintamente el procedimiento de cálculo que puede aplicarse en los casos dudosos. Este cálculo es distinto, según se trate de un cedimiento de terreno o de una rotación del muro.

La figura 4 representa en esquema el primer caso. En ella el puntal MN sostiene un trozo determinado de muro, que tiende a comprimir el puntal contra el terreno verticalmente y a hacerle deslizar horizontalmente, produciéndose dos reacciones,  $V'$  y  $H'$ , con una resultante,  $R'$ , en dirección del puntal. A su vez, el muro produce en la extremidad superior del puntal dos acciones, vertical y horizontal,  $V$  y  $H$ , debidas al peso del muro y a la movilidad del puntal en su pie.

Estas cuatro fuerzas deben estar en equilibrio, para lo que es necesario que sean iguales  $V$  y  $V'$  y también  $H$  y  $H'$ .

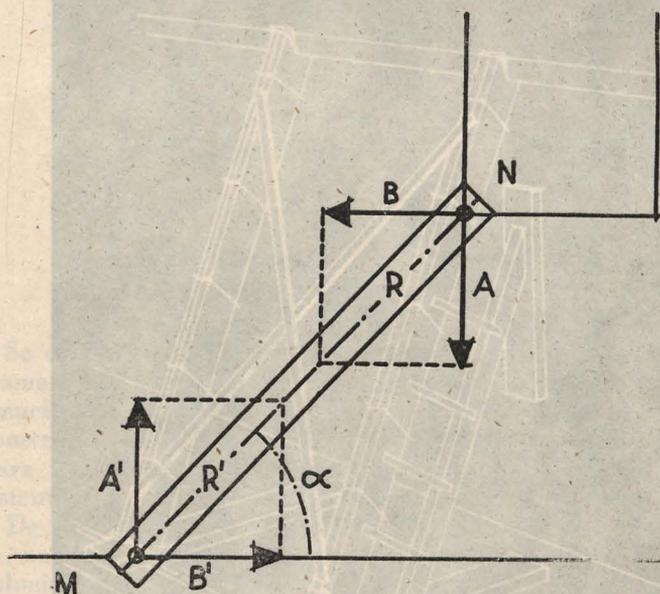


Fig. 4

De aquí se deduce que el puntal queda sometido a un esfuerzo de compresión sencilla, y su valor  $R$  se deter-

minará sencillamente por la expresión  $R = \frac{A}{\text{sen } \alpha}$ . Co-

nocido el valor de la compresión, la sección del puntal

será  $A = \frac{R}{\text{adm } \sigma}$ , siendo  $\text{adm } \sigma$  la tensión admisible a compresión y el coeficiente de pandeo.

En el caso de un movimiento de rotación, se tiene que admitir que el muro se conserva monolítico (fig. 5), y que además el puntal CG está unido por charnelas en sus extremos y que carece de peso. Por tanto, el equilibrio del muro queda constituido por tres fuerzas, que son: el peso del muro  $Q$ , la reacción  $M$  a lo largo del eje del puntal, y la reacción  $R$  del apoyo del muro, que se supone pasa por el centro de gravedad  $A$  de la base. Para que exista equilibrio, esta fuerza debe pasar por el punto  $O$  de intersección de  $Q$  y  $M$ .

Gráficamente, se puede hallar la fuerza  $M$  con sólo trazar por  $C$  el polígono de fuerzas, en donde  $FG$  será el valor del esfuerzo buscado.

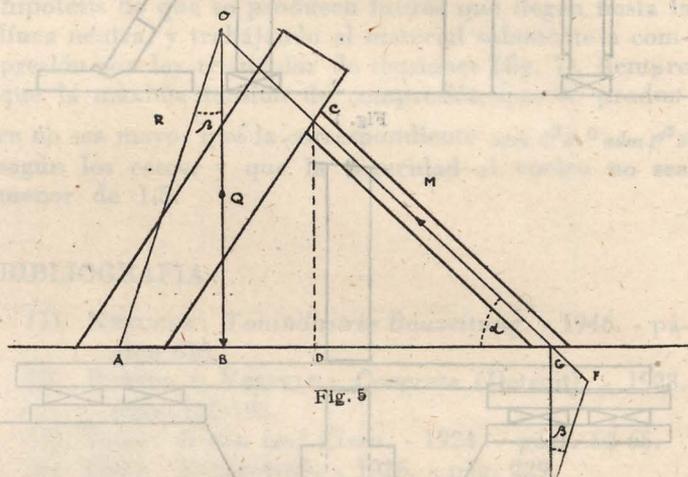


Fig. 5

Analíticamente:

$$\frac{FG}{GE} = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } GFE}$$

$$\widehat{GFE} = 180^\circ - \beta - \widehat{EGF} \quad \widehat{EGF} = 90^\circ - \alpha$$

$$\widehat{GFE} = 180^\circ - \beta - 90^\circ + \alpha = 90^\circ + \alpha - \beta$$

$$\frac{FG}{GF} = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } (90^\circ + \alpha - \beta)}$$

$$FG = M = Q \times \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } (90^\circ + \alpha - \beta)}$$

Conocido el esfuerzo, se aplica, como en el caso anterior, la fórmula de compresión simple o la de flexión compuesta, según el caso.

Como se ha dicho anteriormente, estos cálculos no son necesarios, y sólo la práctica es la que aconseja la sección que deben tener los puntales, que por regla general es dos o tres veces la que pudiera obtenerse por el cálculo.

Los puntales deben colocarse en los ángulos y uniones de muros. Se deben disponer a la altura de las carreras de pisos, y en dos plantas distintas por lo menos, que suelen ser la baja y primera. Se debe recibir el muro, bien por rozas realizadas en el mismo (fig. 6), encajando con auxilio de cuñas, o bien disponiendo unos maderos horizontales, sobre los

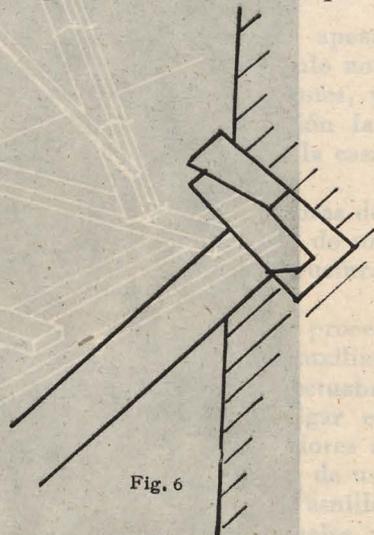


Fig. 6

que se apoye uno vertical, con su cajeo correspondiente (fig. 7) y en donde se reciben los puntales por medio de un ensamble a espera.

En la parte inferior se sujetan sobre un madero perpendicular a fachada, colocando al final una estacada para evitar el deslizamiento.

Todas estas descripciones generales nos llevan al caso concreto realizado por nosotros en el transcurso de la obra de reforma y ampliación de Madrid, Peligros, 8, y que describimos a continuación.

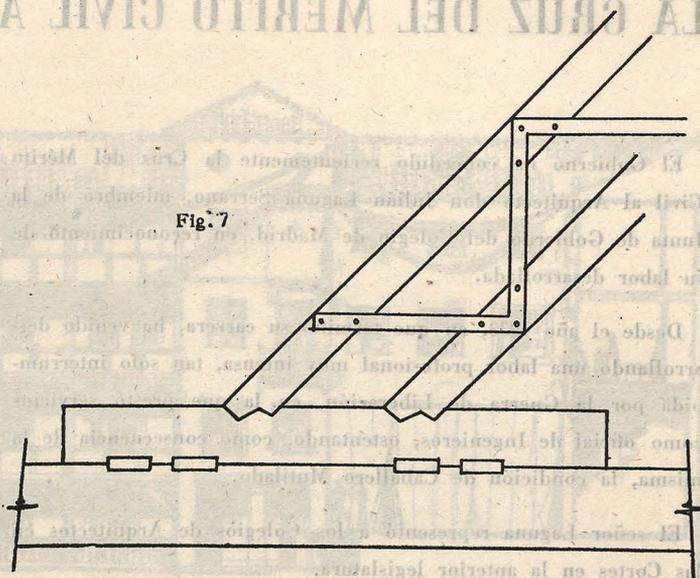
En este caso concreto se trataba de reforzar y sustituir gran parte de la estructura de madera del edificio, que se hallaba totalmente podrida; además, consolidar todos los muros del patio y las medianeras, que presentaban asientos, algunos de importancia, y por último elevar una planta para convertirla en ático, ya que en el momento era simplemente una buhardilla.

Para realizar esta obra era necesario un apeo general del edificio, y proceder después con las debidas precauciones al derribo de los muros, para descubrir todo el entramado de madera, realizando la sustitución de los elementos destruidos.

El uso del apeo vertical normal estaba vedado en este caso, pues la planta baja ocupada por dos tiendas no era accesible, por negarse los inquilinos a que se penetrara en ellas y se instalaran los elementos resistentes necesarios para comenzar el apeo.

Ante esta grave dificultad estudiamos su solución, y después de comprobar que los muros del patio y los medianeros eran en planta baja lo suficientemente resistentes, procedimos a organizar el apeo, como puede verse en las figuras 8 y 9.

Se dispuso un castillete vertical en el patio, apoya-



do sobre varias jácenas de hierro, y en cada planta, encepando por medio de un juego de tablonés en las dos direcciones, se llevaron las cargas a las medianerías, sobre las dos casas construidas, por medio de unos puntales.

Este sistema nos repartió las cargas entre la jácena de hierro y las medianerías, pudiendo de esta forma proceder al derribo de los muros y a sustituir todos los elementos que no presentaban condiciones de seguridad.

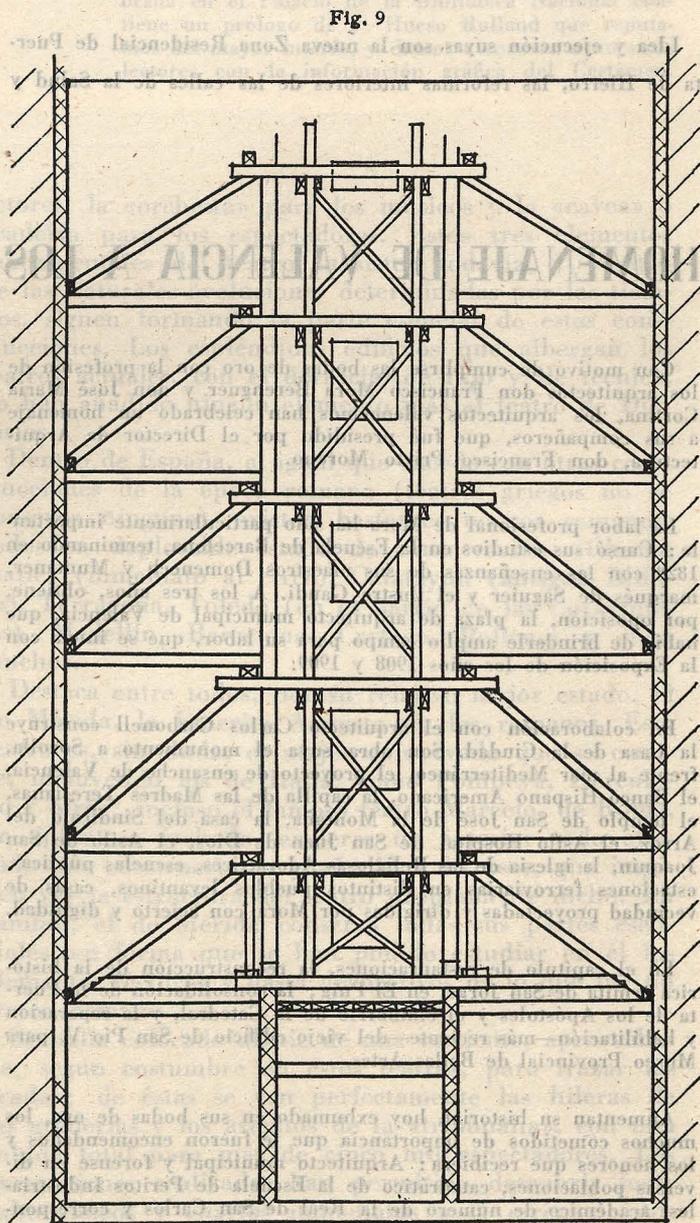


Fig. 8

