

# REVISTA EXTRANJERA

## El Woolworth Building, el rascacielos más elevado de Nueva York.

La elevación rápida del precio de los terrenos en las grandes poblaciones americanas, y, sobre todo, en Nueva York, ha motivado la construcción de edificios muy elevados, á los que los americanos han dado el nombre de *ski serapers* ó rascacielos.

En Brooklyn y en sus cercanías se han construido de 1905 á 1911, 14.750 casas, comprendiendo 41.000 pisos y alojando á 90.200 habitantes, con un gasto de 800 millones de francos. En el centro, Manhattan presenta una red uniforme de vías orientadas: las avenidas (de 30 metros de anchura) de Norte á Sur, y las calles (de 18 metros) de Este á Oeste. Las grandes avenidas están ocupadas por las personas adineradas y, hasta las orillas del Hudson, se han elevado edificios lujosos de 12 á 20 pisos. Pero los lados de la Península, á Occidente y á Oriente, sobre una superficie de 5 kilómetros cuadrados, están cubiertos de casas de modestos inquilinos. Un censo ha mostrado que 122 de los islotes construídos al Sur del puente de Williamsbourg alojan 312.000 habitantes, ó sea, por término medio, 160 por casa de 7 metros de fachada. En un islote se han contado más de 5.000, ó sea 310 por casa. La superficie de habitación varía, pues, entre 2,86 y 197 metros cuadrados por habitante.

La especulación ha hecho que suba el precio de los terrenos en tal proporción que, en la misma ciudad, no se pueden actualmente construir casas para alquilar más que con un número considerable de pisos, para repartir la carga procedente del precio del terreno entre un gran número de inquilinos.

La ciudad de Nueva York ha visto, por este motivo, elevarse un número bastante grande de edificios de más de 100 metros de altura.

El Metropolitan Building que ha sido, hasta hace poco, el más elevado, ha sido vencido por el edificio que ha hecho construir Mr. Woolworth, que acaba de destinar 70 millones de francos á la edificación de un nuevo inmueble situado en el centro del barrio de los negocios, donde el terreno vale corrientemente 10.000 francos el metro cuadrado.

Las indicaciones siguientes, que se refieren á los tres rascacielos más elevados de Nueva York, muestran el rápido progreso de la construcción americana en estos últimos años:

|                                                        | Singer Building. | Metropolitan Building. | Woolworth Building. |
|--------------------------------------------------------|------------------|------------------------|---------------------|
| Altura (metros)...                                     | 186,50           | 213,30                 | 240,50              |
| Número de pisos.....                                   | 46               | 50                     | 55                  |
| Peso total (toneladas).....                            | 75.000           | 77.100                 | 93.440              |
| Superficie total de los suelos (metros cuadrados)..... | 44.514           | 101.168                | 161.808             |
| Número de lámparas eléctricas.....                     | 14.500           | 30.000                 | 80.000              |
| Longitud de las tuberías de agua (kilómetros).....     | 30.590           | 20.930                 | 69.230              |
| Número de ascensores.....                              | 16               | 38                     | 28                  |
| Recorrido total de todos los ascensores (metros).....  | 1.207            | 2.415                  | 3.218               |

El Woolworth Building está constituido, como todos los rascacielos, por una armadura metálica, con revestimientos de ladrillos y de hormigón.

Un basamento, de 30 pisos de altura, soporta una torre de 25 pisos (fig. 1.<sup>a</sup>), la cual lleva, á su vez, encima un techo en cuya parte superior está dispuesta una galería para los que la visitan.

La construcción de estos edificios presenta, desde el punto de vista del arte del Ingeniero, un interés particular á causa de

las disposiciones especiales que se han adoptado para los cimientos, á causa de las cargas enormes que soportan y para asegurar la estabilidad de armaduras que alcanzan alturas de más de 200 metros.

Por esta razón daremos algunos datos sobre la construcción del Woolworth Building, tomándolos de los que, según la *Engineering*, publica *Le Génie Civil* en un artículo debido á M. C. D.

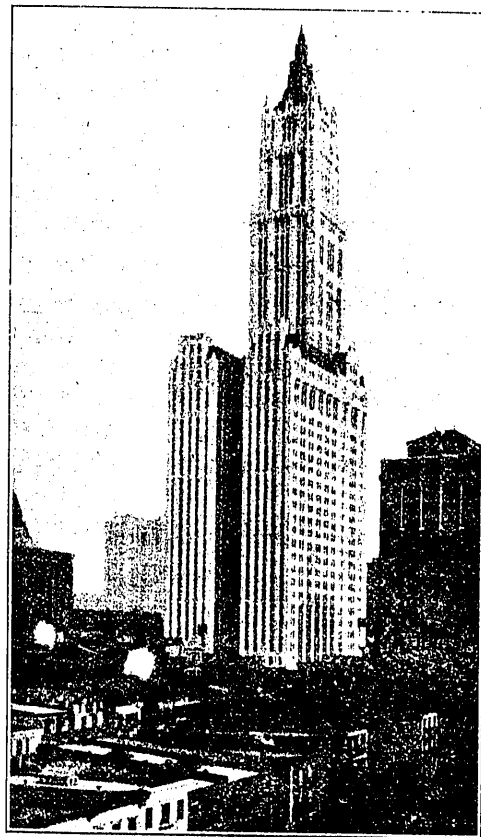


Fig. 1.<sup>a</sup>

**Descripción general del edificio.**—El Woolworth Building es un edificio de 55 pisos, que tiene 240,50 metros de altura sobre el suelo, sin comprender dos pisos subterráneos; ocupa una superficie de 46,35 × 60 metros, formando un bloque, de Barclay Street á Park Place.

El edificio afecta en plano la forma de una U; las dos alas, de 18,30 metros de anchura y 33,50 de longitud, están separadas por un patio interior de 10,65 × 29,25 metros, que no empieza hasta el cuarto piso. Debajo de este nivel, el edificio ocupa la superficie entera del plano.

Las alas no se elevan más que en una altura de 30 pisos, prolongándose la parte central del edificio durante otros 25 pisos, formando así una torre que tiene una sección de 25,60 × 26,20 metros; la armadura de esta torre arranca de la base misma del edificio (figuras 8.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup>). Los muros de la torre son verticales del 30.<sup>o</sup> al 40.<sup>o</sup> piso; después, á partir de este último, la sección se reduce á 21 × 21,64 metros. La torre se eleva así hasta el 50.<sup>o</sup> piso, ó sea sobre una altura de 82,30 metros sobre la plataforma, y lleva, en fin, encima una pirámide cuadrangular que contiene los últimos cinco pisos, y que tiene 32 metros de altura y 19,50 de anchura en la base. Encima del piso 50.<sup>o</sup> hay una galería que se encuentra así á 222,50 metros sobre el suelo de la calle.

Como hemos dicho, el Woolworth Building está construido

con armadura metálica soportando revestimientos de mampostería.

Estos están constituidos por muros de granito para los cuatro primeros pisos y, principalmente, por piezas de terra-cota para los pisos superiores. Los pilares principales descansan sobre unas pilas de hormigón descendidas hasta la roca sólida a cerca de 40 metros por debajo de la calzada.

El edificio aloja normalmente a 10.000 personas; unos pasos subterráneos ponen en comunicación los sótanos del edificio con el ferrocarril metropolitano.

Varios de los locales que forman parte de este inmueble se han dispuesto conforme a los deseos de los futuros inquilinos, tales como casinos, fondas, bancos, etc. En el subsuelo se hallan los salones de un peluquero, un *restaurant* cuyas salas pueden recibir 500 personas; un departamento para cajas de caudales provisto de toda clase de seguridades; también se encuentran aquí una piscina de  $8 \times 18$  metros y un establecimiento de baños turcos.

En el piso bajo hay 18 almacenes; en los pisos segundo y tercero las oficinas del National Bank, las de la Broadway Trust Company y las de los teléfonos, telégrafos, etc. Los otros pisos están ocupados, principalmente, por abogados, industriales, contratistas, Ingenieros ó Compañías de ferrocarriles.

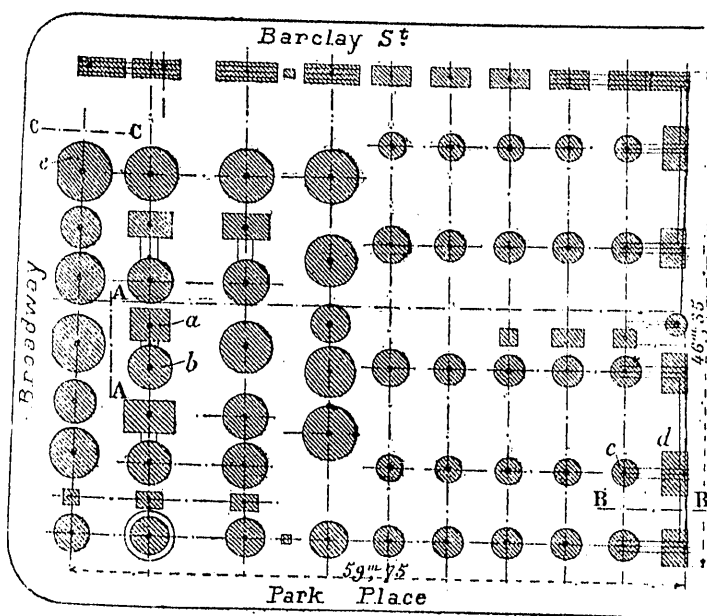


Fig. 2.ª

**CIMENTOS.**—El peso total del edificio se ha evaluado en 250.000 toneladas; el suelo, en el emplazamiento de la construcción, se componía, principalmente, de arena fina y gruesa hasta una profundidad de 30 metros, próximamente, bajo el nivel de la calle, y estaba saturado de agua hasta unos 10 metros por bajo de este mismo nivel; en estas condiciones se decidió establecer los cimientos de la obra sobre unos cajones neumáticos que descendían hasta la roca sólida que se encontraba, por término medio, a 35 metros, próximamente, de profundidad. Los cajones fueron 61.

Para proteger los cimientos de los edificios próximos y sostener las calzadas de las calles adyacentes se han hincado alrededor de la excavación general de los cimientos unas tablestacas de madera ó de acero, del tipo Lackawanna. Se hincaban éstas por medio de dos martillos pilones de vapor.

Los 61 pilares de los cimientos están dispuestos en diez hileras paralelas, como se ve en la figura 2.ª, variando la distancia de las hileras de 3 a 9 metros, según el espaciamiento de los puntos de apoyo. El diámetro ó el lado de los cajones varía de 2 a 5,80 metros y su sección de 3 a 25 metros cuadrados.

La disposición irregular de los cajones, indicada en la figura 2.ª, responde a que en el momento en que la construcción se

comenzó el edificio no debía ocupar más que una parte del solar total, y sólo en el transcurso de las obras es cuando se decidió ampliarlo hasta Barclay Street.

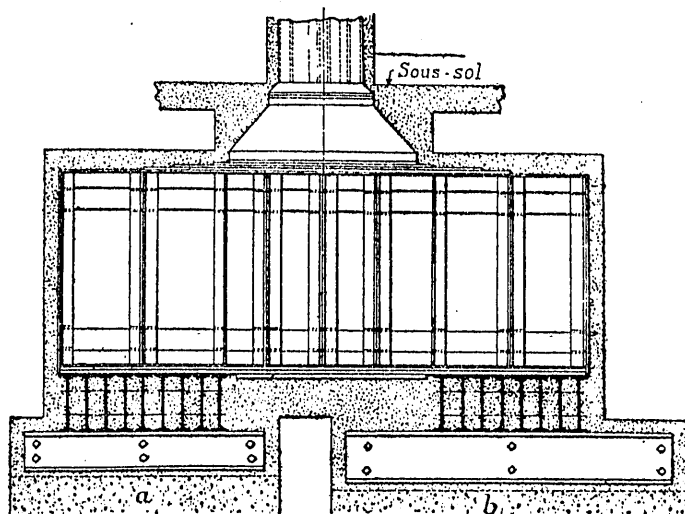


Fig. 3.ª

Todos los cajones neumáticos son de cemento armado con red metálica; se construyeron en la excavación general limitada por las tablestacas; en la base se encontraba una cámara de trabajo unida a la parte superior por un pozo de cierre impermeable. Los cajones se hundieron por excavación a mano en la cámara de trabajo y se descendieron hasta la roca, después de lo cual la cámara de trabajo se llenó de hormigón transformando cada cajón en un pilar monolítico. La altura de estos pilares varía de 19,80 a 20,70 metros, estando su vértice casi al nivel de la capa ácuea.

La carga de cada uno de ellos varía de 215 a 4.270 toneladas; siendo esta última carga la del pilar principal de fachada sobre Broadway.

Las columnas de la armadura descansan sobre los pilares de mampostería por el intermedio de varias hileras de hierros en I, dispuestos transversalmente, de manera de repartir la carga uniformemente, como lo muestran las figuras 3.ª a 6.ª que representan respectivamente: elevación por A-A (fig. 2.ª) mostrando la fundación de una columna sobre los pilares a y b, elevación por B-B mostrando la de dos columnas sobre los pilares c y d; elevación por C-C mostrando la de una columna sobre el pilar e y plano del zócalo de apoyo s de una columna.

Para facilitar el transporte de los materiales y la instalación del herramental del taller, se estableció al nivel del suelo de la calle una plataforma de madera que se extendía sobre la mitad

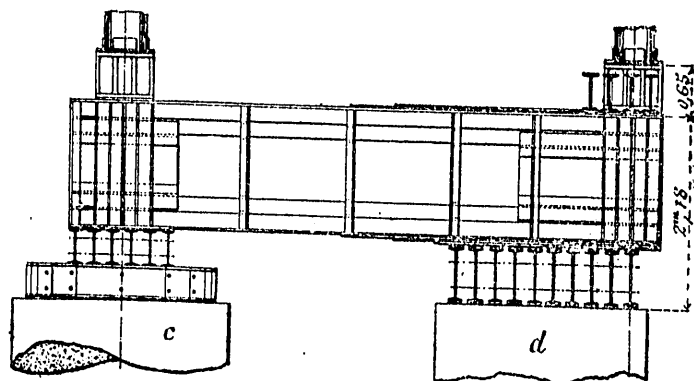


Fig. 4.ª

del solar y sobre la cual se pudieron hacer todos los transportes de materiales y de escombros por encima de los cajones. En cada lado de esta plataforma se estableció una vía férrea por la cual se movía una grúa *derrick* de gran potencia; había, además, otras *derricks* menos potentes para servir a toda la superficie del edificio.

Debajo de la plataforma de servicio estaban instaladas las hormigonadoras, que podían cargarse por la acción de la gravedad.

Los pilares propiamente dichos se elevaron sobre los cajones, á medida que se hundían éstos, en moldes de madera que se elevaban, sucesivamente, por medio de las grúas *derricks*; para los pilares circulares, sin embargo, los moldes eran de palastro de acero. Una parte de la arena excavada se empleó en la confección del hormigón de los pilares, el cual se dosificó en la proporción de 1 : 2 : 4.

La excavación bajo los cajones se comenzó primero al aire libre, estando abiertas las puertas de los depósitos, lo que permitía la evacuación fácil de los escombros. Cuando se llegó á la capa ática, se cerraron las puertas y la excavación continuó con el aire comprimido, llegando la presión á un máximo de 3,30 kilogramos por centímetro cuadrado. Los escombros se evacuaban á través del depósito por medio de cubetos cilíndricos especiales de 0,700 metros cúbico de capacidad.

Uno de los pilares de 2,75 metros de diámetro pudo así introducirse enteramente en doce días; la operación se proseguía día y noche por medio de tres equipos que trabajaban cada ocho horas, y había hasta nueve cajones funcionando á un tiempo por el aire comprimido. Para vencer la resistencia debida al frotamiento del terreno atravesado, se cargaron los cajones con contrapesos de fundición que pesaban para algunos hasta 800 toneladas.

Se suministraba el aire comprimido por tres máquinas que tenían, en junto, una capacidad de 170 metros cúbicos de aire (medidas á la presión atmosférica) por minuto y pudiendo abastecer diez cajones simultáneamente de aire á la presión de 3,5 kilogramos por centímetro cuadrado. El aire, que salía de los compresores á la temperatura de 65°, pasaba por un refrigerador, que bajaba su temperatura á 18°; el aire llegaba en seguida á un depósito de 14 metros cúbicos, á partir del cual se distribuía por una cañería principal de 20 centímetros de diámetro y de 180 metros de longitud, de la que partían unos ramales de 10 centímetros de diámetro que terminaban en los cajones, cada uno de los cuales estaba provisto de una válvula automática que regulaba la presión del aire según la profundidad á que se hallaba el cajón.

Los compresores se movían por medio de máquinas de vapor, á las cuales se suministraba el fluido motor por una Empresa de distribución de vapor, como existen en las grandes poblaciones de los Estados Unidos. Sin embargo, el taller tenía un departamento auxiliar de reserva conteniendo tres calderas de 175 caballos cada una, que producían vapor á la presión de 10 kilogramos por centímetro cuadrado, y que se empleaba, principalmente para los aparatos de elevación.

Los refrigeradores de aire comprimido utilizaban el agua bajo presión de la distribución urbana. Esta agua pasaba en seguida por un aparato donde se calentaba el agua de alimentación de las calderas, utilizándose, finalmente, para la fabricación del hormigón, lo que era de mucha utilidad, sobre todo en invierno.

Las obras de cimentación han exigido la elevación de 46.000 metros cúbicos de escombros, la fabricación de 18.350 metros cúbicos de hormigón y el empleo de 300 toneladas de acero para armaduras.

**MUROS DE SOSTÉN.**—La parte inferior de los muros exteriores del edificio soporta una presión importante bajo el peso del terreno circundante. Por esta causa se ha dado á estos muros un espesor de 90 centímetros, próximamente, en la base; están, además, armados con hierros en I dispuestos verticalmente. Estos muros están fundados á una profundidad de cerca de 13,70 metros bajo el nivel de la calle, ó sea 1,50 por bajo del nivel del agua.

Su base se ha construido en trincheras sostenidas por tablestacas y drenadas por medio de pulsómetros. El espacio com-

prendido entre estos muros y las tablestacas metálicas que limitan la excavación general se llenó en seguida con arena, á la que se había mezclado 220 kilogramos de cemento, próximamente, por metro cúbico.

**ARMADURA METÁLICA.**—Como hemos indicado, el edificio está constituido por una armadura metálica cuyas dimensiones se han determinado por las de los locales demandados por los futuros inquilinos.

La carga de los suelos se ha evaluado en 365 kilogramos por metro cuadrado para los pisos superiores al 20.º, reduciéndose esta carga sucesivamente en un 5 por 100 para cada piso inferior hasta un mínimo de 180 kilogramos por metro cuadrado para los suelos del décimo piso é inferiores. La acción del viento fue evaluada, según los reglamentos en vigor en Nueva York, á 145 kilogramos por metro cuadrado.

El problema principal que presentaba el establecimiento de esta armadura se refería á la estabilidad de la torre. Las figuras 8.ª y 9.ª muestran la disposición adoptada para dar á esta construcción la resistencia suficiente á las cargas verticales y á los esfuerzos laterales debidos al viento. Se ve que hasta el piso 28.º cada vano está formado de una especie de portada rígida de palastro y abrazaderas indeformables; encima de este piso, las ensambladuras de las vigas horizontales y de los montantes están atirantadas por fuertes barras diagonales.

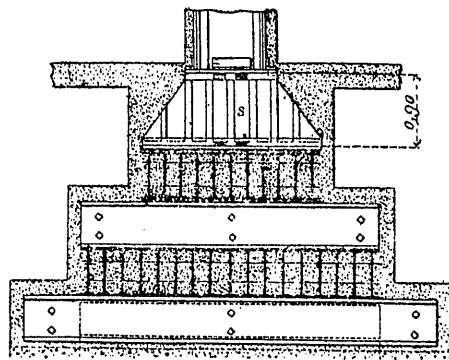


Fig. 5.ª

En estas condiciones la carga máxima de cada columna es de 4.300 toneladas y el trabajo unitario máximo del metal es de 10 kilogramos por milímetro cuadrado.

La sección transversal de las columnas se ha limitado á  $0,90 \times 1,20$  metros para reducir el espacio ocupado, y como algunas de ellas deben tener una sección neta de 4.500 centímetros cuadrados, se han tenido que emplear para su construcción ánimas de un espesor de más de 120 milímetros, obtenidas por la yuxtaposición de 5 ó 6 palastros.

La mayor parte de las columnas se han constituido por los hierros en U, unidos por una ó varias ánimas de palastro.

En la parte inferior tienen una sección más robusta. Así es que las columnas que soportan la carga máxima de 4.300 toneladas, que tienen una sección de 4.500 centímetros cuadrados, se han constituido por dos palastros de  $1,10 \times 0,022$  metros, seis palastros de  $1 \times 0,022$ , 14 palastros de  $0,535 \times 0,022$ , una lámina de  $0,180 \times 0,025$  metros y 16 abrazaderas de  $15 \times 101 \times 22$  milímetros, de  $203 \times 152 \times 22$  ó  $127 \times 101 \times 13$  milímetros. Estas columnas pesan más de 35 toneladas por metro lineal.

Las columnas principales descansan sobre unos zócalos de acero fundido que tienen de 45 á 90 centímetros de altura, reforzados por nervaduras verticales (figuras 5.ª y 6.ª). Estos zócalos descansan, á su vez, sobre los pilares de fundación por el intermedio de varias hileras de hierros en I superpuestos de manera de repartir uniformemente la carga (fig. 5.ª). Las columnas extremas, colocadas en el límite del edificio y que no han podido establecerse en el eje del pilar de fundación, están colocadas en el extremo de una viga que reúne dos pilares; tal es el caso de la columna soportada por los pilares *c* y *d* (fig. 4.ª).

(Continuará.)