

Construcción de la galería de las Máquinas. — Montaje de las piezas metálicas

grande y generosa. De paso hemos indicado las etapas más notables de este viaje á través del mundo; toca á otros describir como conviene todas esas riquezas, que apenas hemos hecho entrever á nuestros curiosos lectores.

PIERRON,

(Ingeniero de construc. metálicas)

ofreciendo delicioso encanto á la vista, y á toda el alma aire embalsamado y embriagador. Y continúa el espectáculo en los invernáculos cálidos y templados, donde se prodigan todos los refinamientos del cultivo floral.

En el Trocadero se ha de visitar igualmente el pabellón de Aguas y Bosques, y el de Obras públicas, uno y otro llenos de enseñanza, y dirigiremos la última mirada á la radiante sección de horticultura japonesa.

No creáis, sin embargo, que no hayamos omitido nada. ¡Ah! muy al contrario, hemos pecado gravemente y muchas veces por carta de menos. No hemos dicho una palabra de los edificios utilitarios, de los numerosos pabellones é innumerables cafés, *restaurants*, bodegas, *bars*, cafés morunos, figones húngaros, cervecerías vienesas, tabernas holandesas, etc. Pero esto no es más que la frivolidad de una manifestación



Vista de la torre Eiffel tomada desde el Point du Jour, á tres kilómetros de distancia

LA TORRE EIFFEL

Todo el mundo habla, todo el mundo quiere hablar de la torre Eiffel, porque en efecto es el gran acontecimiento de la Exposición que se abre. Deseosos pues de hablar á nuestros lectores de ese coloso de metal, hemos tenido la idea de dirigirnos al ilustre ingeniero é interrogarle sobre su obra magna.

M. Eiffel nos ha recibido en su gabinete con toda la benevolencia y sencillez que constituyen el fondo de su carácter. Teníamos una secreta esperanza de obtener de él algunas notas y tuvimos la franqueza de decírselo.

—¡Oh! exclamó sonriendo, ¡para una nonada quisierais que escribiera un artículo! No, no escribiré nada. Pero voy á entregaros una conferencia que dí sobre la torre de trescientos metros. Fuera de esto, si queréis, hablemos.

«Tenéis interés en saber exactamente los orígenes de la empresa. Escuchad: hace mucho tiempo que la idea de un edificio de elevación extraordinaria trabaja las imaginaciones, sobre todo, en Inglaterra y en América; pero no está todo en concebir un proyecto gigantesco: nada más fácil; lo difícil es hacerlo posible y ejecutarlo.

»He aquí pues cómo pasaron las cosas. En 1885, mis ingenieros y yo habíamos tenido que hacer grandes estudios sobre los altos pilares ó machones metálicos que sostienen viaductos de ferrocarril, como el de Garabit, por ejemplo. La experiencia nos condujo á

pensar que se podría dar á estos pilares mucha más altura que la acostumbrada: los más altos, en efecto, no pasan de setenta metros. Apoyados en nuestras deducciones, estudiamos inmediatamente un pilar de viaducto de 120 metros de elevación y de 40 de base. De la solución de este problema, nació precisamente la idea de la torre de hierro, cuyo ante-proyecto prepararon dos colaboradores míos, MM. Nougier y Kœchlin, ingenieros de mi casa, y por el arquitecto M. Sauvestre.

»La concepción de estos pilares estriba en un procedimiento que me es particular. En lugar de unir las aristas de la pirámide con diagonales, como se hace ordinariamente, damos á estas aristas tal curvatura que pueda resistirse la pirámide á los esfuerzos transversales del viento. Por eso se ha dispuesto la torre en forma de pirámide de cuatro aristas curvas, aisladas una de otra y simplemente unidas por cinturones que forman los pisos de los compartimientos. Sólo en la parte superior, cuando las aristas están bien unidas, se ha recurrido á las diagonales ordinarias. El edificio así concebido no tiene que temer nada del empuje de las tempestades.

»Una comisión, nombrada en junio de 1886 por M. Lockroy, ministro de Comercio y de Industria á la sazón, aceptó los planos presentados por mí, y el 8 de enero de 1887, el convenio con el Estado y la ciudad de París para la construcción de la torre estaba ya firmado. Veinte días después se inauguraron los trabajos.

»De algunos meses á esta parte se publican á menudo cuadros comparativos de los monumentos más altos del mundo. No se trata de nada menos que de erigir una torre casi dos veces más alta que el más elevado de todos. Recuérdese que las torres de Nuestra Señora sólo alcanzan una altura de 66 metros; que el Panteón no pasa de 79; que la cúpula de los Inválidos, el edificio más alto de París, tiene exactamente 105. ¿Qué elevación tiene la famosa aguja de Strasburgo? Sólo 140 metros. La gran pirámide de Egipto no levanta su vértice á más de 146. La aguja de la catedral de Ruan se eleva á 149, y la de la catedral de Colonia á 156. Queda el famoso obelisco de fábrica, construido en Wáshington, hace algunos años, á costa de los mayores esfuerzos, el cual mide 169 metros. Ciertamente es que la obra de fábrica no podría subir más arriba; pero la construcción de hierro tiene el derecho y hasta el deber de levantar más sus ambiciones. No diré que todo venía á ser fácil con el metal; pero no tengo ya necesidad de afirmar que todo venía á ser posible.

»Pero, ante todo, lo esencial era, establecer sólidamente los cuatro pilares que constituían la base de la torre de trescientos metros. Los numerosos sondeos que hicimos ejecutar probaron que el sub-suelo de la parte del Campo de Marte inmediato á la Escuela militar y perteneciente al Estado, es eminentemente adecuado para cimientos, mientras la parte que se inclina al Sena y donde la ciudad de París ha hecho un *square*, el sólido asiento de los pilares ofrecía dificultades muy graves, en razón de la naturaleza del terreno. Consideraciones administrativas no permitían construir la torre en terreno del Estado. Ya comprenderéis la gravedad de los obstáculos.

»¿Por qué, se nos decía, por qué no buscáis un emplazamiento fuera del recinto de la Exposición?

»La razón era muy sencilla. Echábase en olvido que la Exposición era precisamente la ocasión ó motivo y la razón de ser de la torre; que sin la Exposición es probable que no se hubiera edificado, y que debía contribuir á la atracción de gentes, al mismo tiempo que dar un beneficio. La cuestión de emplazamiento dentro del recinto del Campo de Marte se imponía pues absolutamente. Todo lo que se pudo hacer fué llevar el gigante

de hierro á orillas del Sena, á fin de que estuviera lo más lejos posible de los edificios de la Exposición y al extremo del *square* de la ciudad, en un lugar donde la experiencia demostraba que los cimientos de los cuatro pilares estarían separados de la arcilla por un suficiente espesor de grava. He aquí cómo se procedió:

»Para los dos pilares posteriores no hubo ninguna complicación. La capa de arena y grava tiene en este punto un espesor de seis metros. Una capa de hormigón de cemento, echado al aire libre, bastó para constituir por esta parte el macizo interior de una fundación perfecta.

»Los dos pilares anteriores se fundaron con mucha más dificultad. Se echaron sus cimientos al aire comprimido por medio de furgones de hierro batido de 15 metros de longitud por 6 de latitud, en número de 4 para cada pilar, hundido 5 metros bajo el nivel del agua.

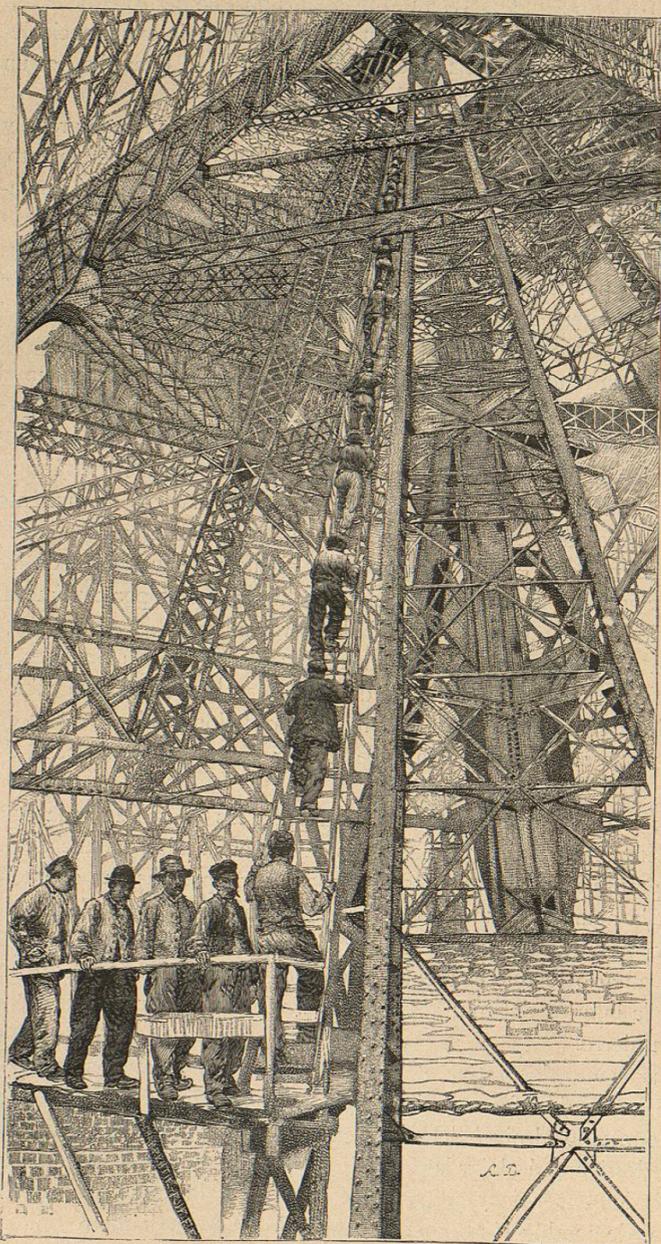
»No quisiera entrar aquí en muchos detalles técnicos; pero bien es menester que el ingeniero hable como ingeniero. Sabed pues que cada uno de los montantes de la torre está formado por un grande armazón de sección cuadrada de 15 metros de lado, cuyos ángulos transmiten las presiones al suelo de fundación por medio de macizos de fábrica, situados bajo cada uno de aquéllos. Hay, por consiguiente, cuatro macizos de cemento por pie. Las reacciones oblicuas de las presiones se elevan á su entrada en la obra de fábrica á 875 toneladas, inclusa la presión del viento. En el suelo de fundación de los dos pilares inmediatos al Sena, la presión da un peso de 3 kilogramos 7 por centímetro cuadrado, y de 3 kilogramos solamente en el suelo de los otros pilares.

»En el centro de cada uno de estos pilares construidos con piedra de Souppes, y trabados con argamasa de cemento en la proporción de 250 kilogramos por metro cúbico de arena, hay hundidos dos pernos de anclaje de 7 metros 80 de longitud por 0^m 10 de diámetro. Este anclaje, que no es necesario á la torre, asegurada por su propio peso, da un exceso de seguridad contra todo derrumbamiento.

»Además, para quedar completamente seguros de mantener los pilares en toda ocurrencia, en un plano perfectamente horizontal, habíamos dejado en el calzo del anclaje un emplazamiento para una prensa hidráulica de 800 toneladas. Estas prensas han operado, cuando fué necesario y á la manera de tornillo de precisión, la vigorosa nivelación de todos los puntos de apoyo, y permitían, cuando era menester, producir el desplazamiento de tal ó cual ángulo y levantarlo lo que convenía, salvo meter cuñas de acero entre la parte superior del calzo y la inferior del contracalzo de acero fundido, sobre el que viene á reunirse el montante de hierro.

»Dejo á un lado el basamento decorativo de losas de hormigón Coignet sostenidas por un armazón metálico construido fuera de los macizos. Toda la infraestructura está hundida en un terraplén enrasado al nivel del suelo, excepto por el pilar del sur, donde queda en estado de cava, destinada á alojar las máquinas y sus generadores para el servicio de los ascensores. En lo concerniente al paso de la electricidad atmosférica se hace en cada pilar por dos tubos de conducción de hierro colado de 0^m 50 de diámetro, inmersos por debajo del nivel del manto acuífero, por 18 metros de longitud y retorcidos verticalmente á su extremo hasta el nivel del suelo, donde se ponen en comunicación con la parte metálica de la torre.

»Ya veis con qué cuidado, hasta en los menores detalles, se han puesto en obra todos los refinamientos científicos, sin que se haya descuidado ninguna medida de prudencia. Ahora bien, este inmenso trabajo preliminar se hizo en cinco meses (del 28 de enero



Subida de los trabajadores á la torre Eiffel.

venían las cuadrillas de remachadores sustituyendo los ganchos provisionales con remaches hechos á fuego y martillo y ligando definitivamente las piezas entre sí. Desde este momento las partes montadas y debidamente remachadas, se mantenían en un todo indeformable.

al 30 de junio de 1887). En estos ciento cincuenta y tres días se habían ejecutado 31.000 metros cúbicos de excavación y 12.000 de obra de fábrica, cuya mayor parte lo fué al aire comprimido. No quedaba ya sino proceder al montaje de la obra de metal.

»Al principio del trabajo, naturalmente, todo iba sin gran dificultad: el montaje se hacía sin más aparatos que vigas de cabria. Estas vigas que alcanzaban 22 metros de altura se componían de largas piezas de madera unidas por sus vértices ofreciendo bastante bien la forma de una A mayúscula muy prolongada. Una cabria abajo, y una pólea arriba, donde vuelve la cadena de la cabria llamada á levantar peso, tal era el aparato. Los trozos de montantes, de 80 centímetros de lado y peso de 2.500 á 3.000 kilogramos cada uno, se subieron sucesivamente así, bien emparejados y reunidos. Después de los trozos de montantes, siguieron los enrejados y tirantes. Entonces ve-



M. EIFFEL, autor de la famosa torre que lleva su nombre

»Pero cuando la obra superó los 15 metros de altura, el empleo de las vigas de cabria dejó de ser ventajoso, y fué preciso recurrir á ingenios mecánicos más perfeccionados y á grúas especiales. Así se llegó normalmente á una altura de 30 metros, con un peso de piezas montadas de 1.450.000 kilogramos. Para continuar el montaje, se levantaron andamios de carpintería, pilares de estructura piramidal de 30 metros de altura implantados de modo que pudieran sostener en su vértice los tres montantes interiores de cada pilar. La plataforma de los pilares sostenía cajas de arena idénticas á las que se usan para el descimbramiento de los puentes. De este modo teníamos un perfecto medio de precisión, permitiendo remediar cualquiera desviación posible. ¿Se trataba de bajar un tanto la pila? Se hacía correr la arena. ¿Era menester levantar la pila? Teníamos á nuestra disposición