

Las estructuras de los pabellones de la Exposición Universal de París de 1900

Trabajo Final de Grado
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Raúl Rubio Nieto

Tutor: Ernesto Jesús Fenollosa Forner
Curso 2019/2020



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

**“ Las estructuras de los
pabellones de la
Exposición Universal de París de 1900 ”**

**Trabajo Final de Grado
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Raúl Rubio Nieto
Tutor: Ernesto Jesús Fenollosa Forner**

RESUMEN

La Revolución industrial proporcionó un gran cambio en la sociedad, introduciendo sistemas de producción más eficientes e industrializados. Todo esto derivó en la producción de nuevos materiales y la mejora de muchos otros como es el hierro fundido, lo que dio lugar a la Arquitectura del Hierro.

A través de un análisis tanto de este movimiento como de sus obras arquitectónicas, se relacionará con los diferentes pabellones que se utilizaron para la celebración de la Exposición Universal de París de 1900.

Se hará un recorrido por el recinto y se mostrarán las peculiaridades de sus edificios más importantes. Haciendo énfasis en la historia, forma y estructura del Grand Palais.

ABSTRACT

La révolution industrielle a apporté un grand changement dans la société, en introduisant des systèmes de production plus efficaces et industrialisés. Tout cela a conduit à la production de nouveaux matériaux et à l'amélioration de nombreux autres, comme la fonte, qui a donné naissance à l'Architecture de fer.

À travers l'analyse de ce mouvement et de ses œuvres architecturales, nous nous intéresserons aux différents pavillons qui ont été utilisés pour la célébration de l'Exposition universelle de 1900 à Paris.

Une visite du site sera organisée et les particularités de ses bâtiments les plus importants seront présentées. L'accent sera mis sur l'histoire, la forme et la structure du Grand Palais.

RESUM

La Revolució industrial va proporcionar un gran canvi en la societat, introduint sistemes de producció més eficients i industrialitzats. Tot això va derivar en la producció de nous materials i la millora de molts altres com és el ferro fos, el que va donar lloc a l'Arquitectura del Ferro.

A través d'una anàlisi tant d'aquest moviment com de les seves obres arquitectòniques, es relacionarà amb els diferents pavellons que es van utilitzar per a la celebració de l'Exposició Universal de París de 1900.

Es farà un recorregut pel recinte i es mostraran les peculiaritats dels seus edificis més importants. Fent èmfasi en la història, forma i estructura de el Grand Palais.

PALABRAS CLAVE

- Palacio
- Pabellón
- Estructura
- París
- Exposición Universal

KEYWORDS

- Palace
- Pavilion
- Structure
- Paris
- Universal exposition

PARAULES CLAU

- Palau
- Pavelló
- Estructura
- París
- Exposició Universal

ÍNDICE

1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	13
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE PARÍS.....	13
2.2 HISTORIA DE LA CIUDAD.....	14
3. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	19
3.1 BASES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	19
3.2 HISTORIA DE LAS EXPOSICIONES Y LA ARQUITECTURA DEL HIERRO.....	23
4. SEDE DE LA EXPOSICIÓN DE PARÍS DE 1900.....	31
4.1 RECINTO FERIAL DE LA EXPOSICIÓN.....	31
4.2 CONSTRUCCIONES RELACIONADAS CON LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	40
5. GRAND PALAIS.....	49
5.1 EL GRAN PALAIS DENTRO DE LA EXPOSICIÓN.....	49
5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	51
5.3 LA CONSTRUCCIÓN DEL GRAND PALAIS.....	53
5.4 VIDA Y USO DEL GRAND PALAIS.....	55
5.5 ESTRUCTURA METÁLICA DEL EDIFICIO.....	57
5.5.1 LA CÚPULA DE LA NAVE PRINCIPAL.....	57
5.5.2 PARTES LATERALES DE LAS NAVES CONTIGUAS A LA AVENIDA ALEJANDRO III.....	65
5.5.3 LOS PÓRTICOS DE LA AVENIDA DE ALEJANDRO III.....	72
5.5.4 NAVE TRANSVERSAL Y GALERÍAS LATERALES.....	72
5.5.5 CÚPULAS OCTOGONALES DE LA AVENIDA DE ANTIN.....	77
5.5.6 MÉTODO DE CÁLCULO.....	79
5.6 LA CIMENTACIÓN DEL GRAND PALAIS.....	81
6. CONCLUSIONES.....	85
7. BIBLIOGRAFÍA.....	87

1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo Final de Grado tiene como objetivo estudiar la estructura de los pabellones de la Exposición Universal celebrada en París en el año 1900. Las Expos traen consigo numerosos avances en diferentes sectores y suponen un impulso para la sociedad. La mayor parte de este tipo de certámenes también muestran grandes progresos en el campo muy importante como es la arquitectura.

Para empezar, se realizará una breve introducción que proporcionará información sobre la ciudad de París, su historia y el contexto histórico en que se lleva a cabo dicha exposición. Esto permitirá conocer la ciudad donde se celebró y los objetivos que pretenden alcanzar este tipo de ferias.

En los apartados sucesivos se describirá el concepto de Revolución Industrial y se hará uso de este como hilo conductor para la redacción de los siguientes puntos del trabajo. A continuación, se hablará de la influencia de este movimiento tanto en la Exposición de París como de las ferias que se celebraron durante esta época.

Más adelante, se realizará un recorrido detallado de la exposición centrándonos en el carácter arquitectónico de los edificios que com-

ponen el recinto ferial, lo que albergan en su interior y los aspectos más importantes de cada uno de ellos. Posteriormente se procederá a agruparlos en grupos dependiendo de la relación que estos tengan con la arquitectura del hierro.

Los últimos puntos, se centrará en el análisis estructural de uno de los pabellones más importantes de la exposición, estudiando el sistema estructural, los materiales y los avances constructivos que los conforman.

Finalmente, después de haber recaudado la suficiente información se desarrollarán de forma crítica las conclusiones del trabajo de investigación que se ha realizado.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE PARÍS.

París, la capital francesa dividida en dos partes por el río Sena, es una de las ciudades europeas más importantes, ya que, es referente tanto artística como culturalmente. Alberga en sus 105,4 Km² a más de 2,204 millones de habitantes, pero en su área metropolitana esta cifra alcanza los 12,5 millones de personas.(Insee,2019) Este valor supone, aproximadamente, el 20% de la población francesa.



FIGURA 1. Foto de la Torre Eiffel,1900.

decoran muchas fachadas y edificios. En la segunda parte del siglo, se producen enfrentamientos religiosos entre la población y debido a estos conflictos, en los años 1562 y 1569 surgen las Guerras de religión de Francia. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)

En el siglo XVIII, tuvo lugar la Revolución Francesa, un acontecimiento derivado de la aparición del movimiento de la Ilustración y la implantación de la Monarquía absoluta. Este movimiento social pretendía la abolición del tipo de monarquía impuesta y que finalizó con la toma de la Bastilla en el año 1789. Tres años más tarde, se instauró la Primera República, pero los tiempos de revolución no cesaron ya que fueron perseguidos todos aquellos que tuviesen ideas contrarias al movimiento, dando lugar al conocido Tiempo del Terror. Persecuciones y guillotinamientos que acabaron con la vida de miles de personas entre las que se encontraba el rey Luis XVI. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)



FIGURA 5. Ejecución de Luis XVI en la plaza de la Revolución ,el día 21 de enero de 1793

Años más tarde, en 1799, Napoleón Bonaparte tras realizar un golpe de estado y acabar con la república, se autodesigna Emperador de Francia y tras invadir gran parte de Europa con su imperio cae derrotado en la Batalla de Waterloo en el 1815.(Chadych.D y Leborgne.D, 2010)

Después de la caída del Imperio Napoleónico, en el trono francés, fueron reinando reyes prusianos, rusos e ingleses. En julio de 1830, se sentó en el trono el que iba a ser el último rey de Francia, Luis Felipe. Durante su régimen, la Revolución Industrial la ciudad experimentó un gran crecimiento, pero esto provocó una mayor desigualdad entre clases sociales. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)

Este mandato llegó a su fin con una nueva revolución social que dio lugar a la Segunda República que tan solo duró 4 años, ya que, un nuevo golpe de estado liderado por Napoleón III, introdujo el Segundo Imperio francés. Durante este periodo la ciudad sufrió una reestructuración urbana la cual continúa, en su mayor parte, estando en la París actual. También supuso un crecimiento en todos los aspectos, hasta que en 1870 se produjo la caída del imperio. Este suceso originó unos años de pobreza en la población, llegándose a general una pequeña Guerra Civil. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)



FIGURA 6. Pintura de la batalla en las barricadas de Soufflot en la Rue Soufflot el 24 de junio de 1848

Los últimos años del siglo XIX y los primeros años del siglo XX provocaron en la ciudad tiempos de desarrollo y modernidad. Se celebraron algunas exposiciones universales muy importantes como la de 1889 donde se construyó la Torre Eiffel y la de 1900 donde que junto a la celebración los Juegos Olímpicos, supuso la inauguración del metro de la ciudad. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)

Tiempo después, se produjeron la Primera y la Segunda Guerra Mundial. De la primera Francia se libró tras derrotar al ejército alemán en la batalla del Marne. Pero durante la segunda fue invadida durante 4 años por los alemanes. Esta invasión no supuso ningún daño material en los edificios y estructura de la ciudad por lo que se pudo conservar el patrimonio histórico y cultural. (Chadych.D y Leborgne.D, 2010)

En la actualidad París es una de las ciudades más importantes a nivel europeo y mundial siendo referente en muchos aspectos para el resto de ciudades. A nivel político, Francia se encuentra inmersa en su Quinta República presidida actualmente por Emmanuel Macron.

3. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

3.1. BASES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.

Inglaterra fue la cuna de la Revolución Industrial a principios de la segunda mitad del siglo XVIII, pero este fenómeno no solo se extendió por Gran Bretaña, sino que, durante el siglo XIX y XX se expandió por otros territorios como Europa, con Francia, Bélgica y Alemania como pioneros, Estados Unidos y Japón). Este movimiento supuso un cambio de la estructura urbana de la ciudad lo que tuvo influencia directa a nivel económico y social, pero la mayor transformación la sufrió el sistema productivo de la época. (López.I, 2017)

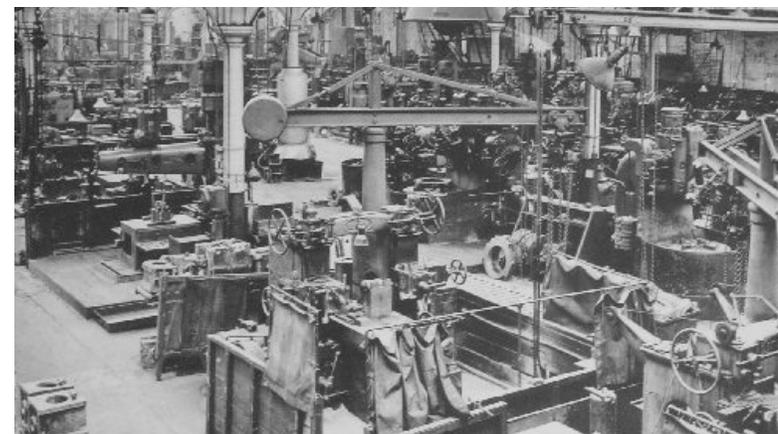


FIGURA 7. Taller mecánico

Tanto Inglaterra como el resto de países que sufrieron este cambio partían de una situación similar, con un incremento lento de la población, un desarrollo urbano más bien escaso, una economía básicamente agraria y una limitación terrestre de los intercambios comerciales. (López.I, 2017)

Bien entrada la segunda mitad del siglo XVIII en Inglaterra una serie de procesos, como el incremento notable de la población, el uso de máquinas y nuevas técnicas de producción y la intensificación del mercado nacional debido a la mejora del transporte y la comunicación, generó un aumento productivo de la industria manufacturera y con ello un aumento también en la producción de materiales como el metal y las telas. Todos los elementos que conforman el sector ferroviario, naval e industrial elevan la demanda de hierro en Inglaterra y con ello el estudio de nuevos métodos para la utilización del carbón. (López.I, 2017)

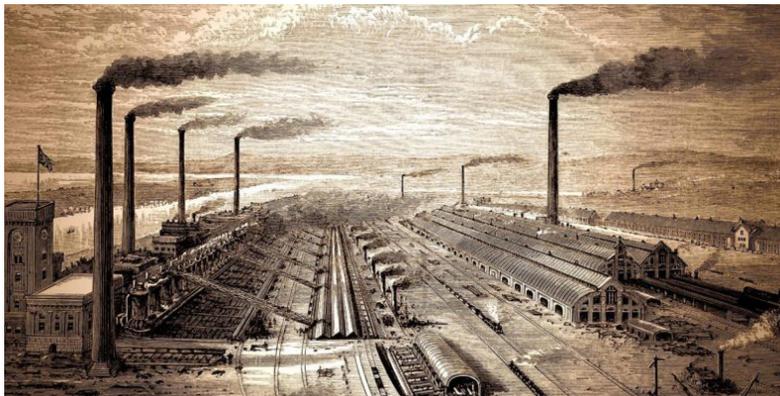


FIGURA 8. Uso de combustibles en las fábricas.

A principio del siglo XVIII Abraham Darby introduce el cambio de carbón vegetal a mineral, lo que dio lugar a un aumento considerable de hierro fundido o colado debido a su incremento en el poder calorífico que este generaba. Este nuevo material ferroso tenía grandes

propiedades ya que destacaba por su dureza, resistencia a la compresión e inflexibilidad, esto hizo que, a parte de ser utilizado para las máquinas industriales, también fuera un elemento clave en el apartado arquitectónico. En 1855 aparece un proceso de refinado de acero con la aparición de un convertidor que llevaba el nombre de Henry Bessemer (1813-1898), pionero de la siderurgia moderna y que dio paso a una fabricación abundante de este tipo de material. (López.I, 2017)

A partir de 1875, aumenta considerablemente los procesos industriales lo que hace que los expertos consideren el inicio de una Segunda Revolución Industrial que llegará a su final como consecuencia del comienzo del primer conflicto bélico que afectó a gran parte del mundo como fue la Primera Guerra Mundial. (López.I, 2017)

En este periodo de tiempo se realizaron muchos avances, como novedades en el uso de fuentes de energía donde al vapor, ya utilizado en la primera fase de la revolución, se le unieron el petróleo y la electricidad que significaron junto al motor de explosión un gran progreso en la industria automovilística y permitieron la aparición de los elementos tele-comunicativos como el teléfono o el telégrafo. Otro cambio significativo fue el del progreso de nuevos departamentos productivos como el químico, alimentario y siderúr-

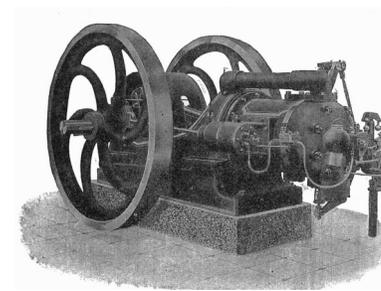


FIGURA 9. Motor de explosión.

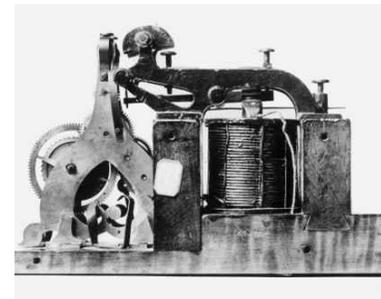


FIGURA 10. Telégrafo.

gico. El trabajo, por otra parte, se organizó de forma científica para elevar la producción, Frederick Taylor dividió las tareas y los tiempos de los trabajadores en el proceso industrial y Henry Ford creó, la hoy tan utilizada, cadena de montaje. Por último, se produjo un cambio en la economía a nivel mundial, ya que surgió el imperialismo, debido a la necesidad de encontrar materia prima a un precio lo más barato posible, esto también supuso una gran reforma del sector empresarial que derivó en un monopolio, ya que, pequeñas empresas se fusionaron para eliminar competencias y elevar así los ingresos. (López.I, 2017) Como cualquier revolución, esta también tuvo secuelas. El colectivo agrario fue el más afectado y vio como su producción disminuía notablemente y los habitantes de estos lugares migraron hacia las ciudades dejando muchas zonas rurales despobladas. Las jornadas de trabajo infinitas, las pésimas condiciones de seguridad y la remuneración de los trabajos realizados, hacían que los trabajadores, que estaban bajo el mandato de la clase burguesa, tuviesen unas deplorables condiciones de vida.. (López.I, 2017)

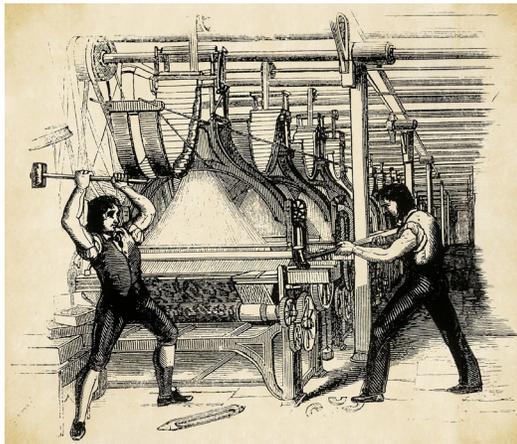


FIGURA 11. Ludditas, los hombres contra las máquinas del Siglo XIX

3.2. HISTORIA DE LAS EXPOSICIONES Y LA ARQUITECTURA DEL HIERRO.

La Revolución Industrial tuvo efecto en muchos campos, uno de ellos el de la construcción donde surge la denominada arquitectura del hierro. Todos los edificios que contasen en su mayoría con este material o su estructura fuera metálica como fundamento, pertenecían a este grupo. Tanto fue su impacto en la sociedad de la época que se asentó como un estilo arquitectónico y una técnica en la edificación durante el siglo XIX.(López. I , 2016)

Durante este periodo aparecieron materiales como el hierro y el vidrio, que estarán presentes en las nuevas edificaciones. Aunque el hierro ya venía usándose en algunas técnicas constructivas antes de la Revolución Industrial, está supuso que los edificios de nueva planta contasen en casi su totalidad con este material. Al principio muchos arquitectos rechazaron el uso del hierro en sus obras ya que este otorgaba un aspecto inusual y extraño en los diseños arquitectónicos. A pesar de esto, finalmente, tuvieron que aceptarlo debido a sus magníficas propiedades, que facilitaban numerosas soluciones a la hora de proyectar espacios con grandes luces y alturas. En el siglo XVIII, tanto en las vigas del palacio de Mármol de San Petersburgo como en las bóvedas del banco de Inglaterra de Soane, el hierro fue útil para dar solución a los problemas que estos presentaban. (López. I , 2016)

Inglaterra fue el país pionero en la Revolución Industrial, por lo que rápidamente empezó a fabricar piezas de hierro prefabricado y las colocó en el mercado internacional. Rápidamente otros países, como Francia, siguieron de cerca los movimientos comerciales de los ingleses y así exportaron este material a los países donde la industria del

hierro no estaba tan desarrollada. Este hecho supuso un crecimiento económico y social en estas regiones más avanzadas. (López. I , 2016)



FIGURA 12. Palacio de Mármol, San Petersburgo (Leningrado). Antonio Rinaldi.



FIGURA 13. Oficina de acciones bancarias del Banco de Inglaterra, construida por Soane en 1791-1793.

En la arquitectura, el hierro se podía encontrar tanto en el aspecto estructural como en la forma del edificio. Por otro lado, había arquitectos que solo hacían uso de este material en pilares, vigas y cerchas manteniendo el estilo tradicional de obra de fábrica en el aspecto general de sus proyectos. (López. I , 2016)

El hierro empezaba a formar parte de la mayoría de tipologías constructivas como: puentes, andenes de tren, pabellones, fábricas e incluso en pequeños kioscos, pero este continuaba teniendo detractores. Tanto es así, que la iglesia, como institución, rechazaba este material hasta el punto de prohibir su uso en sus templos. (López. I , 2016)

Uno de los primeros en utilizar el hierro en sus estructuras fue Henri Labrouste (1801-1875), capaz de funcionar como un ingeniero en el diseño de sus obras, pero a la vez, capaz de cuidar la estética al igual que lo haría un arquitecto. Entre sus obras destacan la Biblioteca Nacional de París (1858-1868), proyecto con un gran espacio diáfano y funcional. La luz entraba de forma cenital a través de una serie de claraboyas que descansaban sobre una estructura de arcos y pilares de hierro. Los elementos estructurales de esta obra fueron construidos con este material, ya que, permitía elementos más ligeros y esbeltos para facilitar la entrada de la luz a cualquier rincón de la sala. (López. I , 2016)



FIGURA 14. Interior de la Biblioteca Nacional de París, Henri Labrouste.

Otra de sus obras destacadas fue la biblioteca de Santa Genoveva (1850), construida en la misma ciudad. El edificio cuenta con una gran nave dividida en dos espacios mediante una serie de columnas jónicas de hierro fundido. Sobre estas columnas se apoyan unos arcos que sostienen las bóvedas de cañón que constituyen la cubierta de las salas. (López. I , 2016)



FIGURA 15. Interior de la Biblioteca de Santa Genoveva, Henri Labrouste.

Desde bien avanzado el siglo XIX, se han realizado exposiciones de gran tamaño donde se mostraban los avances tecnológicos de cada país para mostrar su poder con respecto a otras regiones que acudían a este tipo de certámenes. Este tipo de ferias organizadas, a lo largo de su historia, por todo el mundo reciben el conocido nombre de Exposiciones Universales. (Pardo. G , 2017)

Las primeras exposiciones se celebraron a nivel Nacional, siendo Paris la ciudad pionera, al festejar en 1844 la Exposición Universal Francesa. Mas tarde, muchos otros países los pasos de la capital francesas y se inauguraron exhibiciones por todo el continente europeo. Debido a esto, en Europa, se experimenta un gran crecimiento en el

campo de la ciencia, desarrollándose el ferrocarril y todos los elementos para que este funcionase correctamente. (Pardo. G , 2017)

Por otro lado, surgen exposiciones periódicas sobre la industria manufacturera, artística y de diseño en Inglaterra, con el objetivo de dar a conocer las innovaciones científicas del país. (Pardo. G , 2017)

Años más tarde, en 1851, bajo el contexto de la Revolución Industrial, Londres celebró la primera exposición con carácter universal. Con el Crystal Palace como atracción principal, la capital inglesa mostró claramente como la arquitectura del hierro había llegado para quedarse. Esta magnífica obra proyectada por John Paxton, tenía 550 metros de largo y en su elaboración los únicos materiales utilizados fueron el hierro, el cristal y la madera. Este edificio fue un ejemplo para los arquitectos de la época ya que fue el primero en construirse a base de elementos prefabricados, que se ensamblaban en la propia obra, para crear una magnífica estructura jamás antes vista. El hierro fundido de sus columnas estructurales llamaba mucho la atención del visitante, pero realmente novedoso fue la gran cantidad de luz natural que entraba en aquel edificio. Esto fue debido al cristal, que sustituyó al muro tradicional y otorgaba mayor espacialidad al pabellón. (Pardo. G , 2017)

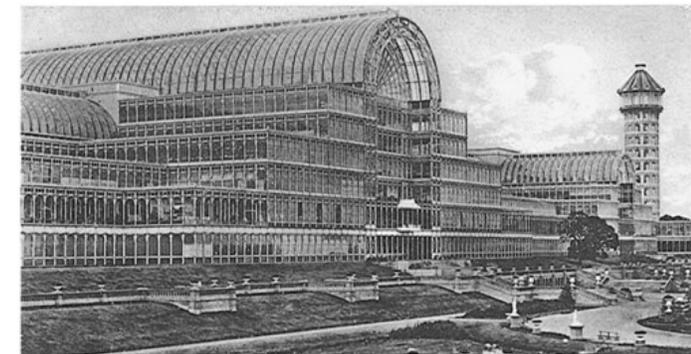


FIGURA 16. The Crystal Palace, Joseph Paxton.

Tras la exitosa celebración de Londres muchas ciudades quisieron organizar este tipo de evento, ya que sabían que esto les situaría entre los países más importantes del mundo y le daría valor a su carácter industrial. Dublín, Múnich y Nueva York inauguraron sus exposiciones entre 1853 y 1854, aunque estas no fueron consideradas Exposiciones Universales, todas ellas construyeron un palacio de cristal como icono de sus celebraciones y fueron muy exitosas. (Pardo. G , 2017)

Un año más tarde, París celebró su exposición y, a diferencia de las celebraciones previas, no se construyó ningún Crystal Palace como icono de la expo, sino que optó por un edificio con un carácter más clásico. La fachada estaba constituida por piedra labrada mientras que su espacio interior mantenía la estructura de hierro. Esta combinación de fachada clásica y estructura industrial surgió con la corriente artística de las Beaux-Arts, que se asentó en Francia en el siglo XIX gracias a cuatro jóvenes arquitectos formados en la Ecole des Beaux-Arts (Joseph-Louis Duc, Félix Duban, Henri Labrouste y Léon Vaudoyer). Este estilo arquitectónico fue utilizado durante las siguientes exposiciones con Londres y París como principales sedes. No fue hasta 1876, cuando por primera vez se inauguraba una Exposición Universal en el continente americano, más concretamente en la ciudad de Filadelfia. (Pardo. G , 2017)

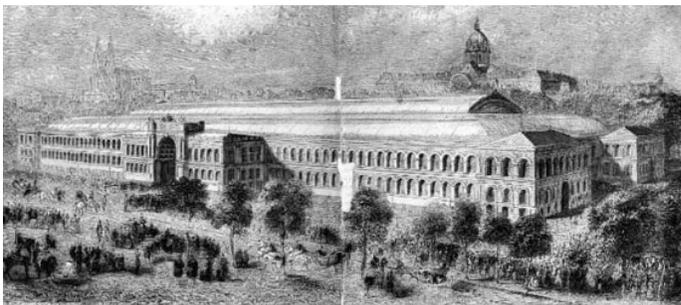


FIGURA 17. Palais d'Industrie, Feria Mundial de París 1855

Finalmente, en la Exposición Universal de París de 1889 con la edificación de dos de las más importantes construcciones de la historia de la ciudad, como son la Galería de las Máquinas y la Torre Eiffel, se dio por finalizado el periodo más importante de la Revolución Industrial. El hierro dejaría paso a otros tipos de elementos y tipologías estructurales como el hormigón armado, pero a pesar de ello seguirá formando parte de nuevas construcciones y nuevos movimientos artísticos como la Beaux-Arts, ya que sus propiedades, actualmente, siguen siendo magníficas y sirven como base para el estudio de nuevos materiales y soluciones estructurales. (López. I , 2016)



FIGURA 18. Galería de las Máquinas. Exposición Universal de París 1889



FIGURA 19. Estampa de la Torre Eiffel. Exposición Universal de París 1889

4. SEDE DE LA EXPOSICIÓN DE PARÍS DE 1900

4.1. RECINTO FERIAL DE LA EXPOSICIÓN.

El 14 de abril de 1900 la Exposición Universal de París fue inaugurada por, el presidente de la Tercera República francesa, Émile Loubet. Precedida por la expo de 1889, donde se celebraba el centenario de la revolución francesa, la feria abrió sus puertas bajo el lema “Le bilan d’un siècle” (“El balance de un siglo”) donde los franceses querían destacar todos los éxitos y avances del país y así situarse entre las potencias más importantes del mundo. La expo parisina, por primera vez en la historia de este tipo de certámenes, no iba a tener un carácter meramente comercial y dirigido a los productores, sino que iba a ir dedicada a los consumidores del entretenimiento. Nunca una exposición había juntado tantos países diferentes y tantos trabajadores para llevarse a cabo. (Exposition internationale, 1900)

Con una extensión de 216 hectáreas, el recinto ferial se dividía en dos zonas expositivas: la primera con 112 ha, que iban desde Champ de Mars hasta Trocadero pasando por el Pont de la Concorde con más de 120.000 m² construidos y la segunda con 104 ha dedicada a la agricultura, la casa de los operarios, competiciones deportivas y ferrocarriles. La exposición fue visitada por más de 50 millones de per-

sonas. Esta elevada cifra de público asistente, se produjo gracias a la accesibilidad económica que tenían las entradas, que tan solo costaban un franco. (Exposition internationale, 1900)



FIGURA 20. Ticket de entrada a la Exposición de París de 1900

Para acceder a la exposición por la entrada principal había que cruzar una enorme construcción formada por tres arcos de medio punto que sostenían una cúpula hemisférica de 45 metros de altura, dos columnas coronadas por dos faros se elevaban a ambos lados de esta. La Puerta Monumental, nombre que recibió este acceso, estaba recubierta por esmaltes, mosaicos y adornos decorativos, y contaba con 32 tabiques que permitían la entrada de más de 60.000 personas por hora. Esta obra que tanto impresionaba al visitante fue diseñada por René Binet, su estructura era principalmente metálica y estaba decorada de muchos colores y formas que hacían recordar a la naturaleza, haciendo referencia del Art Nouveau que surgía en aquella época en la ciudad parisina. Lo primero que llamaba la atención del que cruzaba la majestuosa puerta era la gran cantidad de edificios y espacios que albergaba la exposición, tan grande era el impacto que causaba, que

muchos de ellos decían tener la certeza de que se encontraban en otra ciudad distinta a la capital francesa. (Exposition internationale, 1900)



FIGURA 21. Puerta monumental de entrada a la Exposición diseñada por René Binet.

Al contrario que las anteriores exposiciones que se celebraron en París, esta no tenía una planta definida, sino que, con el río Sena como hilo conductor, diferentes espacios de la ciudad, que principalmente carecían de unión, se juntaban para formar parte del mismo recinto. (Exposition internationale, 1900)

Una vez cruzada la puerta principal, la exposición se dividía en cinco zonas. La primera la Place de la Concorde, lugar donde se recibía al visitante y que contaba con dos grandes edificios. Uno de ellos era el pabellón destinado a las Fines Arts (Bellas Artes) que recibía el nombre de Grand Palais, a la parte derecha de este se podían observar los stands de los países europeos y la parte izquierda estaba reservada para Francia, donde mostraba todo lo que se había en las anteriores ediciones expositivas celebradas en la ciudad. El otro, era el pabellón de le Petit Palais que su principal objetivo era ensalzar a París como

la capital de la cultura del arte, mostrando todos los avances que se habían llevado a cabo durante el siglo XIX. (Figura 22) (Exposition internationale, 1900)

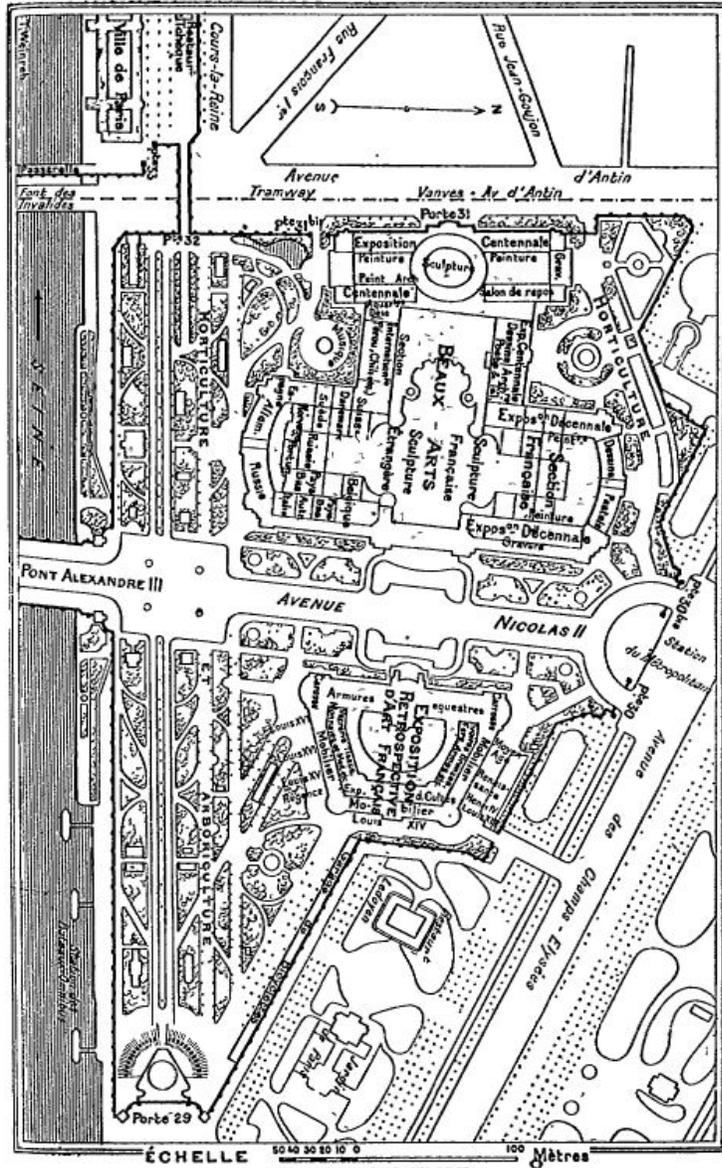


FIGURA 22. Plano de la zona de la Exposición en el Gran Palacio de Bellas Artes.

La segunda zona era la Esplanade des Invalides que albergaba construcciones efímeras dedicadas a la industria, al mueble y la decoración. Este espacio que situado al otro lado del río precedía a la tercera zona de la exposición. (Figura 23) (Exposition internationale, 1900)

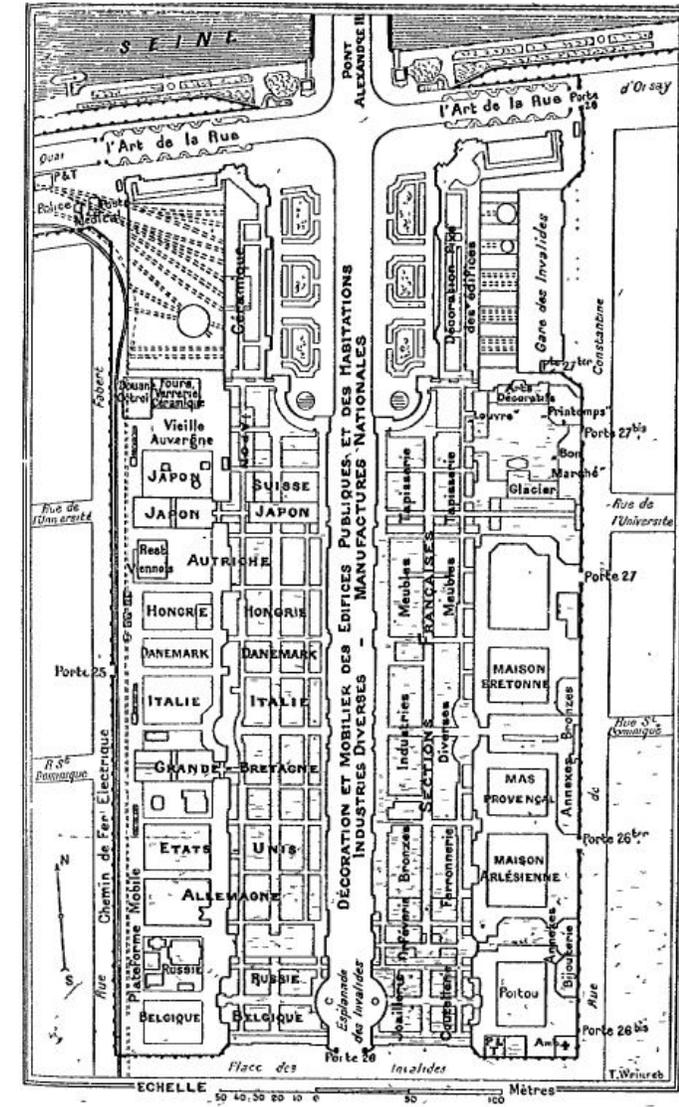


FIGURA 23. Plano de la zona de la Esplanade des Invalides

Este tercera área, a la cual se accedía por el puente des Invalides, estaba dividida por el Sena en dos partes: la izquierda sobre Quai d'Orsey donde se encuentra el ferrocarril eléctrico y el pabellón de las potencias extranjeras, países que por su importancia se habían hecho hueco en la exposición, entre ellos estaban Austria, Bélgica, Serbia, Gran Bretaña, Perú, Italia, España, Portugal, Estados Unidos, Dinamarca, Bosnia, Rusia, Noruega, Suecia, Finlandia, Alemania, Grecia, Mónaco, Hungría, Rumania, Luxemburgo y Bulgaria. Al otro lado del puente del Alma quedaba el pabellón de México y otros dos más Hygiène y Armées de Terre et de Mer. Por otro lado, en la parte izquierda, se situaban los edificios de Horticultura y Arboristería, el stand de la Municipalidad de París y el Palacio de Exposiciones de Economía Social y Congreso, y al otro lado del puente del Alma se montó el “Vieux Paris” que trataba de destacar el glorioso pasado de la ciudad francesa. (Figura 24) (Exposition internationale, 1900)

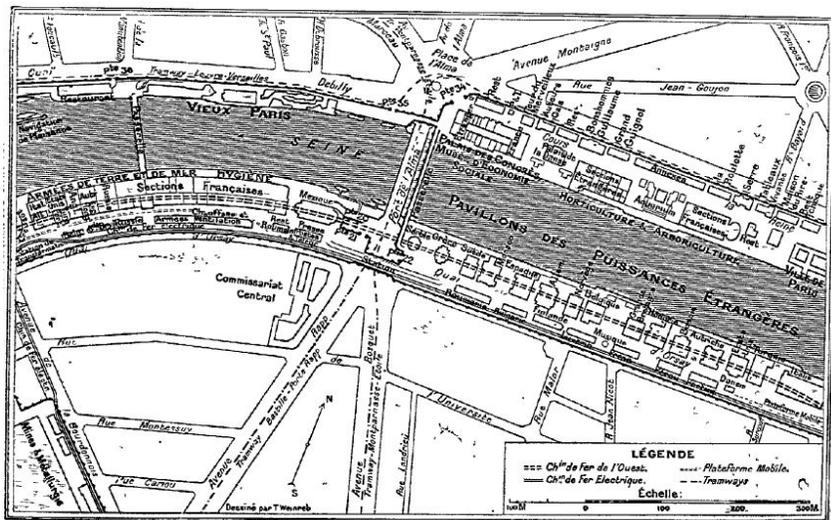


FIGURA 24. Plano de la zona de la exposición cercana al río.

Una vez atravesada esta parte y bajo el cobijo de la Torre Eiffel se encuentra un extenso espacio Ludico que junto a la esplanada de Champ de Mars conforman la cuarta zona de la exposición. Este lugar albergaba varios mecanismos de visualización del mundo o partes de él. Entre todos ellos destacaban el Mareorama que simulaba, mediante el uso de efectos de viento e iluminación, un paseo en barco, el Cineorama que simulaba un paseo en globo, el Panorama Transatlantique, el Palais de l'Optique donde había un enorme caleidoscopio y se mostraban los avances en el campo de la física, el Panorama du Tour au Mond y el Phono Ciné Théâtre que introdujo el cine hablado. En la parte superior se encontraba le Camp de Mars donde había una serie de edificios destinados a la electricidad, metalurgia, industria del automóvil y las bicicletas. (Figura 25) (Exposition internationale, 1900)

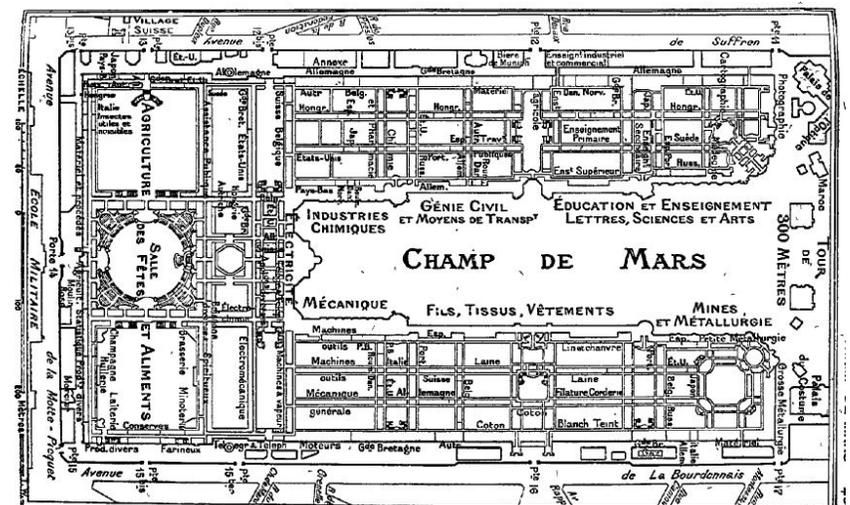


FIGURA 25. Plano de la zona de Champs de Mars.

En la parte superior de este espacio se situaba el plato fuerte de la exposición, un enorme salón de festejos precedido por una enorme fuente que contaba con espectáculos de luz y agua por las noches y

que recibió el nombre de Palais de l'Electricité que estaba situado justo delante de la Galerie des Machines. La electricidad fue una de las principales atracciones del recinto ferial, mostraba el progreso y por primera vez los franceses hicieron uso de esta, a gran escala, iluminando la feria durante gran parte de la noche. (Figura 25) (Exposition internationale, 1900)

Por último, cruzando a la otra parte del río estaba la quinta zona, la del Trocadero. Este espacio era el más importante para los franceses, ya que allí, se concentraba todo lo dedicado a las colonias francesas y extranjeras. (Figura 26) (Exposition internationale, 1900)

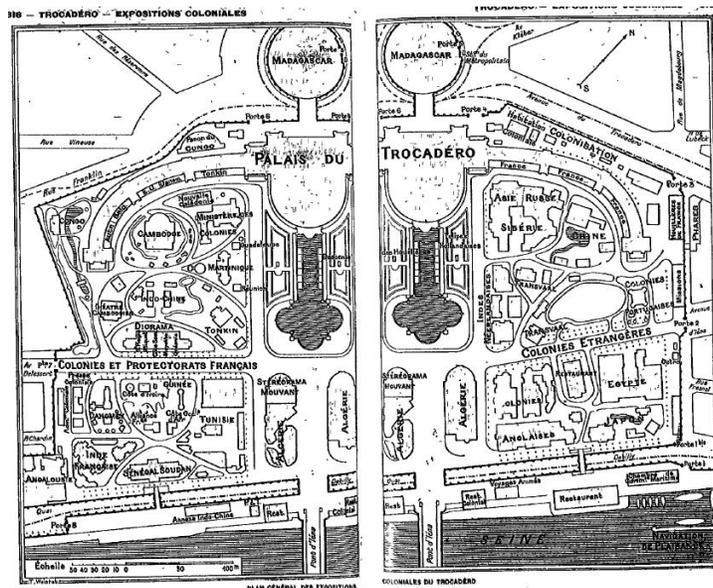


FIGURA 26. Plano zona del Palacio de Trocadero.

La exposición podía recorrerse a pie, pero las grandes distancias que había que recorrer hicieron que otros medios como un pequeño tren eléctrico y el troitoir roulant o rue de l'énergie, que era una acera móvil de dos velocidades construida sobre pilotes que permitía el

acceso a los edificios por la primera planta. También, se reformó la estación de Champ de Mars, se construyó una nueva en Quai d'Orsey y se empezaron las obras del metro que fue inaugurado meses después en la celebración de los Juegos Olímpicos de 1900. (Exposition internationale, 1900)

Muchos de los edificios que allí se construyeron tenían un carácter efímero, ya que, después de finalizar la feria se desmontaron. Pero había algunas instalaciones que fueron permanentes como el Petit Palais, el Grand Palais, la estación d'Orsay, y el metro. (Exposition internationale, 1900)

4.2. CONSTRUCCIONES RELACIONADAS CON LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.

En la Exposición Universal de París existen tres tipos de construcciones, las que se construyeron en plena revolución industrial y posteriormente se usaron para este certamen (1). Las de obra nueva y que no pertenecieron a la revolución, pero mantienen muchos de los aspectos principales de los edificios de este movimiento (2). Y, por último, los edificios que se construyeron y que al ser sede de otros países mostraban los aspectos principales de los movimientos artísticos representativos de cada región. (3)

A continuación, mediante el uso de una tabla, se expondrán las características de la mayor parte de los pabellones y palacios de la Exposición. Agrupándolos ,según su relación con la arquitectura del hierro, en tres grupos, los cuales se han descrito en el párrafo anterior. (Exposition internationale, 1900)(López.D.J, 1900)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Palacio de la Agricultura y de la Alimentación	Este palacio hace uso del antiguo Palacio de las Máquinas. Este tiene un claro carácter de la industria del hierro, cuenta con una gran nave central constituida por arcos triarticulados, que permiten alcanzar las grandes luces que los constituyen. En su interior se exponen todo tipo de elementos relacionados con la agricultura y la alimentación.	(1)
Palacio de la Armas	Este majestuoso palacio situado al lado del río Sena, está constituido por la arquitectura utilizada en las obras militares durante el paso del tiempo. Su aspecto principal está formado por torreones de planta cuadrada, barricadas cúpulas de acero, miradores antiguos, campaniles modernos, etc. En su interior países como Inglaterra, Alemania, Rusia y Estados Unidos, exponen su artillería, uniformes, escuelas y modelos de sus acorazados respectivamente.	(2)
Gran Palacio	Se trata de uno de los edificios más importantes de la Exposición Universal. Su arquitectura refleja la aparición de la escuela Beaux-Arts, ya que mezcla un cuerpo principal de hierro y vidrio (influencia de la Revolución Industrial), con una fachada de piedra y elementos clásicos como columnas y estatuas.	(2)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Palacio de Congresos	Se caracteriza por la simplicidad de sus líneas arquitectónicas. La fachada que vuelca al Sena está constituida por grandes ventanas cuadradas, entre las cuales se puede observar volúmenes decorativos. Está constituido por una planta de 100 x 24 m, que contiene en su planta baja las secciones de Economía Social y en su segunda planta albergaba cuatro salones de conferencias y otros cuatro de comisiones, y por último un gran salón de más de 800 asientos.	(3)
Palacio de la Electricidad	El palacio se encontraba situado al extremo del Campo de Marte, estaba constituido por un enorme vestíbulo de hierro y de cristal. Su función principal era albergar dispositivos eléctricos y generar luz eléctrica para el resto de edificios de la exposición.	(2)
Palacio del Genio Civil	Constituido por una serie de arcadas y dos torres altas. Entre estas se encuentra la gran puerta de entrada al pabellón. Un gran friso muestra la historia de la locomoción. En las diferentes salas que formaba el interior del edificio, se mostraban materiales ferroviarios, neumáticos, telégrafos y elementos ligados a la automoción y ciclismo.	(3)
Palacio de la Horticultura	Celebrado dentro del Palacio del Trocadero.	(3)
Palacio de las Indias	Se trata de un edificio con estilo Hindú Indio y una superficie de 200 m ² . Consta de una imponente fachada con una gran puerta abierta entre dos torres circulares. En ambos lados, de forma elegante aparecen dos galerías con columnas talladas. En su interior se encuentra una gran escalinata cuyas balaustradas están talladas en madera. Estas esculturas son extremadamente artísticas; ejecutado con un cincel y martillo.	(3)
Palacio de las Industrias Químicas	El palacio se trata con mucha sencillez, simétrico en todos los puntos y similar al Palacio de los Mecánicos que hay enfrente de él. Consiste en un pórtico muy sobrio y un pabellón de esquina con vestíbulo de acceso, decorado con atributos de la industria.	(1)
Palacio del Trocadero	Este palacio se construyó en base a los estilos arquitectónicos bizantinos y árabes. Fue proyectado para la Exposición Universal de 1878. Sus arquitectos Gabriel Davioud y Jules Bourdais, se inspiraron para su proyección en la Giralda de Sevilla y en la Palazzo de Vecchio de Florencia.	(3)
Pabellón de Bélgica	Su arquitectura es considerada una de las obras más importantes del arte flamenco del s.XVI. Obra de Van Paede. En este lugar se albergan obras del arte belga, como cuadros, tapicerías y mármoles.	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de China	El elemento principal de este edificio es una reconstrucción del Templo del Dragón Negro, con elementos semejantes a los palacios y puertas más famosas del celeste Imperio que llama la atención del visitante es la combinación de colores en sus mármoles. El espacio del pabellón está formado por jardines a los que se accede por una gran puerta, que se asemeja en gran parte a la puerta de Confucius, Pekín.	(3)
Pabellón de Dinamarca	Se trata de una representación de una casa burguesa que consta de dos cuerpos de edificios superpuestos entre sí. Maderas ornamentadas adornan las ventanas, con pequeñas ventanas enmarcadas de plomo. Los frontones son rombos de pendientes de sótano y tejados puntiagudos cubiertos con tejas rojas. Una bonita torreta de madera de tu tono más borrado, que tiene una cúpula en forma de techo bombilla, decora una de las esquinas de esta casa. Los que visiten la Exposición encontrarán allí todos los periódicos del país. Este pabellón es solo una sala de lectura.	(3)
Pabellón de Ecuador	Se trata de un pabellón que ha de ejecutarse para ser transportado a Guayaquil, y que sirva de Biblioteca Municipal. Recuerda a las regiones cálidas de Centroamérica. Es una construcción de dos pisos, estilo Luis XIV, y una torre coronada por una cúpula. En la fachada, una gran vidriera que representa un paisaje, y, en el centro, los brazos la República de Ecuador. Desde la entrada, se puede observar los bustos de dos de los escritores ecuatorianos Almondo y Montalvo. El edificio es lugar de exposición para otras Repúblicas Centroamericanas (Nicaragua, Guatemala, Costa Rica, Honduras, Salvador), quienes exhiben aproximadamente los mismos productos: cafés verdes, cacao, caucho, quina y, sobre todo las maderas preciosas de los vastos bosques americanos, zarzaparrilla, tabaco, esmeraldas, chocolate elaborado con cacao, etc.	(3)
Pabellón de Egipto	Está compuesto por un bazar, un palacio y un teatro. El bazar destaca sobre los otros dos volúmenes por su estilo árabe. Bajo los pórticos de este, aparecen tiendas y escaparates. Por otra parte el teatro con capacidad para 1.200 personas, alberga grandes espectáculos, desfiles y bailes. Por último, el palacio, mezcla arquitectónica de los templos de Abydos, Karnac e Ipsambul, reúne, en los bajos, los panteones de las dinastías desaparecidas y un museo retrospectivo.	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de España	El pabellón español destacaba por su estilo del Renacimiento español. Forma por detalles de las obras más importantes del territorio. Sus formas se inspiraron en la Universidad de Alcalá, el Alcázar de Toledo, Universidad de Salamanca y el Palacio de los Condes de Monterey. El interior de este, estaba formado por un patio de columnas y galerías en ambos pisos, con unas destacadas barandillas y un friso de estilo renacentista.	(3)
Pabellón de Estados Unidos	Una especie de panteón americano, de pluma pomposo y clásico. Del lado de la ciencia, la fachada principal, que se abre en un arco de Triunfo, está coronado por una cuadrilla monumental: Los frisos del edificio están decorados con atributos guerreros. En lo alto de la cúpula que domina el pabellón, el águila de los Estados Unidos sus grandes alas doradas. El vestíbulo y sus balcones se utilizan para la circulación. En el fondo, hay un número de salas destinadas a recepción y oficinas.	(3)
Pabellón de Finlandia	Es una construcción larga y de no muy alta estatura que solo tiene una planta baja. Con sus grandes y macizos muros, en cuyos ángulos sobresalen adornos en forma de enormes piñas, su puerta ojival, con hojas de abeto rojo, custodiado por cuatro osos pardos, su campanario alto madera pintada, que sobresale del techo, este pabellón recuerda a estas iglesias rústicas de granito, de aspecto salvaje, como encontramos en el campo pantanoso y helado de esta Finlandia. La cúpula central en la que descansa el campanario está decorado con frescos cuyos sujetos son prestados de Kalevala. Por encima del porche de entrada panel decorativo; tema mitológico enmarcado en un Paisaje finlandés.	(3)
Pabellón de Italia	Con una forma basilical el pabellón italiano pertenece al estilo ojival del s.XV y con sus cúpulas doradas se asemeja a la Iglesia veneciana de S. Marcos. Su fachada principal imita la Porta della Carta de los palacios ducales. El interior del recinto muestra diferentes obras de arte y productos de la industria italiana. En el salón de honor se encontraba el retrato de la Reina y destacaba por sus impresionantes paredes revestidas por tapicerías del s.XV.	(3)
Pabellón de Japón	Se trata de una reconstrucción de la Pagoda de Kondo, arquitectura del s.XII. Su estructura es de madera, los balcones de color rojo y una cubierta levantada en sus ángulos. Las paredes son de color amarillo oro y están rematadas por unos de talles en forma de flores de loto. En su interior contiene la piezas más singulares y extrañas del arte japonés.	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de Perú	Se encuentra situado en la segunda fila de pabellones de la Rue des Nations, entre los de Portugal y Persia. Construido en estilo renacentista Podemos ver en el ala izquierda una terraza llevando una pequeña bandera; en frente se levanta la fachada monumental como un altar del primer piso, decorado con cornucopias, rematadas con jarrones decorativo. A la izquierda, en la planta baja, una especie de pabellón del mismo estilo grandilocuente. La casa principal es decorado con peruanos que se asemejan a muchos parisinos, y que personifican, uno la Comedia, y el otro la Bellas Artes. En el friso destaca la palabra "Perd" azul sobre un mosaico dorado. Este Pabellón, en el que se creería todo en azúcar y en turrón. Después de la Exposición, será desmantelado y reconstruido. en la capital del Perú, Lima, donde servirá como museo.	(3)
Pabellón Persa	Se trata de una reproducción del palacio Médarré Marder-shah (Ispahan). En su entrada se puede observar un gran arco ojival, rodeado por un friso, que permite el acceso al vestíbulo que a su vez conduce a las diferentes estancias del edificio. Sus ventanas de vidrieras pintadas y sus paredes cubiertas de lozas con inscripciones decorativas, impresiona al espectador que entra en este pabellón. Una gran terraza, constituida por dos pabellones de 7 metros de altura, alberga armas, perlas y alfombras. Por último, un gran salón de espectáculos al estilo persa, muestra la danzas y escenografías típicas del país.	(3)
Pabellón de Rumanía	El pabellón se encontraba situado frente al Palacio de Mónaco. Contaba con un pabellón central rematado con una gran cúpula de azulejos verdes. Sus dos alas flanqueadas por dos encantadores pabellones laterales formados por una extraordinaria ornamentación, incluyendo elegantes campanas adornadas. Todo estaba bordado con incrustaciones de ladrillo de colores, recortado por rosetas con arabescos dorados, guirnaldas de follaje y escudos de armas iluminados. Pertenece al estilo de arquitectura romana y refleja un gran lujo de detalles orientales.	(3)
Pabellón de St.Marin	Se trata de un palacio de estilo florentino, rematado con una terraza almenada con una torre en su esquina. Recuerda a las bastillas de la costa mediterránea. El conjunto, está inspirado en el Palacio del Consejo Gobernante de la República. La fachada principal, se abre por una galería con tres pórticos arqueados coronado con escudos. También cuenta con una gran ventana, con cruces ojivales, enmarcada por un delicado y elegante detalle de piedra. En su interior una gran sala en forma de cúpula, exhibía una gran colección de monedas y sellos postales. También se expusieron muebles, obras de arte y bordados del país..	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de Schneider	Situado entre Palais des Armées de la Navigation y du Commerce, tiene la forma de una cúpula cuya el diámetro es de 43 m. Tiene 34 medias fincas que miden 27 m. alto desde su base de apoyo hasta la cima. La cúpula está coronada por un campanario de 12 m. de diámetro cuya parte superior es de 40 m encima de la entrada. El peso total de la cúpula y el campanario es de unas 400 toneladas. El Pabellón contiene los ejemplares más interesantes productos de sus industrias como los de las minas de carbón, acerías, forjas, construcción, electricidad y artillería.	(2)
Pabellón de Serbia	Muy simple, aunque muy elegante en apariencia, este Pabellón recuerda los monumentos de Serbia, los únicos monumentos que no tiene arquitectura civil, es una de esas modestas iglesias, de estilo bizantino, toda en ladrillo y piedra, mostrando los menos lujos y decoraciones posibles. Entre las dos galerías laterales, enriquecido con arabescos, balcones y columnas con capiteles esculpidos, hay un pórtico de doble columna, de las cuales el tímpano está lleno de encaje de piedra fina y que todavía domina un sólido arco de medio punto, que muestra una serie de decoraciones con armas serbias.	(3)
Pabellón de Siam	El reino de Siam está representado por dos pabellones que difieren en forma y apariencia, de la arquitectura Kmer, con un estilo encantador y una gran cantidad de decoración, donde la delicadeza de los adornos y los detalles de las esculturas añaden colores rojos, azules, verdes y oro, superpuestos y fusionados en espléndidas gamas. El pabellón de Orand se compone de dos edificios principales en ángulo recto, por un gran porche en el que ambos abren. Su tejados largos con tejas en relieve, que forman tantas escamas vidriadas, apiladas uno encima del otro, y su ancho y su inclinación disminuye a medida que termina. Un gran porche de piedra adornado con Leones de Siam, está coronado con un techo de pagoda con bordes redondeados y dentados, sobrepasado por un campanario cónico de más de 30 m. Desde la parte superior sobresale una cornisa dorada y decorada con las 7 coronas de la realeza siamesa. En el interior se exponen las maderas más importantes del país entre las que destaca la teca. En otras dos galerías que conforman el espacio interior del pabellón se encontraba la Exposición de los Productos Naturales y Cereales. Una esbelta pasarela une el pabellón oficial con el Petit Pavillon, un lugar más pequeño y menos ornamentado, donde había un Restaurante Siamés donde se preparaba toda la comida y todas las bebidas de Siam.	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de Suecia	Todo en madera cortada, calada y tallada, cubierto con tejas de madera como de un sobre escamoso, este extraña construcción, que perfila su extraña silueta amarilla y blanca, incluye un edificio principal muy bajo, casi sin otra abertura en la planta baja que una puerta al Sena, y más arriba un revoltijo de cúpulas, torretas, tejados redondos, planos y campanarios donde se dio toda la fantasía escandinava carrera. 'En primer lugar, llama la atención la visión de torre alta, cuyos esbeltos pilares sostienen una especie de colmena grande, tapada de un campanario cónico protegido por un marquesina semicircular. Detrás, una vasta cúpula, atravesada por bahías que defienden las estribaciones Otras dos torretas de linternas en el lados y pasillos ligeros que vuelan en el aire entre todos estos pináculos, hacia la torre central. Todos estos detalles intentan dar al edificio una apariencia fantástica de la casa de un hada o una bruja Leyendas escandinavas.	(3)
Pabellón Transvaal	El Pabellón Principal, con su fachada que da a la Avenida de Léna, es un elegante edificio de dos plantas de blancura imaculada, con un techo de pizarra que termina en un campanario audaz y ligero. Su planta baja forma un gran vestíbulo con ocho columnas y una galería en el primer piso, a la que se accede por dos escaleras. El Pabellón contiene todos los documentos relativos a los Servicios Públicos. Contiene una serie de espléndidas fotografías, mapas en negro y en color, planos, etc.	(3)
Pabellón de Turquía	Masivo y cuadrado, flanqueado en ángulo recto, en el Sena, desde una gran torre con terraza que se abre al río por un gran porche cuadrado, flanqueado en ángulo recto, en el Sena. Una gran torre con terraza se abre al río por un gran porche con arcos ojivales de ladrillos de colores, y lateralmente por grandes bahías y otras galerías ojivales enriquecidas con arabescos, cerámica, inscripciones, frases, proverbios en esmalte blanco; Se encontraba iluminado por una hilera de pequeñas ventanas cuadradas, y otra fila de grandes ventanas decoradas con preciosos baldaquines tejidos; peinar caprichosamente techos arqueados que se curvan y se enrollan llegar a las cornisas Este palacio, fue inspirado En los mejores ejemplares de Arquitectura Turca, mostrando toda la deslumbrante poesía del oriente. Las características de esta arquitectura son: la cúpula cubierta de plomo, los techos de estilo chino enrollados, el empleo de cerámicas juiciosas y ventanas a veces cuadradas, y a veces ojivales, estas últimas siendo más especialmente árabes.	(3)

Nombre del edificio	Características arquitectónicas	Grupo
Pabellón de Túnez	De una esbelta arquitectura oriental, estas construcciones ofrecen el aspecto encantador de los elaborados palacios de las Mil y una Noches y las casas de Bagdad, y le recuerdan sus mercados del este argelino. Unas cúpulas blancas dominan la mezquita . El minarete que se eleva sobre el pueblo, evoca las cálidas decoraciones de las ciudades levantinas, la alegría de las fiestas de Ramadán y las decoraciones árabes. Túnez se encontraba en plena prosperidad. Las diferentes construcciones se extienden sobre una superficie de 5000 m2, paralelamente al Palacio de Argelia. Se trata de una verdadera pequeña ciudad árabe en miniatura que se transporta así a las orillas del Sena, y en la que el arquitecto Satadin ha multiplicado ingeniosas reconstrucciones.	(3)

Tras realizar esta tabla se observa la pequeña influencia que tuvo la Revolución Industrial en los pabellones de la exposición. Pero existen los pabellones pertenecientes al grupo (2) que si que tienen rasgos de este movimiento. Entre ellos se encuentra uno de los más importantes construido para esta Exposición, el Grand Palais. En el siguiente punto se realizará una análisis exhaustivo sobre este edificio y se verán las características que le han llevado a formar parte de este grupo.

5. GRAND PALAIS

5.1. EL GRAND PALAIS DENTRO DE LA EXPOSICIÓN.

Con un coste total de 24 millones de francos el Gran Palacio de Bellas Artes se construyó para la Exposición Universal de 1900 celebrada en París. Un proyecto urbano realizado para esta feria pretendía unir, mediante una gran avenida, la Esplanade des Invalides y los Champs-Élysées y para ello también hizo falta construir un puente que uniese ambos lados del Sena (puente de Alejandro III). Para culminar este proyecto, se construyeron dos palacios, con fachadas enfrentadas que iban a utilizarse en la exposición y que debían ser capaces de albergar todo tipo de certámenes en su interior. Estos edificios, debido a su tamaño recibieron el nombre de Petit Palais y Grand Palais.

El gran palacio limitaba al norte con la Avenida de los Campos Elíseos, al sur con el río Sena, al oeste con la Avenida de Antin y al este, con la Gran Avenida de Alejandro III, desde donde se podía observar la fachada y entrada principal del edificio. (Ministerio de Comercio, 1903)

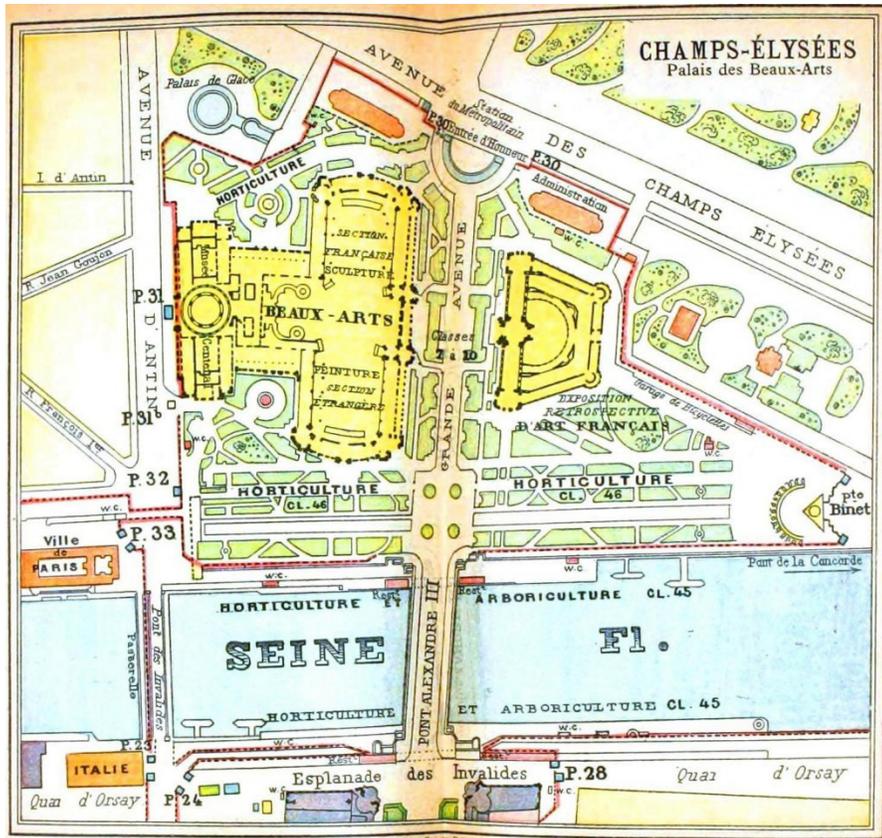


FIGURA 27. Plano de situación del Grand Palais.

5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.

El Grand Palais está conformado por una nave de 200 metros en el eje paralelo a la avenida de Alejandro III y 50 metros en el eje transversal a esta. Esta en sus extremos norte y sur termina en una especie de arco que se dibuja en la planta del edificio. Todo este espacio está cubierto por una bóveda de cañón que alcanza los 35 metros de altura y en su centro se levanta una majestuosa cúpula de 45 metros de altura. Todo este espacio está rodeado por una serie de galerías que se distribuyen en dos niveles. El edificio que sirve de unión entre la nave y el palacio de la calle Antin, también cuenta con una serie de galerías perimetrales. En el nivel superior de esta parte del Grand Palais, se encuentra el salón principal con un espacio de 60 x 20 x 16 metros el cual tiene la capacidad para reunir a 1500 personas. Por último, la última parte del edificio es el Palacio de Antin, que cuenta con una planta rectangular de 150 metros de largo por 45 metros de ancho, está dividido en dos espacios simétricos que envuelven un salón de honor, todo esto distribuido en dos niveles. Todo el edificio se construye sobre un sótano dedicado a servicios como oficinas, talleres y reservados. (Figura 28) (Ministerio de Comercio, 1903)

En cuanto a la circulación y acceso, el Palacio cuenta con una gran número de puertas, escaleras, balcones y tres ascensores para salvar las diferentes alturas que hay desde el sótano hasta la propia cubierta.

El Grand Palais está formado por fachadas de piedra para integrar el edificio en el entramado público. Pero su interior muestra el claro efecto industrial, con una estructura completamente metálica y un cerramiento a base de vidrio. Este aspecto hace que, a pesar de tratarse de la Exposición Universal de la Electricidad, su iluminación sea principalmente solar y tan solo los sótanos requieran de luz artificial (Figura 29) (Ministerio de Comercio, 1903)

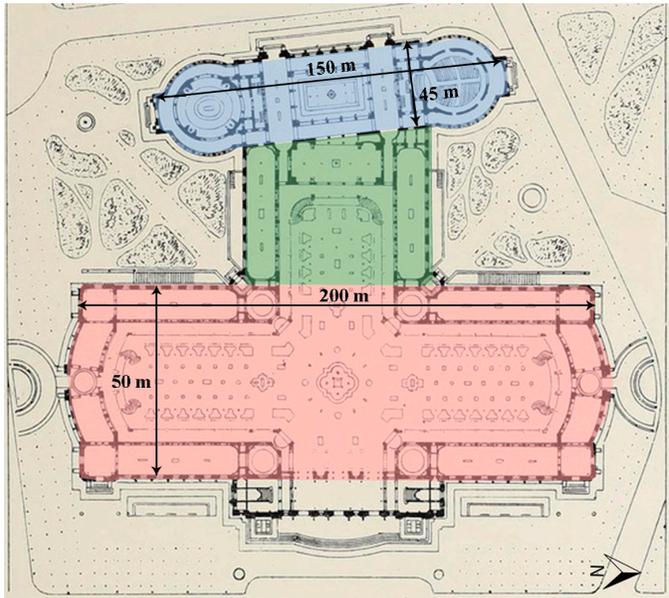


FIGURA 28. Zonificación y cotas del Grand Palais.

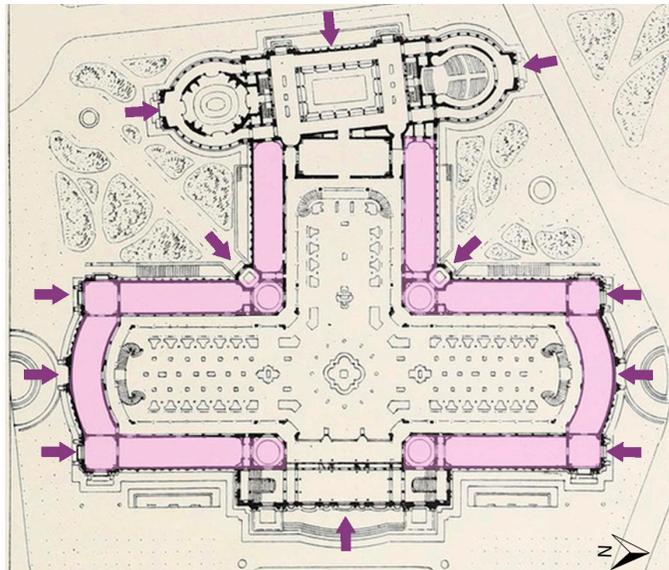


FIGURA 29. Galerías y accesos del Grand Palais.

5.3. LA CONSTRUCCIÓN DEL GRAND PALAIS.

Para la construcción del Gran Palacio se llevó a cabo, en 1894, un concurso donde solo se permitió la participación de arquitectos de nacionalidad francesa. El jurado encargado, debida a la indecisión de escoger uno de los trabajos y al escaso tiempo que había hasta la inauguración de la exposición, asignó la realización del palacio a cuatro arquitectos diferentes donde cada uno de ellos se encargaría de una parte de este. Los responsables de esta obra fueron Henri Deglane (1855-1931) que se hizo cargo de la nave principal, Albert Louvet (1860-1936) encargado de la parte central y el Salón de Honor, Albert Thomas (1847-1907) de la parte posterior donde actualmente encontramos el Palacio del Descubrimiento y, por último, Charles Girault (1851-1932) que se le asignó la construcción del Petit Palais y la coordinación de las obras del Grand Palais. (Ministerio de Comercio, 1903)

En el año 1897, dan comienzo las obras con el derribo del Palacio de la Industria que tardaría tres años en desaparecer por completo. (Figura 30) Este pabellón fue construido para la Exposición Universal de 1855, en plena época de la Revolución Industrial y al igual que el Palacio de Cristal de Londres, contaba, en su gran mayoría, con elementos pertenecientes a este movimiento como eran el cristal y el hierro. Estos aspectos inspiraron a los arquitectos en la proyección del Grand Palais. (Ministerio de Comercio, 1903)

En 1899 se da comienzo al levantamiento del nuevo edificio (Figura 31), repartiéndose las obras entre tres grupos de trabajadores independientes, como si de tres construcciones totalmente desligadas se trataran. Las grandes nevadas y heladas de 1997 y 1999 supusieron un retraso en la construcción del palacio ya que obligaron a para los trabajos y muchos de los empleados fueron despedidos. Esto junto a

las numerosas horas que realizaban y los salarios que estos cobraban, desencadenó en una importante huelga laboral que paralizó, de nuevo, muchas de las construcciones que se estaban realizando para la exposición, por lo que, los dirigentes franceses que no tuvieron más remedio que sentarse a negociar y ampliarles el salario, con el fin de desbloquear la situación. Finalmente, y después de tantos problemas, el 1 de mayo de 1900 se inauguró el Grand Palais. (Ministerio de Comercio,1903)



FIGURA 30. Fotografía del antiguo Palacio de la Industria de los Campos Eliseos.



FIGURA 31. Vista del Gran Palacio en construcción.

5.4. VIDA Y USOS DEL GRAND PALAIS.

Este edificio fue proyectado para albergar todo tipo de eventos a lo largo de su vida útil y este aspecto supuso que, hasta la actualidad, su interior haya adquirido funciones muy diferentes. Por ejemplo, en el año 1905, se celebró el Salón de Otoño y las exposiciones de pintores importantes como Matisse, Braque y Derain. Y más tarde, en la Primera Guerra Mundial, se usó como hospital militar (Figura 32). El 23 de agosto de 1944 se generó en su interior un incendio que provocó la deformación del techo y pilares de la nave. También fue sede de la escuela de Beaux Arts, que utilizaba este espacio como taller para sus alumnos de arquitectura. (Le chantier du Grand Palais.,2014).



FIGURA 32. Fotografía del Grand Palais durante la Segunda Guerra Mundial.

Por su estructura y tamaño, en 1975 la nave del palacio fue nombrada monumento histórico y años más tarde se le otorgó este mismo galardón al edificio entero. Esta distinción hizo que en 2001 se iniciasen las obras de restauración del edificio, ya que, el paso de los años y un incendio que sufrió en 1944 debilitaron la estructura y el aspecto los materiales utilizados para su construcción. En 2005 la re-

habilitación se centró exclusivamente en la fachada y el mismo año se abrieron de nuevo las puertas del Gran Palais.

Por último, en 2008 surgieron proyectos para renovar el espacio interno del edificio y darle nuevos usos y aprovechar tanto la nave central como sus numerosas habitaciones y espacios exteriores. Por ejemplo, en 2010 fue restaurada la Rotonda de Alejandro III y Rotonda de la Reina. También se actuó sobre la Logia y la Galería Sureste, donde en 2011 se celebró la Game Story. Un año más tarde se reabrió el Salón de Honor para realizar actuaciones de la comedia francesa, y actualmente, numerosas reformas siguen produciéndose en el interior del palacio. (Le chantier du Grand Palais.,2014).



FIGURA 33 Proyecto de reestructuración y ampliación del Grand Palais. LAN Architecture..

5.5. ESTRUCTURA METÁLICA DEL EDIFICIO.

5.5.1. LA CÚPULA DE LA NAVE PRINCIPAL.

La cúpula, con sus soportes, forma parte de un cuadrado de 59 metros de lado (Figura 34). Se apoya en cuatro grupos de soportes colocados en las esquinas de la nave principal, el porche trasero y la nave transversal(Figura 35).Cada uno de estos grupos está compuesto por cuatro pilares emparejados de dos en dos y dirigidos a lo largo de una de las diagonales del cuadrado. Los pilares en sí están formados por dos montantes con una sección en doble T, conectados en la base, a nivel del suelo de la primera planta y en el origen de los arcos.

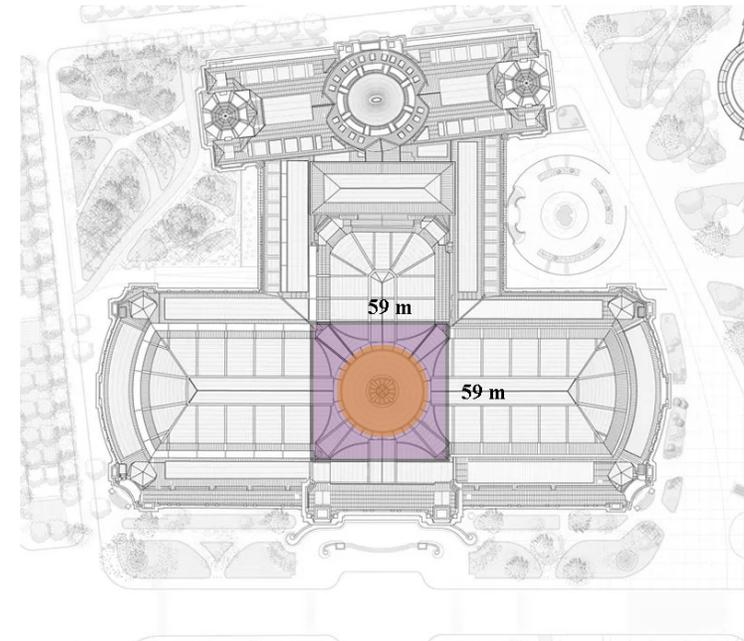


FIGURA 34. Area sobre la que se construye la cúpula.

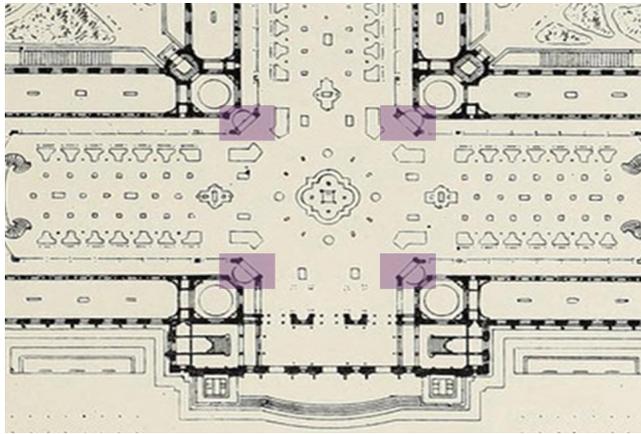


FIGURA 35. Soportes donde descansa la Cúpula del Grand Palais.

A continuación, se muestra las dimensiones de estos soportes:
(Ministerio de Comercio,1903)

- La distancia entre los ejes de los pares de pilares, en el lado más cercano al centro: 7,75 m
- Distancia entre los pilares de una misma pareja:0,80 m
- Sección de los montantes más cercanos al centro: alma 0,60 m y alas 0,35m.
- Sección de los montantes más alejados del centro: alma 0,60m y alas 0,35m.
- Separación entre los montantes de un mismo pilar: 1,60 m

Los pares de pilares del mismo grupo están unidos: 1° en la base, por fuertes piedras de descarga, que están ancladas a los cimientos; 2° a nivel de la planta baja; 3° a nivel del primer piso, por un segundo piso que forma una logia y está ensamblado sobre vigas que están aliviadas por arcos inferiores; 4° arriba, por un arco de celosía(Figura 36). (Ministerio de Comercio,1903)

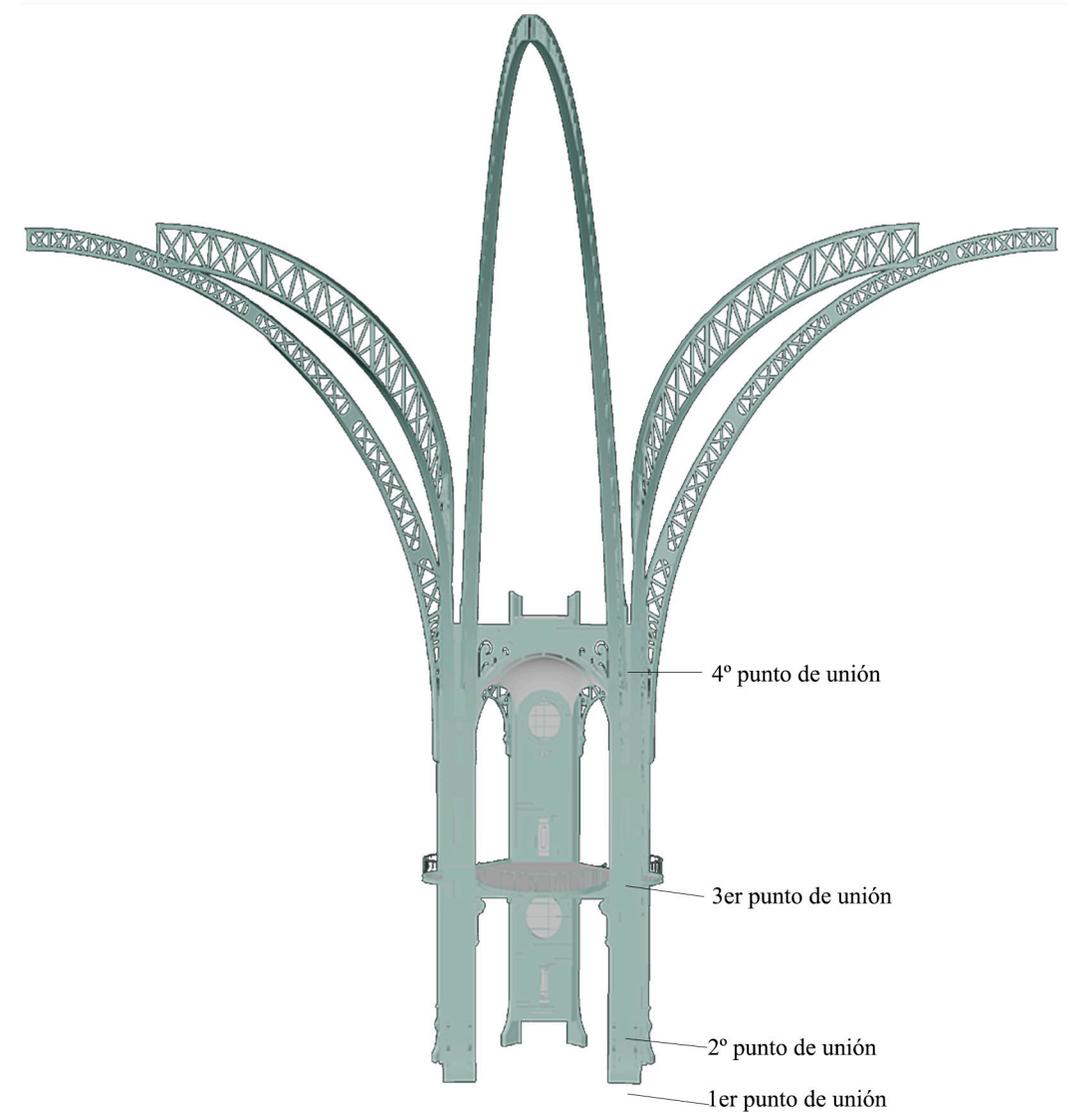


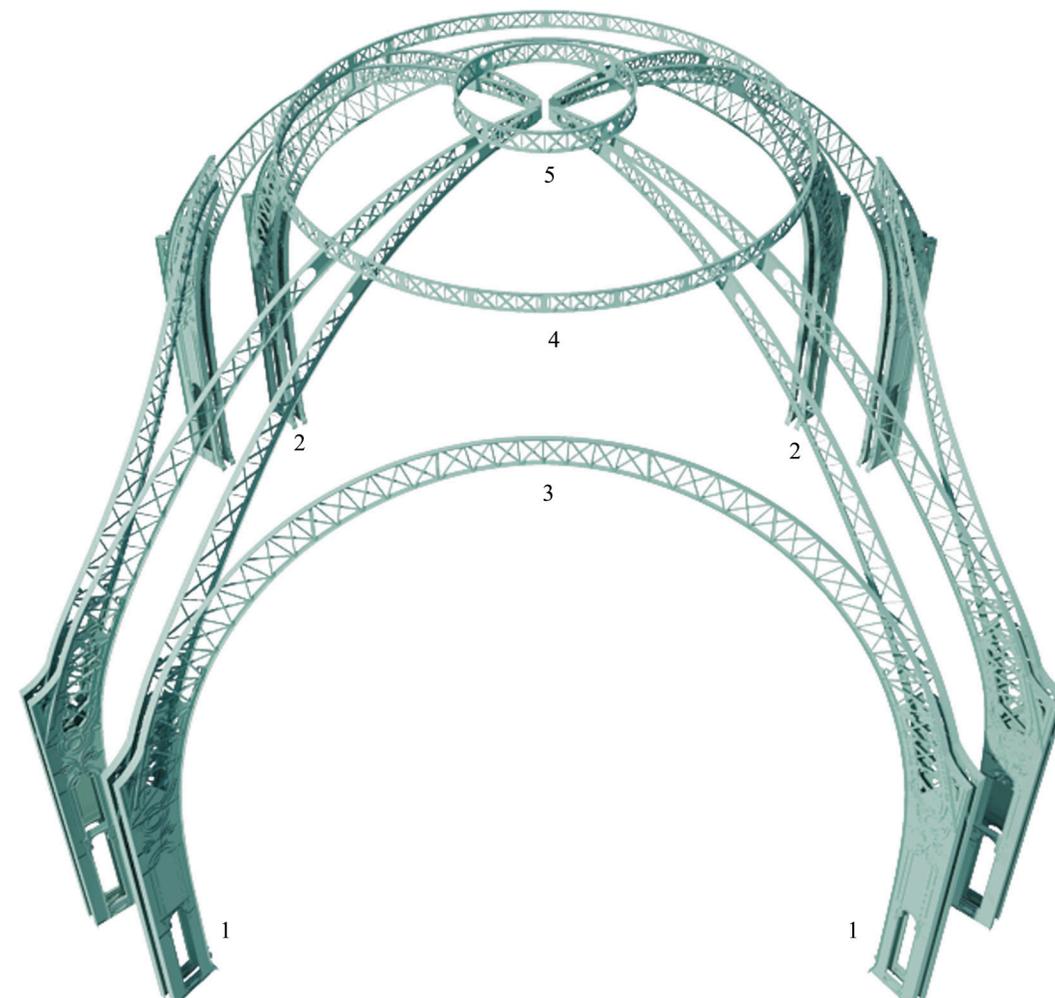
FIGURA 36. Detalle de uno de los arranques de los soportes de la cúpula y balcón. Se muestra el funcionamiento de la cúpula.

Desde los dos pilares más cercanos al eje del grupo, dos cerchas diagonales, de forma aproximadamente semicircular, convergen hacia el centro de la cúpula. Estas cerchas tienen 67 metros de apertura entre los pilares. Su intradós se conecta con el ala exterior del pilar más cercana al centro y se eleva a 43,54m sobre el suelo de la pista; una sección recta conecta su extradós con la otra ala final del pilar. Tienen forma de doble T enrejada; su sección es de 0,35 m de ancho y 1 m de alto en la parte superior. (Ministerio de Comercio,1903)

Los otros dos pilares del grupo dan lugar a dos cerchas izquierdas que siguen la intersección de la cúpula, ya sea con las partes laterales de la nave o con la nave transversal o la cuna del pórtico trasero. Así, los cuatro grupos de soportes reciben cuatro cerchas diagonales y cuatro cerchas de canalón que rodean la cúpula. Un remate metálico con adornos florales se encuentra situado en el punto de convergencia de los entramados diagonales y los une todos en un mismo punto.

Estas últimas cerchas están conectadas por dos coronas horizontales en forma de doble T, con travesaños: uno de 33 metros de diámetro, que mide 1,40 m de alto y 0,35 m de ancho y cuya ala inferior se eleva sobre la pista 39,33 m; el otro de 11,60 m de diámetro, que mide 1,20 m de alto y 0,34 m de ancho, se eleva sobre la el suelo 42,95 m. La corona inferior soporta el tragaluz de la cúpula y la corona superior sirve de apoyo a la estructura del campanile. (Ministerio de Comercio,1903)

Veinte vigas secundarias se distribuyen entre las cerchas diagonales, empezando por las cerchas del arranque, terminando en la corona superior y extendiéndose, uno de cada dos, hasta el punto central. Desde la corona inferior a la superior, unos travesaños elevados superpuestos a los otros soportan las correas del cristal del tragaluz.



1.Pilares emparejados con sección de doble T / 2.Cerchas diagonales de forma semicircular / 3.Cercha de intersección con la nave/ 4.Corona de 33m de diámetro / 5.Corona de 11,6m de diámetro

FIGURA 37. Detalle 3D de la estructura principal de la cúpula del Grand Palais.

El campanile tiene 16 vigas hechas de ángulos curvos y barras transversales. Las vigas están conectadas por medio de un cinturón inferior (11,80 m de diámetro exterior) y un cinturón de coronación (4,30 m de diámetro exterior). A este último cinturón se conectan cuatro montantes dobles, que a su vez, mediante otro cinturón (2,25 m de diámetro exterior) soporta una estructura metálica coronada por una bola de zinc reforzado (1,80 m de diámetro) y un pararrayos. La cúpula, con su corona, se eleva 61,50 m sobre la vía o unos 63,90 m sobre la avenida Alejandro III. (Ministerio de Comercio,1903)

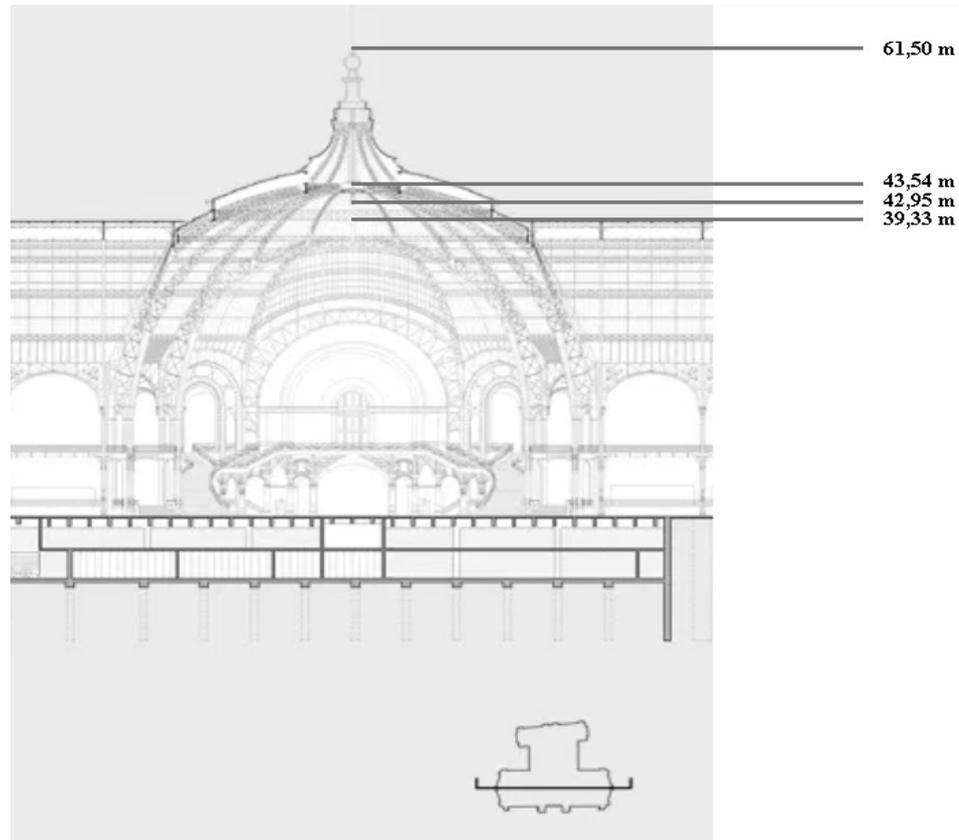


FIGURA 38. Cotas de los diferentes elementos de la cúpula del Grand Palais.

Muy sobrio, la decoración se limita a un pequeño número de elementos: ménsulas y soportes, hechos de chapa y ángulos enroscados, aliviando y decorando las pequeñas bahías redondas entre los montantes de los pilares; proyectando balcones que cierran estas bahías en el primer piso; grandes balcones entre los pilares de cada grupo, con soportes de chapa cortada y ángulos enrollados bajo las vigas de soporte de estos balcones; bajo el techo de ménsulas de los mismos balcones, otros soportes decorativos que limitan las cajas adornadas con un marco de ángulos; en el inicio de la celosía de las cerchas, motivos de chapa cortada, hierros angulares enrollados y piezas salientes, que forman una especie de floración, proporcionando un pasaje entre las paredes sólidas de los pilares y la propia celosía de los arcos; para los cinturones horizontales de la cúpula, ménsulas de chapa cortada y curvada y angulares de hierro; en el cruce de las cerchas diagonales, una gran llave de zinc colgante, que aparece como el florecimiento de las articulaciones de la cadera de la enorme bóveda. (Ministerio de Comercio,1903)

Por último, la pared metálica que encierra la parte inferior de los grupos de pilares, está atravesada, en la planta baja y en el primer piso, por pequeños cercos que dan acceso a las escaleras de servicio que van desde los sótanos hasta el tejado y que están iluminadas por óculos elípticos. Termina, en la parte superior, con un arco abovedado, partiendo de las nervaduras curvas que se unen al arco delantero y que forman la estructura de soporte de una pesada bóveda, sobre la logia (Figura 36). (Ministerio de Comercio,1903)

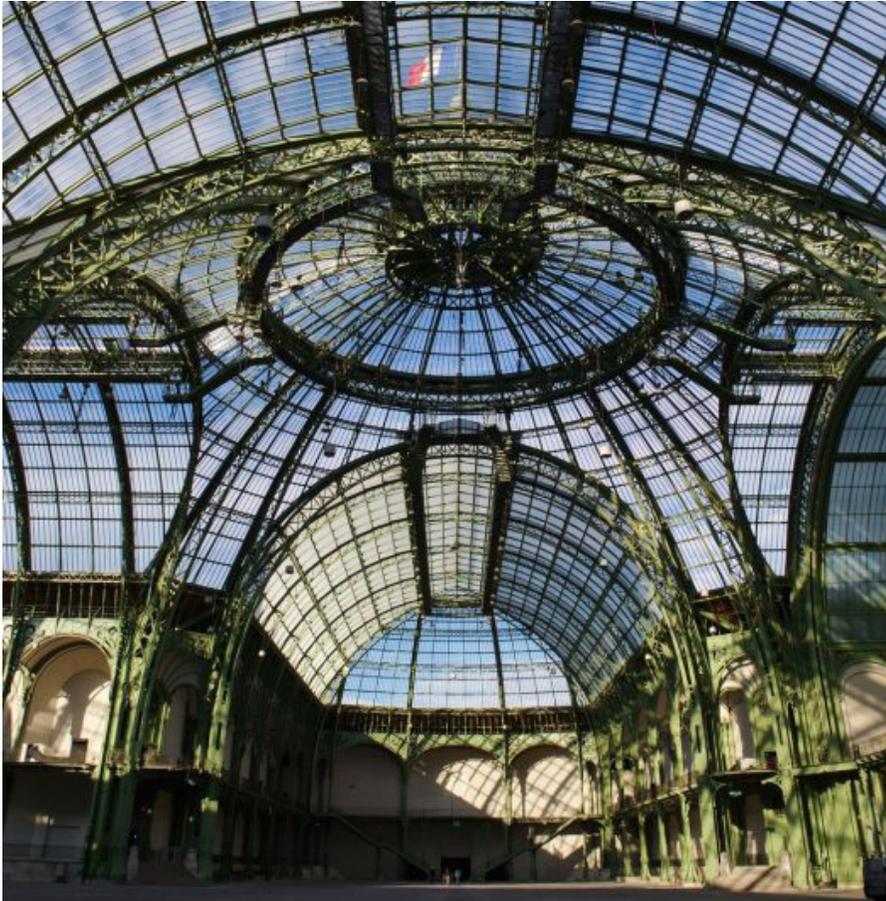


FIGURA 39. Fotografía de la cúpula del Grand Palais.

5.5.2. PARTES LATERALES DE LAS NAVES CONTIGUAS A LA AVENIDA ALEJANDRO III.

Cada una de las secciones laterales de la nave adyacente a la avenida Alejandro III consiste en cinco crujías de 12 metros entre la cúpula y el extremo del grupo.(Figura 39) (Ministerio de Comercio,1903)

Las cerchas semicirculares, con una abertura de 44,50m(Figura 40), descansan sobre pilares formados por dos montantes gemelos con una sección de doble T. Estos pilares, en la parte inferior, tienen las siguientes dimensiones características: (Ministerio de Comercio,1903)

- Distancia entre los lados más cercanos de los montantes: 4,30m.
- Sección transversal de los montantes interiores: alma, 0,50m; ala, 0,25m.
- Sección transversal de los montantes exteriores: alma 1.025m, ala interior 0.40m, ala exterior 0.675m.

Como se muestra en las cifras anteriores, la cantidad externa de cada pilar es mucho más fuerte que la fuerza de su propio pilar gemelo. Lleva la mayor parte de la carga, lo que ha hecho posible para aumentar la ligereza de la jamba interior. (Ministerio de Comercio,1903)

La cara vertical de los montantes están unidos por : 1° abajo desde el suelo de la planta por un arco bajo; 2° hacia su parte superior, por un arco semicircular y por una pieza inclinada de hierro de apariencia muy robusta, continuando la cercha. El exterior se engancha en la pared de la pista hasta el nivel del suelo de las galerías de 12 metros. (Figura 40) (Ministerio de Comercio,1903)

En la dirección longitudinal, los pilares están arriostrados al nivel del suelo por el piso de las galerías de los balcones que rodean la pista y por arcos elípticos que hay bajo las cerchas. Hacia el exterior, el suelo de las galerías de los balcones se monta, sobre grandes vigas sólidas establecidas entre los pilares y provistas de refuerzos en forma de T.

Entre los arcos superiores de armazón que conectan los pilares y siguiendo la curva exterior de los arcos que unen los montantes interiores de los pilares sucesivos, se desarrolla una pesada bóveda de yeso, que descansa sobre nervaduras visibles y que une las paredes de las galerías de 12 metros. Esta bóveda esconde las piezas de conexión oblicuas, a través de las cuales el esfuerzo de las cerchas se transfiere, en gran medida, a los montantes externos. Las cerchas están enrejadas y tienen una altura de 0,85 m. Están a 36,95 m por encima de la pista, medidos por debajo del nivel del suelo. (Ministerio de Comercio, 1903)

Los tres correderos superiores tienen un tragaluz de 10,40 m de ancho con vías de servicio en la parte superior; levantado en la parte superior del tragaluz, se coloca una correa en el exterior de las cerchas con refuerzos calados, en lugar de arriostrar las secciones como los otros ocho corredores. (Ministerio de Comercio, 1903)

Para unir los arcos cerchados de la bóveda, se les coloca unos travesaños en forma de cercha, sobre los que se apoya una estructura auxiliar metálica que sujeta las placas de vidrio (Ministerio de Comercio, 1903)

Los elementos de la decoración son los siguientes: en los pies de los pilares, patrones de chapa y ángulos en espiral; en los núcleos, decoraciones similares; bajo las vigas interiores de las galerías del suelo alrededor de la pista, soportes con ángulos en espiral, anillos, etc.; bajo la proyección de los balcones, soportes rectos recortados y so-

portes curvos; en la unión entre los montantes exteriores y las grandes vigas separadoras, soportes de chapa y soportes; en la unión entre los montantes interiores y exteriores, soportes de chapa y soportes, ángulos enrollados; en los pequeños arcos superiores que conectan los montantes interiores y exteriores de cada pilar, soportes y bobinas de chapa y ángulo de hierro; en las paredes verticales, entre los extradós de los arcos elípticos y las correas, detalles florales en la chapa, bordeados por bobinas de ángulo de hierro; en el origen de los grandes arcos del ático, floreciendo dando lugar a la celosía. (Ministerio de Comercio, 1903)



FIGURA 40. Fotografía interior de la nave contigua a la Avenida de Alejandro III.

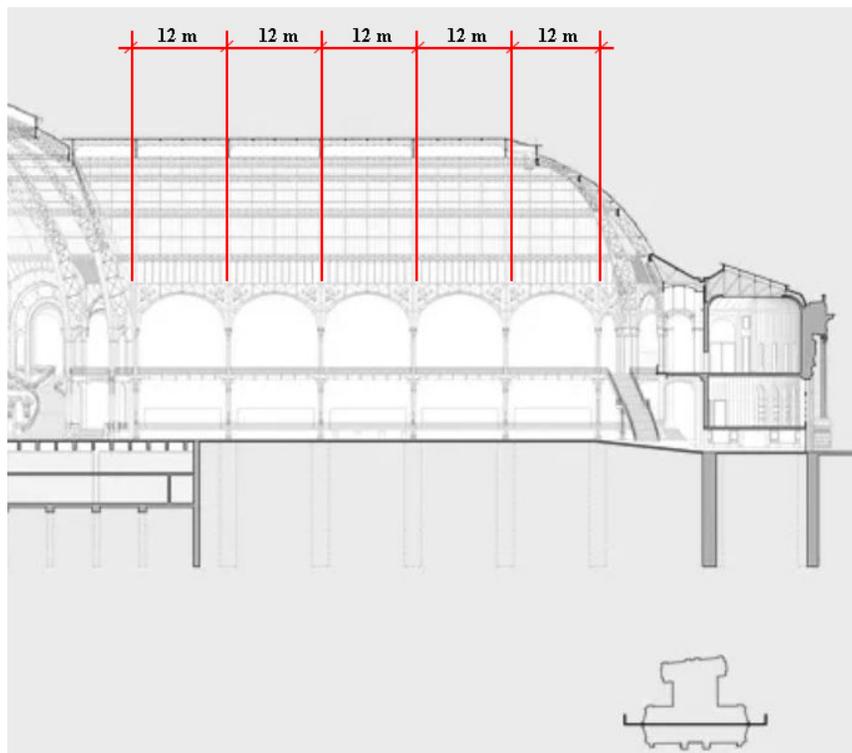
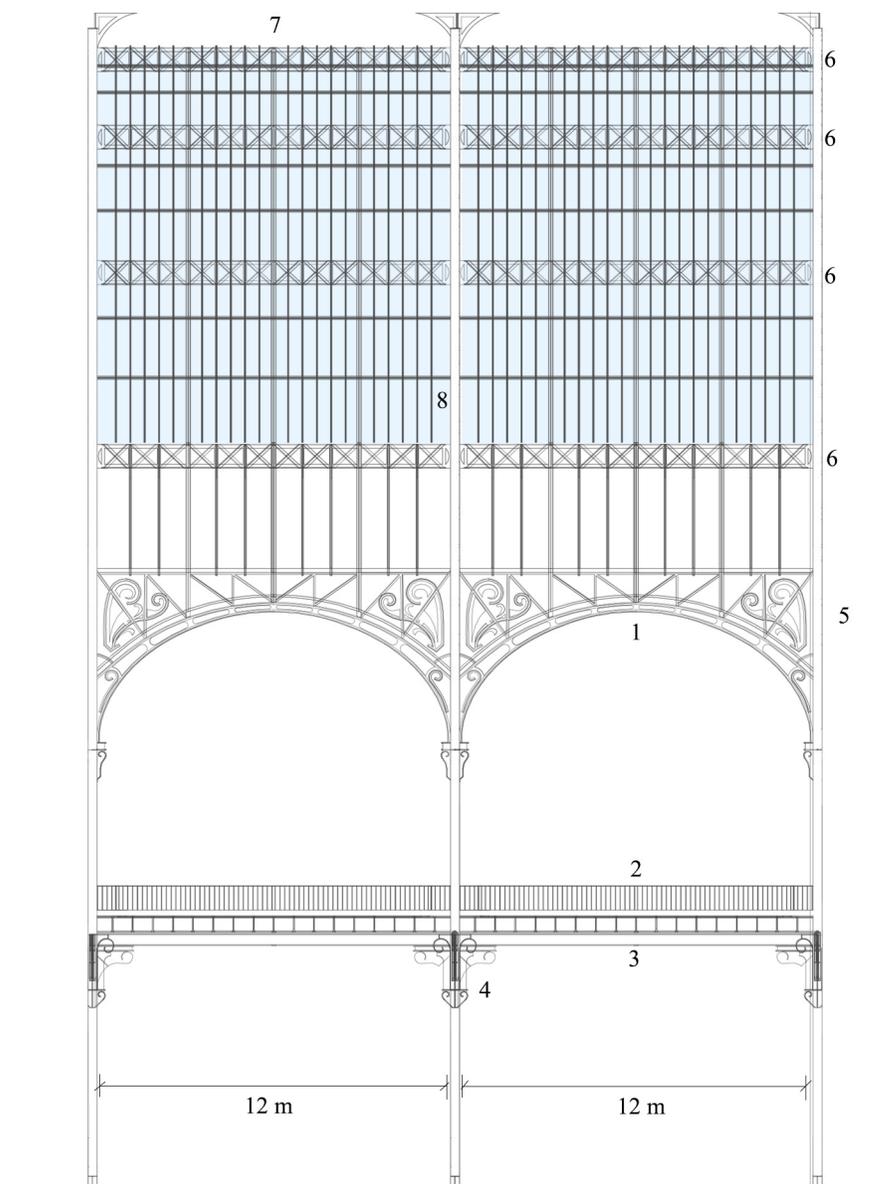


FIGURA 41. Sección y cotas de las crujías de la nave.



1.Arco elíptico / 2.Balcones/ 3.Vigas / 4.Refuertos en forma de doble T
 5.Bóveda de yeso/ 6.Travesaños / 7.Estructura auxiliar / 8. Vidrio

FIGURA 42. Detalle de las crujías y sus componentes.

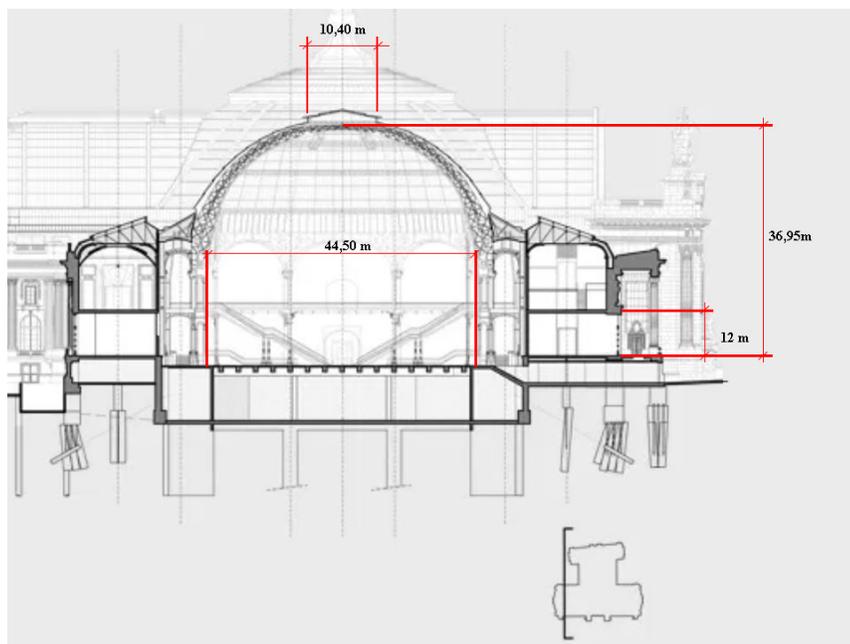
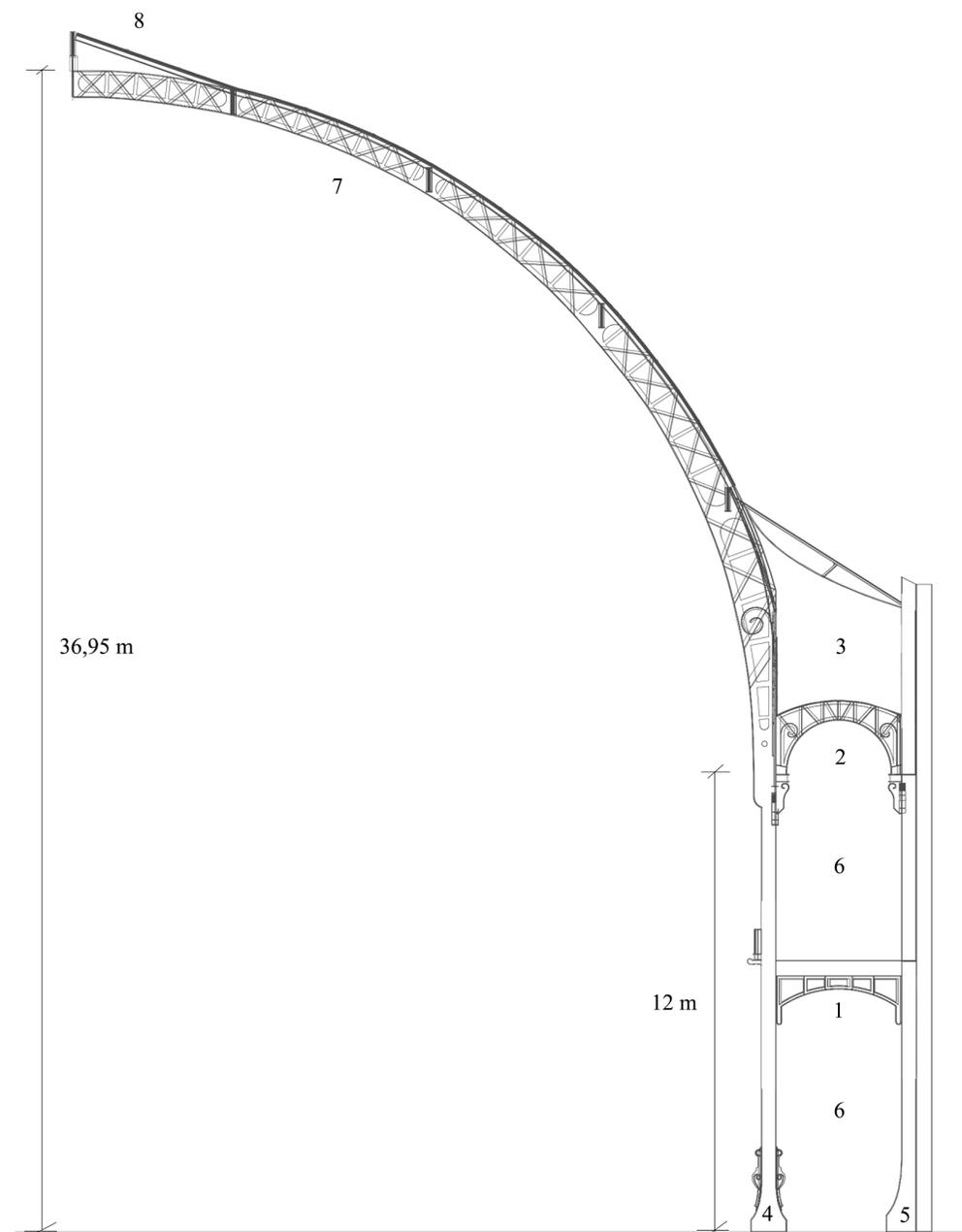


FIGURA 43.. Sección de la nave y cotas de los diferentes elementos que la componen.



1.Arco bajo / 2.Arco semicircular / 3.Pieza metálica inclinada / 4.Montante interior
5.Montante exterior / 6.Galerías / 7.Cerchas de 0,85 m / 8. Tragaluz

FIGURA 44. Detalle del funcionamiento de los arcos de la nave.

5.5.3 LOS PÓRTICOS DE LA AVENIDA DE ALEJANDRO III.

Los pórticos están equipados con un falso suelo de metal que recibe el revestimiento de estuco decorativo de los techos. Vigas sólidas de 0,40 m de altura, empotradas en sus extremos, corren de mampostería en mampostería entre las columnas y la pared trasera. Las vigas en doble T están ensambladas en estas vigas. El suelo está agujereado en yeso y escayola, con espaciadores y varillas de hierro. (Ministerio de Comercio,1903)

5.5.4. NAVE TRANSVERSAL Y GALERÍAS LATERALES.

La nave transversal, que forma parte del edificio intermedio, consta de una bóveda cilíndrica y una pérgola. (Ministerio de Comercio,1903)

Esta última, tiene tres tramas con la misma apertura, altura y estructura general que la nave principal. La distancia entre las caras más cercanas de los dos montantes de cada pilar se reduce a 4,04m. En cuanto a los montantes mismos, aquí están las dimensiones características de su sección transversal: (Ministerio de Comercio,1903)

-Montantes interiores: alma, 0,50m; ala, 0,24m.

-Montantes exteriores: alma, 1 metro; ala, 0,50m.

Parcialmente incrustados en la mampostería, los montantes exteriores sólo son visibles a la mitad de su profundidad. El faldón está cortado: termina en un muro trasero, paralelo a la avenida Alejandro III y unido a las caras de la nave transversal por dos ángulos de 45 grados. Su estructura metálica comprende: dos cerchas similares a las del edificio principal y que terminan en el cinturón de claraboyas. (Ministerio de Comercio,1903)

En la intersección de las secciones cortadas y la pared del fondo; un cinturón superior con secciones cortadas, continuando el del tragaluz de la nave; un arco semicircular que conecta los dos ganchos inferiores y está revestido con un segundo arco interior en la parte posterior; dos arcos laterales. Las líneas de la cadera son similares en apariencia a las de las cerchas normales. Sin embargo, sus pilares se componen de un solo soporte. Este montante tiene un núcleo de 1 metro y armazones de 0,25m; está provisto en su base de una placa firmemente anclada a los cimientos. El vidrio se apoya sobre una estructura auxiliar como en el resto de la nave (Ministerio de Comercio,1903)

Las dos secciones de techo de 45 grados tienen sus correas en planos horizontales a la altura de las correas de la nave. Los arcos de acero que forman un techo sobre los descansos de la escalera principal conectan el faldón con la pared del gran salón de música. (Ministerio de Comercio,1903)

En la planta baja y en el primer piso de las galerías laterales, el suelo está formado por vigas en doble T y viguetas. Las vigas, con un canto de 0,60m a 0,65m, corresponden a las luces de las fachadas y están, por lo tanto, espaciadas 5,80m desde el eje; tienen una luz de 19,90m y están aliviadas por sólidas columnas de hierro fundido de 0,22m a 0,25m de diámetro, a 7,50m de las paredes externas. Para las vigas, la altura es de 0,18m a 0,22m. (Ministerio de Comercio,1903)

Los áticos inclinados de las galerías laterales tienen cerchas que entran horizontalmente, con una altura de cresta de 3,40m. Los pilares de hierro los alivian al nivel de las columnas de la planta baja. El aire y la luz entran a través de vastos tragaluces acristalados. (Ministerio de Comercio,1903)

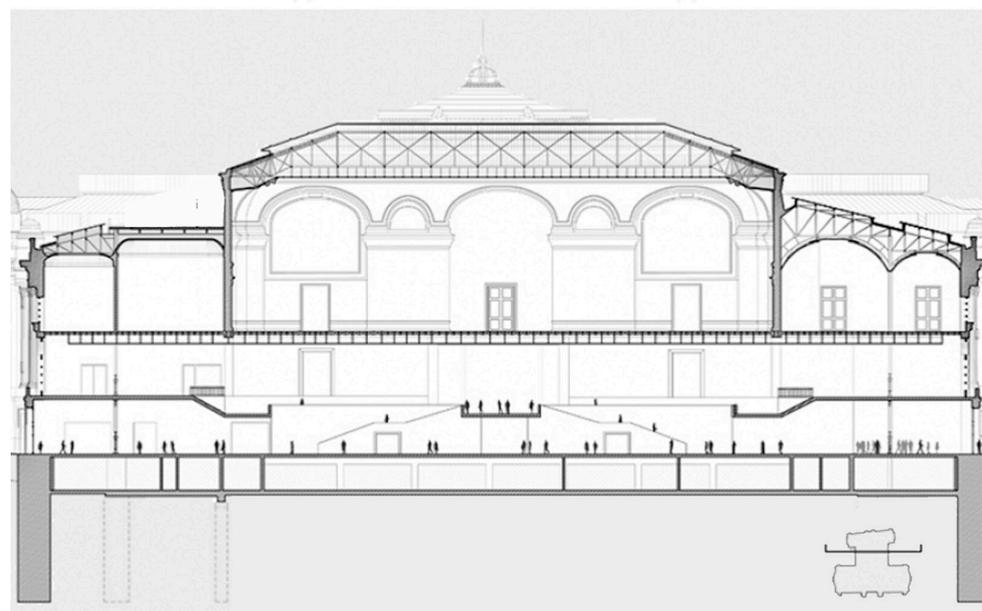
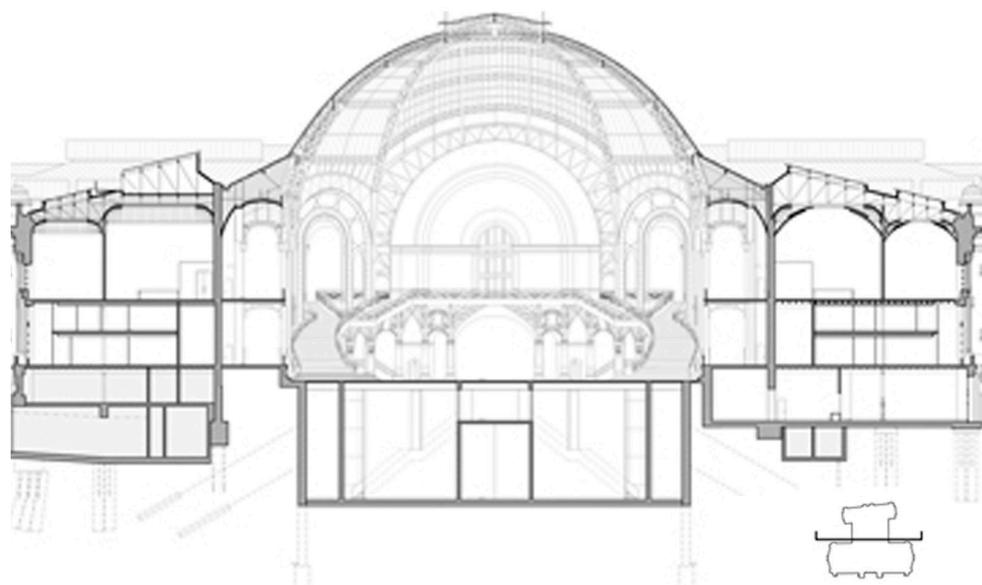


FIGURA 45. Secciones elemento de unión de la nave principal y el palacio del la Avenid de Antin.

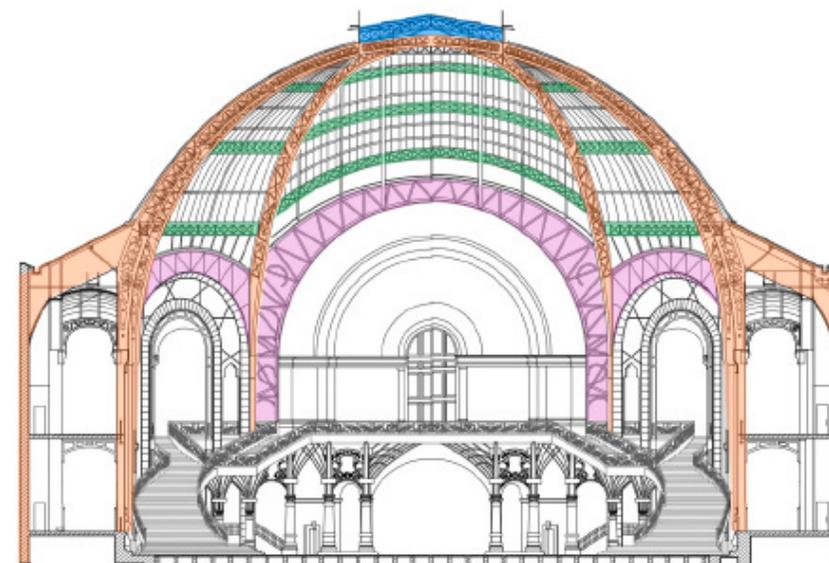


FIGURA 46. Partes de la estructura de la nave transversal de Grand Palais. Estructura principal (naranja), arcos que descargan sobre la estructura (violeta), claraboya (azul) y travesaños cerchados (verde).

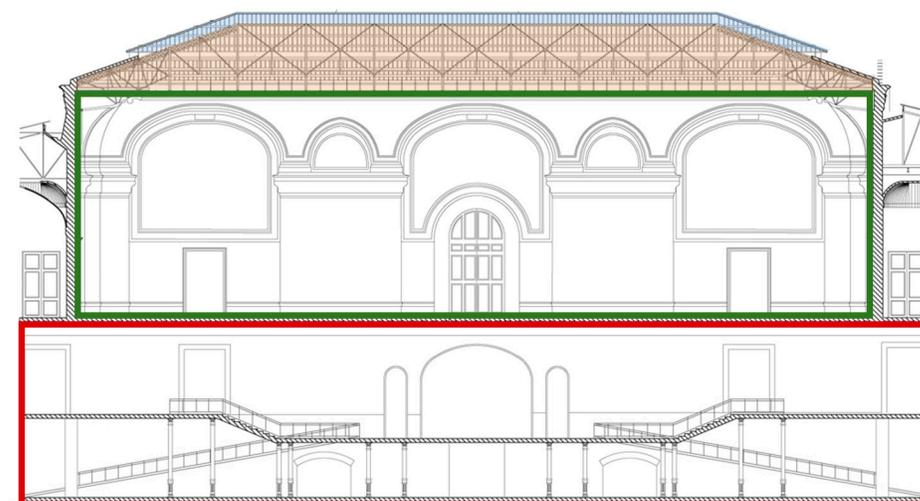
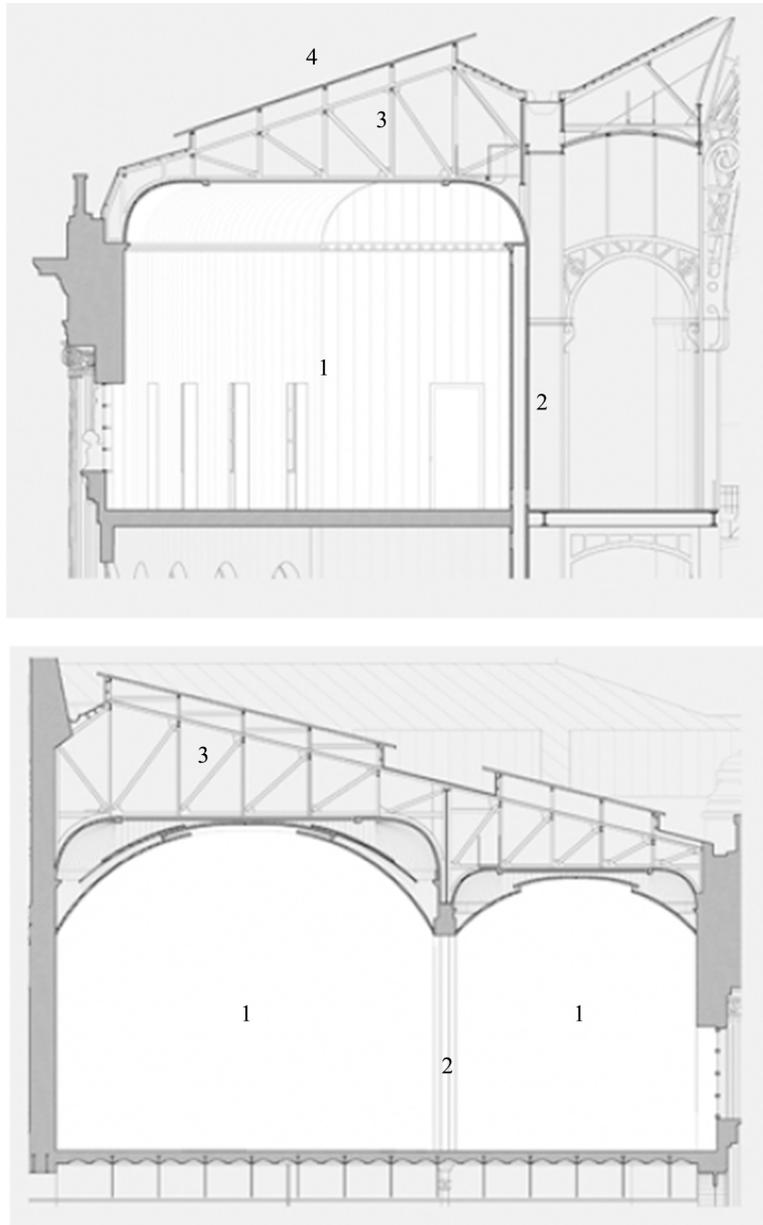


FIGURA 47. Partes de la estructura de la nave transversal de Grand Palais. Estructura cerchada (naranja), tragaluz (azul), salón principal (verde) y vestíbulos inferiores (rojo).



1. Interior de las galerías laterales / 2. Pilares de hierro/ 3. Cerchas inclinadas / 4. Tragaluces acristalados

FIGURA 48. Detalle de las galerías laterales del elemento central del Grand Palais.

5.5.5 CÚPULAS OCTOGONALES DE LA AVENIDA DE ANTIN.

Estas cúpulas se basan en un octógono regular con 7,30 m de lado y se elevan unos 20 metros por encima del suelo. Su estructura es similar a la de la cúpula elíptica. Consisten en ocho cerchas, apoyadas en muros de mampostería o en secciones de hierro, unidas en la base y en la parte superior por cinturones octogonales y recibiendo cerchas de techo. A estas cerchas se fijan los soportes y eslabones de los que se cuelgan las bóvedas del techo. (Ministerio de Comercio, 1903)

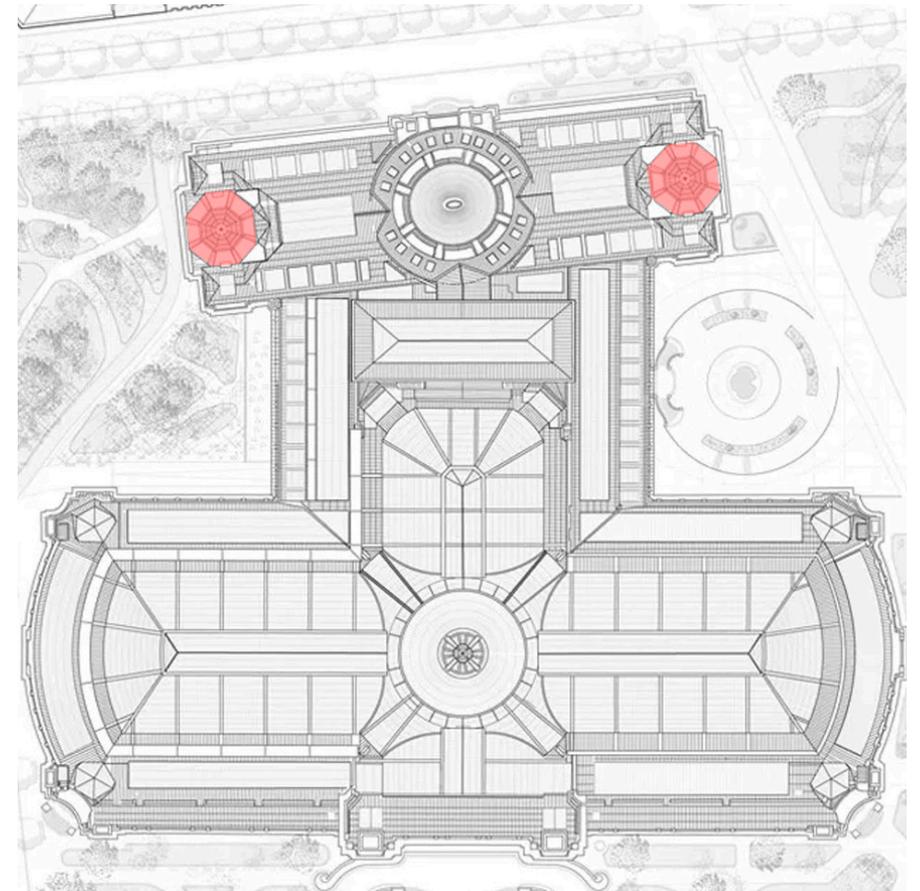


FIGURA 49. Planta de cubierta con las cúpulas octogonales remarcadas en rojo.

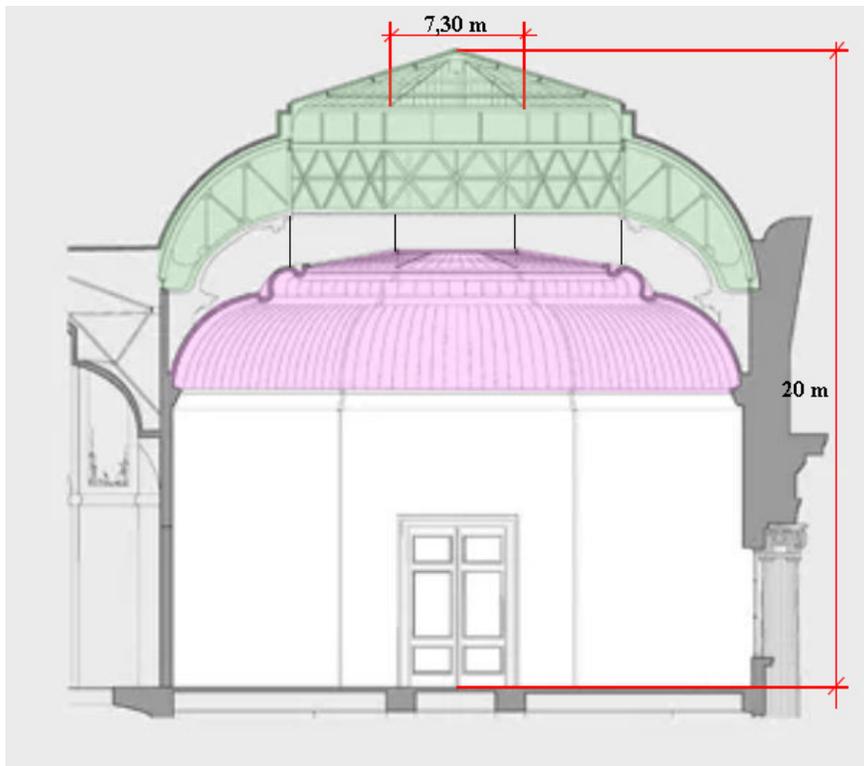


FIGURA 50. Sección de la cúpula octogonal con medidas generales. Estructura metálica(verde) y bóvedas del techo visto (violeta)

5.5.6 MÉTODO DE CÁLCULO.

Los únicos cálculos, si no difíciles, al menos laboriosos, eran los de las cerchas de la gran nave, la nave transversal y la cúpula adyacente al porche de la Avenida Alejandro III. (Ministerio de Comercio,1903)

Cada cercha consiste en un arco que descansa en sus cimientos por dos horquillas incrustadas en sus extremos. En el caso de una sobrecarga distribuida uniformemente, los ingenieros consideraron una media cercha, suponiendo que estuviera embebida al pie de la jamba exterior, y libre, tanto al pie de la jamba interior como en la parte superior del arco, pero sustituyendo los eslabones retirados por fuerzas y pares equivalentes: 1° para el pie de la jamba interior, una reacción vertical, una reacción horizontal y un momento de embebido; 2° para la parte superior del arco, una reacción horizontal y un momento de embebido (siendo la fuerza “cortante” nula). Tres ecuaciones de equilibrio estático dieron las reacciones horizontales y verticales y el par al pie del puntal exterior, basadas en fuerzas externas conocidas y fuerzas de unión desconocidas. Otras cinco ecuaciones de deformación elástica’ expresadas: 1° la nulidad del desplazamiento horizontal, vertical y angular al pie del puntal interior; 2° la nulidad del desplazamiento horizontal y angular en la parte superior. Las últimas cinco ecuaciones proporcionaron las cinco fuerzas desconocidas; las tres primeras proporcionaron los valores de reacción y torsión al pie del puntal exterior. A partir de entonces, el problema quedó resuelto; sólo faltaba encontrar, mediante las fórmulas habituales, las fuerzas elásticas determinadas por un conjunto de fuerzas externas conocidas en las distintas secciones de la cercha. (Ministerio de Comercio,1903)

El caso de una sobrecarga distribuida de manera desigual, como la presión del viento en un lado del techo, complicó un poco los cálculos.

Para ello era necesario considerar los dos medios brazos y expresar, para el vértice, la igualdad de los desplazamientos horizontales en direcciones opuestas, el de los desplazamientos verticales en la misma dirección y el de los desplazamientos angulares opuestos, controlados por la continuidad del arco. (Ministerio de Comercio, 1903)

5.6. LA CIMENTACIÓN DEL GRAND PALAIS.

El Palais de l'Industrie había sido cimentado directamente sobre el terreno. Este precedente podría crear expectativas favorables para los nuevos edificios. Pero se necesitaban datos más precisos. Se hicieron muchas perforaciones: demostraron que, en el lado de los Campos Elíseos, la arena estaba lo suficientemente cerca de la superficie y era de suficiente espesor, la capa se hundía rápidamente al acercarse al Sena, y que, contra el río, el suelo resistente no se encontraba a una profundidad inferior a 12 metros. El estuario del antiguo arroyo de Ménilmontant, que se había perdido desde hacía mucho tiempo en el subsuelo de París, pero cuyas aguas encontró el Sr. Garnier cuando fundó la Ópera, se encontraba probablemente en este lugar. En presencia de los resultados de los sondeos, se decidió hincar pilotes de roble bajo los muros exteriores o interiores y bajo los soportes aislados de la mitad sur del palacio. Previamente, se dragó la ubicación de los sótanos y los cimientos de las carreteras, ya sea en el nivel asignado a estos sótanos o en un nivel ligeramente inferior. Una vez que esta degradación general fue completada, los arquitectos hicieron excavar los pozos para los bloques de hormigón. La distancia entre ejes de estos bloques limitaba la presión sobre el suelo a unos 2,5 kg por centímetro cuadrado. En las zonas en que era necesario apilar, el apisonamiento se hacía mediante hincapilotes accionados por vapor y armados con un peso de 700 a 1.000 kilogramos de peso. Los pilotes tenían un diámetro de 0,25 m a 0,35 m, y una longitud de 3 metros a 14 metros; su número llegó a 3.355. Se recibieron a 0,30 m por encima del fondo de la excavación y se incrustaron en la parte superior en la capa de hormigón. Este hormigón consistía en guijarros y cal hidráulica. Se elevó a 0,20m ó 0,25m bajo el nivel del suelo, de donde partió la mampostería

de la piedra de molino. En el cuerpo del edificio adyacente a la Avenida Alexander III, los bloques de hormigón que servían de base para los pilares de las cerchas estaban conectados por vigas de celosía también envueltas en hormigón y dispuestas alrededor de la pista. El propósito de estos rayos es solidificar los soportes e incrustarlos. Tienen 0,9 m de altura. (Ministerio de Comercio,1903)

Se tuvieron que tomar precauciones similares en el edificio intermedio. En ciertos puntos, en contacto con los cimientos directamente en el suelo y los cimientos de los pilotes, el hormigón fue reforzado con una red de barras de hierro redondas para evitar diferencias en el asentamiento. (Ministerio de Comercio,1903)

A las partes bajas de los sótanos (el edificio intermedio y el edificio adyacente a la avenida de Antin) se les dio una losa de hormigón para evitar la formación de nuevas inundaciones. Esta losa de 0,50m de espesor se nivela al nivel del sótano o un poco más abajo, para permitir la colocación de un pavimento. A los cimientos están unidas las galerías bajo la pista y las alcantarillas internas adyacentes a la Avenida de Antin. (Ministerio de Comercio,1903)

La Administración llevó a cabo experimentos repetidos y continuos sobre la resistencia del suelo y los pilotes. También se hicieron observaciones cuidadosas después de los períodos de inundación: el retroceso de las aguas podía causar ligeros movimientos; estos movimientos no se manifestaban. (Ministerio de Comercio,1903)

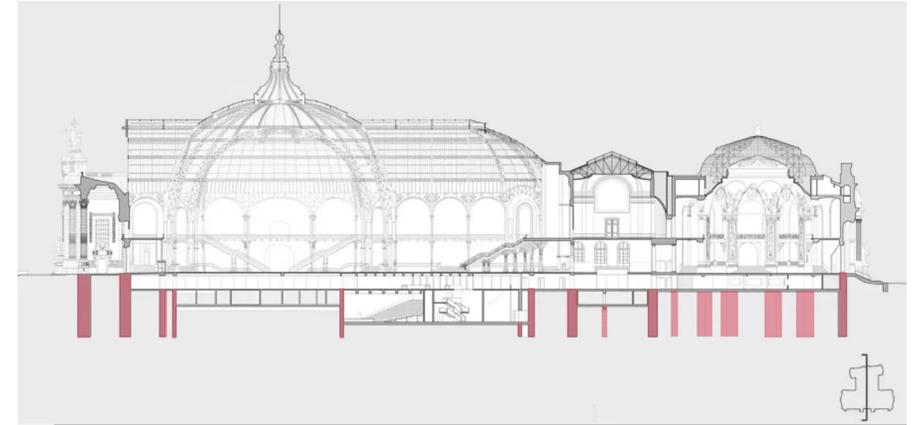


FIGURA 51. Sección transversal y sistema de cimentación destacadas en rojo.

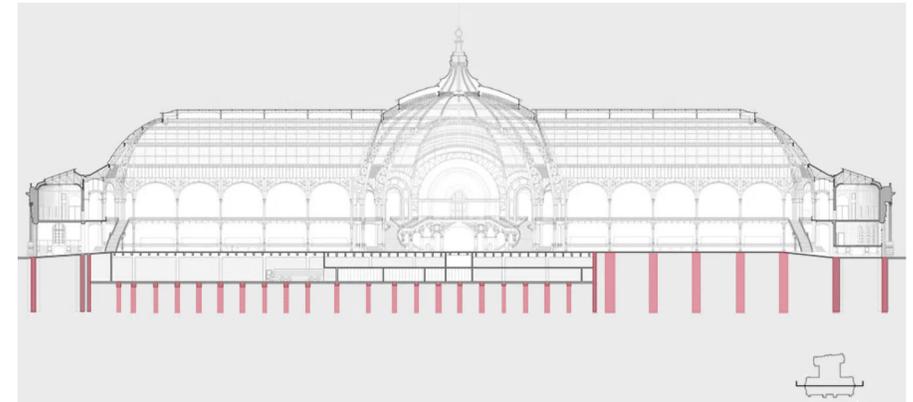


FIGURA 52. Sección longitudinal y sistema de cimentación destacado en rojo.

6. CONCLUSIONES

Tras finalizar el presente trabajo, se concluye que la Revolución Industrial causó grandes cambios tanto a nivel social como en la forma de proyectar la arquitectura. Aportó a esta nuevas técnicas y materiales.

Por otra parte, y después de analizar los diferentes pabellones que componen la Exposición Universal, se ha observado una pequeña influencia de la Arquitectura del Hierro en sus estructuras. Algunos pabellones como el Grand Palais, que pertenece a una corriente más nueva como es el de la escuela de Bellas Artes, hace uso tanto de la tipología de la nave como de materiales como el hierro y vidrio para su construcción.

Tras el estudio exhaustivo de este, se observa una gran complejidad en su entramado metálico. Cada estancia cuenta con un diseño estructural diferente, dependiendo de las luces y características que esta requiera. Las grandes luces de la nave principal recuerdan a las grandes construcciones que se construyeron para otras exposiciones, como el Crystal Palace (Exposición Universal, Londres, 1851) o la Galería de las Máquinas (Exposición Universal, París, 1889).

Por último, a nivel personal, me gustaría destacar que este trabajo me ha aportado una visión distinta de las estructuras metálicas y de como se resuelven para abarcar grandes luces como sucede en el Grand Palais. Estos aspectos me invitan a investigar más sobre este tipo de esqueletos y la manera en que influyen en la arquitectura.

7. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTAL

(Chadych & Leborgne, 2010) Chadych, D., & Leborgne, D. (2010). L'histoire de paris (1a ed., pp. 22-52). Paris: GRUND.

(I. López, 2016) López César, Isaac. (2016). La Torre Eiffel. La construcción de un coloso. NATIONAL GEOGRAPHIC. HISTORIA. n.155.

(I. López, 2017) López César, Isaac (2017). Exposiciones Universales. Una historia de las estructuras. (1.ª ed.). Barcelona: Martí Berrio Prieto.

(Le chantiere du Grand Palais.,2014). Le chantiere du Grand Palais. (2014). www.grandpalais.fr. https://www.grandpalais.fr/sites/default/files/user_images/30/dossier_pedago_chantier_grand_palais.pdf

(López.D.J, 1900)Lopez.D.J (8/9/1900).En la Exposición Universal de París de 1900. , Mar y tierra (502–511).Recuperado de [http://hemerotecadigital.bne.es/pdf.raw?query=parent%3A0004067418+type%3Apress%2Fpage&name=Mar+y+tierra+\(Barcelona.+1900\).+8-9-1900](http://hemerotecadigital.bne.es/pdf.raw?query=parent%3A0004067418+type%3Apress%2Fpage&name=Mar+y+tierra+(Barcelona.+1900).+8-9-1900)

(Ministerio de Comercio,1903). Ministerio de Comercio, Industria, Correos y Telégrafos (1903). Exposición Universal Internacional de 1900 en París. Informe general administrativo y técnico (1a ed.). Imprenta nacional. Paris.

(Exposition internationale, 1900) Paris exposition (1900): Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.ª ed., pp. 171–372). (1900). (1.ª ed.). Paris: Hachette.

(Insee,2019) Populations légales 2017 Commune de Paris (75056). (2019). Recuperado 10 de agosto de 2020, de www.insee.fr website: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4269674?geo=COM-75056#consulter>

(Pardo. G , 2017)Pardo Redondo, G. (2017). El Crystal Palace de Nueva York y su contribución en la historia de las construcciones metálicas (Doctor). Universidad Politécnica de Valencia

(Yasmeen,2019) Yasmeen, R. (2019). Top 100 City Destinations 2019 Edition.

BIBLIOGRAFÍA FOTOGRÁFICA

FIGURA 1

< <https://www.ngenespanol.com/fotogalerias/imagenes-viejas-paris-antiguo-francia/>>

FIGURA 2

< <https://sitioshistoricos.com/descubrir-lutecia-la-paris-romana/>>

FIGURA 3

< <https://warfarehistorynetwork.com/2020/01/03/joan-of-arc-siege-of-orleans/>>

FIGURA 4

<<https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr/musee-carnavalet/oeuvres/la-bastille-en-1420-chemin-route-de-vincennes-entre-la-tour-de-billy-et-la#infos-principales>>

FIGURA 5

< <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b69496655/>>

FIGURA 6

< <https://www.dhm.de/lemo/bestand/objekt/k1000001>>

FIGURA 7

< <https://hmcontemporaneo.wordpress.com/2011/05/22/621/>>

FIGURA 8

< <https://www.caracteristicas.co/revolucion-industrial/>>

FIGURA 9

< <http://consejos20182.blogspot.com/2018/12/el-motor-de-explosion-posibilito-su.html>

> FIGURA 10

< <http://revolucionindustrial.blogspot.com/2012/12/el-telegrafo.html>>

FIGURA 11

<https://historia.nationalgeographic.com.es/a/luditas-gran-rebelion-contra-maquinas-siglo-xix_14175>

FIGURA 12

< <https://www.epdlp.com/edificio.php?id=2025>>

FIGURA 13

< <https://www.ramsa.com/storyboard/project-soane>>

FIGURA 14

<<https://cajondearquitecto.com/2013/04/08/exposicion-henri-labrouste-structure-brought-to-light/>>

FIGURA 15

< <http://arxiubak.blogspot.com/2013/09/biblioteca-de-santa-genoveva-henri.html>>

FIGURA 16

< <https://historiacivil.wordpress.com/2014/03/05/the-crystal-palace/>>

FIGURA 17

< <https://web.archive.org/web/20120822200421/http://www.lib.umd.edu/artarch/exhibition/1855/gallery1.html>>

FIGURA 18

<https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Galeria-de-las-Maquinas-Exposicion-Universal-de-Paris-1889-Figura-1-Galerie_fig1_283846538>

FIGURA 19

< <http://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/635/w3-article-315150.html> >

FIGURA 20

< <http://www.worldofcoins.eu/forum/index.php?topic=34063.0> >

FIGURA 21

< <https://heraldodemadrid.net/2014/09/13/los-comienzos-de-la-exposicion-psicologia-del-visitan-te/> >

FIGURA 22

< Paris exposition (1900) : Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.^a ed). (1900). (1.^a ed.). París: Hachette. París: Hachette. >

FIGURA 23

< Paris exposition (1900) : Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.^a ed). (1900). (1.^a ed.). París: Hachette. París: Hachette. >

FIGURA 24

< Paris exposition (1900) : Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.^a ed). (1900). (1.^a ed.). París: Hachette. París: Hachette. >

FIGURA 25

< Paris exposition (1900) : Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.^a ed). (1900). (1.^a ed.). París: Hachette. París: Hachette. >

FIGURA 26

< Paris exposition (1900) : Guide pratique du visiteur de Paris et de l'exposition (1.^a ed). (1900). (1.^a ed.). París: Hachette. París: Hachette. >

FIGURA 27

< <https://journals.openedition.org/terrabrasilis/docannexe/image/3377/img-25.jpg> >

FIGURA 28

<Elaboración propia>

FIGURA 29

<Elaboración propia>

FIGURA 30

< <http://www.guiapracticaparis.com/grand-palais-petit-palais.php> >

FIGURA 31

< https://artsandculture.google.com/asset/_/LAGwhX3nfVGg8g >

FIGURA 32

< <http://biografiasarte.blogspot.com/p/palais-el-grand-palais-centro-y-el.html?m=1> >

FIGURA 33

< <https://www.archdaily.com/482135/lan-chosen-to-revamp-paris-grand-palais/5314bce1c07a8020800009f-lan-chosen-to-revamp-paris-grand-palais-photo> >

FIGURA 34

<Elaboración propia>

FIGURA 35

<Elaboración propia>

FIGURA 36

<Elaboración propia>

FIGURA 37

<Elaboración propia>

FIGURA 38

<Elaboración propia>

FIGURA 39

< <https://www.huma3.com/wp-content/uploads/2016/04/GrandPalais2.jpg> >

FIGURA 40

< https://www.bedouk.es/mediatheque/annonceur/6/7/6/0000952676_920x572.jpg >

FIGURA 41

<Elaboración propia>

FIGURA 42

<Elaboración propia>

FIGURA 43

<Elaboración propia>

FIGURA 44

<Elaboración propia>

FIGURA 45

<<http://publiditec.com/blog/lan-ganador-del-grand-palais-competition/>>

FIGURA 46

<Elaboración propia>

FIGURA 47

<Elaboración propia>

FIGURA 48

<Elaboración propia>

FIGURA 49

<Elaboración propia>

FIGURA 50

<Elaboración propia>

FIGURA 51

<Elaboración propia>

FIGURA 52

<Elaboración propia>