



Trabajo Fin de Grado

La estructura en Nervi; caso del viaducto de Roma
The structure in Nervi; case of the viaduct of Rome

Autor/es

Natalia Lajusticia Josa

Director/es

Director: Carlos Labarta
Codirector: Sergio Sebastián

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2019



**DECLARACIÓN DE
AUTORÍA Y ORIGINALIDAD**

(Este documento debe entregarse en la Secretaría de la EINA, dentro del plazo de depósito del TFG/TFM para su evaluación).

D./D^a. Natalia Lajusticia Josa , en
aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de
septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el
Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,
Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado (Título del Trabajo)
La estructura en Nervi; caso del Viaducto de Roma.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser
citada debidamente.

Zaragoza, 17 de septiembre 2019

Fdo:



LA ESTRUCTURA EN NERVI; CASO DEL VIADUCTO DE ROMA

Trabajo de fin de grado de arquitectura Autora: Natalia Lajusticia Josa

Tutores: Carlos Labarta Aizpún y Sergio Sebastián Franco Cotutora: Simona Salvo

Resumen

El Viaducto del Corso Francia (Roma) es una de las obras más importantes de Pier Luigi Nervi, no sólo a nivel constructivo y estructural sino también a nivel social, sin embargo, no ha sido estudiada con la misma intensidad que el resto de sus proyectos.

El examen de esta obra nos permite realizar un análisis de las técnicas y métodos constructivos más importantes que utiliza, y sobre los cuales investigará a lo largo de toda su carrera.

Su gran empeño por mejorar y perfeccionar diversos sistemas constructivos y estructurales será lo que le caracterice frente a otros arquitectos del momento, por ello en el Viaducto de Roma vemos esta manera de proyectar que tanto le define, intentando acercar los mundos de la ingeniería y arquitectura.

Dicha obra además, marcará su vida profesional y supondrá una clara referencia en su arquitectura posterior y en la de otros arquitectos.

Abstract

The Viaduct of Corso Francia (Rome) is one of Pier Luigi Nervi's most important works, not only at a constructive and structural level, also at a social level, however, it has not been studied with the same intensity as the rest of its projects.

The study of this work allows us to make an analysis of the most important construction techniques and methods that he uses, on which he will investigate throughout his career.

This effort to improve and refine different construction and structural systems will be what characterizes him on other architects of the moment, so in the Viaduct of Rome we see this way of designing that defines him so much, trying to bring the worlds of engineering and architecture closer together.

This work will also mark his professional life, it will be a clear reference in his later architecture and of other architects.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen

BLOQUE A: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.

1. Introducción.

1.1 Objetivos y motivación.	9
1.2 Metodología y fuentes.	10
1.3 Estructura del trabajo.	11

2. Contexto.

2.1 Pier Luigi Nervi.	13
2.2 Contexto histórico y arquitectónico.	17
2.3 Análisis de su obra.	19
2.4 Posibles antecedentes.	21

BLOQUE B: EL PROYECTO Y SU CONSTRUCCIÓN.

3. Análisis proyectual del Viaducto.

3.1 Origen y motivación de la obra.	25
3.2 El proyecto y su repercusión urbana.	26

4. Análisis constructivo y estructural del Viaducto.

4.1 Los pilares.	33
4.2 Las vigas en V.	37
4.3 Las losas.	40

5. Técnicas utilizadas y proceso constructivo.

5.1 El hormigón armado.	43
5.2 El ferrocemento.	46
5.3 Elementos prefabricados.	48

6. Diseño estructural.

51

BLOQUE C: INFLUENCIA POSTERIOR.

7. Influencia del viaducto en otros proyectos de Nervi.

7.1 Los pilares en otros proyectos dentro de su obra.	57
7.2 Las vigas en otros proyectos dentro de su obra.	61
7.3 Las losas en otros proyectos dentro de su obra.	63

8. Influencia posterior.

8.1 Influencia en Javier Manterola.	66
-------------------------------------	----

9. Conclusiones.

71

10. Bibliografía.

75

11. Anexos

BLOQUE A: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.



1. Introducción

1.1 Objetivos y motivación

1.2 Metodología y fuentes

1.3 Estructura del trabajo

1.1 OBJETIVOS Y MOTIVACIÓN

Pier Luigi Nervi fue una figura muy importante del S.XX que se movió a lo largo de toda su carrera entre los campos de la ingeniería y la arquitectura, intentando de este modo, reforzar el vínculo que existe entre la fase proyectual y de ejecución en cualquiera de sus obras.

Esto fue lo que le permitió crear sus grandes estructuras de hormigón armado y ferrocemento, que supieron hacerse hueco en ciudades de gran envergadura como Roma o Nueva York.

Mi estancia de Erasmus en Roma me permitió conocer más a fondo algunas de sus obras, como el Estadio Flaminio o el Palacio del Deporte, pero la que más me impactó fue su Viaducto en Corso Francia. De esta obra, además de su imponente estructura, llama la atención su importante papel urbanístico y de conexión, y cómo a través de los elementos que la componen, Nervi supo generar nuevos espacios en un barrio que anteriormente no funcionaba.

Sin embargo, cuando me dispuse a buscar más información sobre dicho proyecto, la única respuesta que encontré fueron menciones de no muy larga extensión en libros o artículos que analizaban su carrera.

Ante esta situación, y motivada por el hecho de poder acceder al lugar las veces que fuesen necesarias, contando además con archivos y bibliotecas italianas que contenían documentos y libros de Pier Luigi Nervi, decidí enfocar mi Trabajo final de Grado en el análisis de este proyecto.

Aunque no es una de las primeras obras que surgen en nuestra mente cuando alguien habla de Roma, se trata de una arquitectura que representa un momento duro y de cambio tanto en la capital del país como en el resto de Italia a nivel político y económico.

Por tanto, este trabajo no busca ser un resumen biográfico más sobre Pier Luigi Nervi, sino que su objetivo principal es estudiar dicho Viaducto de Roma, comenzando con una fase de un carácter más contextual, para posteriormente poder centrarse en un análisis dirigido sobre todo a su interés proyectual, estructural y constructivo.

Sin embargo, este estudio no pretende quedarse solo en el examen de sus sistemas constructivos, sino que quiere investigar también su influencia y el papel que juega tanto dentro de su obra como fuera de la misma, y en la arquitectura posterior.

1.2 METODOLOGÍA Y FUENTES

Todo el proceso metodológico comienza de manera no intencionada cuando, por motivos ajenos a los académicos, decido visitar la obra y ésta causa en mí un gran impacto arquitectónico, urbanístico y constructivo. Fue inmediatamente después cuando di el siguiente paso, poniéndome en contacto con mi tutor, quién me motivó a seguir por este camino y me puso en contacto con otros docentes de la Universidad de la Sapienza.

Simona Salvo, especialista en diseño, historia y restauración, fue la profesora de dicha universidad de Roma que codirigió en mis inicios el estudio y me orientó acerca de los lugares donde podía encontrar información útil para la primera fase de investigación.

En primer lugar se realizó una búsqueda con un carácter más general sobre quien era Pier Luigi Nervi y cómo se desarrolla su obra, utilizando como fuente principal la biblioteca general de arquitectura de la universidad de la Sapienza en Roma. Posteriormente se realiza un estudio centrado ya en el Viaducto de Corso Francia que comienza con una visita al lugar, donde se efectúa una toma de medidas, fotografías y un análisis del entorno.

Seguidamente, el proceso continúa con una nueva búsqueda, pero en este caso centrada solo en la obra que se decide estudiar, localizando información principalmente en el archivo de documentación de Pier Luigi Nervi situado en el museo MAXXI, algunas webs relacionadas con el mismo, en la biblioteca de Gianturco de la Universidad de la Sapienza y de nuevo en la biblioteca central de arquitectura de la universidad de la Sapienza.

Después de este largo proceso de recopilación se inicia una fase de selección y organización. La situación era complicada, ya que la información sobre Pier Luigi Nervi y su carrera era muy amplia, pero era muy escasa la que trataba sobre el Viaducto del Corso Francia.

Llegado este punto, surge el momento de comenzar a elaborar el trabajo en sí, donde mi labor principal fue, a partir de las numerosas visitas realizadas a la obra, el análisis de otros de sus proyectos y las técnicas constructivas que utilizaba en ellos, poder llegar a entender cómo funcionaba el viaducto y de qué manera llegó a construirlo.

Fue en este punto cuando el responsable del Archivo de Pier Luigi Nervi en el museo MAXXI me facilita numerosas fotos de obra del viaducto, elemento clave en el inicio de la realización de un contenido propio tanto teórico como gráfico, con una base más sólida.

Una vez comprendido el proyecto se inicia una nueva fase donde ya es posible realizar una vinculación entre la obra en cuestión y el resto de las mismas que realiza a lo largo de su carrera y habían sido estudiadas al comienzo del proceso de análisis.

Ante todo este ensayo no cabía en mí la contingencia de finalizarlo sin realizar ciertas conclusiones personales y una breve investigación sobre la posibilidad de que Pier Luigi Nervi, en general, y su viaducto, en particular, hubiesen sido de gran influencia en arquitectura posterior.

1.3 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo está organizado en tres bloques principales, mediante los cuales, se trata de regular toda la información para que el ensayo quede explicado de la manera más clara posible.

A su vez estos bloques se dividen en diversos puntos que procuran profundizar en mayor medida cada uno de los temas que se abordan. Finalmente se adjuntan una serie de conclusiones, bibliografía y anexos.

El primer bloque tiene como objetivo, por un lado, introducir la finalidad, metodología y motivaciones que impulsan al autor a desarrollar este trabajo, y por otro, contextualizar brevemente la obra estudiando al proyectista, su carrera, el momento histórico y arquitectónico en el que se encuentran y las posibles influencias que haya podido adoptar de otros arquitectos anteriores.

Una vez comprendido esto, es sencillo dar paso al segundo bloque donde se analiza el Viaducto de Corso Francia de Nervi proyectual y estructuralmente en tres puntos principales. El primer punto se centra en la importancia del proyecto, cuál fue su origen, motivación y posterior repercusión urbana. De este modo en el segundo punto es posible analizar cada una de las principales partes estructurales que lo componen, para así en el tercero, poder desarrollar las técnicas y el proceso constructivo utilizado en cada una de ellas, tratando siempre de abordar todas las cuestiones desde los aspectos más generales a los más concretos. Por último, el bloque finalizará con un análisis estructural.

El tercer bloque sin embargo, estudia brevemente y desde una perspectiva más personal, la repercusión que tuvo el proyecto analizado, técnica y constructivamente, en otras obras posteriores tanto del autor como de otros arquitectos ajenos a él.

Finalmente se exponen una serie de conclusiones propias sobre la obra de Pier Luigi Nervi, sus técnicas y estructuras utilizadas y una breve reflexión sobre la relación entre forma y función en el caso del viaducto.

Se adjuntará también una bibliografía para ofrecer la posibilidad de ampliar los conocimientos sobre el tema estudiado y dos anexos, uno con todas las fotografías de obra recopiladas y otro con imágenes de autor que hablan sobre el estado actual del Viaducto.

2. Contexto

2.1 Pier Luigi Nervi

2.2 Contexto histórico y arquitectónico

2.3 Análisis de su obra

2.4 Posibles antecedentes

2.1 PIER LUIGI NERVI

Pier Luigi Nervi fue una de las figuras más importantes del Siglo XX en los campos de la ingeniería y la arquitectura, desplazándose a lo largo de toda su carrera entre ambos. Su principal objetivo era el de restaurar una unidad que combinase tanto la idea y el proyecto, como su posterior construcción y ejecución.

Como consecuencia inició un proceso de mediación y aproximación entre las funciones del ingeniero y el arquitecto, intentando así conciliar también la rama más humanística y la más técnica, fomentando un cierto acercamiento entre el cliente, el proyectista y el constructor.

Nervi entendía que como consecuencia de este acto de conciliación, el arquitecto debía tomar un papel de director tanto en los aspectos proyectuales, como en los de construcción y ejecución.

Sin embargo, a lo largo de toda su carrera nunca utiliza simples cálculos matemáticos para valorar sus estructuras, sino que siempre los combina con un proceso más amplio de diseño e intuición. Su obra siempre se centró en elementos constructivos no demasiado complejos que generaban distintos espacios y a su vez daban lugar a la forma.

A lo largo de toda su obra destaca su ardiente empeño por investigar nuevas técnicas constructivas, siendo el ferrocemento¹ una de las más utilizadas, combinadas también con el uso de otras ya existentes, como en su caso, algunas piezas prefabricadas.

Biografía

Pier Luigi Nervi nace en Sondrio, una pequeña ciudad al norte de Italia, el 21 de junio de 1891. Durante ese periodo Italia era una joven nación que se abría absolutamente al progreso. Nervi se crió en el seno de una familia burguesa media de finales del ochocientos. Estos años serán muy intensos políticamente hablando.

Comienza sus estudios en el Liceo como cualquier otro niño, pero con 19 años su pasión por la aviación le acerca al mundo de la ingeniería. Como consecuencia se trasladará a Bolonia, donde se encuentra una de las mejores universidades de ingeniería del país, para realizar allí sus estudios. Además la formación que recibe no es solo de carácter técnico ya que su escuela imparte también diversas materias con una naturaleza más artística y humanista, que hacen que Pier Luigi Nervi se interese más por el campo de la arquitectura.

Nada más terminar sus estudios comienza a trabajar con Attilio Muggia², quién ya destacaba en sus obras por el uso del Hormigón armado. Pero su carrera se ve interrumpida durante un tiempo ya que Italia entra en Guerra y Pier Luigi Nervi es enviado al frente, allí comienza su toma de contacto con los dispositivos aéreos.

Una vez terminada la Guerra se establece en Florencia donde trabajará con la Sociedad de Ingenieros de la misma ciudad desde 1919, hasta 1923. Será un periodo muy dinámico en el que realizará

1."Material constituido por un mortero de cemento fuertemente armado con hilos de acero de pequeño diámetro o con tela metálica de malla fina en varias capas."

2."Arquitecto e ingeniero italiano pionero en la construcción con hormigón armado."

diversos proyectos con sus colegas, como el *Puente sobre el río Cecina* o el *Observatorio de Arcetri*.

Los inicios de su actividad profesional tienen lugar en un periodo en el que Italia se encuentra en medio de trastornos políticos, económicos y sociales causados en parte por las consecuencias desfavorables de los tratados de paz que pusieron fin a la Gran Guerra³. Según algunos, el compromiso de los jóvenes estados con aquellos ganadores de la guerra, no se recompensa correctamente y este sentimiento generará en parte los primeros signos de una gran crisis del régimen. Benito Mussolini, que en ese momento tenía un pasado como gran opositor, se aprovecha de esta situación y comienza su conquista del poder. El 31 de octubre de 1922 es nombrado para formar gobierno, y en 1924 Italia ya sufre un sistema dictatorial que caerá solo cuando termine el gobierno de la república de Salò⁴.

En estos primeros años de Nervi en Florencia su actitud es muy entusiasta y dinámica, pero la situación política produce una división en la sociedad de Ingenieros. Por diversos motivos Pier Luigi Nervi termina formando parte del Sindicato Nacional de Ingenieros, afiliado a la confederación fascista. Pero en 1923 tomará distancia con este organismo y junto con Nebbiosi⁵ formarán su propia Sociedad de Ingenieros.

En este periodo de su vida será en el que se case con su mujer Irene Calosi⁶, la cual le apoyará durante toda su carrera y con la que posteriormente tendrá cuatro hijos.

Por otro lado, todos estos años de unión con Nebbiosi son muy fructíferos para él, ya que es en esta etapa cuando completa su formación tan polivalente. Con él explorará la capacidad estructural del hormigón armado, ya que realizarán proyectos de distinta naturaleza (cines, teatros, edificios industriales...) en los cuales llevan a cabo grandes estructuras de hormigón, a veces escondidas tras una ornamentación más clásica.

Será en 1926 cuando proyecta y construye su primera estructura de notable complejidad ejecutiva, el cine/teatro Augusteo en Nápoles.

Posteriormente se trasladará a Roma, allí, junto al arquitecto Giuseppe Caponi⁷ realizará el edificio del Tiber Arnaldo da Brescia (1928-1930), donde vivirá el resto de sus días. En este proyecto vemos un claro progreso estilístico, la ornamentación ya no es como antes, sino que se va simplificando. Además también cabe destacar el uso de la escalera helicoidal para organizar el espacio interno. El interés por la escalera será algo que caracterizará muchos de sus proyectos posteriores.

Contemporáneamente Mussolini promueve una intensa política del deporte orientada a crear una juventud ideal y sana, y por ello propone varios proyectos para nuevos estadios (veremos que una gran parte de la obra de Nervi es arquitectura deportiva). Uno de los proyectos que le otorgan junto a Nebbiosi es el Nuevo Estadio de Florencia, su primer trabajo con interés internacional. Mientras que en sus obras anteriores la estructura quedaba escondida tras el ornamento, es la primera vez que vemos no solo como no la esconde, sino cómo se siente orgulloso de mostrarla.

3. I Guerra Mundial

4. Repùblica Social Italiana.

5. Arquitecto e ingeniero Italiano especializado en grandes estructuras de hormigón armado.

6. Esposa de Pier Luigi Nervi, quien estuvo toda su carrera al margen pero apoyándolo.

7. "Arquitecto, urbanista y pintor establecido en Roma pero muy activo en toda Italia".

Algo cambia en la forma de pensar de Nervi, y después de esta obra, en 1932 decide unirse al ingeniero Giovanni Bartoli⁸ y crear una sociedad. Es un momento en el que también el régimen fascista no para de proponer concursos de diversa naturaleza arquitectónica que hacen que su imaginación esté siempre activa. Junto a Bartoli, realizaban maquetas de todas esas grandes y novedosas estructuras que se les pasaban por la cabeza, y con ellas comprobaban si su diseño estructural verdaderamente funcionaba.

Son también muchas las empresas privadas que se suman a este modo de publicidad de hacer ver a la población su grandeza e importancia y por tanto proponen nuevos proyectos arquitectónicos de gran envergadura. De todos estos proyectos el que más le entusiasma es el de un hangar, donde comienza a estudiar nuevas técnicas estructurales con ferrocemento.

Pero posteriormente llega la República de Salò (1943), y con ella el cese de toda esta arquitectura que promovía el régimen fascista. Son unos años en los que Nervi se centrará en sus estudios con maquetas y distintos materiales.

Será un tiempo después (1948), cuando veamos con la inauguración del Palacio de Turín su consagración definitiva gracias a un leguaje arquitectónico original y una técnica perfecta. La complejidad de este proyecto se encontraba en el breve tiempo de ejecución que tenía, el cual solventó utilizando piezas prefabricadas de ferrocemento.

A su carrera de arquitecto e ingeniero suma además un periodo en el que trabaja como docente y conferencista, aunque también habrá un momento en el que su vida laboral se verá afectada por la familiar, ya que dos de sus hijos se gradúan en arquitectura y otro en ingeniería, formando así un estudio con ellos enfocado al diseño de proyectos y reservando la sociedad con Bartoli para aspectos más constructivos.

Durante los años 50 realiza numerosas obras, tanto propias como en colaboración con otros arquitectos, y todas ellas destacan por su madurez y sus magníficos sistemas constructivos. Pero de todas, las más emblemáticos son la sede de la UNESCO en París (1952-1958), que realiza junto con Marcel Breuer⁹ y Bernard Zehrfuss¹⁰ y todas las intervenciones que realiza en Roma debido a los Juegos Olímpicos. Se trataba de una intervención urbana completa en un área cercana a un lugar tan emblemático de Roma como es la Plaza del Poppolo, allí, junto al despacho que tiene con sus hijos realizan el Palacete de los deportes, el Estadio Flaminio, el Palacio del deporte y el Viaducto del Corso Francia. Aquí vemos claramente como utiliza todas las respuestas posibles que pueden darle los elementos estructurales prefabricados de ferrocemento.

Todas estas obras hacen que Nervi adquiera una gran fama y comience a trabajar con arquitectos, ingenieros y estructuristas de gran importancia. Vemos también como a lo largo de toda su carrera va utilizando los mismos elementos constructivos, pero cada vez más pulidos en diversas obras, como por ejemplo con el caso de las columnas de sección variable. Todos sus proyectos parecen un constante desafío a la física y las leyes de la naturaleza.

8. "Ingeniero que desarrolló a lo largo de toda su carrera una importante investigación formal con el hormigón armado."

9. "Arquitecto y diseñador industrial húngaro. Uno de los principales maestros del movimiento moderno"

10. "Arquitecto francés licenciado en la escuela de Bellas Artes de París. Destacan en su obra las construcciones industriales".

Su extensa carrera, que no descansa desde 1946 hasta 1979 (cuando muere), demuestra también el optimismo de los años 30, cuando el progreso y la industria parecen imparables. Si que es verdad que Nervi era un arquitecto polifacético y muy versátil, pero esta gran combinación era en parte gracias también a todos los profesionales que le ayudaban y realizaban los proyectos con él.

Su obra también es reconocida internacionalmente, y su figura gana cada vez más importancia, por ello la sociedad central de arquitectura de Bélgica le pide que forme parte de su comité honorario para los eventos realizados con el nacimiento de Victor Horta¹¹. Y en Italia, como coronación de su carrera, le encargarán una sala de audiencias capaz de albergar a todos los peregrinos que llegan al Vaticano. Nervi, como gran aficionado a la arquitectura religiosa, consigue imponer una visión deliberadamente contemporánea y al mismo tiempo respetuosa.

Los astilleros olímpicos establecieron definitivamente su influencia internacional. Los Estados Unidos se convierten en uno de sus destinos favoritos, donde realiza grandes obras como la catedral de Santa María en San Francisco (1963-1971) o el estadio de hockey sobre hielo de Dartmouth College en Hanover (1967-1976). Nervi terminará su viaje en Canadá, donde realizará la torre de la Bolsa de Valores en Montreal en colaboración con Luigi Moretti¹². Gracias a él, la escuela italiana se impone al otro lado del Atlántico.

Fuera de los Estados Unidos, también realiza algunos proyectos en Sudáfrica, Brasilia, Ankara o Ginebra, a pesar de su avanzada edad y sus problemas de salud. Durante 1974 su compromiso con el estudio se vio obligado a disminuir, pero fue en 1977 cuando llegó definitivamente a retirarse.

En su última década de vida recibió varios premios, superando gracias a su ingenio, barreras políticas y económicas.

En 1979 fallece rodeado de su familia, y muy pronto el que era su estudio, comienza a tener bastantes problemas debido al riesgo de algunas decisiones que se toman, pero todo culmina poco tiempo después cuando fallece también su hijo Antonio, quién había quedado al cargo de todo.¹³

11. "Arquitecto Belga conocido mundialmente por ser uno de los precursores del Art Nouveau."

12. "Arquitecto italiano con una trayectoria de gran importancia que estudia e investiga la calidad espacial y formal en la arquitectura."

13. Datos biográficos obtenidos del libro: "Pier Luigi Nervi, architettura come sfida".

2.2 CONTEXTO HISTÓRICO Y ARQUITECTÓNICO

Contexto histórico.

El S.XX en Italia es muy intenso políticamente hablando, por lo que Nervi conocerá diversos regímenes políticos en muy poco tiempo debido a las dos guerras mundiales que estallan junto con diversas crisis económicas.

Cuando estalla la Primera Guerra Mundial (1914), Italia decide no intervenir demasiado, pero más tarde presionada por algunos grupos nacionalistas y de izquierdas declara la guerra a la Triple Alianza¹⁴. Sin embargo cuando esta guerra termina (1918), el país queda en un estado crítico y vulnerable que el joven Benito Mussolini, que en ese momento tenía un gran pasado como opositor, aprovecha para subir al poder.

En 1922 es nombrado para formar gobierno y en 1924 comienza su sistema dictatorial, que no cesará hasta 1945. Será un periodo en el que la arquitectura esté muy ligada a la política, durante todos estos años en Italia se invirtió mucho dinero en la arquitectura enfocada a mejorar los servicios y engrandecer la nación, pero en muchas ocasiones, el objetivo era construir nuevos edificios que casi a modo de publicidad reflejasen el poder del gobierno, por ello continuamente se convocaban grandes concursos que dejaban volar la imaginación de Nervi.

En 1939 estalla la Segunda Guerra Mundial en la que Italia se ve totalmente inmersa en 1940, durante 6 años el país no cesa de participar en diversas batallas hasta que en 1945 la Guerra termina y Mussolini es asesinado. Este conflicto deja un periodo de posguerra lleno de crisis políticas y económicas.

Tras este periodo de tensión política, en 1946 se celebra un referéndum que pondrá fin a la monarquía y dará lugar a la República Italiana y la redacción de la nueva Constitución de 1948. En estos momentos Italia era un país afectado económicamente por la guerra y con una nueva y débil democracia amenazada en parte por la OTAN¹⁵.

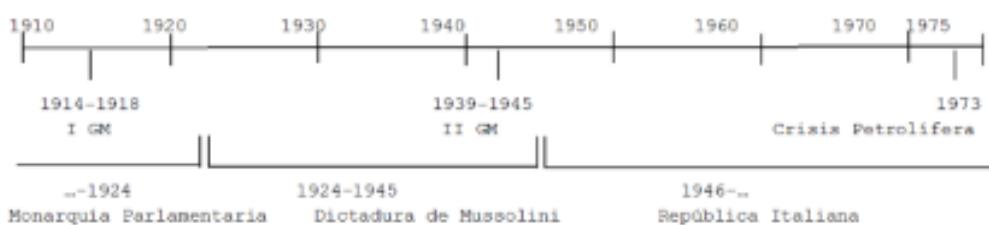
Sin embargo poco a poco fue recuperándose económicamente hasta los años 70 en los que el país se ve afectado por una crisis social que se fusionará en el 73 con la crisis petrolífera que pondrá fin a este auge.¹⁶

14. "Coalición inicialmente integrada por el Imperio alemán y el Imperio austro húngaro."

15. Organización del Tratado del Atlántico Norte.

16. Datos históricos obtenidos del libro "Pier Luigi Nervi" y de la web: <https://latam.historyplay.tv/biografias/benito-mussolini>".

Esquema de autor



Contexto arquitectónico

Toda la obra de Nervi se desarrolla a lo largo del S.XX, un periodo en el cual el racionalismo¹⁷ se impone en el panorama arquitectónico mundial con diversidad en obras y teorías, pero con un mismo denominador común; la defensa de la simplicidad de las formas y la supremacía de la función frente a la forma.

Sin embargo Pier Luigi Nervi, uno de los arquitectos más importantes del panorama internacional en el siglo XX, consigue salirse de este molde. Su obra se enfoca principalmente en una arquitectura centrada en la estructura pero sin dejar de lado su formación más humanista, consiguiendo así la perfecta simbiosis entre arte y construcción.

Pier Luigi Nervi, por tanto, contribuye a la ruptura de los paradigmas formales del racionalismo, lo que nos hace reflexionar sobre la trascendencia que puede llegar a tener en la arquitectura la investigación de temas estructurales y la influencia que tienen en el lenguaje. A través de sus innovadoras soluciones constructivas consigue alcanzar una gran elegancia en sus obras que se convierten en iconos de una nueva arquitectura admirada internacionalmente.

Es inevitable caer en la comparación de Pier Luigi Nervi con su contemporáneo Eduardo Torroja¹⁸, quién también se centrará en el estudio de diversas técnicas estructurales a lo largo de toda su carrera, sin embargo, la concepción que tienen ambos es distinta. Mientras que Torroja utiliza la estructura para conseguir una continuidad y una unidad tanto espacial como lumínica, Nervi no se centra en este aspecto, vemos como en sus proyectos los elementos constructivos se repiten continuamente haciendo prácticamente de esta idea casi de montaje la principal protagonista de su obra.¹⁹

17. "Corriente constructiva desarrollada en Europa en los años treinta que conjuga lo estético con lo funcional."

18. "Ingeniero de caminos, profesor, constructor e investigador español. Fue uno de los máximos especialistas mundiales de su tiempo en construcción con hormigón.

19. Datos sobre su obra obtenidos del libro: "Pier Luigi Nervi, una scienza per la architettura".



Img 1. Hangares de Orvieto, Pier Luigi Nervi

Fuente:
<http://artchist.blogspot.com/2017/05/.html>

Img 2. Frontón Recoletos de Madrid, Torroja Fuente:
<http://www.diedrica.com/2013/11/.html>

2.3 ANÁLISIS DE SU METODOLOGÍA Y OBRA

El análisis del trabajo de Nervi hoy, nos recuerda un problema recurrente de la arquitectura: la relación entre ingeniería y arquitectura. Es necesario comenzar desde aquí para poder formular la pregunta: ¿cuáles son las razones del éxito arquitectónico de un ingeniero como Pier Luigi Nervi?

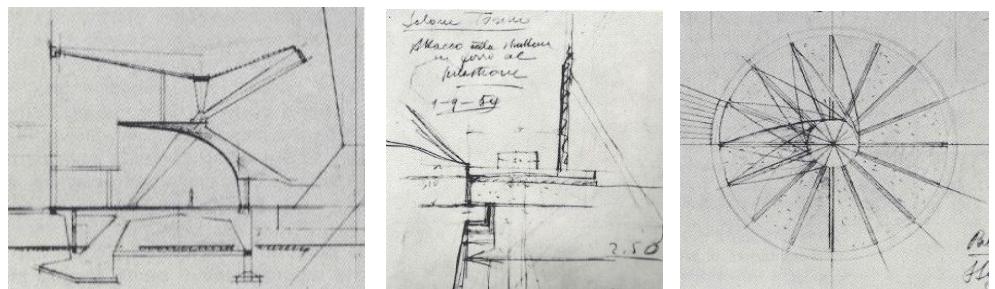
Nervi alcanza y mantiene su resultado a través de los medios proyectuales que utilizaba, desarrollando diseño y técnica al mismo tiempo y con igual importancia. Como consecuencia de esto se produce la falta de interés en la profundización del propio lenguaje arquitectónico, el cual considera ya resuelto mediante el uso del cálculo derivado de las leyes de la naturaleza, y por lo tanto, confía en las formas clásicas de la arquitectura para poder dedicarse libremente al estudio de sus prestigiosas secciones estáticas.

Pier Luigi Nervi nunca se centró en los complejos cálculos estructurales de sus obras, sino que a partir de cálculos más sencillos se centraba en el diseño de sus estructuras, sobre todo en sección, para posteriormente probar su eficiencia en distintas maquetas.

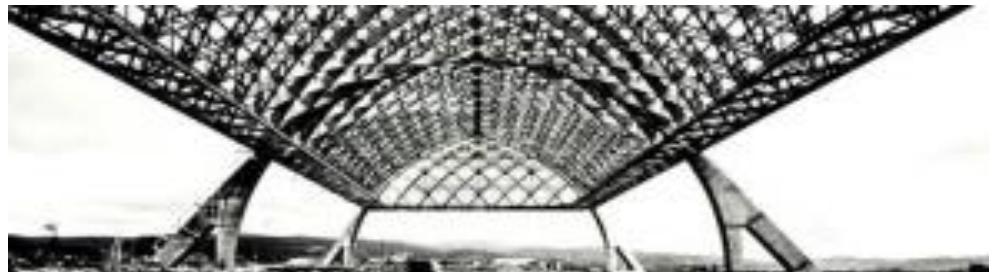
Si analizamos sus dibujos nos damos cuenta de que la perspectiva que utiliza es casi siempre central, refleja el proceso de diseño de Nervi para pensar en el edificio en sección, en el plano en el que es más controlable el equilibrio de fuerzas. En los bocetos iniciales de los sistemas estáticos se identifica los elementos clave de los miembros y unos pocos cálculos numéricos en la parte inferior, controlando el tamaño.

Presenta en términos de una economía funcional, su método de diseño y sus teorías, que son capaces de manifestarse con evidencia y con una facilidad increíble. De este modo alcanzan el resultado de una belleza formal natural: el sentimiento inconsciente de que todo está en el lugar correcto de la mejor manera que uno se siente. (Los hangares de Orvieto y Orbetello de 1939, o dentro del pabellón C de Torino Esposizioni de 1949).

Algunos croquis de Pier Luigi Nervi
Fuente: "Pier Luigi Nervi, Una scienza per l'architettura".



Hangar de Orbetello,
Fuente:
<https://www.pinterest.es>



Finalmente notamos el hecho de que los años de la producción más importante de P.L. Nervi son los años 50 y principios de los 60, por ello podemos plantear la hipótesis de que la singular congruencia de su arquitectura con la imagen de la nueva Italia de posguerra no es casual: Italia de reconstrucción, recuperación económica y milagro económico. Sus obras fueron los monumentos de esa sociedad y sus elecciones sociales y económicas: la racionalización industrial, la actualización productivista se celebran en las cubiertas elegantes y clásicas de los pabellones de Torino-Esposizioni (1949). Y luego oficinas, fábricas y rascacielos para Fiat, Pirelli, Galbani, Gatti, Burgo.

Pero también los edificios de la celebración de Italia para el gran evento de los Juegos Olímpicos de Roma y para Italia'61.

Sus proyectos se entendían casi como un gran montaje de elementos prefabricados que hacían posible esta arquitectura económica y con un tiempo de ejecución tan breve.

Más tarde, como cumbre a su carrera, estará a cargo de la sala de audiencias en el Vaticano. La secuencia de trabajos también registra fielmente las fases de la recesión nacional con la evidente expansión de la clientela internacional durante la década de 1960, hasta la entrada de la capital petrolera.²⁰

20. Datos sobre su obra obtenidos del libro: "Pier Luigi Nervi, una scienza per la architettura".

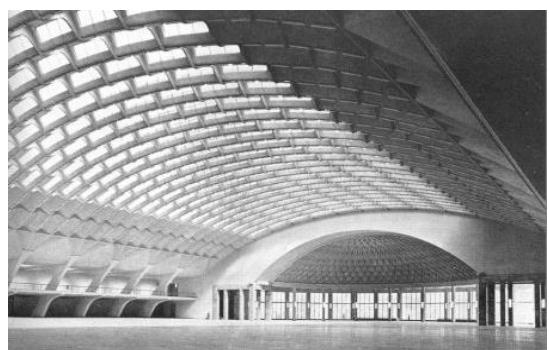
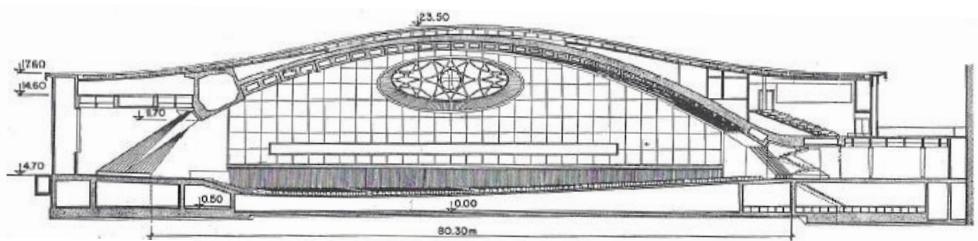


Fig 1. Fuente: "Pier Luigi Nervi, Una scienza per l'architettura". Sala di audiencias del Vaticano

Fig 2. Pabellones de Torino-Esposizioni
Fuente: Mario Carrieri

Fig 3. Fábrica de papel del Burgo
Fuente: Mario Carrieri - MAXXI

2.4 POSIBLES ANTECEDENTES

La obra de Pier Luigi Nervi no compartía muchas similitudes con el movimiento arquitectónico que se desarrolló contemporáneamente en Italia, sin embargo sí que podemos apreciar cierta influencia de la arquitectura tradicional romana e italiana. La comparación más inmediata se establece con las investigaciones que realizó Brunelleschi²¹ para el proyecto de su doble cúpula de la iglesia de Santa María del Fiore (muy revolucionarias en su momento), o con algunas de las investigaciones realizadas por Borromini²² y Guarini²³.

Pero indudablemente, la relación más directa que podemos hacer con otros autores que influenciaron su obra y manera de pensar es con Freyssinet²⁴ y Maillart²⁵, dos brillantes ingenieros.

21."arquitecto, escultor y orfebre renacentista italiano."

22."arquitecto italiano, considerado uno de los máximos exponentes del barroco italiano."

23."arquitecto italiano que destacó en la época barroca por sus proyectos complejos e imaginativos".

24."ingeniero civil y estructural francés que se consideró pionero e impulsor en el pretensado de las estructuras de hormigón."

25."ingeniero civil suizo considerado uno de los precursores del hormigón armado."

Por un lado vemos como el hangar de Orly (obra de Freyssinet) y sus técnicas y procesos constructivos, influencian directamente a Pier Luigi Nervi y su manera de entender la arquitectura, recalando el importante papel que la estructura y la construcción juegan en ella.

Del mismo modo la sensible belleza y ligereza de las bodegas y los puentes de Maillart también serán un referente para su obra, sobre todo en sus grandes pero ligeras cúpulas que tanto le caracterizan.

De estos dos últimos ingenieros también tomará prestada la actitud profesional atípica de los diseñadores y constructores, quienes lo convirtieron en el punto de mira de todas las críticas, las cuales supo frenar con su brillante resolución de problemas técnicos y sus insuperables logros constructivos.

Sin embargo, estos previos no deben restar mérito a nuestro autor. Pier Luigi Nervi fue esencialmente un autodidacta, que aunque tomó prestada la experiencia de otros, supo crear una obra llena de originalidad y fecundidad, siendo el primero en aplicar la escala estructural propia de la ingeniería a su obra arquitectónica, llenándola de este modo de verdad y belleza.

Puente de Schwandbach
Fuente:
www.historiacivil.cl

Hangares de Orly
Fuente: archivo arquiscopio (web)



BLOQUE B: EL PROYECTO Y SU CONSTRUCCIÓN.



3. Análisis proyectual del Viaducto.

3.1 Origen y motivación de la obra.

3.2 El proyecto y su repercusión urbana.

3. ANÁLISIS PROYECTUAL DEL VIADUCTO.

3.1 ORIGEN Y MOTIVACIÓN DE LA OBRA.

Durante mucho tiempo el distrito de Flaminio (muy cercano a la Piazza del Popolo) se había convertido en una zona muy activa debido a las actividades deportivas que se desarrollaban en él (desde partidos de fútbol hasta carreras de atletismo y de caballos). Sin embargo durante los años cuarenta y cincuenta la zona sufre una fuerte degradación debido al aumento de chabolas que se asentaron.

Pero a finales de los años cincuenta, una vez ya superada la guerra, Italia se encuentra en un momento de recuperación económica, el país, y sobre todo su capital, quiere recuperar el papel que le corresponde entre las ciudades más importantes del mundo y se convierte en uno de los aspirantes para celebrar las XVII Olimpiadas. Finalmente Roma florece como el candidato ganador para realizar este evento deportivo, lo que supondrá la construcción de nuevas infraestructuras deportivas en la ciudad.

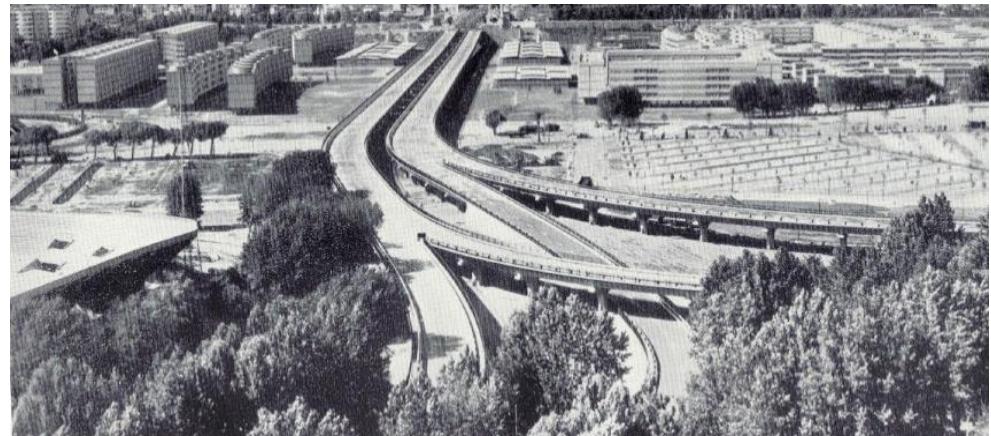
La vecindad del Foro Mussolini²⁶ con el barrio Flaminio favoreció la elección de esta área como una de las más importantes donde se realizarían numerosas intervenciones. La Villa Olímpica, el Palazzetto dello Sport, el estadio Flaminio o el viaducto monumental de Corso Francia fueron las más importantes.

El área de Flaminio, tan degradada anteriormente, adquirió una renovada vida gracias a esta nueva arquitectura. El distrito aumentó notablemente su población ya antes de los Juegos Olímpicos, convirtiéndose en una de las mejores opciones de residencia pública en Roma.

26. Complejo deportivo que mandó construir Mussolini en 1928.



Situación previa del barrio.
Fuente:
"<http://divagarquitectura.blogspot.com/>".



Nuevo Viaducto
Fuente: "Pier Luigi Nervi, Costruire Correttamente".

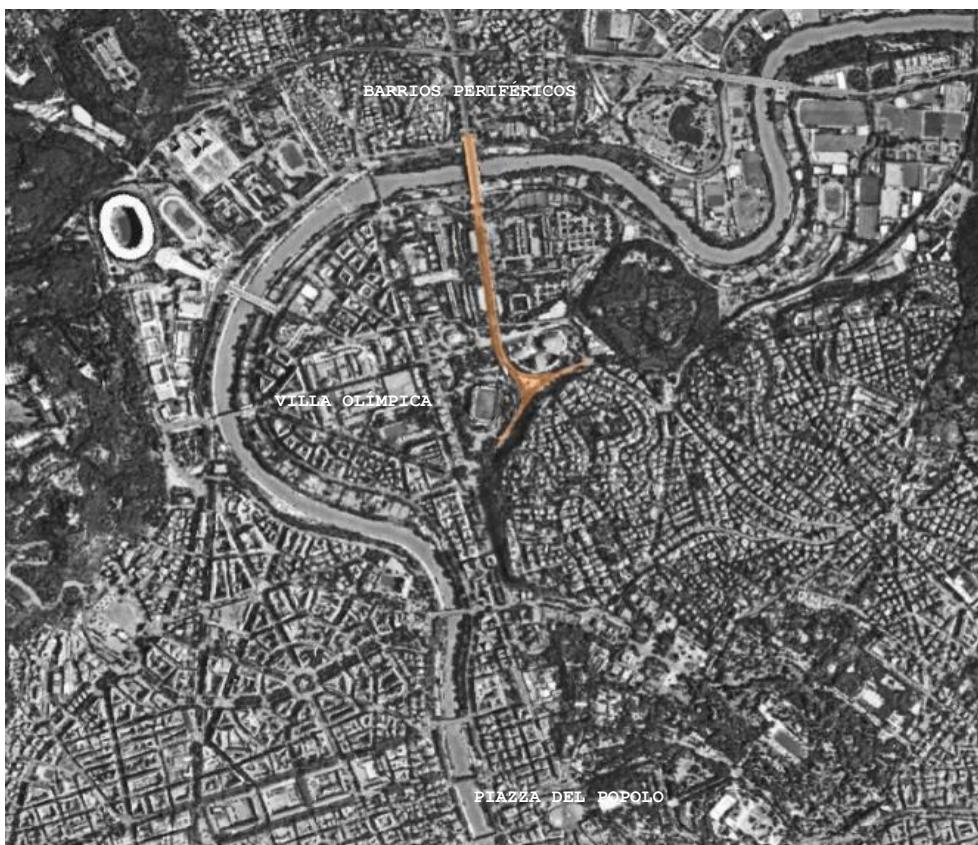
3.2 EL PROYECTO Y SU REPERCUSIÓN URBANA

La construcción del viaducto fue asignada a los ingenieros Pier Luigi Nervi y Giovanni Bartoli²⁷ con un retraso muy grande respecto a su fecha de inauguración. El compromiso, que en un inicio parecía imposible, de realizar la gran obra a tiempo, finalmente se respeta gracias a su gran organización basada en la perfecta combinación entre elementos prefabricados y moldeados "in situ".

El viaducto del Corso Francia, construido entre 1958 y 1960, fue diseñado con la ayuda de Adalberto Libera²⁸, Luigi Moretti²⁹, Vincenzo Monaco³⁰ y Amedeo Luccichenti³¹, sin embargo, la parte estructural recayó en Pier Luigi Nervi y Giovanni Bartoli.

Uno de los principales objetivos de esta intervención, era el de coser la periferia con el centro de la ciudad y ambas orillas del río Tiber, con la finalidad de mejorar la conexión de esta nueva área olímpica con el corazón urbano. Dicha infraestructura tiene una longitud total de un kilómetro y controla toda la Villa Olímpica³² desde una cota superior manteniendo de esa manera su continuidad a nivel peatonal.

Es una de las principales soluciones para regular el tráfico de vehículos en el norte de Roma, esta estructura permitirá un acceso más rápido al distrito desde Via Flaminia y Via Cassia. Sin embargo el recorrido que sigue no es nuevo, sino que se basa en el sistema ya existente de carreteras pero con la función de elevar el tráfico de mayor velocidad a una altitud superior, liberando de esta manera la conexión entre ambas partes de la Villa Olímpica a nivel terrestre.



27. "Ingeniero que desarrolló a lo largo de toda su carrera una importante investigación formal con el hormigón armado."

28. "Arquitecto destacado del movimiento moderno italiano".

29. "Arquitecto con una trayectoria que evoluciona desde posiciones más monumentalistas, pasando por otras racionalistas para terminar con obras completamente libres."armado."

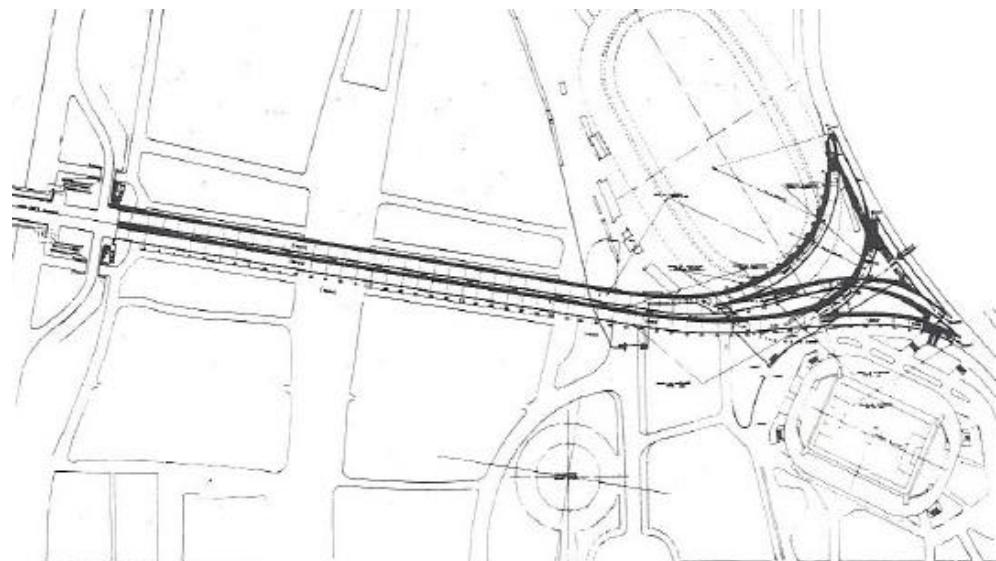
30. "Arquitecto italiano que trabaja durante prácticamente toda su carrera con Amedeo Luccichenti".

31. "Arquitecto italiano que a lo largo de toda su carrera se centra en la luminosidad de sus fachadas preocupándose por los materiales y las formas empleadas."

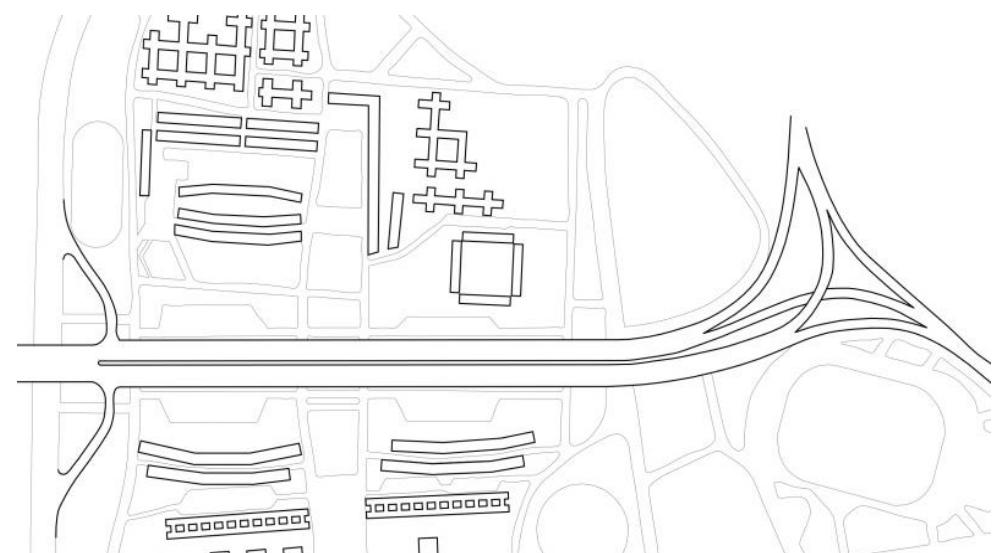
32. "Instalación creada para albergar a los atletas que van a participar en los Juegos Olímpicos".

Imagen de autor.

Fuente: "Una scienza per l'architettura".



Dibujo de autor



Fuente: "Pier Luigi Nervi, Costruire Correttamente".



Nervi no solo juega un papel importante en el diseño de la estructura sino que también se ocupa de todos los problemas ejecutivos, incluido el estudio del entorno de la obra y cómo afectaría ésta al mismo.

Este importante hito que dividía la Villa Olímpica en dos partes, se convierte con los intradós de sus bahías y sus formidables pilares, en una composición arquitectónica que define el barrio y sus espacios, delimitando además de este modo un paseo cubierto, bajo el cual fueron planteadas diversas tiendas en el proyecto inicial, pero que finalmente fueron sustituidas por parques infantiles y espacios abiertos.

Estos lugares fueron pensados con una visión de futuro, asimilando que ese barrio iba a adoptar un carácter residencial más tarde y con la intención de servir a las familias que se establecerían en las viviendas sociales, las cuales se pensaban implantar en las residencias que se plantearon inicialmente para los deportistas.

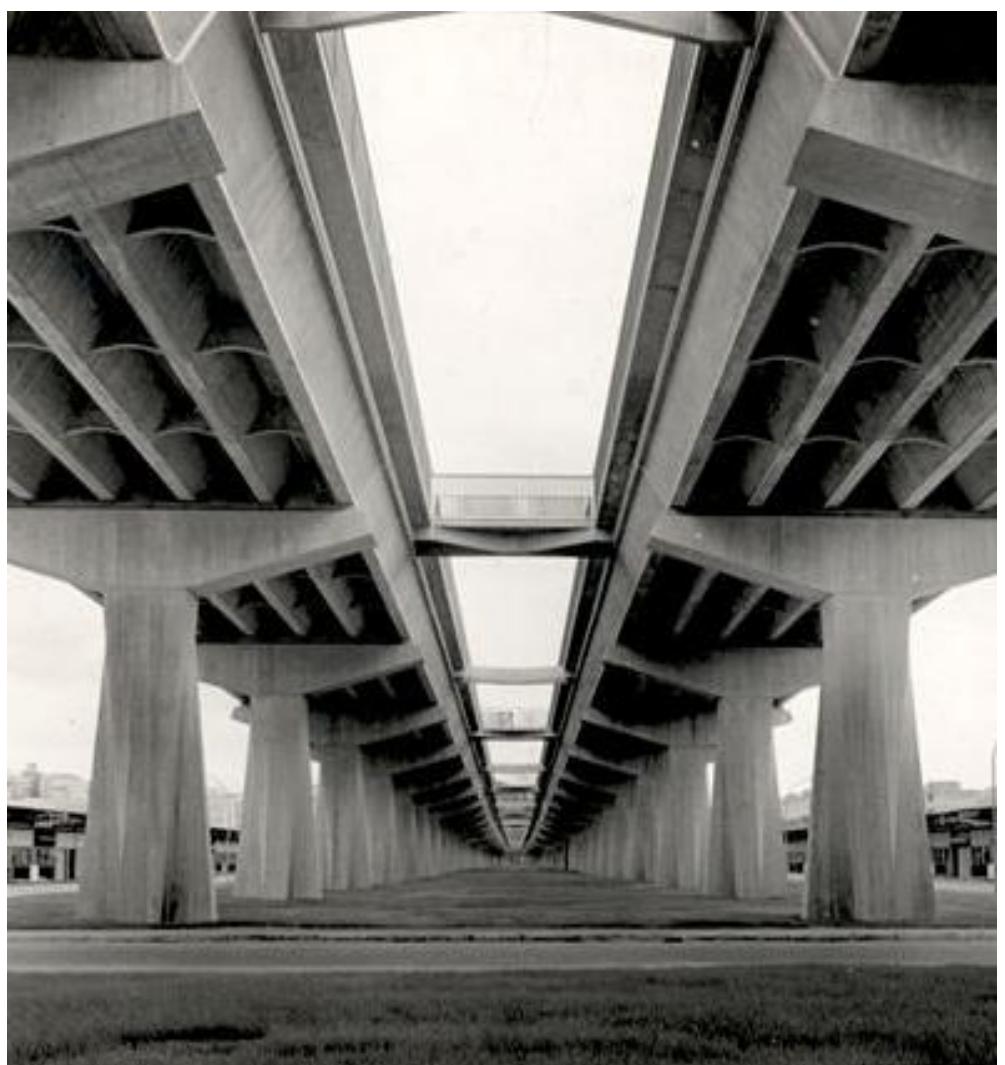


Fuente:
["http://divagarquitectura.blogspot.com/".](http://divagarquitectura.blogspot.com/)

El viaducto del Corso Francia tiene una longitud aproximada de un kilómetro compuesto por dos pistas separadas con una anchura total de 10,5 metros cada una. A lo largo de todo el recorrido dichos caminos están separados por una brecha continua de 5 metros interrumpida cada 48m por pasarelas que conectan ambos lados.

Un proyecto de tal envergadura podría haber supuesto una gran barrera que dividiese el barrio, ya que la luz que había que salvar era muy amplia y los elementos estructurales necesarios para ello muy potentes, sin embargo Pier Luigi Nervi supo elaborar un diseño que fuese permeable y a pesar de estar conformado por un gran número de pilares, no perdiese su carácter unitario. La irregularidad en la forma de sus pilares y los quiebros de luz que se producían en los mismos hizo que el viaducto no fuese un obstáculo para los peatones, sino que era amable con ellos y la repetición de los mismos sistemas y elementos estructurales ayudó a no perder esa percepción de unidad.

Con el objetivo de distribuir mejor el tráfico, en el último tramo, cada carretera se bifurcaba en dos ramas, obteniendo así dos rampas de acceso y dos rampas de salida. Estas cuatro ramas curvilíneas nunca intersectan en el mismo nivel y siguen el desarrollo de un clostoide siempre con un radio mínimo de 80 metros.

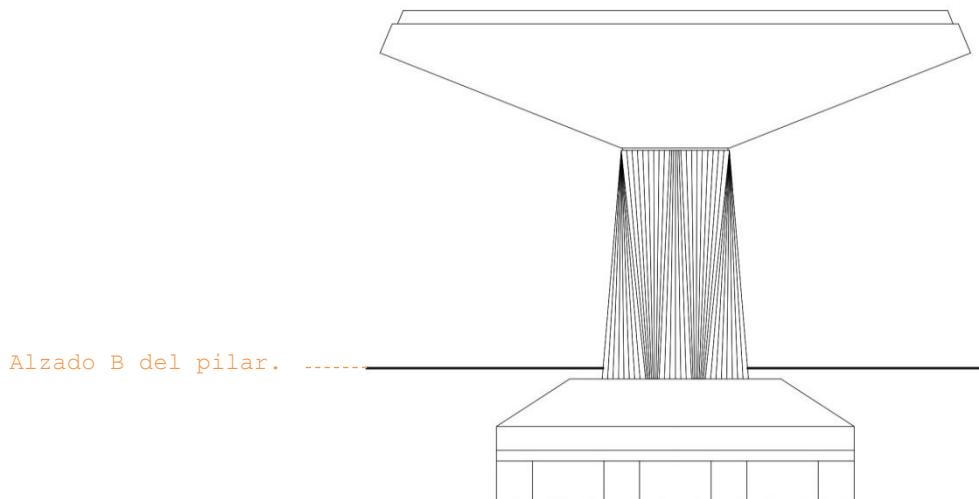
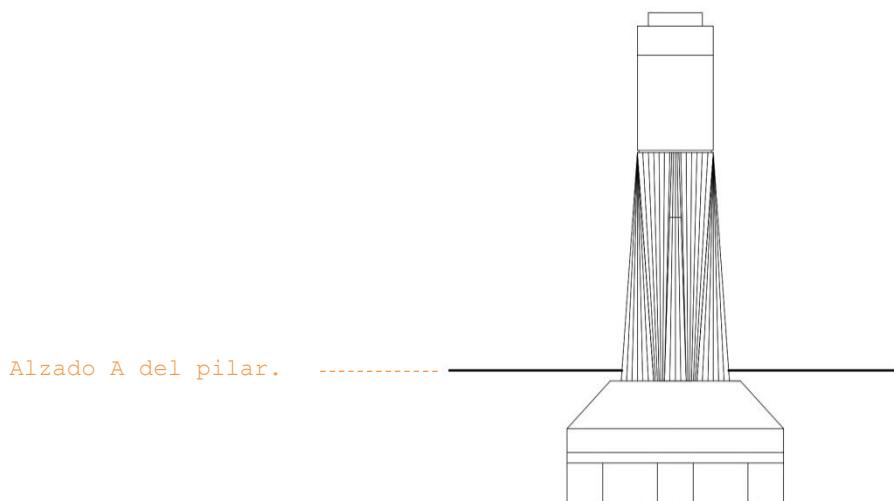


Fuente: "Una scienza per l'architettura".

4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO.

Una de las soluciones que madura Pier Luigi Nervi es el pilar de sección variable, que se utiliza por primera vez en la sede de la UNESCO en París. En el caso del viaducto, los pilares están compuestos por una planta cruciforme en la base que se va convirtiendo en rectángulo conforme va ascendiendo a la parte superior, creando de este modo un juego plástico y lumínico en los mismos pilares.

Sin embargo, su forma responde (en parte) a las obligaciones estructurales, ya que permiten un mejor resultado con una inferior cantidad de material.



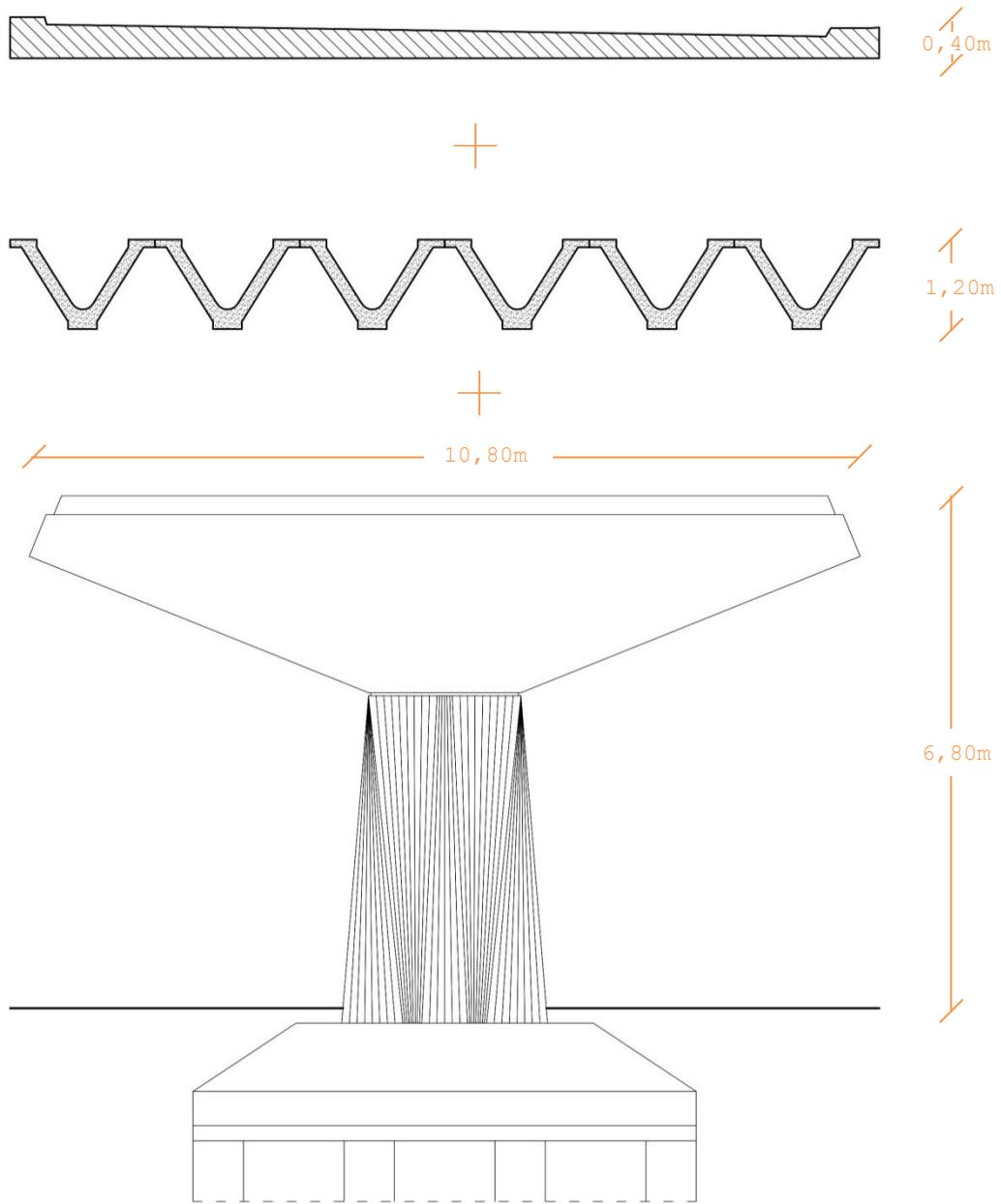
Dibujo de autor.
E : 1_150

Son ciento diez es el número total de pilares que soportan, mediante vigas en forma de V prefabricadas y parcialmente pretensadas, las dos vías estructuralmente independientes, pero como ya hemos dicho antes, conectadas a lo largo de todo su recorrido por una serie de pasarelas.

La superficie de la carretera descansa sobre losas de hormigón armado prefabricadas que a su vez se apoyan sobre las vigas con forma de V y al mismo tiempo la repisa que soporta las vigas se coloca simétricamente sobre los pilares.

A los lados de las vías las pasarelas peatonales se apoyan sobre un pequeño relieve de hormigón armado.

Aunque fue un proyecto realizado en colaboración con otros arquitectos e ingenieros, cabe destacar que las creaciones estructurales utilizadas fueron fruto de Pier Luigi Nervi.



Dibujo de autor.
E : 1_100

4.1 LOS PILARES

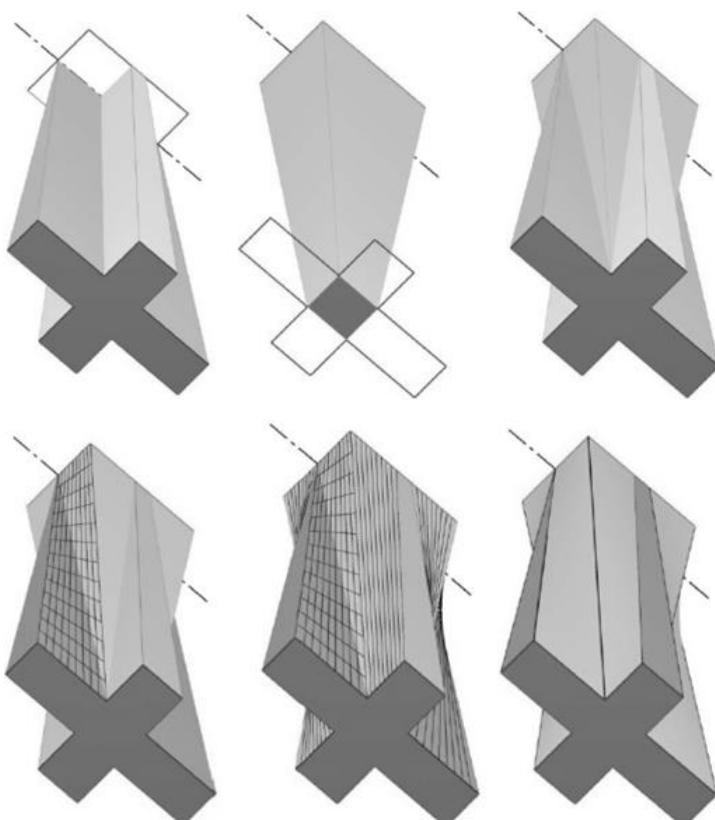
En el viaducto de Corso Francia encontramos pilares cada quince metros debajo de cada una de sus vías. Su envergadura y peculiar forma, junto con la repetición de los mismos, consiguen dar a la obra ese aspecto tan buscado de unidad.

En cada pilar la forma de su fuste queda fijada por la morfología de su parte superior (un rectángulo alargado en el cual el lado largo es perpendicular a la dirección de la vía) y la sección de su parte inferior (con una peculiar forma de cruz en la que los brazos que siguen la dirección del viaducto son ligeramente más cortos que los transversales).

Al final, la forma en la que nacen estos pilares recuerda mucho a la del Palacio de Deportes²⁹ de Roma, donde a partir de dos formas diversas en la sección de los extremos del pilar, se acaba formando el fuste mediante la combinación de caras alabeadas y planas.

Esta configuración da lugar a ocho aristas que delimitan diversos ángulos con una cierta complejidad para realizar posteriormente sus encofrados y distribuir de una manera adecuada las armaduras. Como consecuencia el pilar se termina resolviendo con una nueva superficie que salva estas aristas y en su lugar nacen ocho frentes curvados.

Estos frentes alabeados, quedan definidos por pequeños cuadriláteros ligeramente curvados que determinan en la base cruciforme el lado largo, medio lado de la sección rectangular del capitel y la forma piramidal invertida. Hablamos pues de ocho superficies paraboloides hiperbólicas que al mismo tiempo generan dos formas distintas.



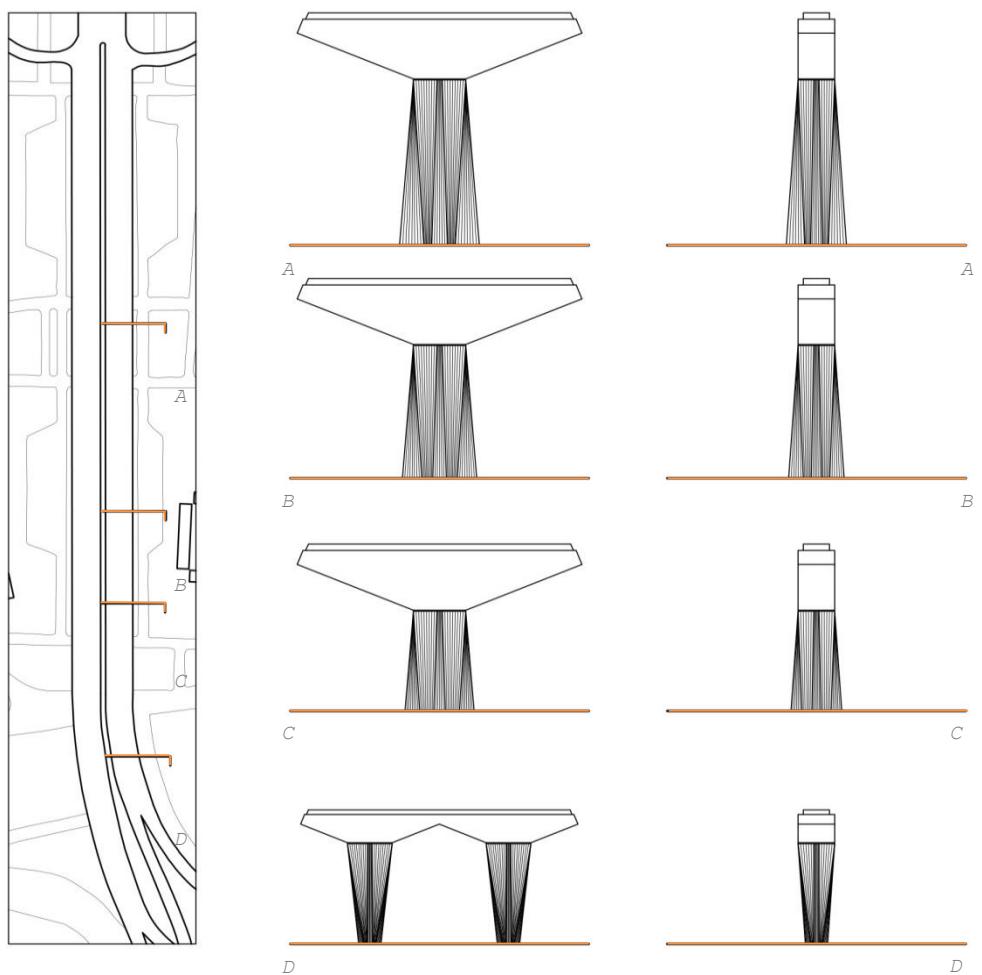
Fuente: "<https://docplayer.es/52163972-Viaducto-de-la-avenida-francia-roma.html>"

El objetivo principal de la forma de estos pilares es, que gracias a su elaboración de frentes curvos, se produzcan unas sombras y juegos de luces en ellos que les otorguen un cierto movimiento. Todo esto hace que la obra tenga un mayor dinamismo y expresividad que reduce un poco esa apariencia más sobria que podría sugerir en un primer momento.

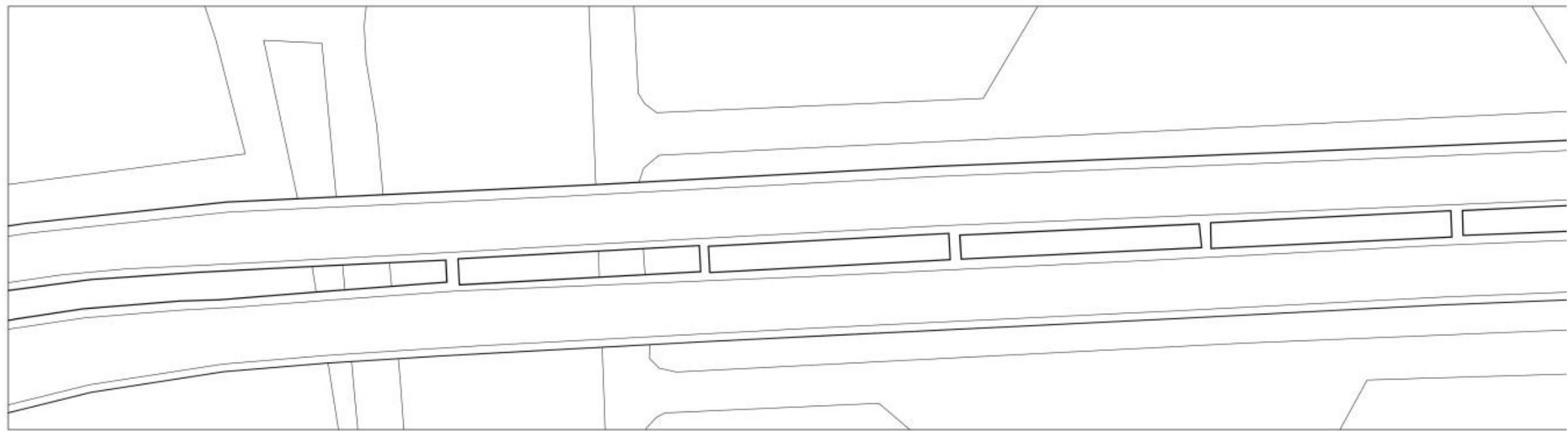
La gran distancia que se vio obligada a salvar la obra, unida a variación del terreno hizo que la altura de los pilares nunca fuese constante.

La solución más inmediata habría sido la de mantener la misma sección en la base de todos los pilares y haber ido modificando su proporción. Sin embargo Pier Luigi Nervi va más allá y llega a la evidencia de que la reutilización de los encofrados es más efectiva que la creación de un nuevo molde para cada pilar. De este modo lo que hará será ir cortando los moldes por la base haciendo así variar la altura del pilar y manteniendo constante el encuentro del capitel con las vigas en todo el recorrido.

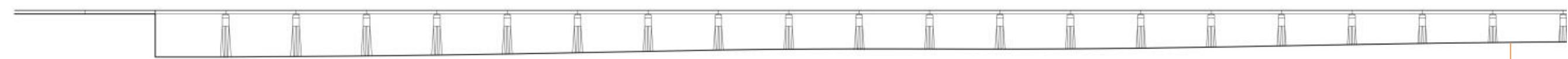
Esto también fue un punto clave para conseguir esa imagen de unidad que Pier Luigi Nervi quería darle a su obra. Sin embargo existe un momento en el cual el terreno se va acercando más a la vía y ésta se ensancha ligeramente para dar paso a la bifurcación en forma de clotoide, será ahí cuando la estructura experimente su mayor cambio, sustituyendo el pilar que había utilizado hasta ahora por dos contiguos de menor tamaño.



Dibujo de autor
E : 1_300

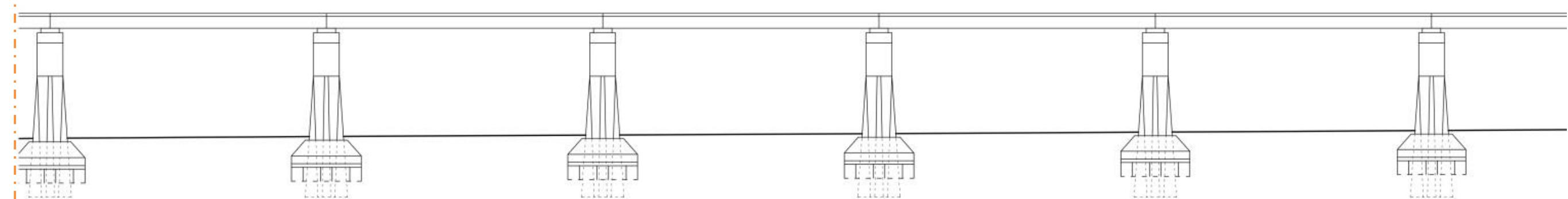


Dibuejo de autor.
E : 1_800

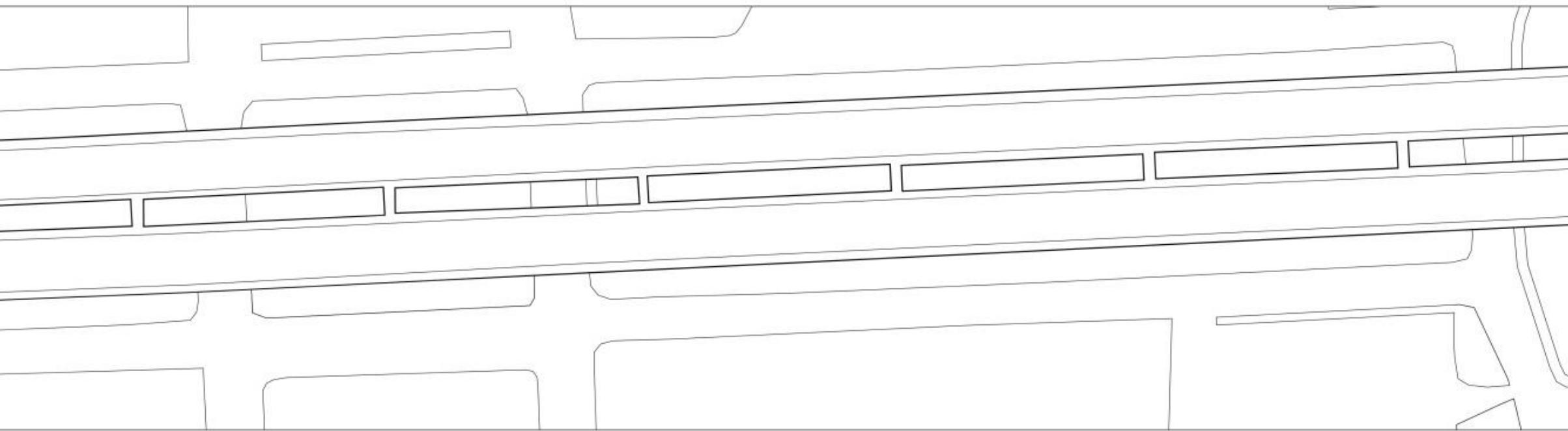


A

Dibuejo de autor.
E : 1_200

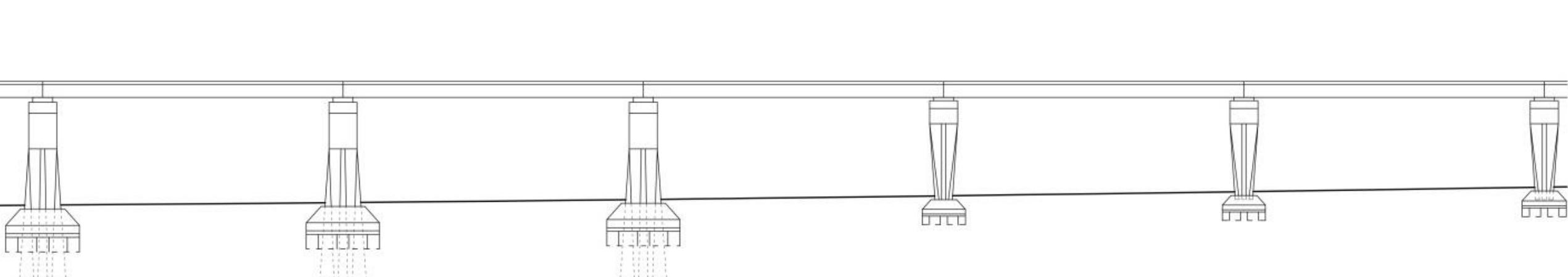


A



Dibujo de autor.
E : 1_800

A'



Dibujo de autor.
E : 1_200

A'

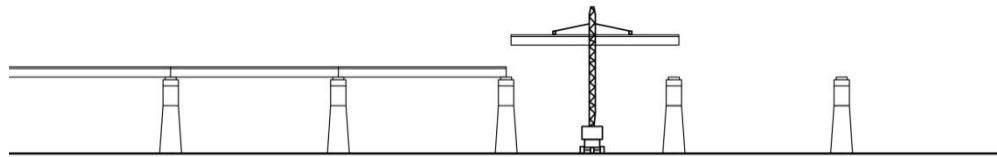
4.2 LAS VIGAS EN V

Tal y como ha quedado reflejado en el apartado anterior, sobre los capiteles que conformaban la parte superior de los pilares, se colocaron unas vigas prefabricadas en forma de V, sobre las cuales, descansaban las losas que definían las vias de la estructura pensadas para el paso de vehiculos.

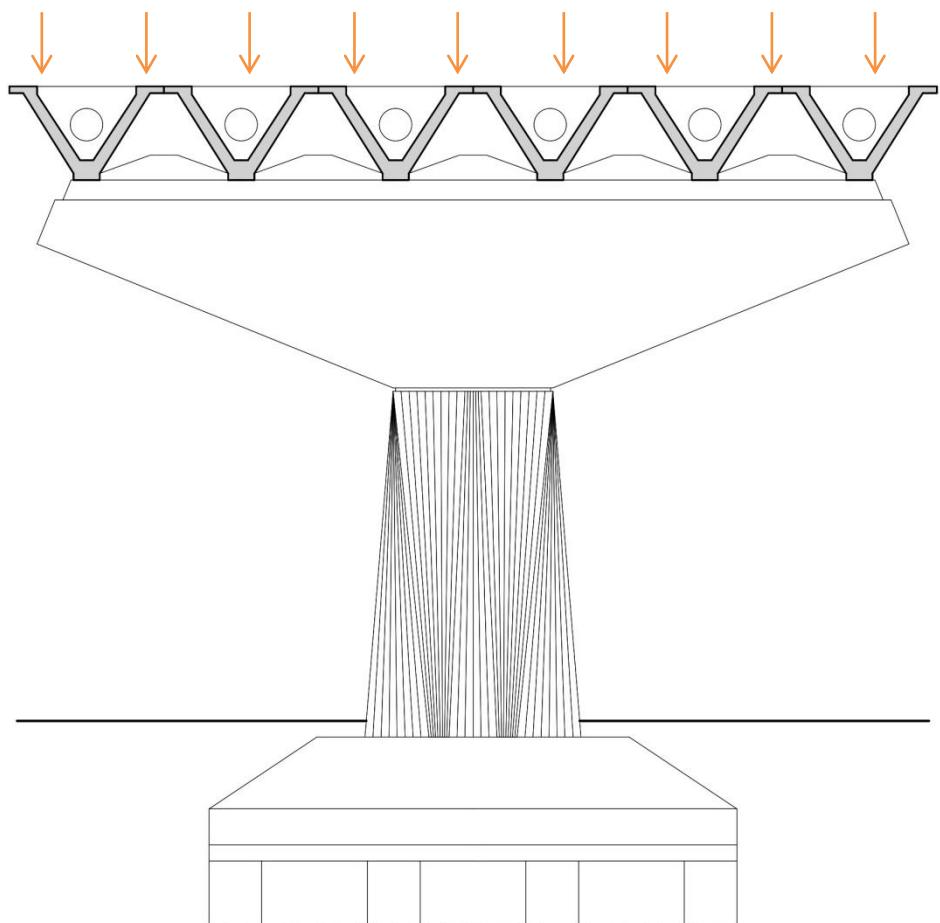
Dichas vigas eran de ferrocemento (explicado en el siguiente apartado), lo que permitía llegar a alcanzar secciones de muy poco espesor.

Conforme se fueron construyendo los pilares, en la misma obra se prepararon unos encofrados para poder ir fabricándolas allí e ir colocándolas poco a poco con la maquinaria diseñada para el proyecto.

Dibujo de autor

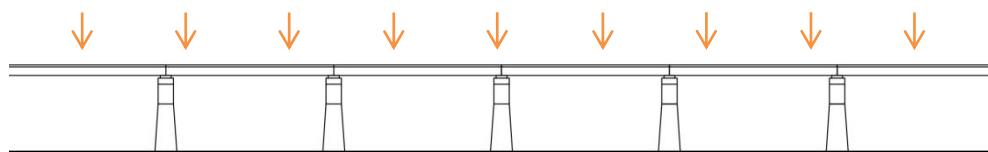


Dibujo de autor
E : 1_100

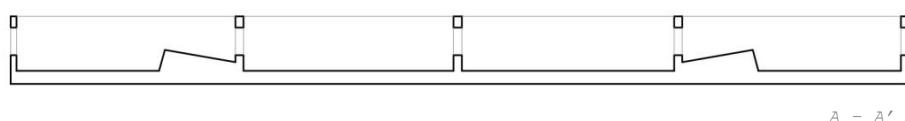
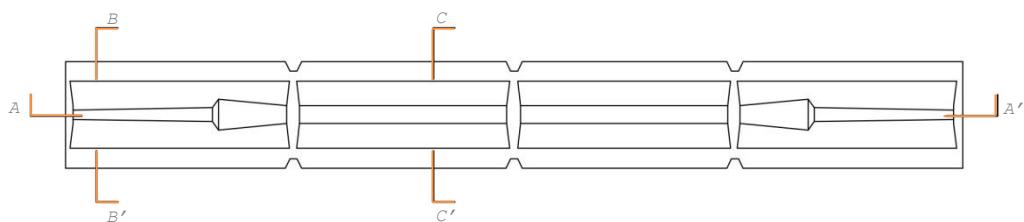


Además el diseño de su sección en forma de V fue una decisión clave ya que de este modo se favorecía su repuesta ante el momento de inercia que se generaba. En la parte central se colocaron una especie de costillas también de hormigón a modo de refuerzo, en las cuales se diseñaron unos huecos circulares que eran atravesados por cadenas, facilitando así, su posterior transporte para la puesta en obra.

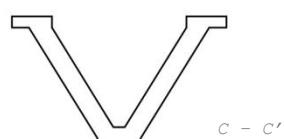
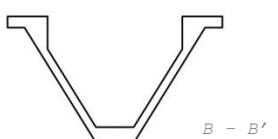
Las vigas se extendían de capitel a capitel, de modo que sus extremos se colocaban siempre en la parte central de los mismos, de esta manera los extremos de las vigas soportaban unos esfuerzos menores que en la parte central. Como consecuencia se diseñaron con una sección variable cuyo grosor iba aumentando poco a poco hacia el interior.



Dibujo de autor



Dibujo de autor
E : 1_150

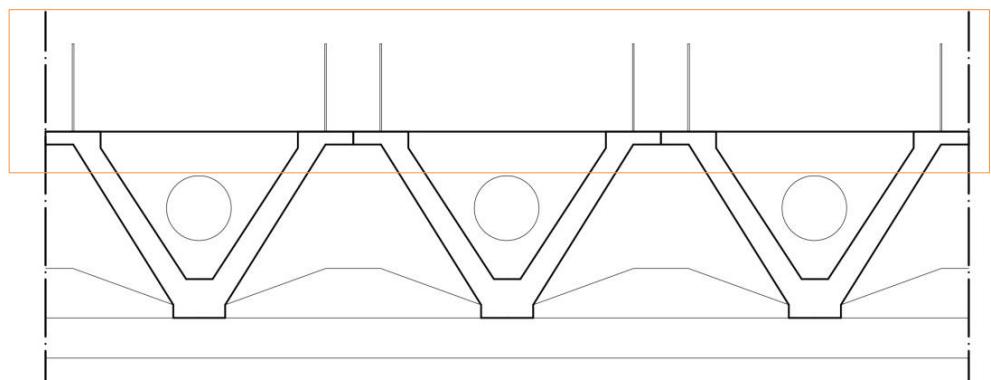


Dibujo de autor
E : 1_75

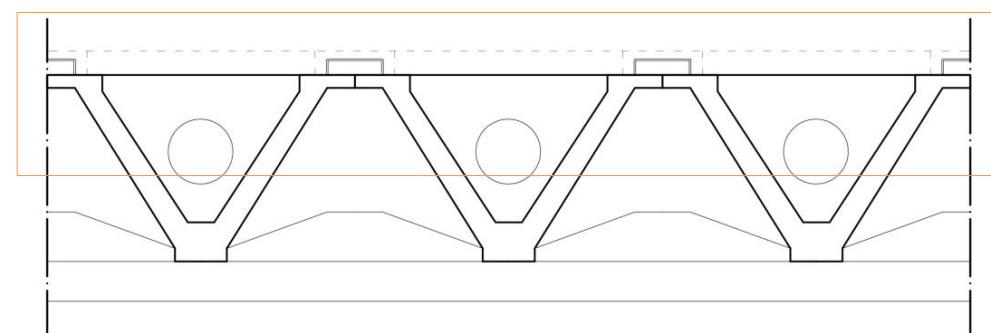
Estas vigas prefabricadas se fraguaban dejando en la parte superior unas esperas metálicas descubiertas que servían para poder realizar la unión entre ellas. Una vez producido un cierto número de dichas vigas se colocaban sobre los pilares con estos elementos metálicos en posición perpendicular a la horizontal del suelo.

Posteriormente se doblaban en forma de U invertida hacia el exterior, consiguiendo así, coser transversalmente estos elementos prefabricados con sección en V tal y como se muestra en la figura inferior. Finalmente, esta especie de tiras metálicas que surgen se hormigonarán y en los espacios que se generan entre ellas se colocarán las losas prefabricadas (representadas mediante discontinuas en el dibujo) que se explicarán en el apartado posterior.

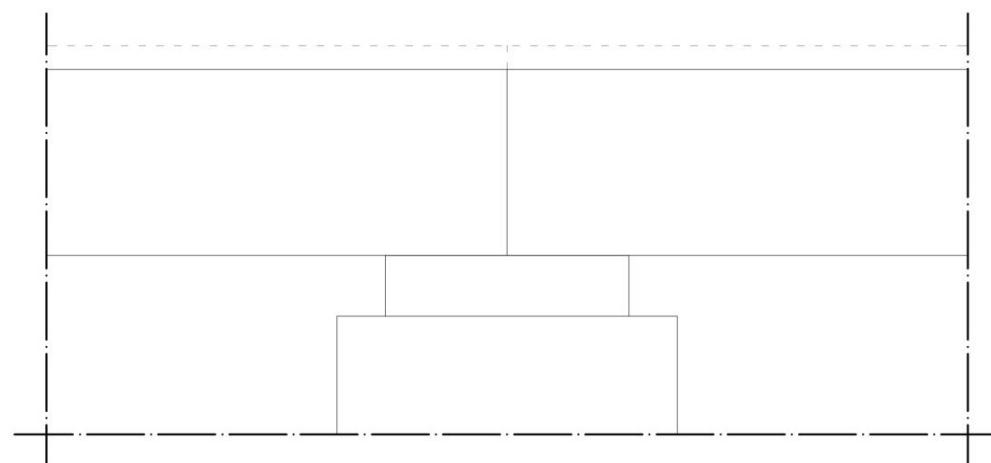
Longitudinalmente la unión se producía justo encima de los pilares (como ya se ha explicado anteriormente).



Dibujo de autor
E : 1_50



Dibujo de autor
E : 1_50



Dibujo de autor
E : 1_50

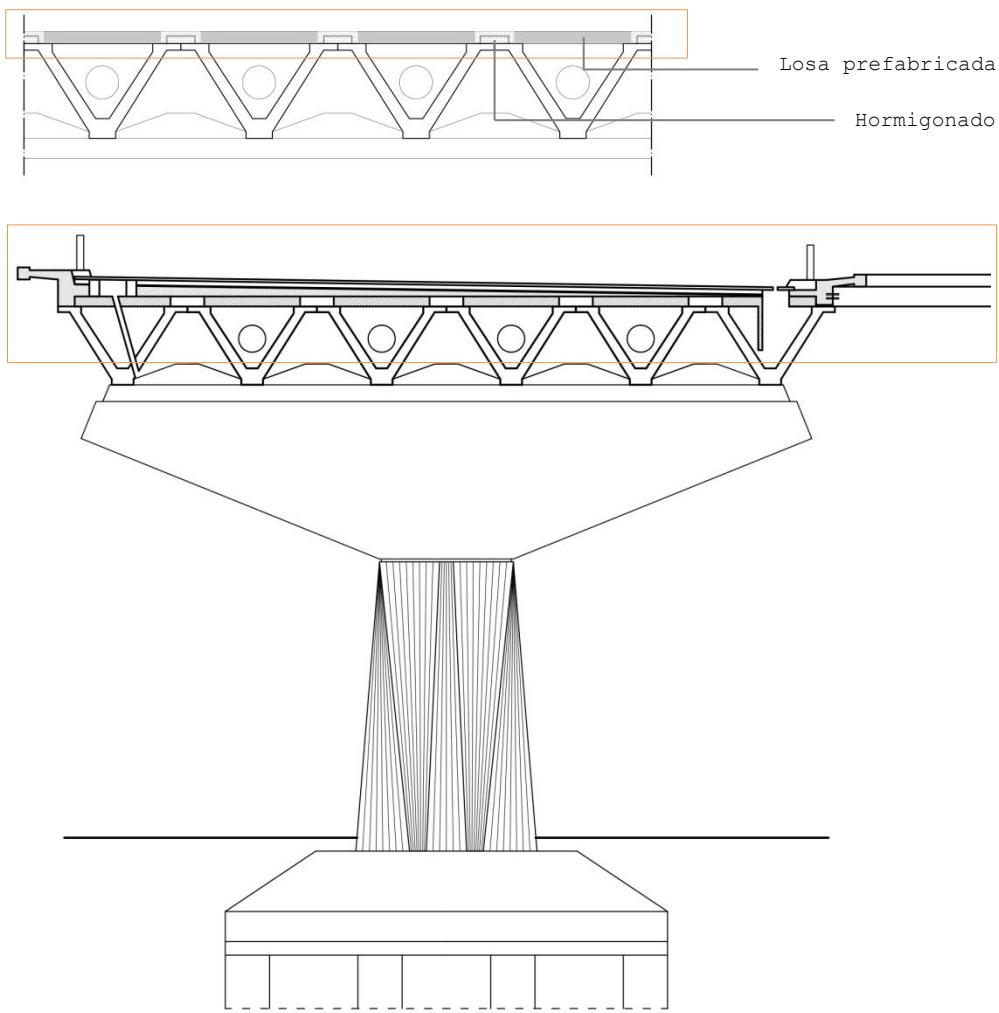
4.3 LAS LOSAS

La losa era el último elemento estructural con el que se coronaba el viaducto, las encontrábamos en la mayor parte del recorrido conformando las dos vías que atravesaban los coches, aunque finalmente cada una de las mismas se bifurcaba en otras dos, en este caso con forma de clostoide, generando de este modo más posibilidades de entrada al centro de la ciudad.

Se trataba pues de unas losas prefabricadas de hormigón que descansaban sobre las vigas en forma de V, tenían una forma alargada y se colocaba una encima de cada viga dejando un espacio entre ellas (donde se encontraban los hierros que cosían unas vigas con otras) el cual se hormigonaba para fijar esta unión.

La sensación que puede dar inicialmente es de una losa con un mayor espesor que el que verdaderamente tiene debido a las posteriores capas de acabados que se colocaron, sin embargo el espesor de la losa prefabricada como tal era simplemente de 15cm.

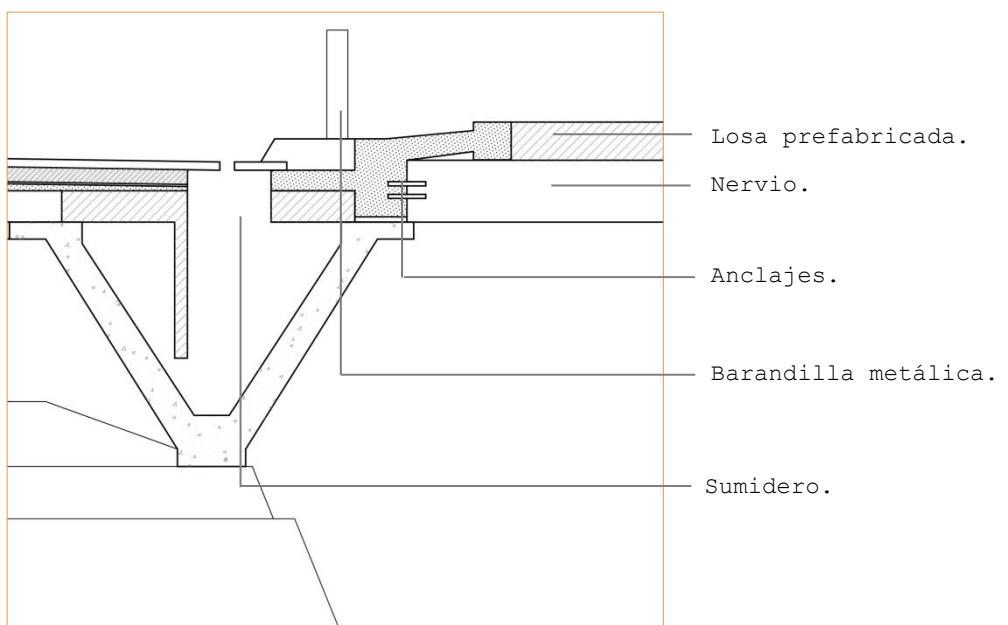
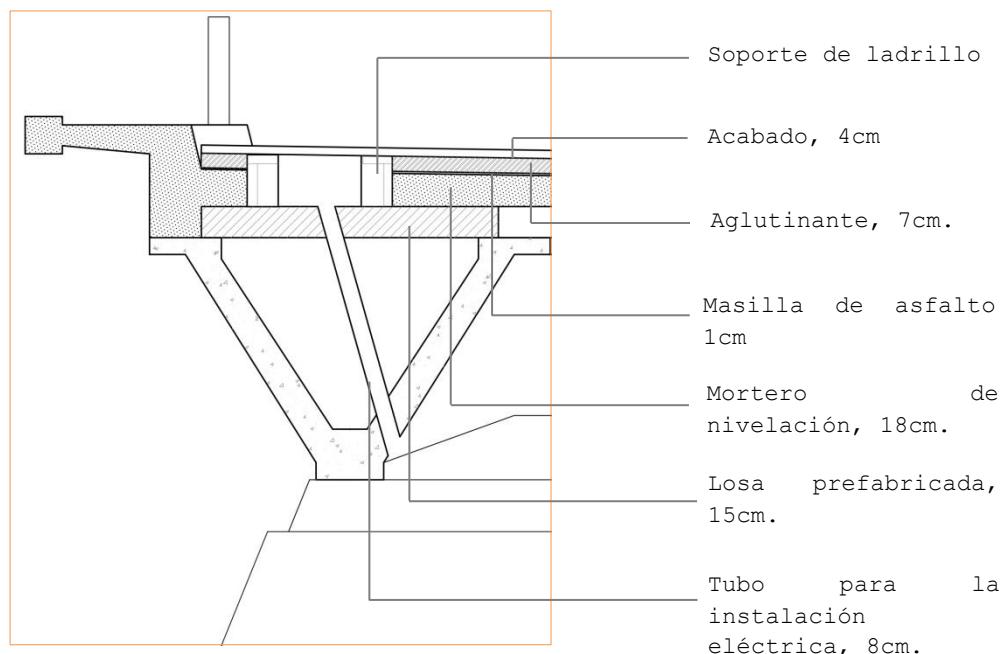
Sobre la misma se ubicó una capa de mortero de nivelación para regular la evacuación del agua, a continuación una capa de masilla de asfalto y posteriormente otra capa de aglutinante finalizada con una última lámina de acabados.



Dibujo de autor
E : 1_120

Sin embargo, esta superposición de capas que aparentemente resulta sencilla tiene una mayor complejidad en los extremos. Por un lado encontramos el extremo exterior del viaducto (detalle 1) donde se encuentra la zona más alta con intención de que el agua resbale hacia el lado contrario gracias al mortero de nivelación, dejando como consecuencia esta zona liberada de agua pluvial y construyendo aquí el hueco para el paso de las instalaciones eléctricas.

Contrariamente, en la zona limítrofe interior (detalle 2), que es la que se conecta mediante una pasarela con la otra vía, es donde encontramos la zona más baja donde desemboca toda el agua y como consecuencia será también aquí donde encontraremos el sumidero.



5. Técnicas utilizadas y proceso constructivo.

5.1 El hormigón armado.

5.2 El ferrocemento.

5.3 Elementos prefabricados.

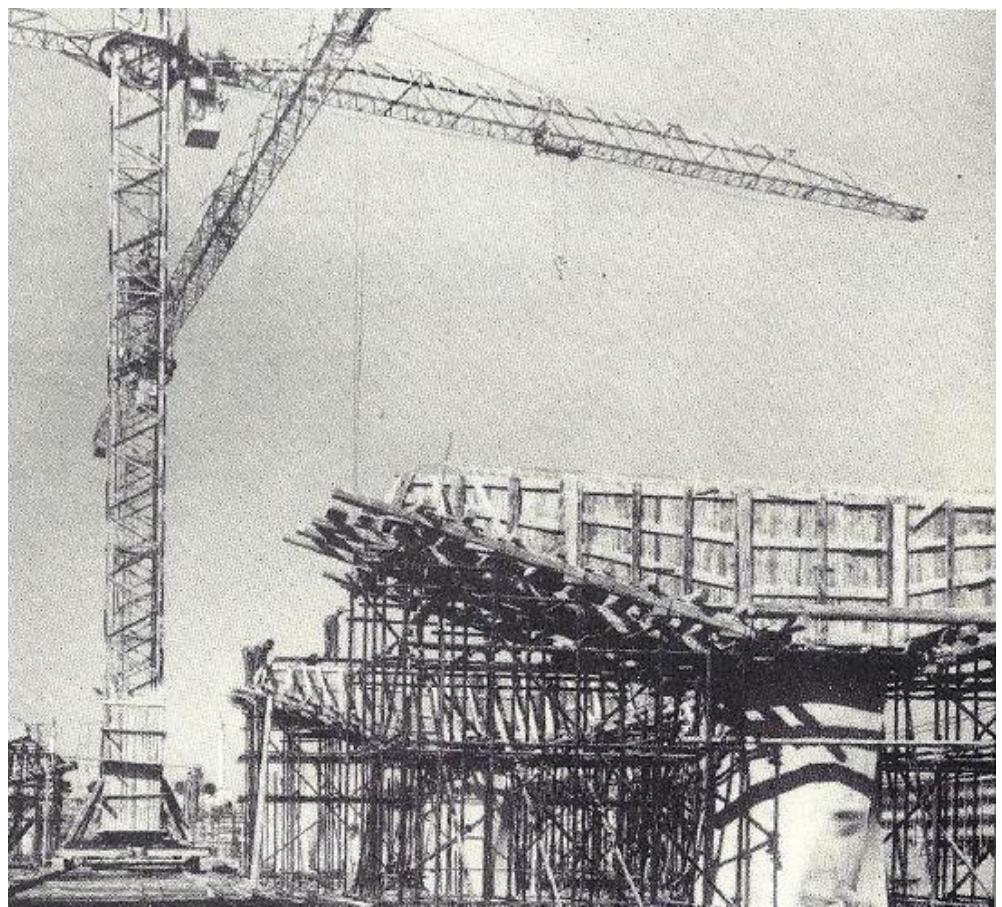
5. TÉCNICAS UTILIZADAS Y PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1 EL HORMIGÓN ARMADO

Cuando Pier Luigi Nervi proyectaba sus obras pensaba principalmente en la construcción de las mismas, convencido de que su buena apariencia estética y sus armónicas formas serían resultado de la conformidad a las leyes estáticas.

A lo largo de toda su carrera, Nervi, utiliza el hormigón armado como técnica constructiva fundamental: *"El hormigón armado es el sistema constructivo más hermoso que la humanidad ha sabido encontrar hasta hoy. El hecho de poder crear piedras fundidas, de cualquier forma, superiores a las naturales porque son capaces de soportar tensiones, tiene en si algo de mágico. [...] La propiedad más característica de las estructuras de hormigón armado es que son monolíticas y por lo tanto ofrecen las más brillantes y específicas soluciones estáticas."* Además también destacará otras ventajas en este material como su alta resistencia en solicitudes a compresión, su gran resistencia frente al desgaste provocado por agentes atmosféricos, la posibilidad de crear prácticamente cualquier tipo de forma y su "bajo coste" (en relación con otros materiales y elementos estructurales del momento).

Nervi entendía pues estas estructuras de hormigón armado como una gran unidad de todo elemento de soporte, que nunca considera algo distinto del edificio, sino el edificio en sí.



Fuente: "archivo
mueso MAXXI".

En el caso del Viaducto de Corso Francia, como sabemos, todos sus pilares están hechos de hormigón armado. Al final de su recorrido en dirección sur, sus dos vías se bifurcan en forma de rampas creando cuatro flujos direccionales con una pendiente de un 2% que produce una variabilidad en la altura de los pilares que oscila entre 3.5 y 8 metros. Sumándole a este factor la irregularidad del terreno, nos encontramos con una infraestructura en la que la altura de los pilares nunca es constante.

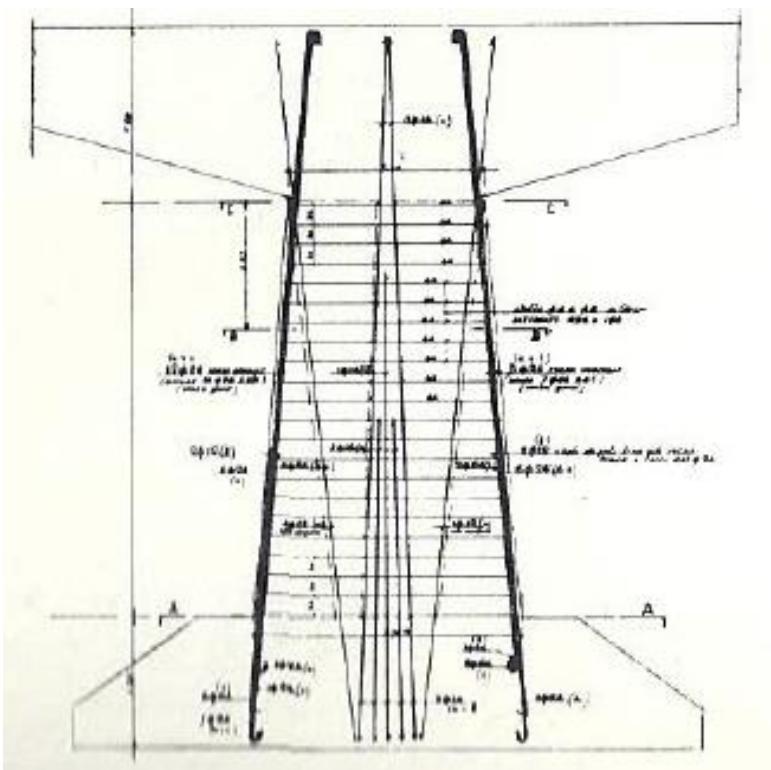
Esto le iba a causar a Nervi un aumento en los costes del proyecto, ya que iba a tener que encargar todos los encofrados de madera diversos. Sin embargo la solución fue inmediata, los ciento veinte pilares se realizaron con los tres mismos encofrados desmontables. Funcionaban como una especie de puzzle gigante formado por tablas dobladas de 6cm de espesor que se iban acortando por la base para ir adaptándose a la pendiente. Por ello se ve claramente como el plano cruciforme es mucho más ancho en los primeros pilares y poco a poco va desapareciendo.



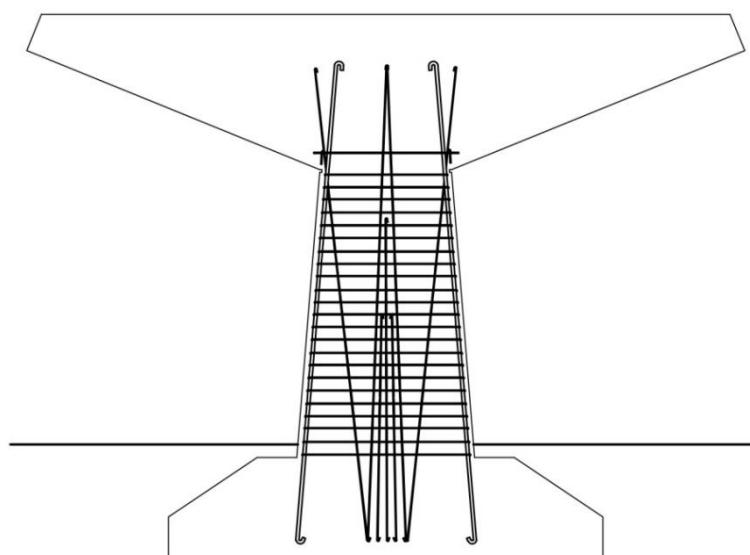
Fuente: "archivo mueso MAXXI".

Resulta también de gran interés estudiar el modo en el que se armaron los pilares, ya que no resulta común debido a la particularidad en la morfología de los mismos. Las armaduras se colocaron verticalmente con un mayor grosor en la zona perimetral cogiendo cierta inclinación que respondía a la forma de dicho pilar. Posteriormente se ataron horizontalmente con un armado equidistante y paralelo al plano del suelo.

Además, en el momento en el que se construyó el viaducto el acero corrugado era muy caro, consecuentemente Pier Luigi Nervi utilizó acero normal y para que el hormigón no resbalase se doblaron los extremos.



Boceto original de Pier Luigi Nervi.
Fuente: archivo museo MAXXI



Interpretación actual de la armadura con la sección real de los pilares.

Dibujo de autor

5.2 EL FERROCEMENTO

Pier Luigi Nervi a lo largo de toda su carrera experimenta con nuevas técnicas estructurales que le permiten realizar grandes obras arquitectónicas ahorrando tiempo y dinero. El ferrocemento es una de las más importantes, por ello la desarrollará a lo largo de toda su vida profesional en muchos de sus proyectos, incluyendo el Viaducto de Corso Francia.

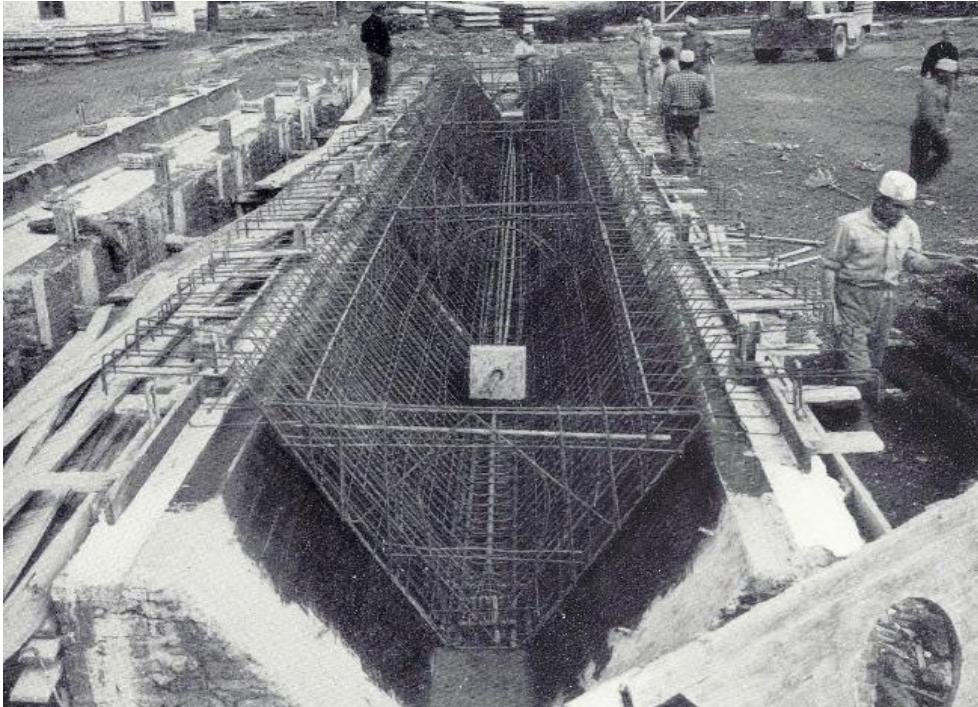
El principio de este nuevo tipo de estructura se fundamenta en el aumento de porcentaje de refuerzos metálicos dentro del mortero de cemento, permitiendo así un mayor alargamiento de los conglomerados en las proximidades del refuerzo metálico.

De este modo conseguían crear piezas muy delgadas pero con una gran capacidad de resistencia y una flexibilidad y elasticidad excelentes. Sin embargo el grosor de la pieza terminada era poco mayor que el del paquete meramente metálico, lo mínimo para que la parte de hierro quedase completamente cubierta por el cemento.

Gracias a ello, el material resultante no tenía el mismo comportamiento que el concreto reforzado habitual, sino que mecánicamente mostraba las mismas características que un material homogéneo.

Cabe destacar, que de todas sus cualidades constructivas las más importantes fueron la infalibilidad y extensibilidad que adquiría el mortero de cemento gracias a este mayor porcentaje metálico y su extrema división. A esto además debemos unirle el ventajoso hecho de poder aplicar el mortero sin tener que apoyar el encofrado gracias al gran enredo de redes metálicas que se formaba.

Como vemos, el número de posibilidades que daba esta nueva técnica era muy amplio, por lo que Nervi la utilizará a lo largo de toda su carrera en diversos proyectos.



Fuente: "Costruire correttamente".

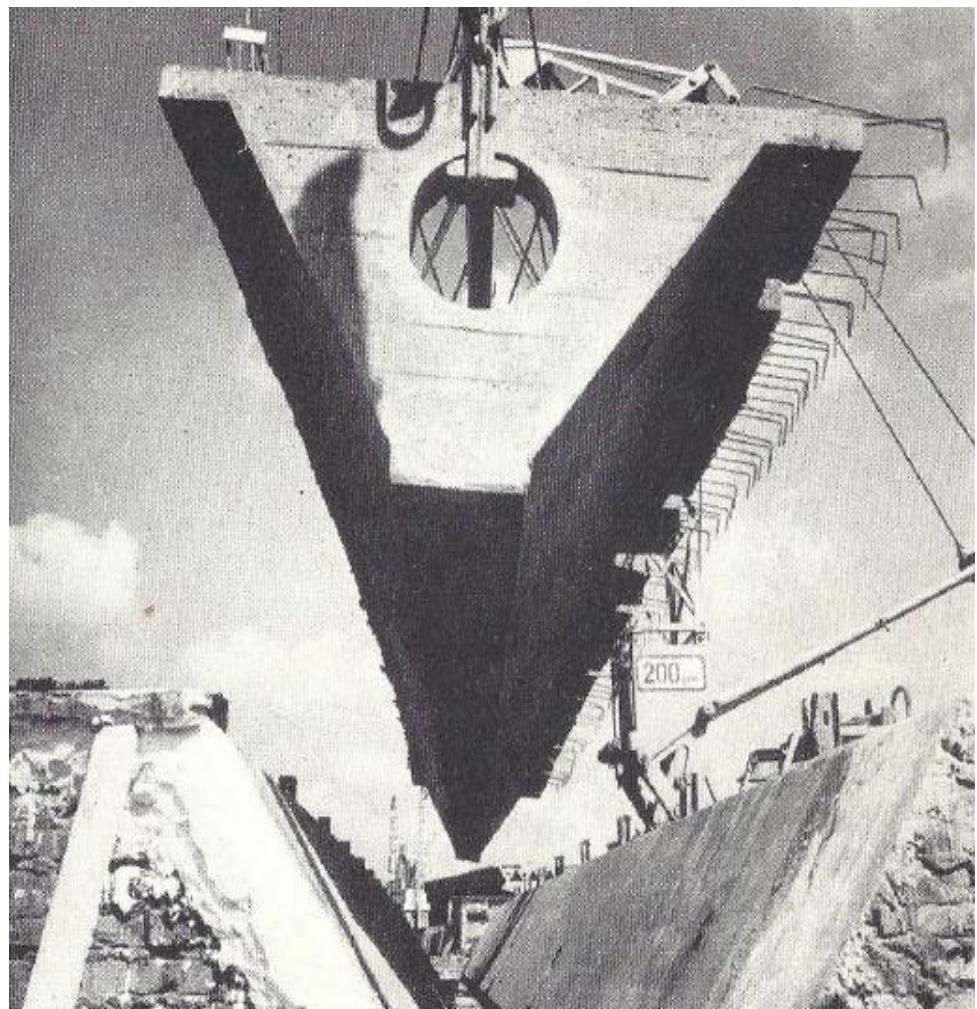
Una de sus aplicaciones más importantes fue en el ámbito naval, gracias a la cual Pier Luigi Nervi pudo experimentar con diferentes espesores y porcentajes de refuerzo. Posteriormente en la Universidad de Milán completó este estudio centrándose sobre todo en la cantidad de hierro frente a la de cemento.

Vemos como lo utiliza por primera vez en obras como su Almacén en Roma (1946), el edificio semicircular de la Feria di Milano (1947) o en la sala central del complejo Torino-Esposizioni (1949).

En el caso del Viaducto de Corso Francia las vigas prefabricadas en forma de V sobre las que apoyan las losas son de ferrocemento, este material permite que la sección de dichas vigas sea sorprendentemente delgada y sin embargo sus cualidades mecánicas sean excelentes.

Es destacable que esta misma pieza llevada a cabo con sistemas tradicionales habría necesitado el uso de costosos encofrados y un largo periodo de tiempo, y su prefabricación con hormigón armado habría requerido una laboriosa preparación, obteniendo además un resultado demasiado pesado.

El limitado tiempo de la construcción junto con la envergadura de la obra hizo imprescindible encontrar una solución que permitiese combinar elementos prefabricados, ligeros y con buena apariencia y calidad.



Fuente: "Costruire correttamente".

5.3 LA PREFABRICACIÓN

La prefabricación estructural consiste en construir distintos elementos independientes que luego al unirlos entre ellos o con otros formen un complejo resistente, pudiendo también combinar piezas de distintos materiales.

Sin embargo, más allá de sus méritos técnicos, la prefabricación también destaca por su característica estético-arquitectónica definida por la ligereza de las estructuras y el ritmo producido por la repetición de elementos iguales.

Por otro lado también permite ejecutar elementos verdaderamente complicados y una misma matriz permite realizar un elevado número de estos elementos, lo que reduce los costes económicos.

Una vez realizadas las piezas de manera independiente, su unión se realiza mediante la soldadura de cada tronco y el chorro de nodos conglomerados altamente resistentes. Sin embargo para que esta fijación sea perfecta es necesaria su constante humectación y revestimiento con lechada de cemento en el momento de la fundición.

Cualquier prefabricación requiere un estudio mucho más preciso que los trabajos de hormigón armado formales, ya que interviene una componente muy fuerte que es la de los medios de transporte y los equipos mecánicos necesarios para la elevación y colocación de los elementos, un aspecto que se debe tener en cuenta desde el inicio. Todo este proceso se debía realizar con una gran precisión a la cual los trabajadores de la época no estaban acostumbrados. El dimensionamiento de los elementos que conforman la estructura debía de prever unos márgenes dimensionales de montaje de tan solo unos milímetros.

Nervi fue un pionero en este campo, este tipo de estructuras no habían tenido precedentes ni en Italia ni en otros países, se trataba de una prefabricación y construcción cuyo objetivo era obtener una gran ligereza con el mínimo uso de materiales y con una gran velocidad de ejecución.

La primera aplicación de prefabricación estructural de Nervi fue en la gran Aviromesse (1940-1941), posteriormente también la utilizará en el Salón Central de Turín-Espozizioni (1949), en el Palazzetto dello Sport di Roma (1957) y en el Viaducto del Corso Francia en Roma (1958), entre otros.

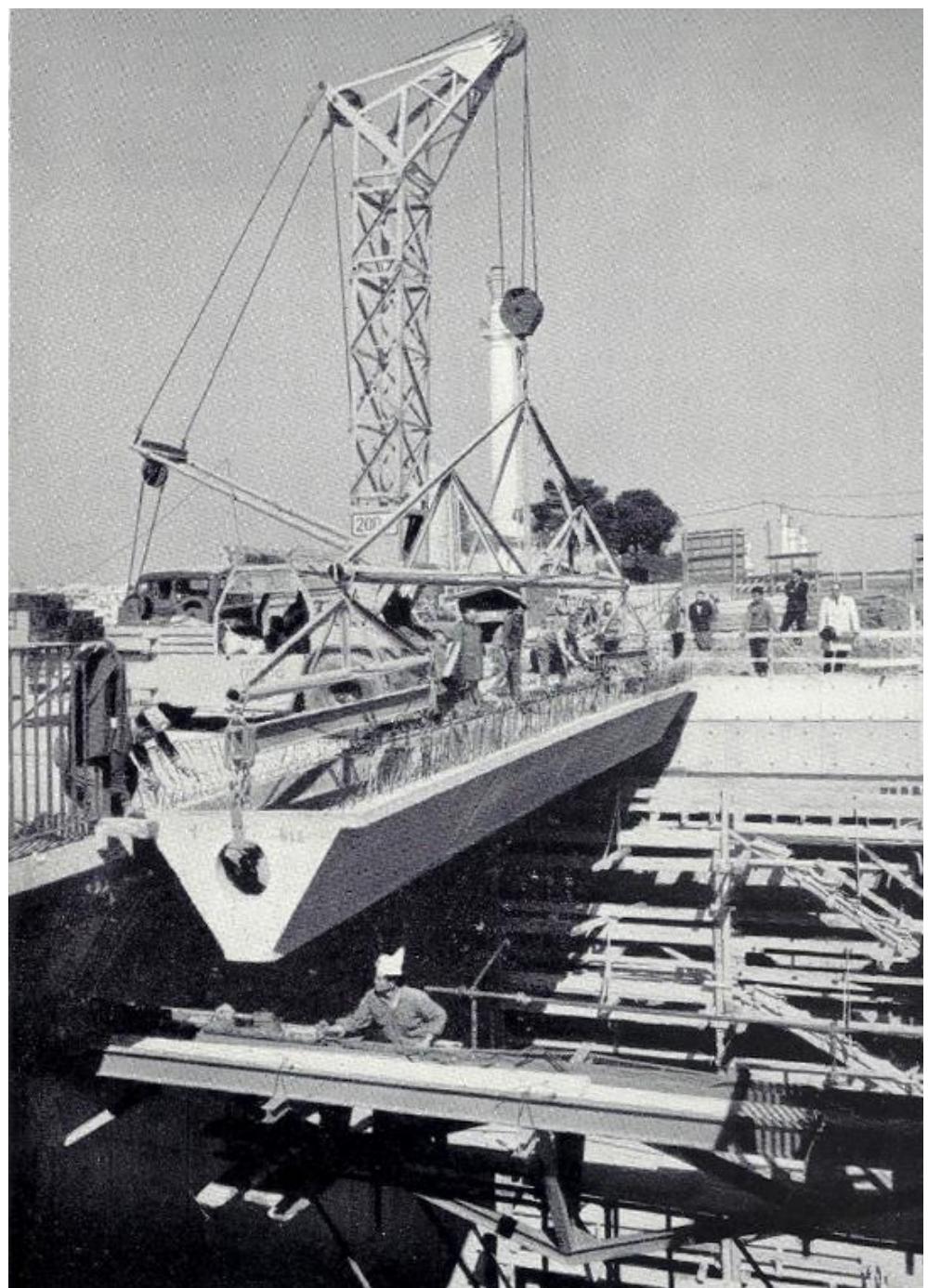
Esta interesante aplicación de las prefabricaciones permite una rápida ejecución de diversas estructuras, en el caso del Viaducto se utilizan dieciséis toneladas de piezas prefabricadas, ya que todas las vigas en forma de V y las losas están realizadas con esta técnica.

Sin embargo, se podría decir que el problema más importante se encuentra en la parte técnico-económica, ya que se debe diseñar también toda la maquinaria necesaria para el levantamiento y la colocación de esta gran cantidad de piezas tan pesadas.

Por tanto, estas consideraciones se deben de tener en cuenta cuando se está configurando el proyecto, ya que por ejemplo, si en el caso

del Viaducto del Corso Francia se hubiera querido aumentar a 20 metros la distancia entre las bahías, la longitud necesaria de las vigas habría sido mayor y no las hubiésemos encontrado en mercado, ni tampoco medios mecánicos para poder levantar y transportar tal cantidad de peso, habría sido necesario recurrir a una maquinaria diseñada exclusivamente para ello, con el aumento del coste tanto económico como temporal que ello habría supuesto.

En este caso no solo las vigas en forma de V que apoyaban sobre los pilares eran prefabricadas, sino que también lo eran las losas que se colocaban encima de ellas, sin embargo este tipo de piezas estaba mucho más estandarizadas y no supuso tanta innovación a nivel técnico.



Fuente: "Costruire correttamente".

6. DISEÑO ESTRUCTURAL

Las aleaciones ligeras, el acero, el ferrocemento o los sistemas de construcción basados en la prefabricación, hacen posibles estructuras que anteriores expertos ni si quiera habrían imaginado. Por ello la constante investigación que llevaba Nervi a cabo sobre nuevas técnicas de construcción y ejecución era muy necesaria.

Sin embargo sabemos que en una estructura, las tensiones internas dependen del modo en el que están configuradas y la manera en que las fuerzas actúan sobre ella y no de su escala métrica. De este modo, una maqueta de la obra a escala, afectada por un sistema de fuerzas similar y equivalente, encontrará un estado de equilibrio interno muy similar al de la verdadera estructura.

Este método de diseño estructural será el que utilice Pier Luigi Nervi en su obra.

En lugar de realizar cálculos teóricos llenos de inevitables aproximaciones y simplificaciones, Nervi solo tenía que determinar las tensiones del conjunto resistente con simples mediciones directas.

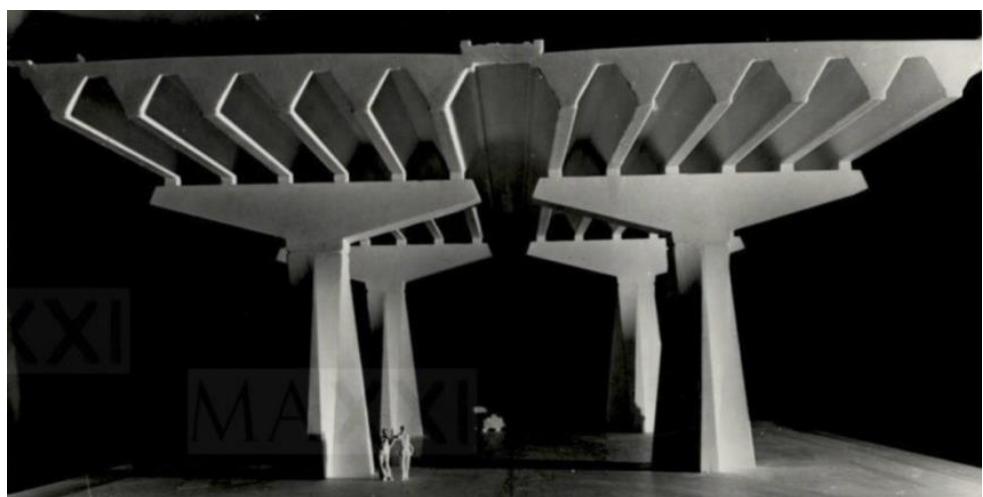
Claro que también encontramos un inconveniente práctico que se encuentra en la preparación del modelo y sus cargas, y las operaciones de lectura de las tensiones que son costosas y largas.

Por ello la práctica con maquetas se limita a los casos que tienen una importancia técnica y arquitectónica y su resolución escapa a la capacidad de cálculo de la ciencia.

Los métodos experimentales que utilizaba Pier Luigi Nervi con estos modelos pueden dividirse en dos categorías: los fotoelásticos y los medidores de tensión.

Los medidores de tensión tiene una lectura directa de las deformaciones por contracción o elongación de la sección en la cual queremos conocer su tensión, obtenida gracias a distintos instrumentos eléctricos o mecánicos (como galgas extensiometrías³³). Conociendo previamente el módulo del material que hemos utilizado para la realización de este simulacro, pasar de las deformaciones a las tensiones es prácticamente inmediato.

33. "Sensor que mide la deformación en un determinado material"



Fuente: Archivo museo MAXXI

En cambio, con los métodos fotoelásticos, lo que se busca es mediante fuerzas externas provocar en un cuerpo transparente investigado fotoelásticamente un estado de solicitud con alternancias de líneas oscuras y luminosas cuyo grosor y distancia determina la variación de las tensiones.

Veremos pues esta técnica aplicada en las obras de Pier Luigi Nervi a lo largo de toda su vida, pero la primera vez que hay constancia de que la utilice es en el estudio de aviromasas que hace en el Politécnico de Milán (1939).

En el caso del Viaducto (y generalmente en todos sus proyectos) se aplicaron sobre la maqueta unas cargas adecuadas y a escala equivalente a las de los propios pesos y sobrecargas, y como ya se ha explicado antes, para medir las deformaciones se colocaron las galgas en las zonas en las que dicha deformación se esperaba mayor. De este modo se determinaría el momento de Fettent³⁴ y la componente normal, realizando también mediciones con la estructura descargada, y para un mayor control, también después de la descarga.

De este modo en la obra de Nervi la forma y la estática vuelven a estar en perfecta sintonía.

34. "Resultado del producto vectorial del vector posición del punto de aplicación de una



Fuente: Archivo museo MAXXI

BLOQUE C: INFLUENCIA POSTERIOR.



7. Influencia del viaducto en otros proyectos de Pier Luigi Nervi.

7.1 Los pilares en otros proyectos dentro de su obra.

7.2 Las vigas en otros proyectos dentro de su obra.

7.3 Las losas en otros proyectos dentro de su obra.

7. INFLUENCIA DEL VIADUCTO EN OTROS PROYECTOS DE NERVI.

7.1 LOS PILARES EN OTROS PROYECTOS DENTRO DE SU OBRA.

A lo largo de toda la obra de Pier Luigi Nervi hemos visto cómo sus proyectos destacan por su "expresividad estética, natural de una buena solución constructiva"³⁵.

Su carrera se caracteriza por la investigación que desarrolla sobre nuevas técnicas constructivas y estructurales que le permitirán construir sus imponentes infraestructuras, las cuales en un inicio parecían imposibles.

Para ello combinará materiales ya existentes, como el hormigón armado, con nuevas técnicas, como el ferrocemento y los elementos prefabricados.

Todo esto lo veremos reflejado también en el Viaducto del Corso Francia, como hemos explicado anteriormente, sin embargo, dentro de esta obra hay un elemento que destaca frente al resto, el pilar de sección variable.

En este caso Nervi utilizaba una sección en forma de cruz en la planta del pilar que se iba transformando a lo largo del mismo hasta llegar a tener una forma rectangular en el capitel.

Este cambio de sección lo que le permitía era adaptarse de una manera óptima a las necesidades estáticas y estructurales que tenía el pilar por un lado, a la hora de apoyar en el terreno y liberar las cargas, y por otro, a la hora de sujetar las vías de la parte superior.

A partir de este momento veremos como comenzará a investigar sobre este fenómeno y realizar otros proyectos contemporáneos y posteriores a este, en los cuales, un pilar de sección variable les permite solucionar de una mejor manera situaciones tanto estructurales como estéticas que un pilar de sección constante no podría solventar, o lo haría de una manera menos eficaz.

Algunos de estos ejemplos, que a continuación analizaremos, son: la Estación Ferroviaria de Savona, el Palacio del Trabajo de Turín y la Estación de Autobuses de Nueva York.

35. Cita de Pier Luigi Nervi.

Estación de Ferrocarril en Savona 1958-1961.

Se trata de una obra dividida en dos edificios, uno paralelo a las vías del tren que acoge los servicios ligados a dichos trenes, salas de esperas y viviendas para los trabajadores, y otro que recoge el resto de servicios necesarios en una estación (cafetería, correos,...). Este segundo edificio además tiene un carácter bastante simbólico ya que se encuentra frente a una gran plaza pública, algo que Nervi tendrá muy en cuenta en su diseño.

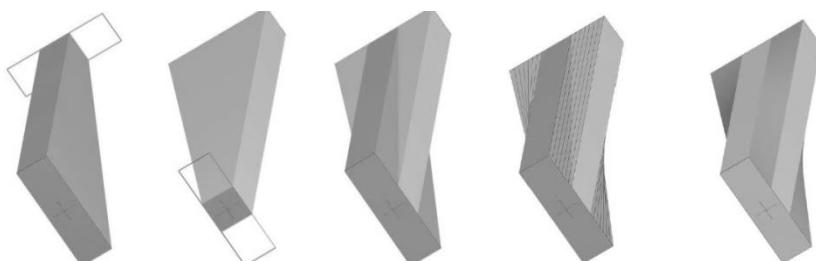
En este caso tienen un papel fundamental cada uno de los 10 pilares que se colocan a lo largo de las fachadas longitudinales, se trata de nuevo de pilares de sección variable, algo que como ya hemos visto, empezó a experimentar Nervi en el viaducto de Roma.

Tanto la sección superior como la inferior del pilar eran rectángulos, pero el superior girado 90° respecto al inferior, es decir, el de la base seguía la forma longitudinal del edificio pero el del capitel era perpendicular a la misma.

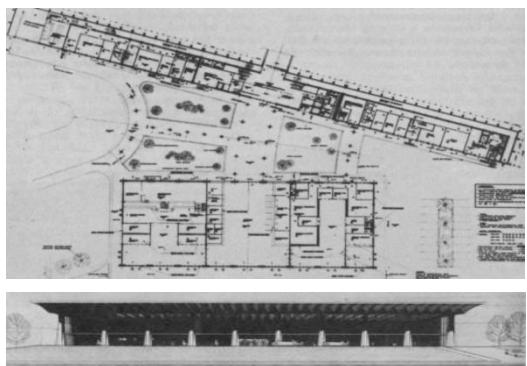
Este cambio de sección es la respuesta a la búsqueda de Pier Luigi Nervi de dotar a cada punto del elemento de la mejor colocación y que responda de un modo adecuado a las necesidades estáticas de la obra.

La forma de los pilares queda definida por dos pirámides de base rectangular que se intersectan perpendicularmente como podemos apreciar en la figura. Igual que sucedía en el viaducto, algunos de sus lados daban lugar a ángulos cóncavos en la unión de los mismos que finalmente acaban siendo una única cara definida mediante un parabolóide hiperbólico.

A nivel proyectual la luz vuelve a jugar un papel fundamental dando sensación de dinamismo al resbalar por su superficie continua y otorgando una mayor impresión de unidad con la representativa repetición de dichos pilares, igual que sucedía en el viaducto de Corso Francia.



Fuente: www.tesisenred.net/handle/10803/6559#page=1



Fuente: www.tesisenred.net/handle/10803/6559#page=1

Palacio del Trabajo de Turín 1960-1961

Se trataba de un proyecto que debía responder tanto a las necesidades de pabellón para la Exposición del Trabajo como de futuro centro de negocios.

Ambas necesidades se pudieron llevar a cabo gracias a la modulación que se generó, la obra se estructuró pues mediante una cubierta cuadrada que se dividía en otros dieciséis cuadrados iguales, cada uno de los cuales estaba sujeto por un pilar.

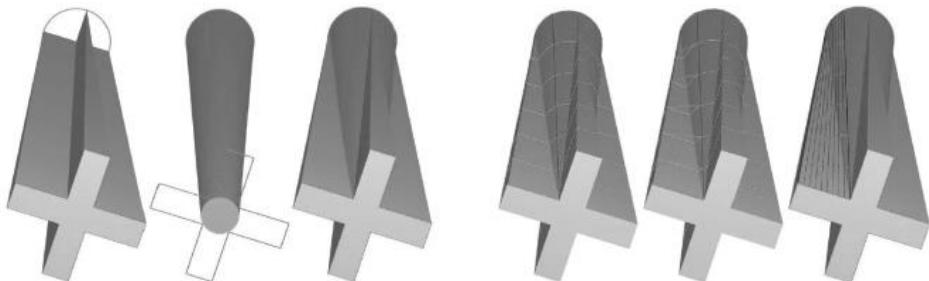
Debido a la función que iba a tener la obra, sus dimensiones debían de ser de una escala mucho mayor de la normal, lo que supondrá por tanto una imponente presencia de dichos pilares dentro del proyecto.

Volvemos a ver en este caso pilares de sección variable, como en el Viaducto de Roma, pero ahora con una sección en la base con forma de cruz en la que todos los blazos tienen la misma longitud y en el capitel en forma circular, creando a lo largo del pilar una transición entre ambas formas.

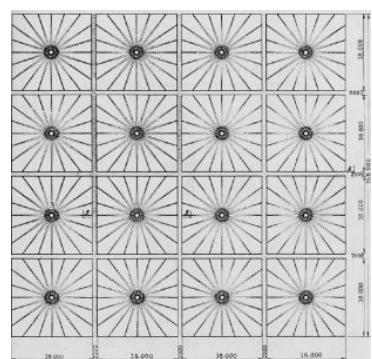
Sin embargo la solución de la transición en estos pilares será distinta a la que hemos visto en proyectos anteriores, ya que los cuatro ángulos cóncavos que se forman, en este caso se solventarán mediante una superficie curva, una cara alabeada como apreciamos en la figura inferior.

Este cambio de sección permite una perfecta unión entre los capiteles de los pilares y la cubierta a través de una estructura nervada con forma de paraguas, y por otro lado la base cruciforme permite solventar las cuestiones estáticas de la mejor manera posible.

Fuente:www.tesis en red.net/handle/10803/6559#page=1



Fuente:www.tesis en red.net/handle/10803/6559#page=1



Estación de Autobuses de Nueva York 1960-1962

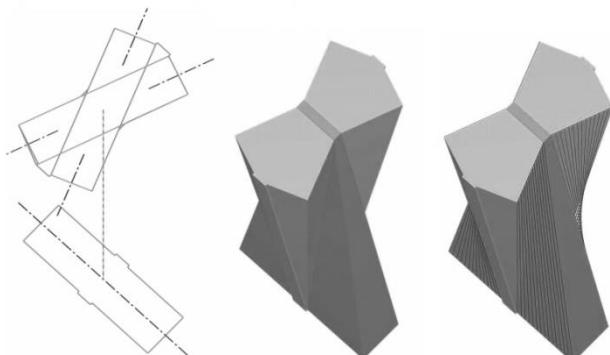
Debido al gran tamaño de la ciudad, el edificio se construyó a una gran escala, se trata además de una obra con dos niveles, de manera que la planta baja estaba conformada por una estructura metálica sobre la que apoyaba una estructura de hormigón armado que definía la planta superior.

El proyecto debía responder también a las necesidades propias de toda la estación, siendo una de las principales la evacuación y ventilación de los gases perjudiciales que se producían en su interior. Para ello se construyó una especie de cubierta muy abierta y a dos aguas invertida, es decir, que crecía en altura del interior al exterior. Todo esto, unido a la necesidad de una planta libre, hizo que dicha cubierta solo se apoyase en los muros perimetrales y una hilera de pilares que se colocó justo en el centro.

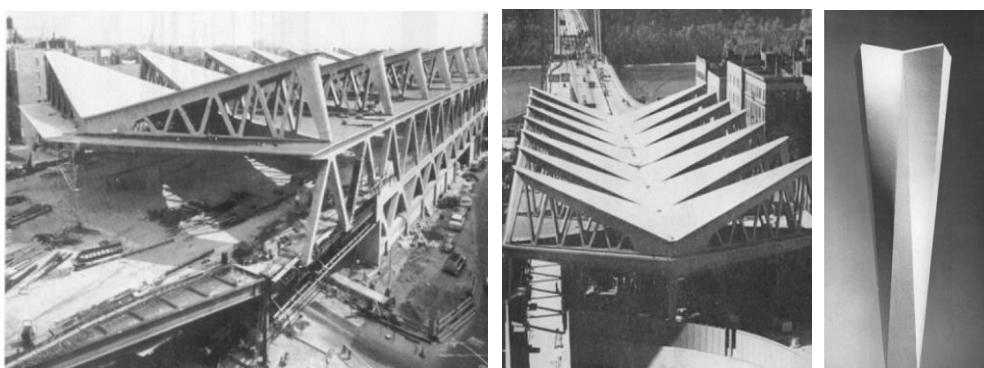
Volvemos a encontrar otra vez pilares de sección variable como solución a las dificultades que se le presentan, en esta ocasión los pilares acaban teniendo esta forma debido a su papel fundamental de unión entre las formas triangulares de la cubierta y el nivel inferior.

Dichos pilares quedan definidos en la base por una sección rectangular y en el capitel por una sección en forma de mariposa perpendicular al pórtico que definen, como se ve en la figura inferior.

Una vez más los ángulos cóncavos se forman como consecuencia de la unión de dos secciones y en este caso se vuelven a resolver mediante la generación de superficies alabeadas.



Fuente: www.tesisenred.net/handle/10803/6559#page=1



Fuente: www.tesisenred.net/handle/10803/6559#page=1

7.2 LAS VIGAS EN V EN OTROS PROYECTOS DENTRO DE SU OBRA.

Como hemos explicado en la introducción de manera más general y en el resto del trabajo de un modo más concreto y centrado en el viaducto, toda la obra de Pier Luigi Nervi destaca por su carácter estético, resultado del buen uso de sus técnicas constructivas.

Estas técnicas estructurales y constructivas las irá desarrollando a lo largo de toda su carrea combinándolas entre ellas e investigando con nuevos materiales (sobre todo en su periodo como docente en la Universidad de Milán).

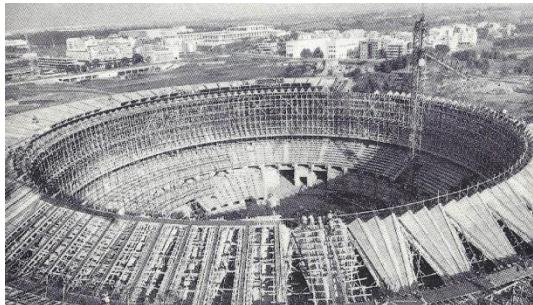
Todo esto lo veremos reflejado también en el Viaducto del Corso Francia, como hemos explicado anteriormente, en sus vigas en V vemos como combina el ferrocemento con la prefabricación para su mejor resultado estructural y de puesta en obra.

Aunque Pier Luigi Nervi no construye más viaductos a lo largo de su carrera, sí que volverá a utilizar este tipo de vigas aunque de una manera reinterpretada.

35. Cita de Pier Luigi Nervi.

Palazzo dello Sport, Roma:

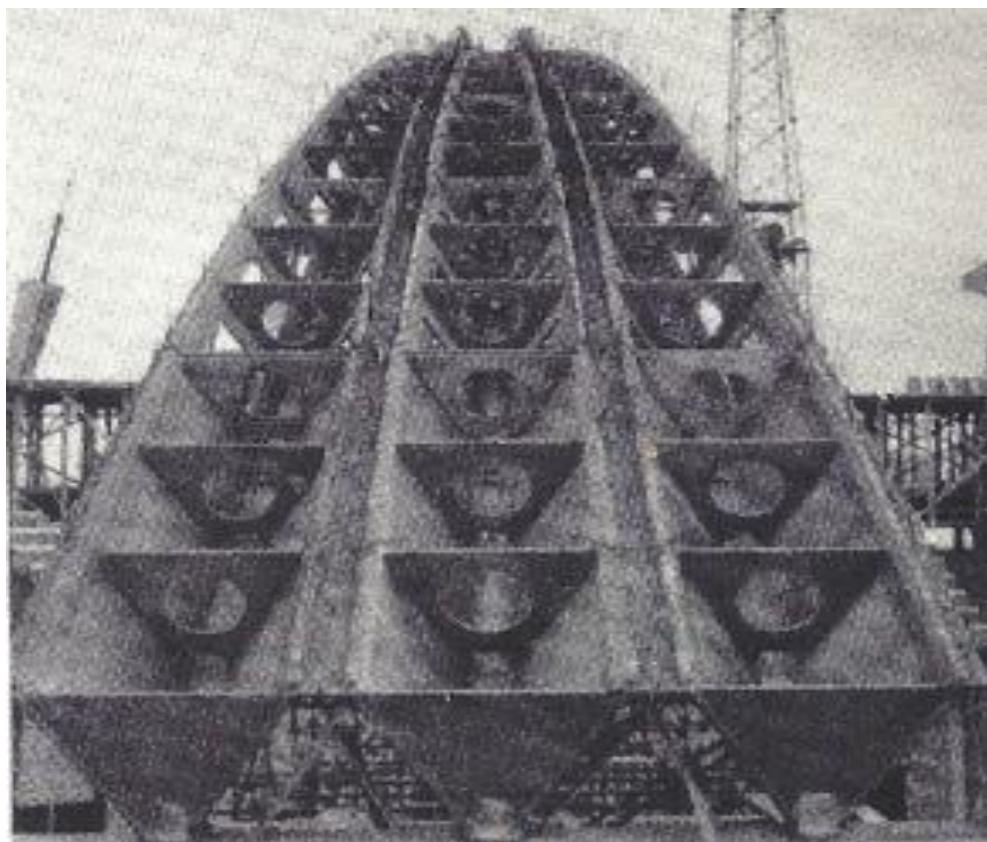
Se trata de un edificio construido también para las olimpiadas de Roma y cuya peculiaridad estructural reside en su alta flexibilidad de uso, tanto para actividades deportivas como para eventos musicales y espectáculos en general, gracias a sus buenas características acústicas.



El mismo Pier Luigi Nervi definió su proyecto como "una estructura que queda definida por sus requisitos estáticos y funcionales". La cubierta de la escalera central, que cubría los dos niveles de gradas circulares, era una cúpula formada por 144 nervios compuestos por elementos prefabricados en la misma obra y conectados entre sí mediante una fundición de hormigón.

Eran estos nervios los que estaban formados por una serie de vigas prefabricadas en forma de V como las del viaducto, pero que en este caso iban disminuyendo de tamaño para poder llegar a conformar la cúpula.

El complejo sistema de costillas prefabricadas que se termina formando tiene un funcionamiento hiperestático, encontrando un equilibrio entre la estabilidad que necesita y su función de membrana, funcionan como un conjunto de arcos capaces de resistir de manera independiente las tensiones externas.



Fuente: "Costruire correttamente".

7.3 LAS LOSAS EN OTROS PROYECTOS DENTRO DE SU OBRA

Como hemos explicado anteriormente, dentro de esta obra hay dos elementos que destacan frente al resto, el pilar de sección variable y las vigas en V; ambos suponen una innovación en el campo de la arquitectura y la construcción e influenciarán su arquitectura posterior.

La losa prefabricada, estudiada en este apartado, no tendrá tanto interés en el Viaducto de Corso Francia como los anteriores y tampoco generará ningún tipo de innovación ni repercusión; es un elemento constructivo que ya habíamos visto anteriormente y que se seguirá utilizando a posteriori del mismo modo.

Además, Nervi no volvió a proyectar ningún viaducto en su carrera y en el resto de obras que hizo no volvió a hacer un uso de la losa que se pueda vincular con este, por tanto, no se ha realizado como en los casos anteriores un estudio de este elemento constructivo en otros proyectos dentro de su obra.

8. Influencia posterior.

8.1 Influencia en Javier Manterola.

8. INFLUENCIA POSTERIOR.

Después de realizar todo el estudio puedo afirmar con certeza que el análisis de esta arquitectura y su influencia posterior no es tan sencilla y directa como en un primer momento puede parecer.

La obra de Pier Luigi Nervi se desarrolla dentro de lo que él mismo denomina "arquitectura estructural"³⁶, y en la cual, la mayor parte de sus proyectos quedan definidos por edificios de un único nivel en el que es necesario salvar una gran luz y donde el programa no es demasiado complejo.

36. Concepto que se utiliza para denominar un tipo de arquitectura que prioriza y ensalza el diseño estructural frente al resto.

37. "Corriente arquitectónica que se desarrolló en la década de los 80 en los Estados Unidos y Europa. Este estilo presenta un tipo de diseño no lineal, que desafía las formas y se interesa por manipular las ideas sobre la superficie y las estructuras. Se aleja de la geometría euclíadiana, al menos en apariencia, que utiliza las formas rectilíneas o planas."

38. "Estilo arquitectónico, nacido en Gran Bretaña hacia 1950, que reivindica el valor estético de las estructuras y elementos constructivos."

Sin embargo, no debemos tener una visión parcial de su arquitectura, no se trataba de simples estructuras imponentes, sino de proyectos basados en unos principios lógicos y utilitarios.

La generalización del hecho de dar un cierto carácter monumental a edificios ordinarios, fue una mala decisión muy adoptada que originó desastrosas obras. Muchos años atrás, cuando se quería otorgar un carácter monumental a un edificio, se invadía el mismo con todo tipo de ornamentos, sin embargo, a partir de la actuación de arquitectos como Nervi, se empezó a otorgar este carácter monumental a diversas obras mediante la creación de provocativas estructuras. Esto hizo que para cada nuevo proyecto que se construía se pensase en una nueva y llamativa estructura, estuviese de acuerdo o no con el programa funcional del mismo.

Esta argumentación no va en contra de Pier Luigi Nervi, sino del resto de arquitectos que intentaron torpemente plagiar su obra. Con esto quiero argumentar que aunque en algunos textos se defienda que Nervi tuvo influencia en algunos movimientos de arquitectura posterior como el deconstructivismo³⁷ o el brutalismo³⁸, no toda ella es buena, ya que en muchos casos los arquitectos se quedaron solo con la parte más superficial.

Por ello, las obras que se estudiarán a continuación no seguirán estas directrices, sino que serán casos donde veremos una influencia de Nervi más enfocada a la construcción y el uso de sus nuevas técnicas, y no en llamativas estructuras.

8.1 INFLUENCIA EN JAVIER MANTEROLA.

Javier Manterola es un ingeniero español que nació en Pamplona en 1936 y cuya obra destaca sobre todo por sus variados proyectos de puentes.

Cuando terminó sus estudios y comenzó su etapa laboral, el mundo de la ingeniería y la arquitectura se encontraba en un momento revolucionario en el que el hormigón armado se estaba imponiendo frente a las estructuras metálicas.

Su admiración por algunos arquitectos como Torroja o Fernández Casado le acercó a figuras como Nervi, algo que le hizo interesarse bastante en su obra y técnicas y que se verá reflejado a lo largo de toda su carrera.

Durante toda su vida profesional se encarga de proyectar un importante número puentes, muy variados entre ellos, a través de los cuales Javier Manterola experimentará con distintos materiales y formas, lo que le llevará a desarrollar diversas técnicas estructurales que le permitirán poner en práctica su gran creatividad.

Sin embargo, tras analizar su obra al completo podemos diferenciar cuatro etapas muy claras a lo largo de la misma. Una primera que se caracteriza por la construcción de diversas infraestructuras y edificios con vigas (1964-1976), una segunda donde introduce el uso del tirante en sus proyectos y comienza también a utilizar el pórtico en algunos de ellos (1976-1990), una tercera que destacará principalmente por el uso del arco y la celosía (1991-1998) y una última con un gran desarrollo formal y tipológico (1998 en adelante).

Será en la primera etapa de su carrera profesional donde se evidencia esta influencia de Pier Luigi Nervi y sobre todo de su Viaducto en el corso Francia.

Puente de Torre Baró:

Ya en su primer puente, localizado en Torre Baró (en la autopista que une Barcelona con Girona) encontramos una gran influencia de Pier Luigi Nervi, más concretamente de su Viaducto situado en Roma.

La idea estructural que seguía dicha obra era la misma que la del viaducto, se trataba de una infraestructura limpia y compuesta por unos imponentes pilares de hormigón armado sobre los que descansaban unos grandes capiteles rectangulares del mismo material.

En estos capiteles era donde apoyaban transversalmente las vigas prefabricadas, que a su mismo tiempo, soportaban las grandes losas a través de las cuales el tráfico rodado podía atravesar estas vías.

Volvía a aparecer otra vez el problema de un terreno irregular que provocaba que la altura de dichos pilares nunca fuese constante, algo que también se solventó cortándolos desde la base hacia arriba los metros que fuese necesario, pero manteniendo siempre la parte superior.

Sin embargo, en este caso la envergadura del proyecto no fue como la del Corso Francia y no hubo necesidad de variar la sección de los pilares.

En conferencias posteriores, cuando hablaba de su primer proyecto de una manera muy humilde, llegó a reconocer que había sido un proyecto altamente influenciado por la arquitectura y tecnología del momento, incluso reconoció que algunas partes las había copiado, pero él mismo decía que, cuando copias bien un buen proyecto simplemente es necesario ajustar el cálculo y encajarlo en el lugar para que el mismo, como mínimo, funcione correctamente, y esto fue lo que le sucedió.

Aún con todo, fue una obra importante que aportó grandes innovaciones constructivas, era la primera vez que en España no se utilizaron riostras transversales entre vigas.

Es apreciable en este autor el mismo interés que Nervi en superarse y mejorar los aspectos tanto estructurales como constructivos conocidos hasta el momento.



Fuente: fundación
ESTEYCO.



Fuente: fundación
ESTEYCO.

Paso superior de Cuatro Caminos, Madrid:

Aunque realmente la primera obra de Javier Manterola como acabamos de ver fue su puente de Torre Barò, su primer proyecto verdaderamente significativo es el Puente de la glorieta de Cuatro Caminos, Madrid 1969 (actualmente no existente ya que en 2004 se sustituyó por un túnel subterráneo).

Se trataba de una intervención totalmente inexcusable debido a la gran necesidad que había de regular el tráfico a distintos niveles en dicho cruce.

El objetivo principal de la obra era establecer un diálogo lo más amable posible entre el paso y el ciudadano que lo atravesaría por encima y por debajo en numerosas ocasiones.

De este modo la estructura queda definida por una gran viga aligerada de hormigón pretensado cuya sección disminuye desde el centro hacia los extremos. La anchura considerable de la misma de 22m apoya sobre una única hilera central de pilares, en los cuales vemos una clara referencia a la obra estudiada en este trabajo de Pier Luigi Nervi.

Dichos pilares trapezoidales vuelven a ser de sección variable, viendo en la base una sección rectangular que va creciendo en altura hasta la parte superior del pilar donde el rectángulo inicial se convierte en otro de mayores dimensiones.

De este modo lo que se consigue es crear un mayor dinamismo en los pilares y eliminar esa concepción de barrera, dando lugar a un espacio más permeable y amable con el ciudadano.



Fuente: fundación
ESTEYCO.

9. CONCLUSIONES

Tras analizar el Viaducto de Corso Francia, claro queda, que la forma del conjunto de su estructura no es original, no es por ello por lo que destaca la obra. La excepcionalidad se encuentra en su estudio e investigación de nuevas técnicas y procesos constructivos que se preocupan de cuidar tanto los aspectos generales como los detalles más singulares del proyecto. Todo ello orientado a conseguir una rápida ejecución, imprescindible para poder terminarlo a tiempo antes del inicio de los Juegos Olímpicos.

Su gran capacidad para proyectar y diseñar estructuras fue lo que le permitió no tener que calcular la estructura del viaducto mediante complejas operaciones, sino simplemente realizar comprobaciones a través de un modelo a menor escala. Nervi fue una de las pocas figuras del momento que reunía en una sola persona la función de proyectista, ingeniero de estructuras y constructor.

Este es uno de los principales motivos por el que esta obra situada en el Corso Francia ha funcionado tan bien en comparación con otras posteriores y actuales. La división de todas las funciones que desempeñaba Pier Luigi Nervi en distintos profesionales (diseñadores, estructuristas, constructores...) es el principal motivo por el que no funcionan estos proyectos de la misma manera. De este modo se proyectaban formas excesivamente caprichosas cuyos cálculos eran prácticamente imposibles y que como consecuencia daban lugar a proyectos con errores que no tenían nunca un claro culpable ya que al tener un equipo tan fragmentado siempre se delegaban de un lado a otro.

Sin embargo Pier Luigi Nervi asumió todas las funciones y responsabilidades de la obra, arriesgándose a obtener un mal resultado y exponiéndose a todas las posibles críticas.

Cabe destacar, que aunque la forma del viaducto no era extremadamente original, el excepcional funcionamiento de una estructura correcta, de rápida ejecución y con un adecuado presupuesto económico, será plagiada hasta el punto de convertir sus innovadoras técnicas y métodos constructivos en algo común. *"Solo las estructuras incoherentes son aquellas que terminan no siendo copiadas"*³⁹.

Por ello, parte del triunfo de Nervi radica en su hermosura, una hermosura apreciada tanto por los expertos como por los civiles, sabiendo generar también una gran admiración de una manera sencilla e innata. Cuando Pier Luigi Nervi pensó en su viaducto, no se centró en crear un proyecto basado en principios y creencias estéticas, sino que lo hizo de un modo muy natural y desenfadado, producto del resto de operaciones.

Sin embargo, cuando hablamos de funcionalidad en la obra de Nervi, cabe destacar que podemos diferenciar dos tipos de función en su arquitectura; una función utilitaria que en este caso solventa mejorando las conexiones y liberando el tráfico del barrio, y por otro lado una función estructural que resuelve diseñando de manera impecable su estructura, pero con una cantidad de la misma mayor a la que se podría haber utilizado, es decir, este proyecto se podría haber ejecutado con una estructura más sencilla y una menor cantidad

39. Arquitecto Félix Candela

de elementos y materiales, y sin embargo utiliza una estructura diversa, más coherente con otros intereses urbanos y formales.

Algunos arquitectos han defendido que el gran éxito y la belleza de su proyecto en el Corso Francia, se encuentra pues en el diseño de una estructura funcional y correcta, sin embargo yo no defiendo que el hecho de que una forma sea funcional le otorgue belleza de una manera inmediata. Lo que quiero decir con esto es que aunque antes se ha explicado que Nervi no construía sus obras basándose en principios y cánones de belleza, sí que había una voluntad formal, que afinaba la forma dentro de unas determinadas posibilidades que no contradecían ni entorpecían el diseño estructural ni la función.

De este modo Pier Luigi Nervi llegó a una solución con un cierto interés formal y personal pero que siempre respondía a las necesidades establecidas por las leyes de la estática y alejándose de aquellos proyectos incoherentes y extravagantes de los que hablábamos anteriormente.

Todo el debate que acabamos de tratar sobre la relación entre función y forma es posible gracias al dominio que tiene Nervi de las técnicas constructivas y las características de los materiales.

Por ello vemos como en el Viaducto de Corso Francia siempre intenta integrar la estructura en los elementos arquitectónicos dando lugar así a una obra lo más agradable posible, una obra hecha de arquitectura real en la que no se intentan esconder los elementos estructurales.

La mejor combinación entre belleza y técnica conseguida en esta obra es consecuencia del excepcional uso de las técnicas constructivas y capacidades de los materiales, que le permiten a su vez, cumplir con todas las exigencias requeridas; y es que, como hemos visto a lo largo de todo el trabajo, cuanto más amplio es el campo de conocimientos que maneja un arquitecto (como Pier Luigi Nervi), mayor es su libertad y capacidad para expresarse y crear.

10. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

1. Nervi, P.L. junio 1926. *I cementi ad alta resistenza*, en "Ingegneria", n.6. Roma, Italia.
2. Nervi, P.L. junio 1933. *Arte e técnica del costruire*, en "Quadrante", n.2. Roma, Italia.
3. Nervi, P.L. diciembre 1933. *Considerazioni tecniche e costruttive sulle gradinate e pensiline per stadi*, en "Casabella", n.72. Roma, Italia.
4. Nervi, P.L. julio 1923. *I problemi economici delle costruzioni e le politiche dell'architettura*, en "Il Giornale d'Italia". Roma, Italia.
5. Nervi, P.L. 1939. *La técnica ed i nuovi orientamenti estetici*, en "Atti del Convegno di Ingegneria", Sindacato fascista ingenieril de Milán. Milán, Italia.
6. Nervi, P.L. 1945. *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*. Roma, Italia: Editorial La Bussola.
7. Nervi, P.L. febrero 1946. *L'architettura verso forme e caratteri immutabili?*, en "La città-Architettura e Politica" n.1. Roma, Italia.
8. Nervi, P.L. abril 1947. *Corretto costruire*, en "Strutture-Rivista di Scienza e Arte del Costruire" n.1. Roma, Italia.
9. Nervi, P.L. abril 1950. *Economia edilizia*, en "La casa". Roma, Italia.
10. Olmo, C. Chiorino, C. 2010. *Pier Luigi Nervi, Architettura come sfida*. Roma, Italia: Editorial Silvana.
11. Nervi, P.L. 1945. *Scienza o arte del costruire. Caratteristiche e possibilità del cemento armato*. Roma, Italia.
12. Milelli, G. 1962. *Pier Luigi Nervi, una scienza per la architettura*. Roma, Italia: Editor Mariano, F.
13. Nervi, P.L. agosto 1951. *La "resistenza per forma" caratteristica statico-architettonica del cemento armato*, en "Pirelli" n.4. Roma, Italia.
14. Nervi, P.L. 1951. *El lenguaje arquitectónico*, Est. Graf. Platt SAC e I. Buenos Aires, Argentina.
15. Nervi, P.L. 1955. *Costruire correttamente. Caratteristiche e possibilità delle strutture cementizie armate*. Milán, Italia.
16. Nervi, P.L. 1955. *La moderna tecnica costruttiva ed i suoi aspetti architettonici*, in Architettura d'oggi. Florencia, Italia: Editor Vallecchi.

17. Nervi, P.L. mayo 1956. *Concrete and structural form*, en "The Structural Engineer. The Journal of the Institution of structural Engineers". n.5. Reino Unido.
18. Nervi, P.L. 1958. *Rapporti tra la tecnica e l'estetica del costruire*, en "Atti della Accademia Nazionale di San Luca", nuova serie, vol.III. Roma, Italia.
19. Nervi, P.L. septiembre 1962. *Le strutture in cemento armato*, en "Il cemento", n.9. Roma, Italia.
20. Nervi, P.L. 1969. *Considerazioni sull'estetica del costruire, Adunanze straordinarie per il conferimento del premio A.Feltrinelli*, en "Accademia Nazionale dei Lincei". Roma, Italia.
21. Nervi, P.L. 1970. *La ricerca sperimentale nel campo costruttivo*, en "Rapporti sulla ricerca". Roma, Italia.
23. Publicación académica del "Consejo superior de Investigaciones Científicas". 2019. *Pier Luigi Nervi: an engineer, an architect and a builder*.
24. Publicación Académica de la Universidad de arquitectura de Florencia. 2018. *Notes on spatial dimensión in the work of Pier Luigi Nervi*. Florencia, Italia.
25. Mornati, S. 2007. *Lo stabilimento balneare Kursaal di Lapadula e Nervi*. Roma, Italia: Editorial Gruppo Mancosu.
26. Desideri, P. 1981. *Pier Luigi Nervi*. Barcelona, España: Editor Gili, G.
27. Greco, C. 2008. *Pier Luigi Nervi. Dai primi brevetti al Palazzo delle Esposizioni di Torino*. Lucerna, Italia: Editor Quart Verlag.
28. Bianchino, G. Costi, D. 2012. *Cantiere Nervi; La costruzione di un'identità: storie, geografie, parallelie*. Milán, Italia: Editorial Skira.

Webs

29. http://www.iaa.fadu.uba.ar/ojs/index.php/anales/article/view/217/html_165
30. <https://latam.historyplay.tv/biografias/benito-mussolini>
31. <https://www.hisour.com/es/fascist-architecture-30836/>
32. <https://www.eurasia1945.com/acontecimientos/fascismo/italia-en-la-segunda-guerra-mundial/>
33. <http://www.archidiap.com/opera/viadotto-di-corso-francia/>
34. <http://inventari.fondazionemaxxi.it/AriannaWeb/main.htm;jsessionid=59A03F6E6030BD38FA06A60375716C0C#archivio>
35. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/6559#page=1>

