

EL HORMIGON ARMADO
Y SUS
TECNOLOGIAS
EN LA
ARQUITECTURA CHILENA

1

S
ARQUI
M827h
v1
c1

5
ARQUIT
M 827R
21
21

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESCUELA DE ARQUITECTURA

TEMA DE ARQUITECTURA

EL HORMIGON ARMADO Y SUS TECNOLOGIAS

EN LA ARQUITECTURA CHILENA

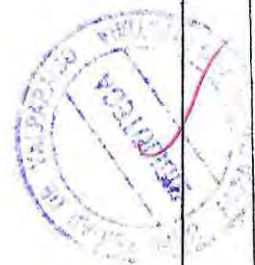
1930 - 1980

Profesor Guia: LUIS BRAVO H.

Alumno : JUAN MORA R.

VALPARAISO

1987



INTRODUCCION

El uso del hormigón armado como material en la arquitectura es reciente, desde su aparición hasta hoy día no han ocurrido más de 100 años. En ellos el hormigón armado ha sido protagonista de una evolución técnica, constructiva, llegando a ser uno de los materiales más importantes en el proceso y realizaciones de obras y proyectos tanto en la construcción de objetos de utilería en sus comienzos, como en obras de ingeniería posteriormente, hasta su esplendor que ocurre en la construcción de la arquitectura.

Tanto es así que algunos movimientos arquitectónicos se identifican particularmente con él en su modo de trabajarlo y mostrarlo, como es el mo-

vimiento Moderno y particularmente el Brutalismo.

Los objetivos de este Seminario son indagar cuál ha sido el desarrollo que ha tenido como material creado por el hombre, sus tecnologías y su expresión en la arquitectura, a través de la tecnología empleada haciendo un recorrido a nivel mundial, para centrar lo que ocurre con el hormigón armado en Chile entre los años 1930 y 1980 en una perspectiva de las realizaciones más relevantes, que han sido y son hito en su aplicación.

Hacer una revisión de lo que ha sido este material en la construcción de la arquitectura, un material que es capaz de tener sus propias leyes (fisicomecánico, expresión formal) y que no necesita pedir prestado elementos de lenguaje formal y constructivo que son propios de otros materiales.

EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA

Con la aparición del hormigón armado como un nuevo material y su convalidación como tal en la construcción con sus sistemas constructivos, generó un modo nuevo de concebir y construir la arquitectura.

"La aparición del hormigón armado ~~consiste en~~ ^{también} enriquecer las posibilidades de construir formas limitativas con superficies tan varias como contínuas y de manejable plasticidad. Su resistente ligereza permite un claro volúmen expresivo, por su fácil conformidad de adaptación al espacio interno imaginado, de lo que resulta su característica sinceridad, moldeando todas las formas sólo con la observancia estricta de las reglas de la resistencia y con la masa cada vez más reducida, que tal es la tendencia del progreso técnico actual".

Las puertas que se abren con este nuevo material son amplias e insospechadas, como consecuencia de ello es

que en su devenir se le ha usado imaginativamente, desentrañando sus propiedades, como también se le ha usado buscando prestadas leyes que le son propias a otros materiales y no realzando los propios o descubriendo nuevas.

En 1895 F. LLOYD WRIGH escribía: "Todos los materiales utilizables en la construcción de edificios son ahora más importantes que nunca. Todos tienen significación, cada uno con su propia naturaleza peculiar, los viejos o nuevos materiales tienen su propia y viviente manera de contribuir a la forma, el carácter y calidad de todo el edificio".

Es en esta perspectiva que la arquitectura debe expresar las propiedades de la materia y así llegar a estar siempre vinculada a la naturaleza.

El hormigón armado es en KAHN una materia que adquiere características singulares alejándolo de muchas expresiones publicitarias o de slogan le entrega una carga emocional importante además de su papel estruc-

tural tratando realmente de que este doble código sea fácil, legible a los vivientes y usuarios de sus proyectos".

"Los edificios de Kahn obedecen las leyes de la materia expresando claramente las propiedades de ellos y su relación espacio funcional jamás disimula su apariencia".

El desafío planteado a los arquitectos, a los constructores de la arquitectura, con la aparición del nuevo material fue sin lugar a dudas grande, ya que por un lado estaba el hecho de no conocer su comportamiento, por otro lado estaba el cómo mostrarlo, y para esto había que salirse de los esquemas que habían mantenido los materiales tradicionales como la madera, la piedra y el ladrillo.

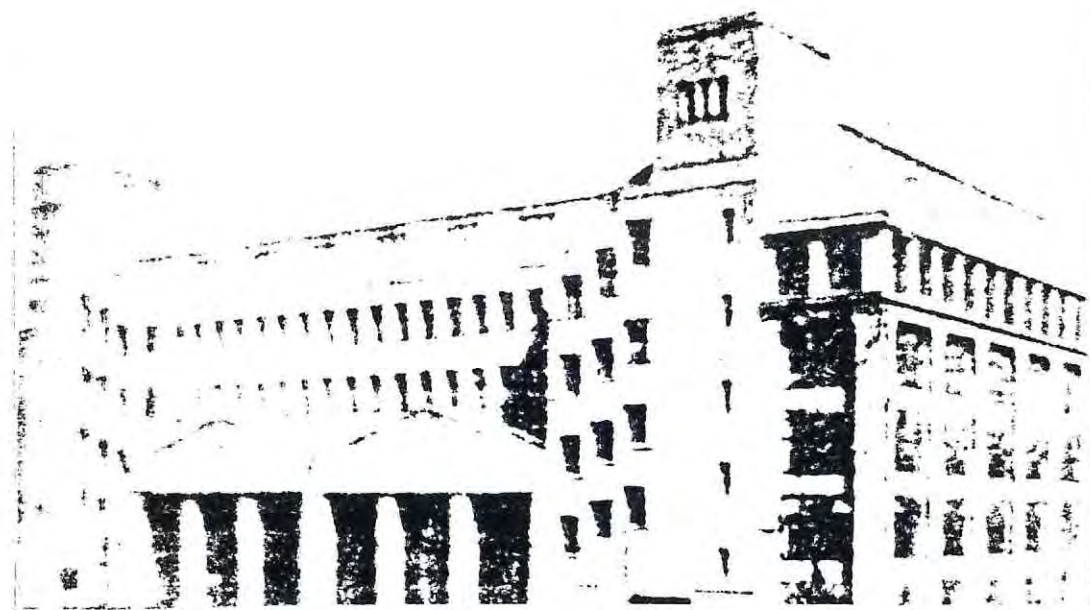
La manera como se ha incorporado, usado el hormigón armado, si bien la podemos caracterizar en etapas, ellas no es posible establecerlos cronológicamente, principalmente debido a que en el tiempo han coexis-

tido diversas tendencias.

- 1.- CORRIENTE ARCAICA: Se define en este primer período un uso del hormigón armado a la manera de otros materiales como la madera, la piedra y el hierro. En este período fundamentalmente el hormigón armado toma los elementos ya sea expresivos o estructurales de estos materiales.

Coincide en esta época el hecho que con su oposición en forma paralela no se había avanzado en la teoría.

"Gran parte de las construcciones de hormigón de fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX muestran el esfuerzo por lograr, por medios decorativos, un volumen y una expresión representativa, es decir satisfacer finalidades de formas clásicas de acuerdo al carácter historicista de la arquitectura oficial, sin conceder todavía un lenguaje adecuado al hormigón y a sus posibi-



PETER BEHRENS, Centro de alta tension
de la AEG, in BERLIN.

lidades.

Es claro que en esta época existe un desconocimiento del material, ya sea en lo que se refiere a los métodos constructivos como a la respuesta formal lograda, esto se observa en casi todos los edificios de la época.

2.- CORRIENTE RACIONALISTA: Con la aparición de la escuela de Chicago en 1890.

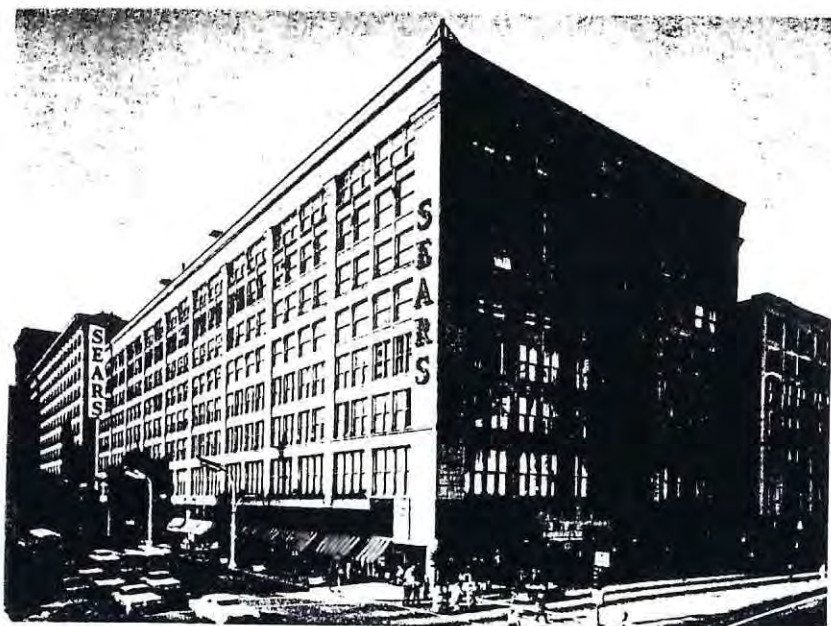
Como resultado del avance tecnológico, la industrialización, del crecimiento de las ciudades y la gran concentración de población, especialmente donde se instalaban las grandes industrias, aparece en 1890 la Escuela de Chicago, para dar una respuesta ya sea a los graves conflictos sociales como a la técnica que se estaba planteando. Frente a lo explosivo de todo este acontecer y la necesidad de dar una respuesta rápida, se empieza a manejar el H.A. como un material

capaz de llevar a cabo los conceptos que planteaba este movimiento, los que fueron ampliamente difundidos.

Se comienza a usar un nuevo tipo de construcción en esqueleto o armazón de hierro "y hacer desaparecer por primera vez el dualismo que había existido entre la construcción y la arquitectura poniendo la técnica al servicio de ésta".

Todos los conocimientos y experiencias fueron volcadas a las construcciones de hormigón armado que ya se estaba convirtiendo en un material de alternativa respecto al hierro.

Este sistema es actualmente usado en Estados Unidos y Japón principalmente. Esto se debe al mal comportamiento del acero ante el fuego y a la corrosión que hace necesario recubrir el material.



WILLIAM LE BARON JENNEY 1889-1891
ESCUELA DE CHICAGO (estado actual)



GEORGE B. POST. 1831-1832
ESCUELA DE CHICAGO

3.- CORRIENTE CONSTRUCTIVISTA: Expresiva.

Es Augusto Perret

quien comienza a utilizar las posibilidades técnicas del hormigón armado; distingue lo que son miembros de soporte y paneles de cerramiento.

"comprendió que el cemento armado constituía un material noble, y por lo tanto, tenía necesidad de encontrar un apropiado tratamiento arquitectónico.

Todo esto se vio materializado en el edificio de departamentos en el número 25 de la calle Franklin en París en el año 1903. Perret presenta aquí ya un planteamiento arquitectónico respecto del hormigón armado, que repercutirá en el futuro. Aparece la estructura *mostrándose* con cautela y sencillez y es un elemento constituyente del edificio.

Perret sigue con esta idea y aplicando otros pensamientos, en 1906, construye el garage de la calle Ponthien en París que él la considera "la

primera tentativa en el mundo del hormigón armado estético". el carácter de la fachada está determinado por la estructura sustentante, se ve claramente el desglose que hace de las paredes y la estructura.

En la Iglesia de Notre Dame de Du Rainey (1922), también de Perret, que consta de un entramado resistente de hormigón armado y bóvedas formadas por losas curvas rígidas a flexión las paredes son de elementos prefabricados perforados para recibir cristaleros de colores.

A partir de este momento se comienza a utilizar el hormigón armado de una manera más racional, aprovechando al máximo sus posibilidades tanto estructurales como expresivas.

En los edificios de hormigón armado se empieza a aplicar la teoría y producto de esto, es que, los elementos estructurales, sustentantes aparecen con disminuciones mas adecuadas y mostrándose.



A. PERRET, 1904, iglesia de S. Jean de Montmartre



A. PERRET, 1903, casa núm. 25 de la calle Franklin

En el año 1922 Walter Gropius, construye un edificio de oficinas para la Chicago Tribune, contaba con una estructura completamente de hormigón armado como elemento formal.

Posteriormente es Le Corbusier quien empieza a intentar y definir ciertas intenciones respecto a la expresión y la forma. El en sus comienzos definiendo las bases de su concepción había elegido el hormigón armado como el medio mas adecuado para sus realizaciones. En 1914 formuló, con sus Casas "Dom-Ino"; Basadas en un esqueleto de hormigón armado que puede facilmente ser variado, las premisas teóricas de la planta libre.

En 1926, define que "la construcción en esqueleto, separación lógica de las partes sustentantes y no sustentantes, concepción de los volúmenes empleando elementos geométricos puros(cubos, paralelepipedos, cilindros) libertad en la concepción de la planta y la fachada". Le Corbusier deja sentada las bases de su preocupación y trabajos posteriores, interpreta las posibilidades técnicas,

arquitectónicas y decorativas del hormigón armado y abre un camino, el cual siguieron muchos arquitectos modernos europeos y americanos.

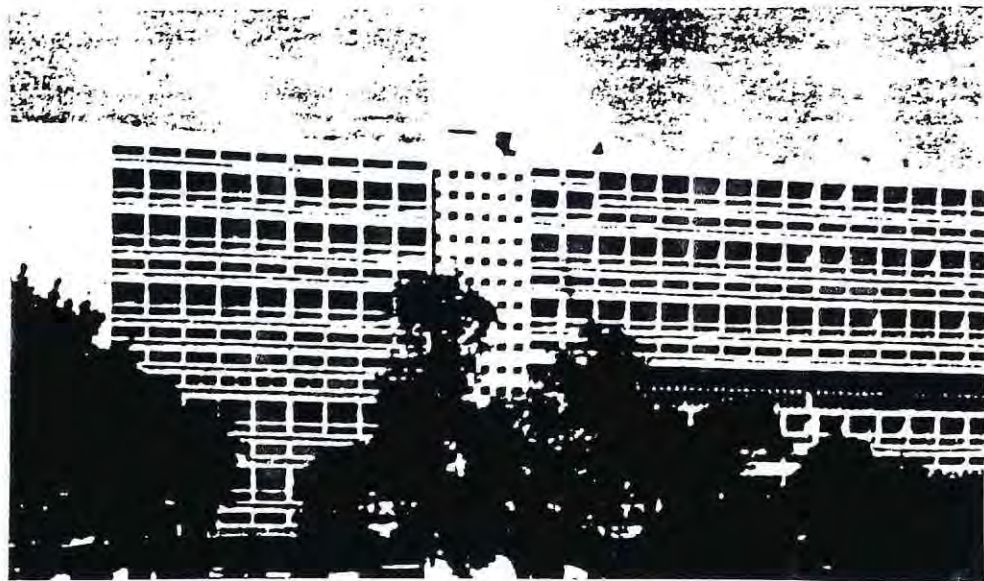
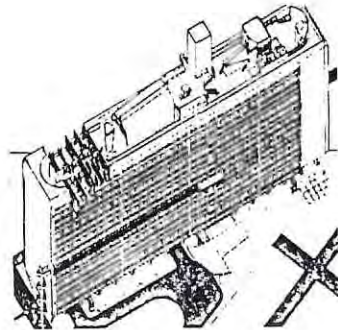
En todos sus proyectos, además de introducir sus planteamientos arquitectónicos-urbanísticos, da cuenta de las posibilidades expresivas del material; usa el hormigón visto, las caras del hormigón se dejan como salen de los moldajes, incluso con los intersticios y nudos de ellos, hasta llegar a disponer de una determinada manera los moldajes para lograr texturas mas expresivas.

En la Casa de Estudiantes suizos de la Ciudad Universitaria de París primero y luego en la Comunidad de viviendas en Marsella(1947-1952) hasta llegar a la Capilla Ronchamp (1950-1954), Chandigard(desde 1950) y el Convento de la Tourette(1957) en que se libera definitivamente del formalismo geométrico y confía enteramente al "fiel hormigón" sus creaciones plásticas, que se extienden ahora a todo el mundo.

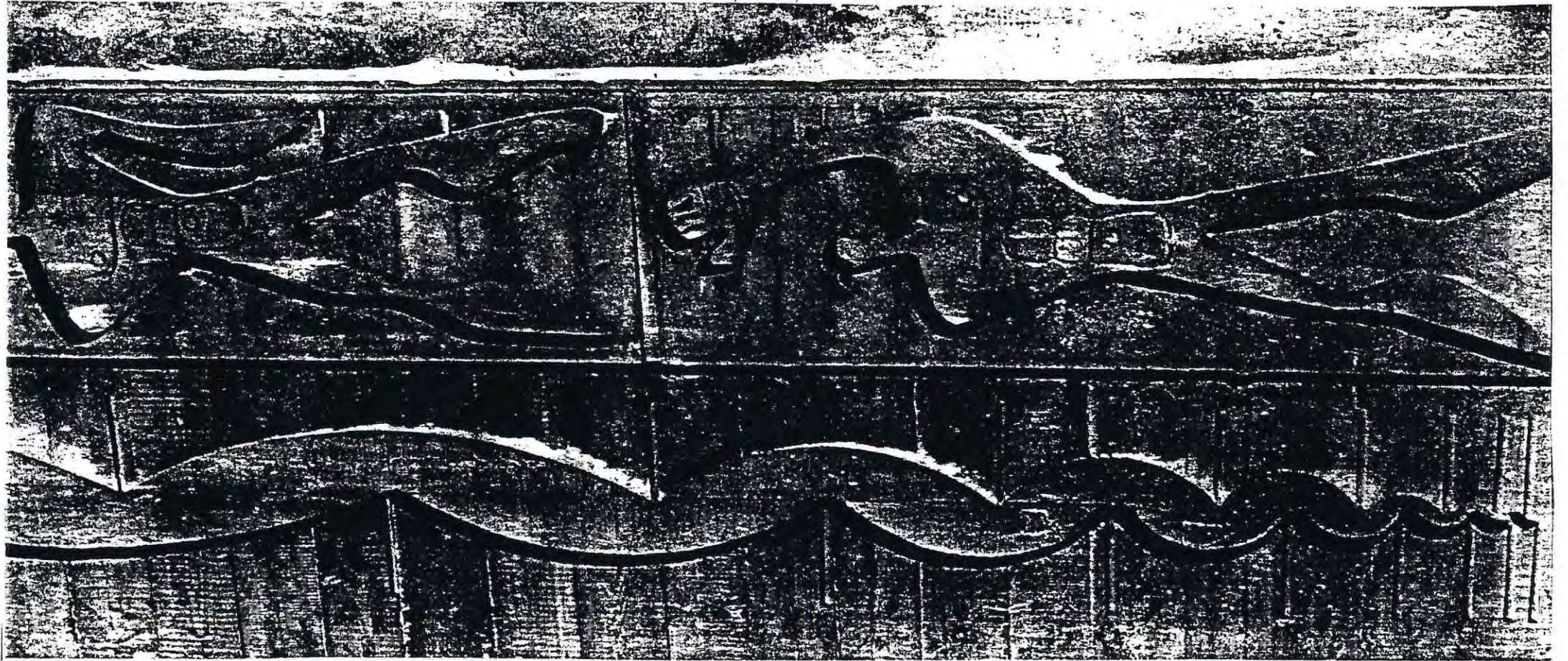
UNIDAD HABITACIONAL en MARSELLA

ARQUITECTO: Le Corbusier

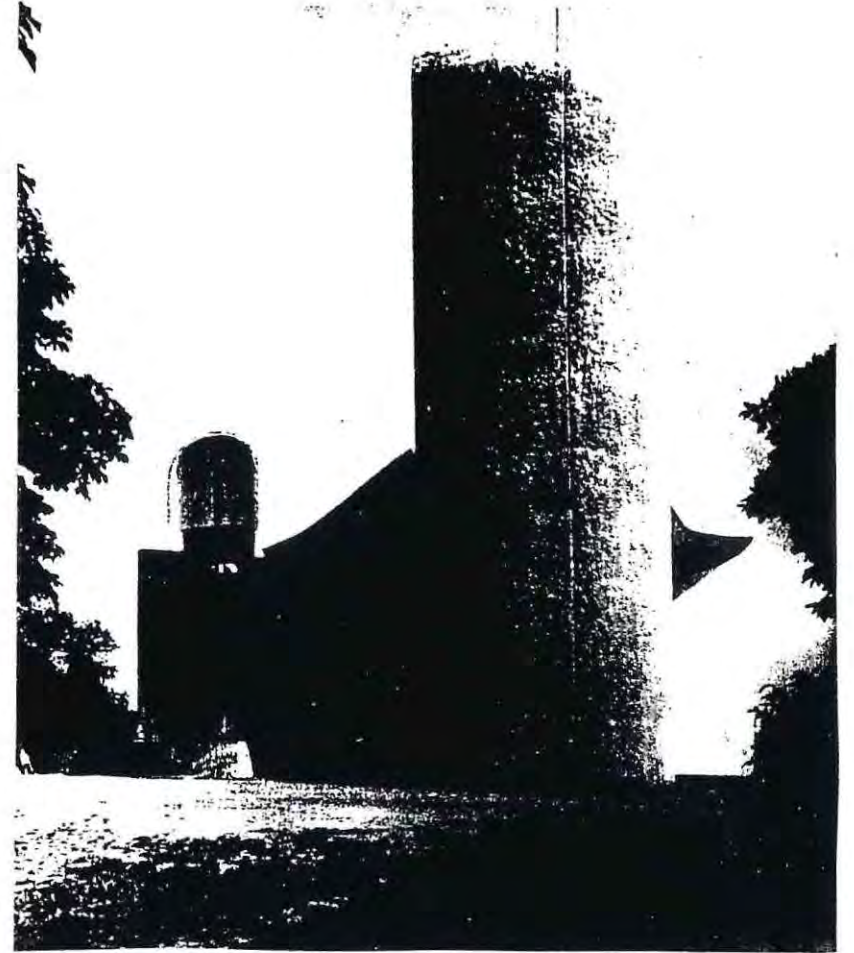
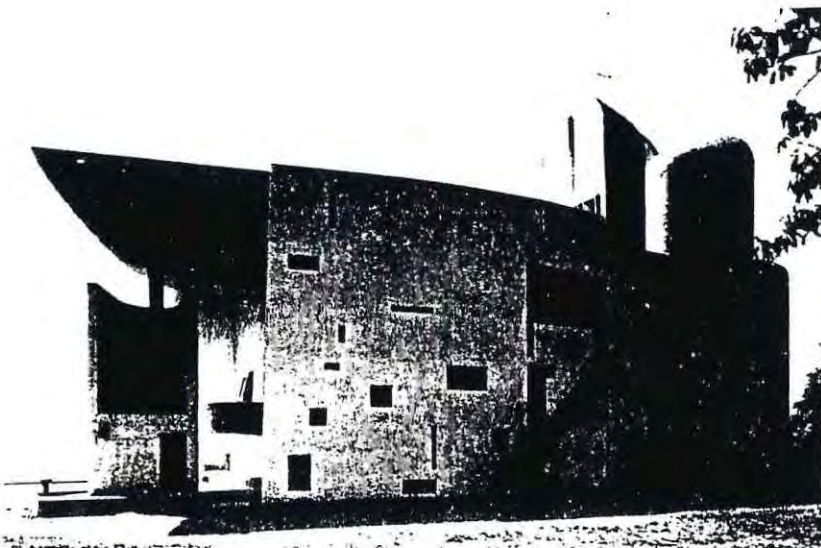
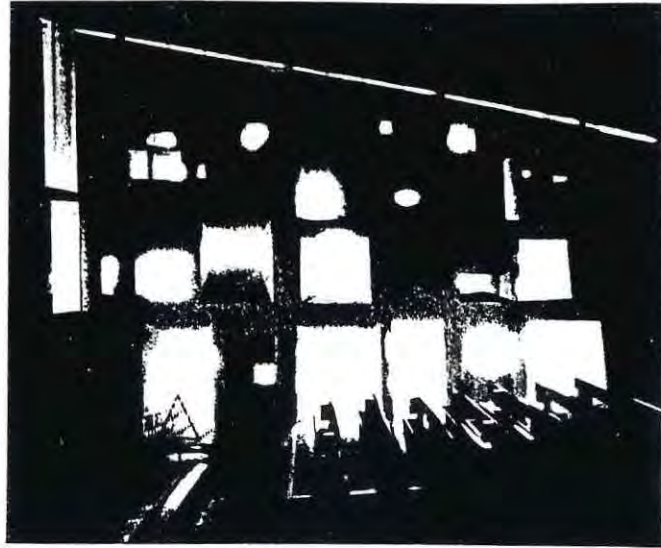
AÑO : 1947-1952



LE MODULOR de Le Corbusier
en hormigón visto sobre relieve en la unidad
habitacional de Marseille.



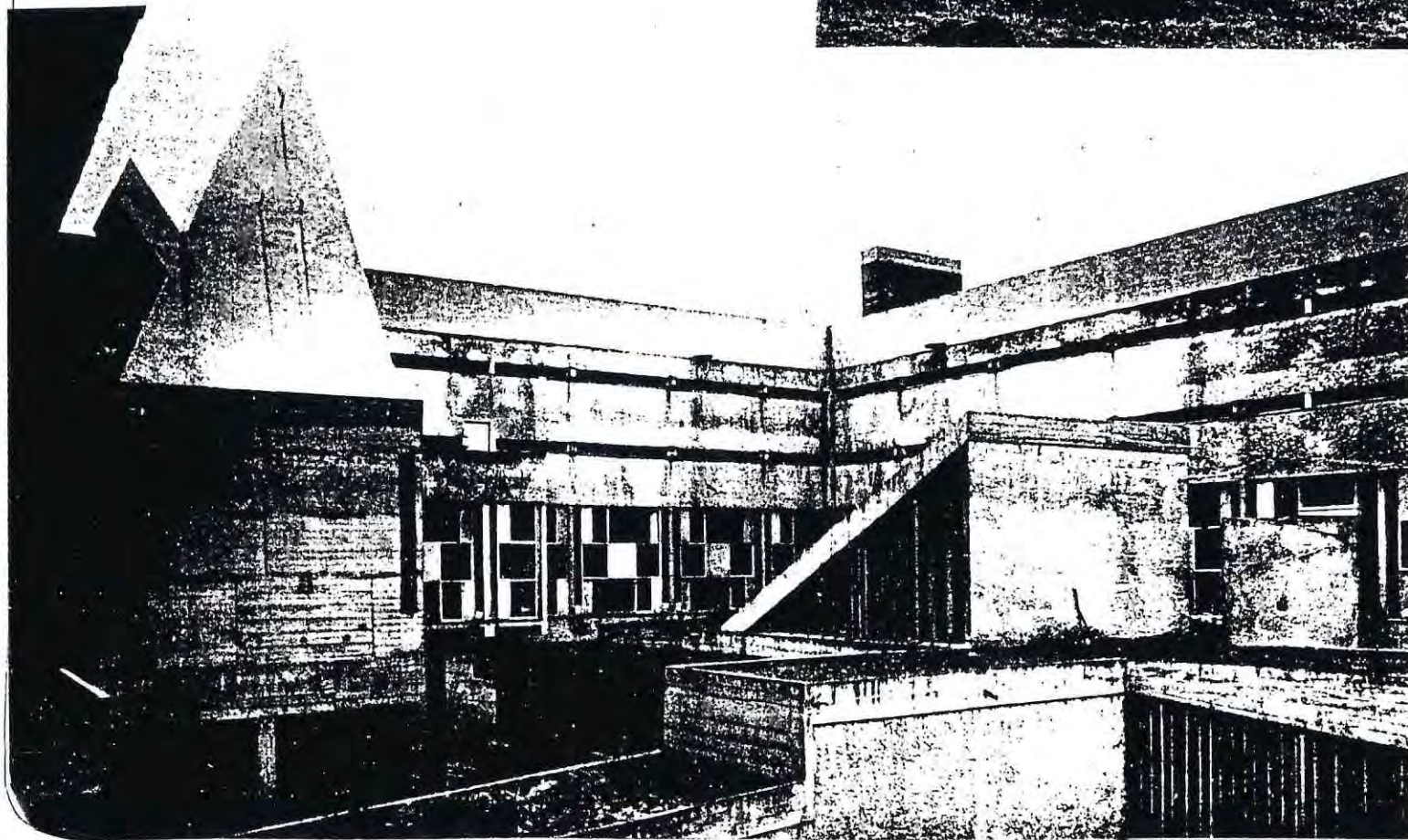
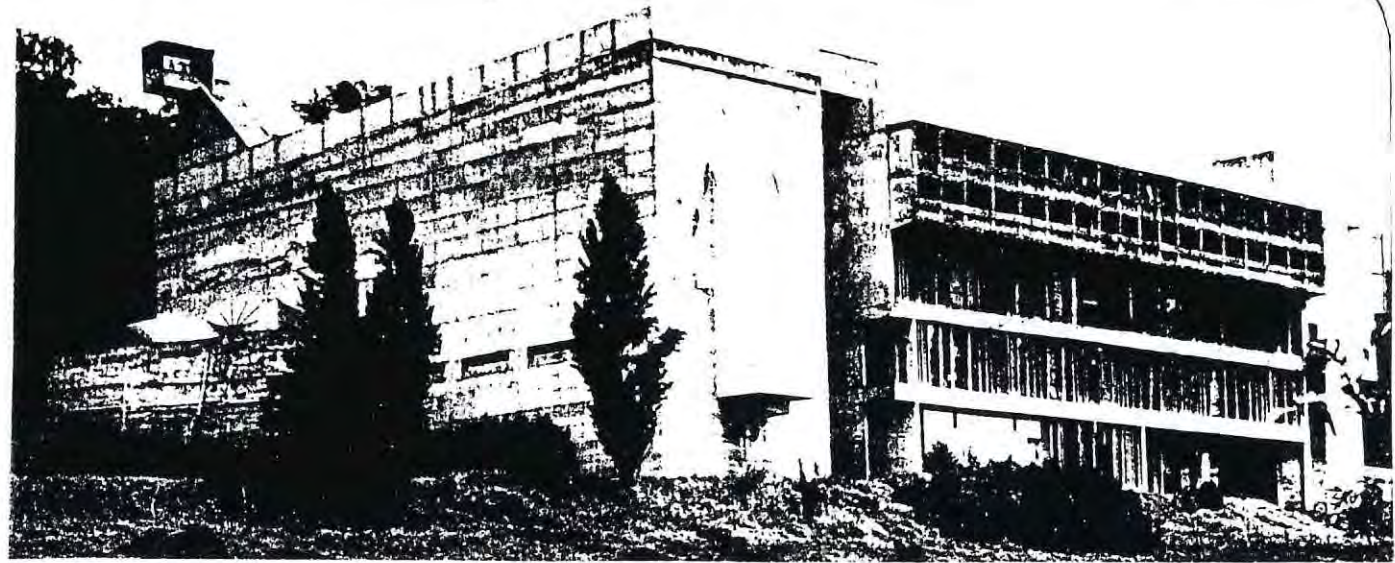
CAPILLA RONCHAMP
ARQUITECTO: Le Corbusier
AÑO: 1950-1955



CONVENTO LA TOURETTE

ARQUITECTO: Le Corbusier

AÑO: 1952 - 1960



4.- CORRIENTE ESTRUCTURALISTA: La tendencia que empieza a ocurrir entre los ingenieros del querer abandonar el sistema octogonal de columnas y vigas, y buscar una unidad estructural de la obra total, da como resultado obras como las de Roberto Maillart en sus puentes y en Pier Luigi Nervi en sus bóvedas.

Se desarrollaron nuevas técnicas para lograr grandes complejos.

Maillart en sus realizaciones sobre todo en sus puentes, elimina todo aquello que no es estructural, logrando una técnica tan precisa, que crea una alta calidad plástica, lo podemos ver en el Puente Tavanesa (1905), el primero de hormigón armado con losas curvas tensadas, el puente en el

Valle de Salgina (1929) y el puente sobre el Schwandbach (1933) donde aligera la estructura con un sistema de losas planas y curvas, arco y viaducto forman una unidad estética y estructuralmente.

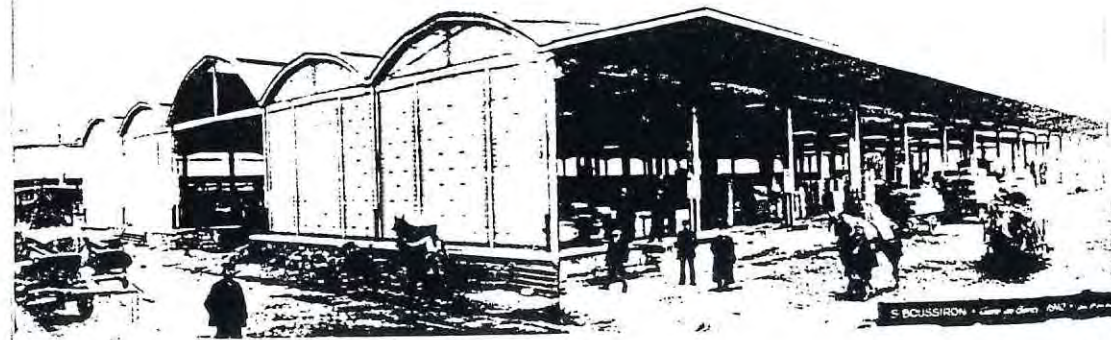
En 1910 Simón Bausirón, también ingeniero, construyó una cubierta de la estación ferroviaria en Bercy, cerca de París con bóvedas de hormigón muy delgadas según paraboloides hiperbólicos cuyo futuro habría de ser muy espectacular.

Freyssinet en 1916 construye la cubierta para el hangar de Orly, constituido por secciones parabólicas con una luz de 95 metros y una altura de 48 metros.

Nervi trabajó sobre esta base perfeccionando en 1936 construyó el hangar de Arvieto, en 1948-1949 la nave de exposiciones de Turín fue realizada con elementos ondulados de hormigón armado prefabricado que permitieron reducir el peso

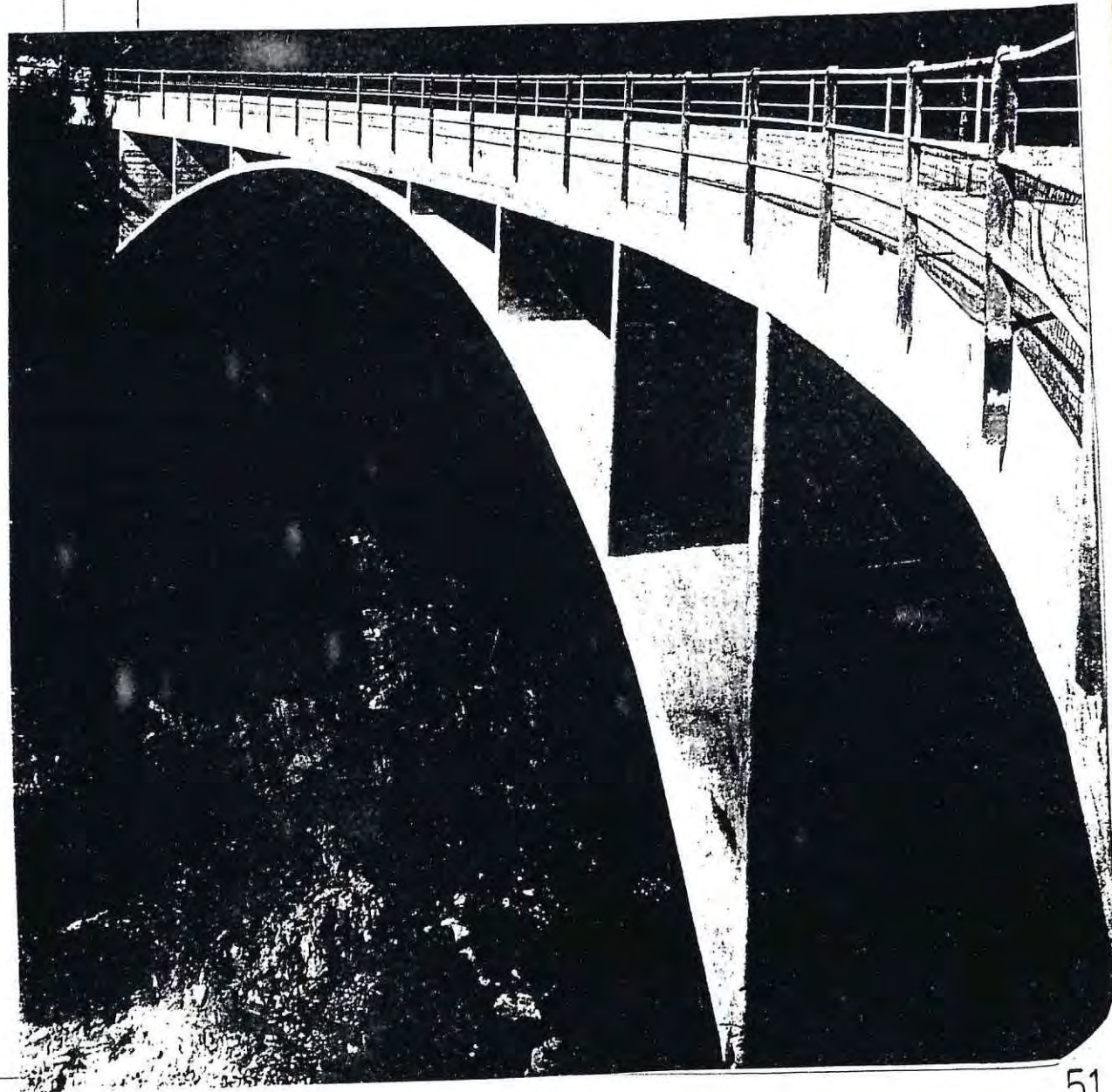


1910, ROBERT MAILLART, puente sobre el Río de Tavanera



1910, SIMON BOUSSIRON, Estación de Bercy, París

ROBERT MAILLART, 1933 puente sobre el
Río Schwand, Suiza.



propio y aumentando considerablemente la rigidez.

Sigue en esta línea contribuyendo tanto a la teoría y especialmente en las realizaciones.

Eduardo Torroja, en 1934 construyó en colaboración con Sánchez Array, el mercado de Algeciras (1933-1935) un gran cascarón de 48 metros de diámetro y 45 metros de radio de curvatura, sus tribunas cubiertas con bóvedas laminares de hormigón son una de las obras españolas modernas más conocidas y más justamente apreciadas en todo el mundo, con ello se da la aprobación general a las estructuras laminares.

En América es Félix Candela quién utiliza especialmente el paraboloides hiperbólico en sus realizaciones; en 1951 realiza el Pabellón de Rayos Cósmicos, el centro electrónico en la ciudad Universitaria en 1960.

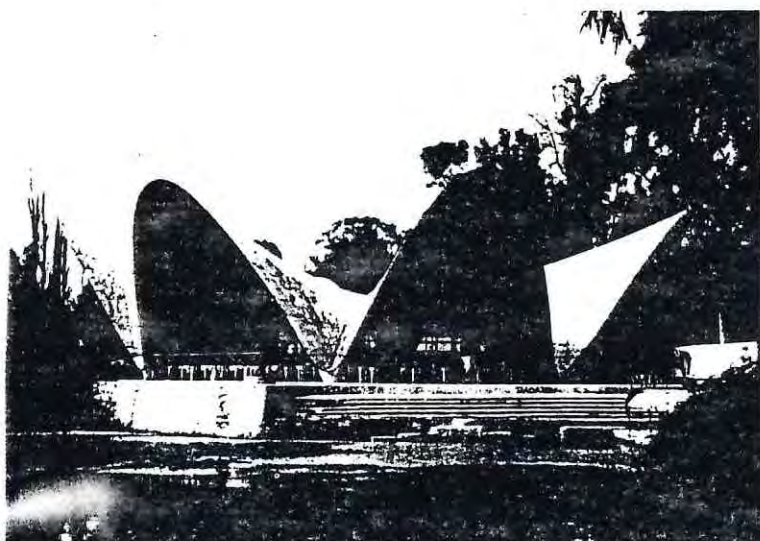
Según Candela, el paraboloides hiperbólico "superficie alabeada aquí se extiende indefinidamente en todos sentidos, de curvaturas contrarias como la silla de un caballo y cuyas secciones planas son todas parábolas o hipérbolas.

El resumen todo este secreto en una frase:

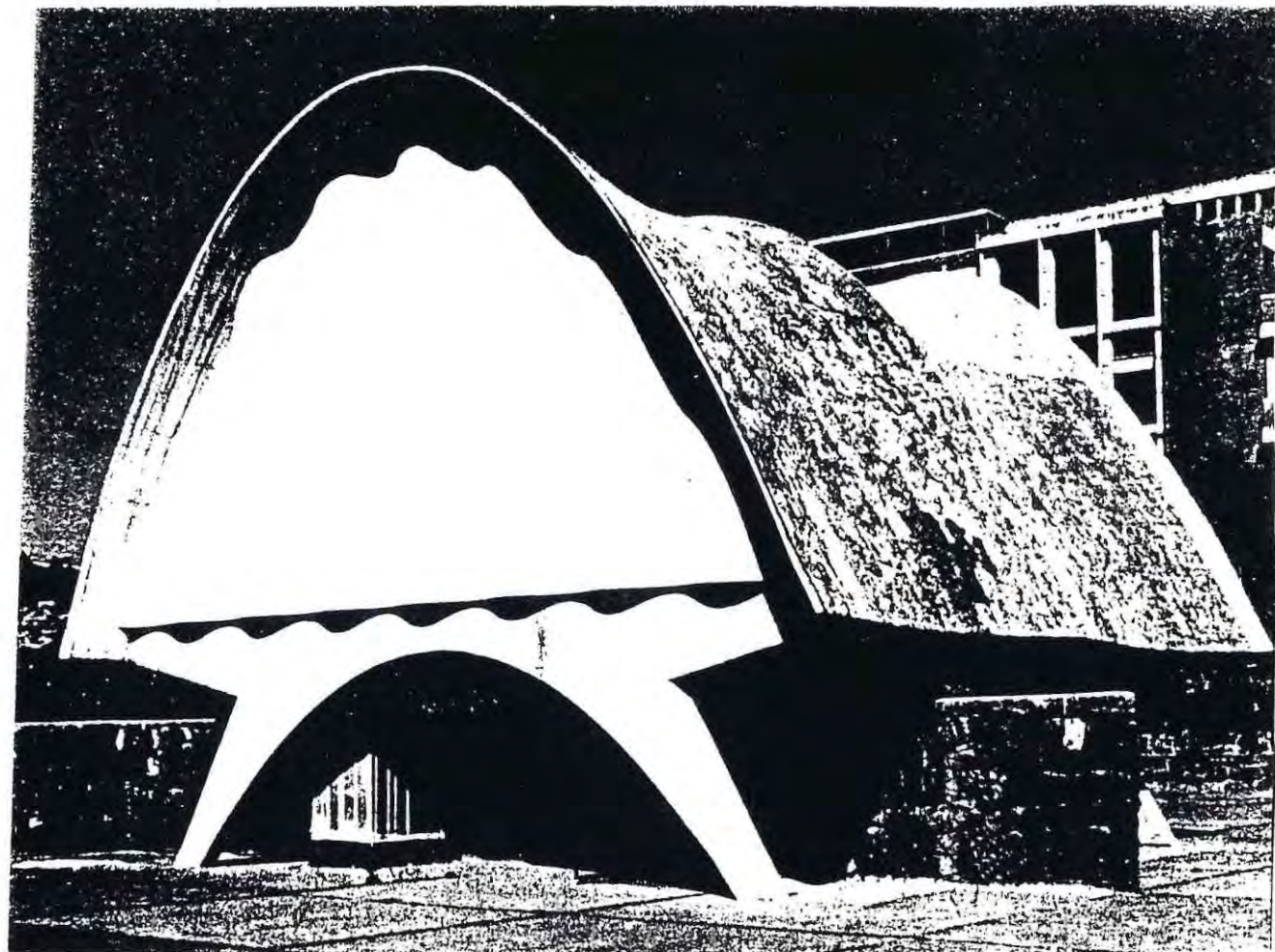
"El diseño estructural tiene mucho más arte que de ciencia".

Todos estos conocimientos teóricos y tecnológicos que dio como resultado la aparición de los elementos cascariformes y curvos, con el cual se podían obtener grandes luces, de espacios libremente conformados y de una gran expresión plástica, todo ello gracias a la alta resistencia a los esfuerzos de compresión que el material posee.

Otros arquitectos hicieron de esta expresión su modo de hacer arquitectura y se destacaron



RESTAURANTE LOS MANANTIALES
en ciudad de México. 1957, 1958
FELIX CAUDELA, ingeniero.

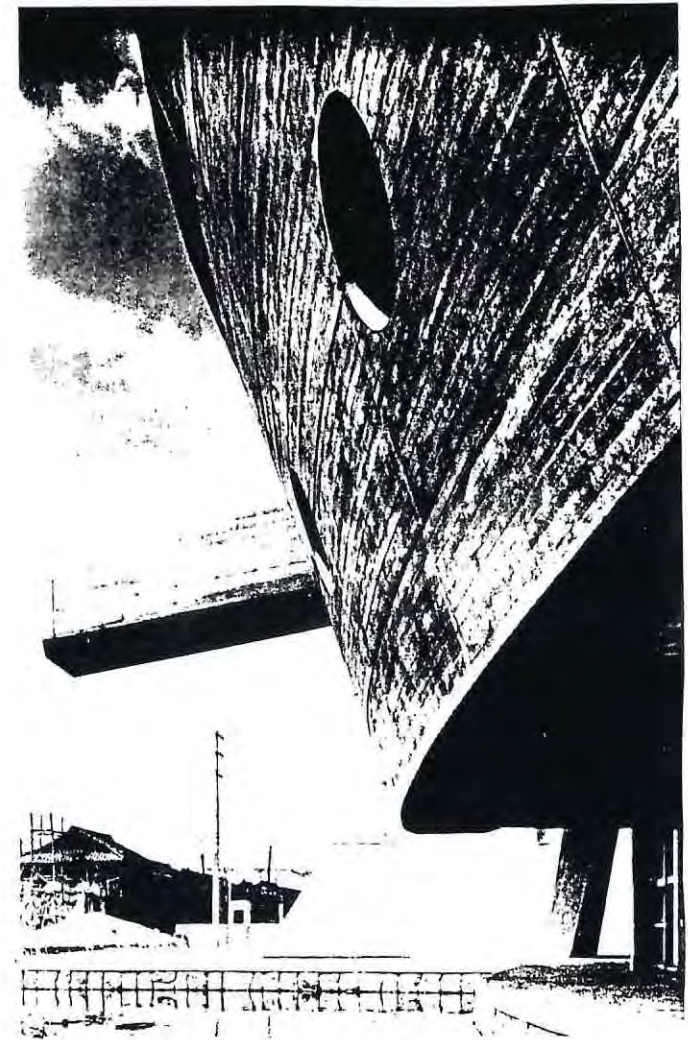


FELIX CANDELA, 1960 PABELLON DE RAYOS
COSMICOS, CIUDAD DE MEXICO.

por ello.

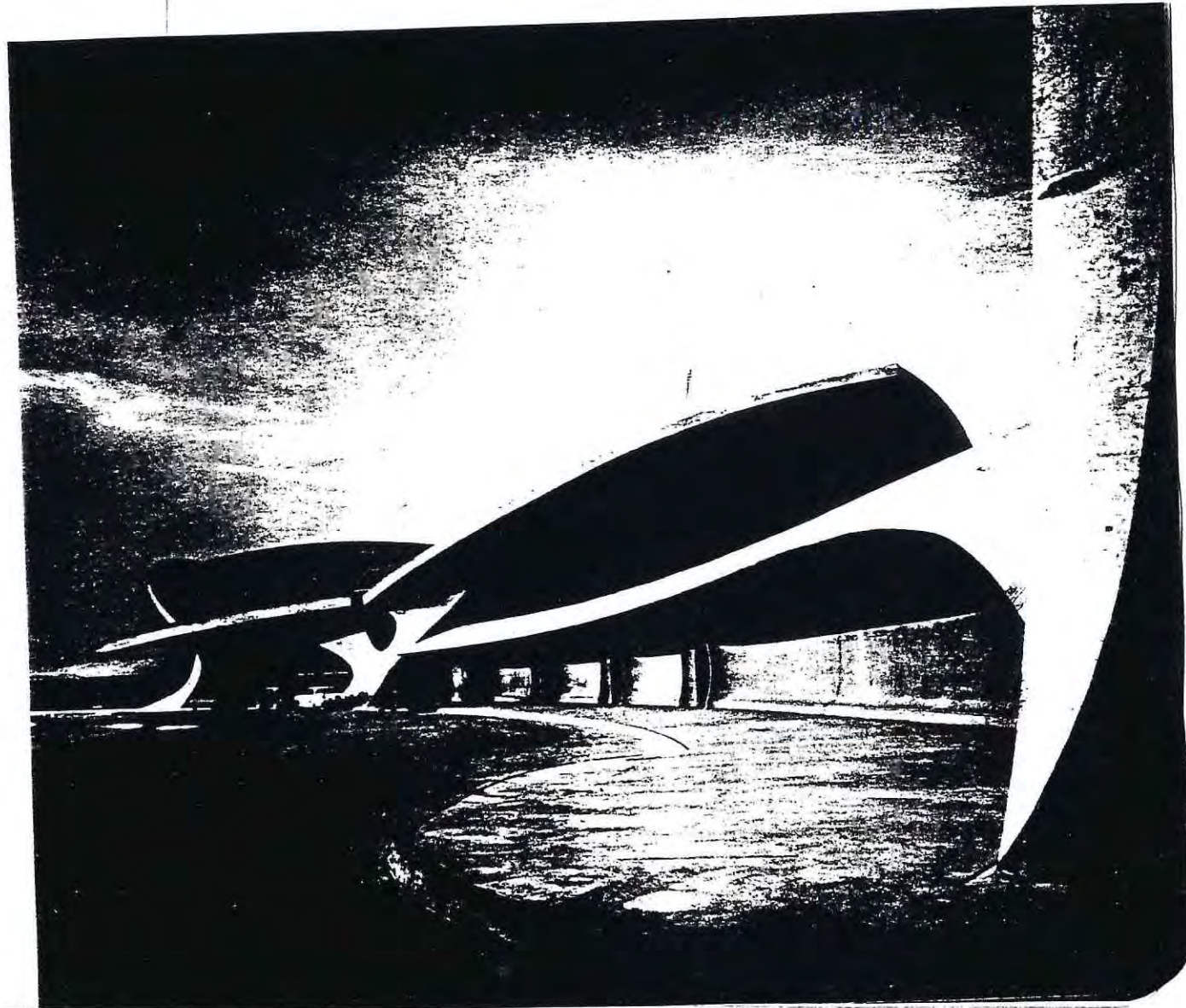
Fueron: Eero Saarinen (Centro de Vuelos de la TWA) y Kenzo Tange (Centro de deportes en Takamatsu, Japón).

A partir de aquí comienza a intentarse otras formas del uso del hormigón armado, estos siempre han estado ligados a algún inconveniente del mismo, de esta manera surge el post y pretensados, inventados por Freyssinet en 1928 y el ferrocemento creado por Nervi.



KENZO TANGE, Centro de deportes en Takamatsu, Japón

EDRO SAARIVUEN, Centro de vuelos de la TWA.





ORIGENES DEL HORMIGON ARMADO EN CHILE

A comienzos de siglo nuestro país estaba en una situación de atraso técnico en relación a otros materiales que en Europa se estaban empleando, primero el acero y luego el hormigón.

Chile todavía estaba enmarcado en construir con materiales que le habían respondido todos los requerimientos, y no necesitaba de gran tecnología en la elaboración misma ni en el manejo constructivo y generalmente eran extraídos de su lugar de ocupación, es lo que ocurre con el adobe, la madera y los ladrillos.

Cada uno de estos materiales tenía su técnica constructiva, si bien es cierto, que podrían constituir una manera particular de construir, también se logró manejar técnicas mixtas.

El adobe al ser más barato y fácil de producir, era el material más usado, pero como Chile es un país sísmico, muchas veces o por mala solución constructiva o por mantención o modificaciones, el adobe dejó grandes estragos después de un movimiento sísmico. Se implantó entonces, la técnica de hacer una estructura de madera y entre los pie derechos colocar adobillos sostenidos en sus caras laterales con alambre para impedir volcamientos, que resultó ser la más adecuada para resistir las sollicitaciones sísmicas.

En los entramados de piso se utilizaban vigas de madera, los cuales se entablaban y en los casos de mayor lujo se recubrían con palmetas de parquet.

La albañilería de ladrillo alcanzó gran desarrollo debido, en cierta medida el aporte de arquitectos extranjeros contratados por el Gobierno (Debaines, Hanault, Lathoud).

Es a partir del terremoto de 1906 en Valparaíso que en Chile se cambian las modalidades de construir. Comenzó a usarse el cemento Portland como aglutinante de pega para el ladrillo, desplazando el empleo de la cal.

En esa época el cemento se importaba en barriles de 170 kilos, de los cuales se obtenían cuatro sacos (el actual saco de 42,5 kilos).

Las fachadas exteriores, fueron entonces construidas con ladrillos asentados sobre concreto. Los ladrillos se usaban en muchas combinaciones de tal manera que produjeron entrantes, salientes, cambios de plomos, de acuerdo a la ornamentación.

Le sucede al terremoto de Valparaíso el de 1928 en Talca, 1939 en Chillán, 1960 en Valdivia y 1979 en Valparaíso nuevamente. Todo esto trae consigo en que se pone un desafío al Estado y sus Organismos como a los particulares.

Indudablemente que, sumado a estas catástrofes naturales se suma el desafío que tiene la arquitectura de principios de siglo de satisfacer las necesidades de demanda de habitación y equipamiento que se generan con la concentración de habitantes en las grandes ciudades.

Como una manera de ordenar y legislar, como una primera reacción, es que aparece promulgada la Ley 1838 en 1906 que crea el Consejo Superior de la Habitación Obrera (primera en su tipo en Iberoamérica). Luego, es a raíz del desastroso terremoto de Talca en 1928 que se decide reglamentar sobre la construcción. En Febrero de 1929 se aprueba la Ley 4563 que da reglas al arte de la edificación.

Con la llegada de ingenieros franceses y holandeses contratados por el Gobierno se introduce el cálculo de materiales en forma sistemática.

Luego se publica la ordenanza que obliga el uso

de pilares y cadenas de hormigón armado en las construcciones de albañilería que llegó a ser el sistema estructural más usado.

Entre 1907 y 1929 se construyó el Palacio de los Tribunales de Justicia, obra del arquitecto Emilio Doyere en colaboración con el arquitecto Emilio Jequier. Fué la primera obra fiscal en concreto armado contratado con una compañía holandesa.

En 1931, en Mayo se dictó el DFL 345, que contenía una nueva ley: Ordenanza General de Construcción y Urbanismo que comenzó a regir en 1936.

En 1948 se dictó la Ley Pereira.

En 1959 entró en vigencia el DFL 2 llamado Plan Habitacional.

Todos ellos acatan a "lo económico" de una construcción en términos de metros cuadrados a construir y de la prohibición de emplear ciertos materiales

considerados suntuarios.

La segunda reacción fue suprimir las estructuras mixtas tan en boga en la época anterior, sobre todo la referida a la que posee tres muros perimetrales de adobe y la fachada en albañilería por una entrante de albañilería de ladrillo.

Casi junto con el terremoto de 1906 -en 1905- entra en actividades la Compañía Holandesa de Obras de Cemento Armado. En aquella época no se mostraba muy propicia la opinión pública en favor del empleo de aquel material que constituía la especialidad de dicha empresa, pues aún no se olvidaba el desastre que había afectado en la capital a los nuevos almacenes de la ~~C~~asa Prá, ya antes de terminarse éstos del todo.

El sistema empleado era una construcción mixta de ladrillos huecos, fierro y hormigón, era enteramente diverso de aquel que se emplea aquí hoy día bajo la designación de concreto armado, y en

el cual deseaba prestigiarse aquella nueva empresa constructora. De allí que los técnicos de la organización holandesa iniciaron sus trabajos en San tiago -a modo de demostración- en el edificio del Internado Barros Arana, construyendo allí con concre to armado, los servicios sanitarios; pero el perso nal técnico -ante la ausencia de cooperadores experimentados en dicha nueva industria- tuvo que instruir, con el ejemplo y herramienta en mano, al obrero nacional.

El año 1905, la Compañía Holandesa de Obras de Cemento Armado, empleando materiales que importaba, tomó a base de contrato la construcción de diversas construcciones e importantes obras de concreto armado, en el edificio de los Tribunales de Justicia, ya sea losas, cielos, nervaduras, escalas, columnas, tabiques y cornisamientos, trabajos todos que con dicho material y en forma tan importante se llevaban a cabo por primera vez en el país, por lo cual con justicia alcanzaron más de alguna alabanza de parte de quienes reconocían tanto la calidad

del material como el empeño puesto en juego por el personal de la empresa contratante.

Correspondió a la Compañía Holandesa la construcción del primer puente hecho en Chile con dicho material; y lo que aquella obra de esta especie tendida -en el año 1912- en la ciudad de Viña del Mar sobre el estero Marga Marga.

Como dimos cuenta en la historia del cemento, la industria del cemento aparece en Chile en forma casi paralela a las primeras construcciones de hormigón armado, desde que en 1908 se crea en La Calera la primera fábrica de cemento. No así la Industria siderúrgica que no existía al momento de aparecer el hormigón armado, éste se obtenía acero de chatarra de baja resistencia, no apta para las construcciones de hormigón armado el que era elaborado por las industrias Indac y Ferrostal.

La industria siderúrgica recién se establece en Chile en el año 1950 con la creación de la Planta de Huachipato.

La construcción en la capital de un gran edificio hecho todo de hormigón armado, como lo fue aquel que se destinase a la imprenta y oficinas de El Diario Ilustrado, como asimismo otras varias importantes construcciones de concreto reforzado con robustos esqueletos de vigas de fierro, contribuyeron ya a la difusión de las obras de concreto en Santiago, distinguiéndose entre tantas, los edificios del Banco de Tarapacá y Londres, Caja Hipotecaria, Club Hípico, etc..

En 1920 surgen las primeras reflexiones sobre el grado de desarrollo del nuevo material.

En primer término, la pasta fluida debe verterse en un molde o encofrado, generalmente confeccionado en madera con exigencias de estanquidad suficiente para que no escurra el líquido.

Esto significa que una vivienda de hormigón armado implica construir primero otra vivienda que sirva de molde.

Pero además este molde -por razones prácticas y/o económicas- está constituido por planos rectos, lo cual constituye una limitación mayúscula a la esencia misma del material, cual es su plasticidad.

Esta limitación afecta también sus posibilidades estructurales, toda vez que la doble curvatura, o aún la curvatura simple son muy difíciles de conseguir.

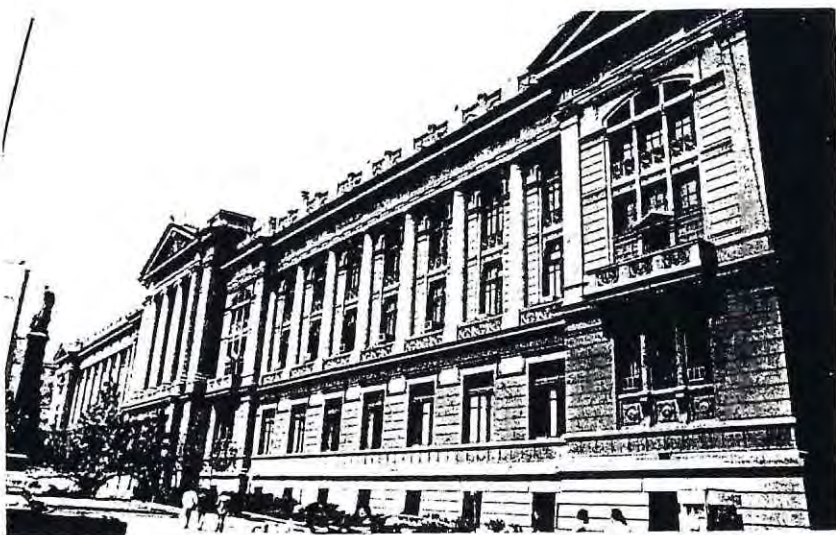
De ahí que los primeros edificios reflejan la carpintería del molde más que la condición plástica de la masa estructurante.

A esto hay que agregar que el fraguado del hormigón demora, teóricamente 28 días, y ello implica que la estructura no es tal antes de dicho plazo.

Esto trae consigo dificultades de avance de las obras y ha sido causa de accidentes cuando los avances de programas han sido demasiado estrictos; se recuerda todavía que el retraso en el avance del Estadio Nacional de Santiago el descimbre apresurado de su marquesina, causó su derrumbe y la muerte de algunos obreros.

Los recursos técnicos para la elaboración del concreto eran escasos a comienzos de siglo, debiendo revolverse las mezclas en forma manual.

El uso de betoneras se generaliza hacia 1928, cuando fueron pavimentadas un gran número de calles de Santiago por firmas norteamericanas.



Tribunales de Justicia, 1907-1929. — ARQUITECTOS: EMILIO DOYERE
EMILIO JEQUIER



ALBAÑILERÍAS DESPUÉS DEL TERREMOTO EN TALCA - 1928



EDIFICIO DE CONCRETO EN TALCA, DESPUÉS DEL
TERREMOTO, NO SUFRIÓ DAÑOS - 1928

EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA CHILENA

Como toda tecnología ya sea creada o introducida en un país existen varias instancias en su aplicación o uso que podríamos diferenciar por etapas de acuerdo al modo de como se ha utilizado -el hormigón armado- en éste caso en cada una de ellas. Las diferencias entre las etapas fundamentalmente se refieren en el modo como se ha expresado el hormigón armado, tanto en su lenguaje estructural como en la terminación de su superficie.

Indudablemente que en este recorrido, si bien no es claro el corte cronológico ya que cada período recibe un aporte del anterior y a su vez éste entrega elementos al que viene de manera que, incluso algunos se entrelazan.

1 - PRIMERA ETAPA :IMITACION DE OTROS MATERIALES

En los edificios de esta etapa, el hormigón armado se emplea asimilándolos a materiales ya conocidos o existentes, responde a formas dadas por el empleo del ladrillo y de la piedra, ya sea en alturas o luces.

Se le otorga gran importancia a las fachadas de acuerdo al criterio estético de la época, éstas aparecen con la expresión de la albañilería, mediante estucos y decoraciones; esta respuesta es un falseamiento en la expresión exterior del hormigón armado.

En esta primera etapa, los edificios no se adaptan a las posibilidades estructurales y expresivas que el material da, sino que se utiliza para la forma que se quiere obtener.

La primera obra construida en hormigón armado en Santiago data en 1898, realizada por LUIS JOANON y terminada en 1906, donde se utilizan losas de este material y muros resistentes de ladrillos, esta obra corresponde al Convento de las Hermanitas de los Pobres.

En 1909 se construye el edificio Gath y Chavez de los arquitectos SIEGEL y GEIGER, está constituido por un esqueleto de acero recubierto de hormigón, con losas de entrepisos de hormigón armado, este edificio fue demolido.

La utilización del hormigón armado en estas construcciones se hace en forma aislada, dentro de una estructura general de otro material.

En 1910 en la Población Huemul del arquitecto RICARDO LARRAIN BRAVO, se utiliza un esqueleto de

hormigón armado y bloques de hormigón a modo de tabiques. Esta construcción constituye un hito respecto a que es el primer conjunto de esta naturaleza realizado con un programa social, se conserva actualmente.

También en 1910 el arquitecto ALBERTO CRUZ MONTT, realiza el primer edificio construido íntegramente con este material, vigas, pilares, losas y muros de hormigón armado, emplea por primera vez la viga invertida, sistema novedoso conocido como "suizo" en la época. El edificio se encuentra ubicado en Avda. Bernardo O'Higgins 1731.

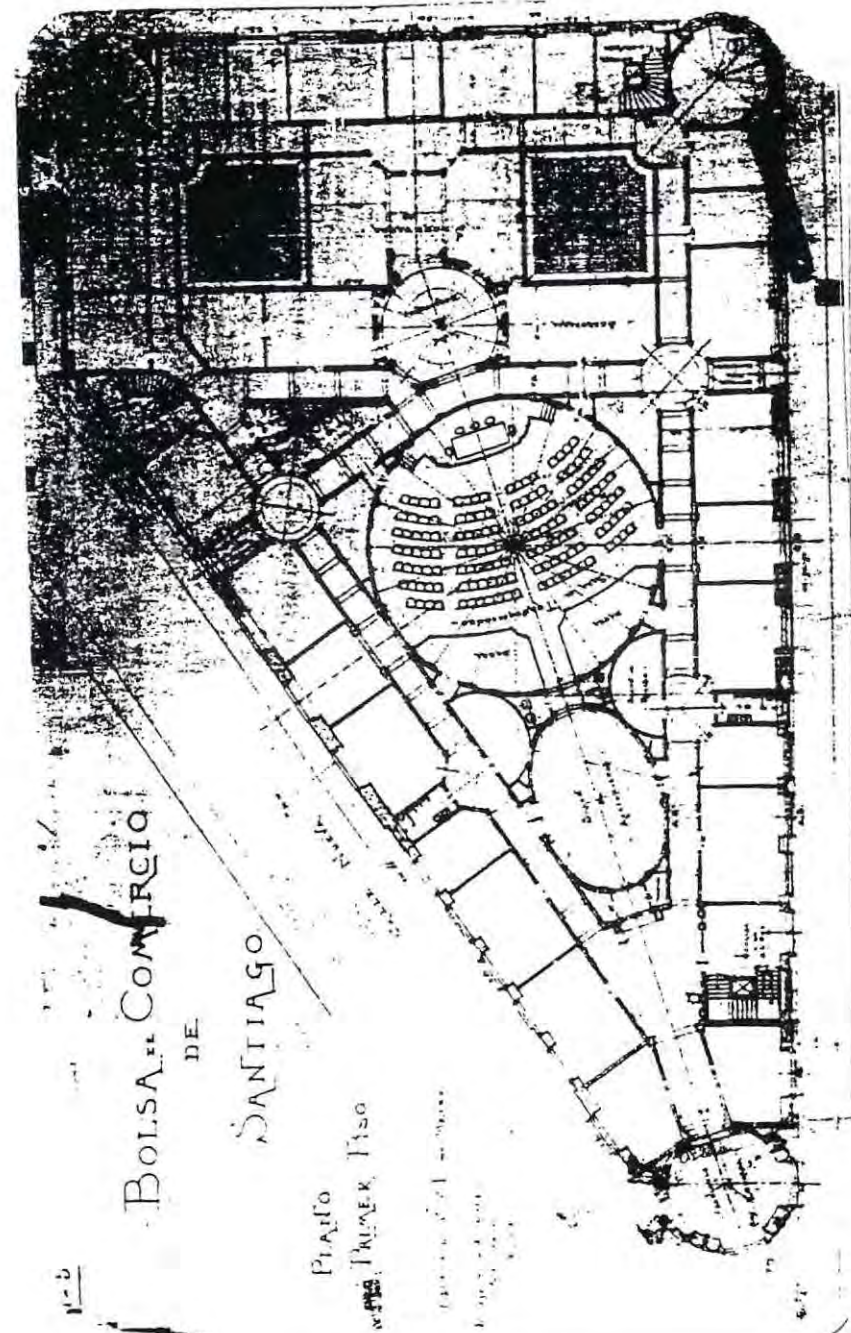
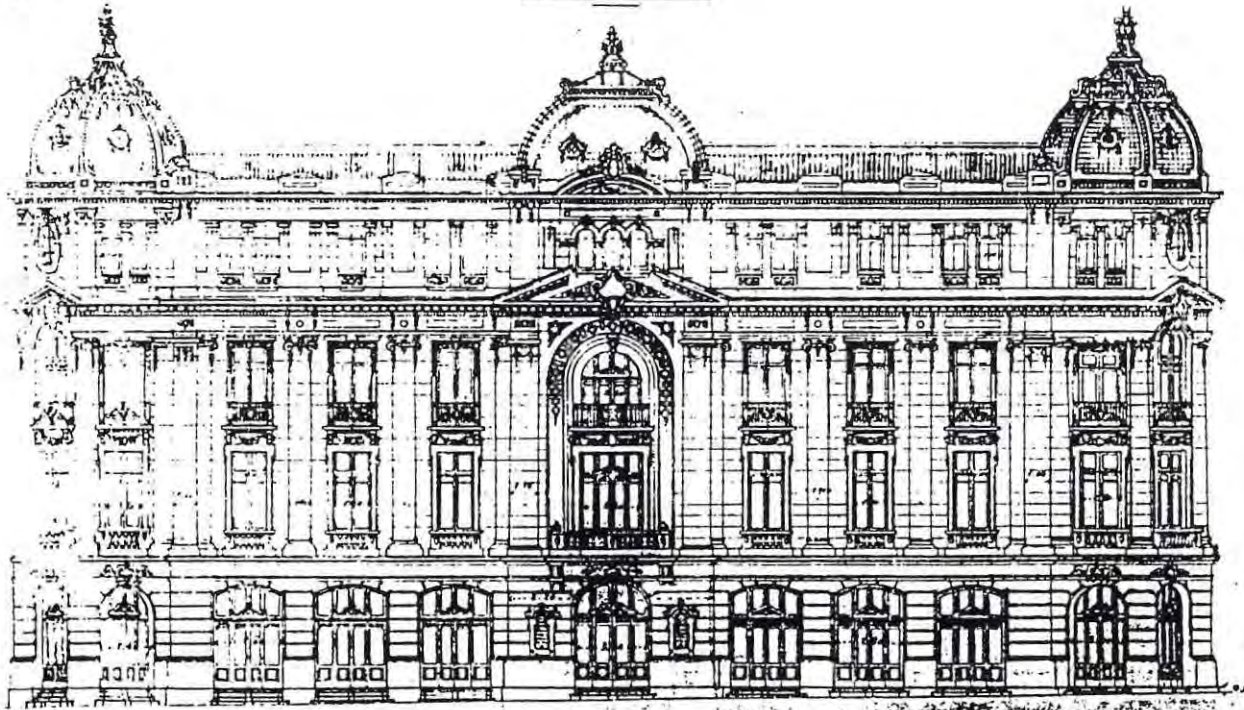
Hacia 1913, el arquitecto francés EMILIO JECQUIER construye el edificio de la Bolsa de Comercio, donde utiliza el hormigón como recubrimiento de una estructura de acero, el resultado es una expresión que no corresponde al hormigón armado.



EDIFICIO GATH y CHAVEZ, estructura de acero recubierto con hormigón levantada en 1909.

EDIFICIO: LA BOLSA DE COMERCIO

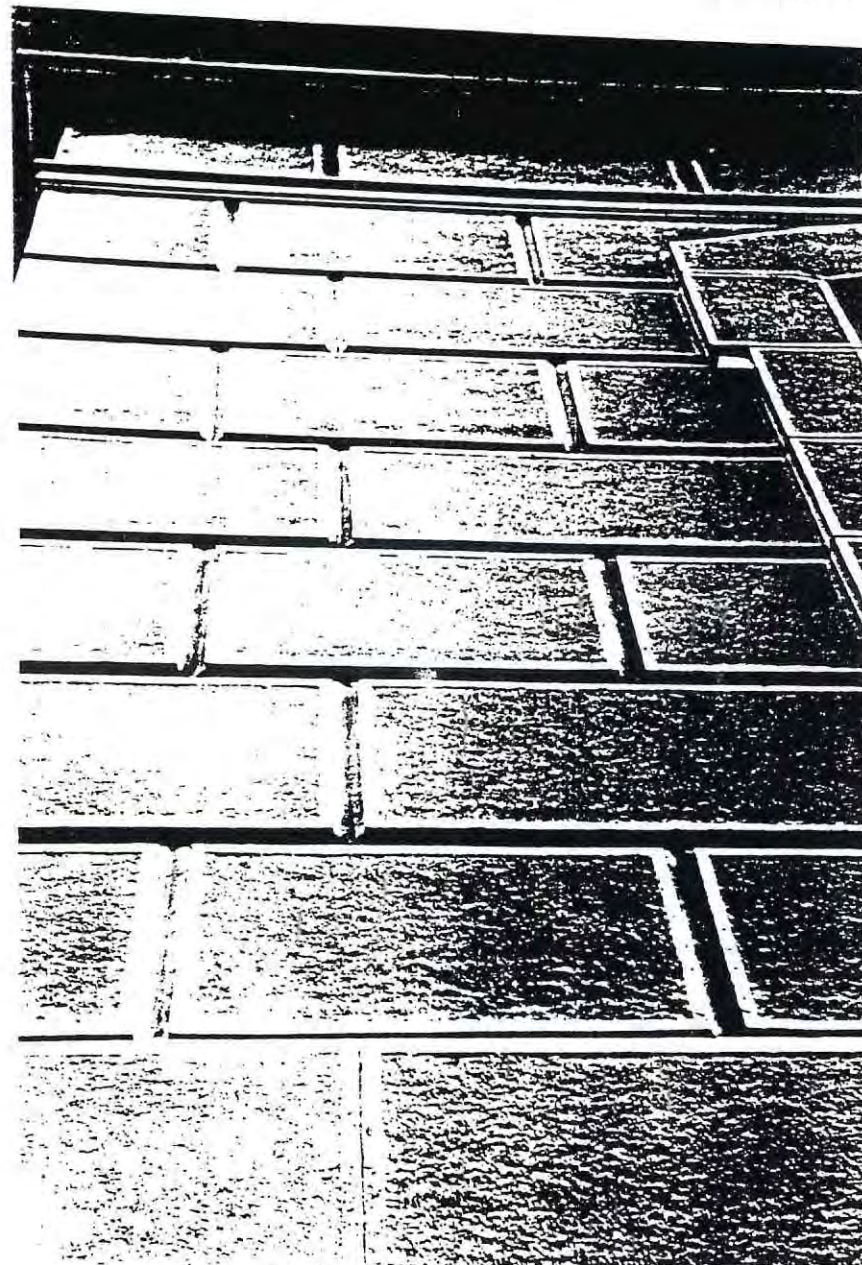
ARQUITECTO: Emilio Dequier
 CONSTRUCTOR: Roberto Rossetti
 UBICACION: Bandera/ La Bolsa
 SANTIAGO
 AÑO: 1913



BOLSA DE COMERCIO
 DE
 SANTIAGO

PRIMER PISO

CLUB DE LA UNIÓN - SANTIAGO



2 - SEGUNDA ETAPA: EXPRESIVIDAD PROPIA

En esta etapa comienzan a aparecer las nuevas posibilidades estructurales del hormigón armado al utilizarse por primera vez en edificios en altura, es aquí en forma más clara aparece su incorporación como resultado se comprueba un aumento de las dimensiones y un lenguaje mas acorde con el material.

Exteriormente estas estructuras aparecen en forma tímida, estucándose y generalmente dándole un aspecto de la piedra.

El arquitecto ALBERTO SIEBEL en 1918 proyecta el Banco de Londres de 5 pisos y el Banco de América del Sur (hoy Banco O'Higgins), donde se aprecian luces de 10 metros. Las cargas centrales son recibidas por columnas de 1 mt. de diámetro y 10 mt de altura, con lo que se obtienen alturas dobles y

gran libertad de planta.

Estas dimensiones, desmesuradas para la época, revelan sin lugar a dudas la presencia del hormigón armado.

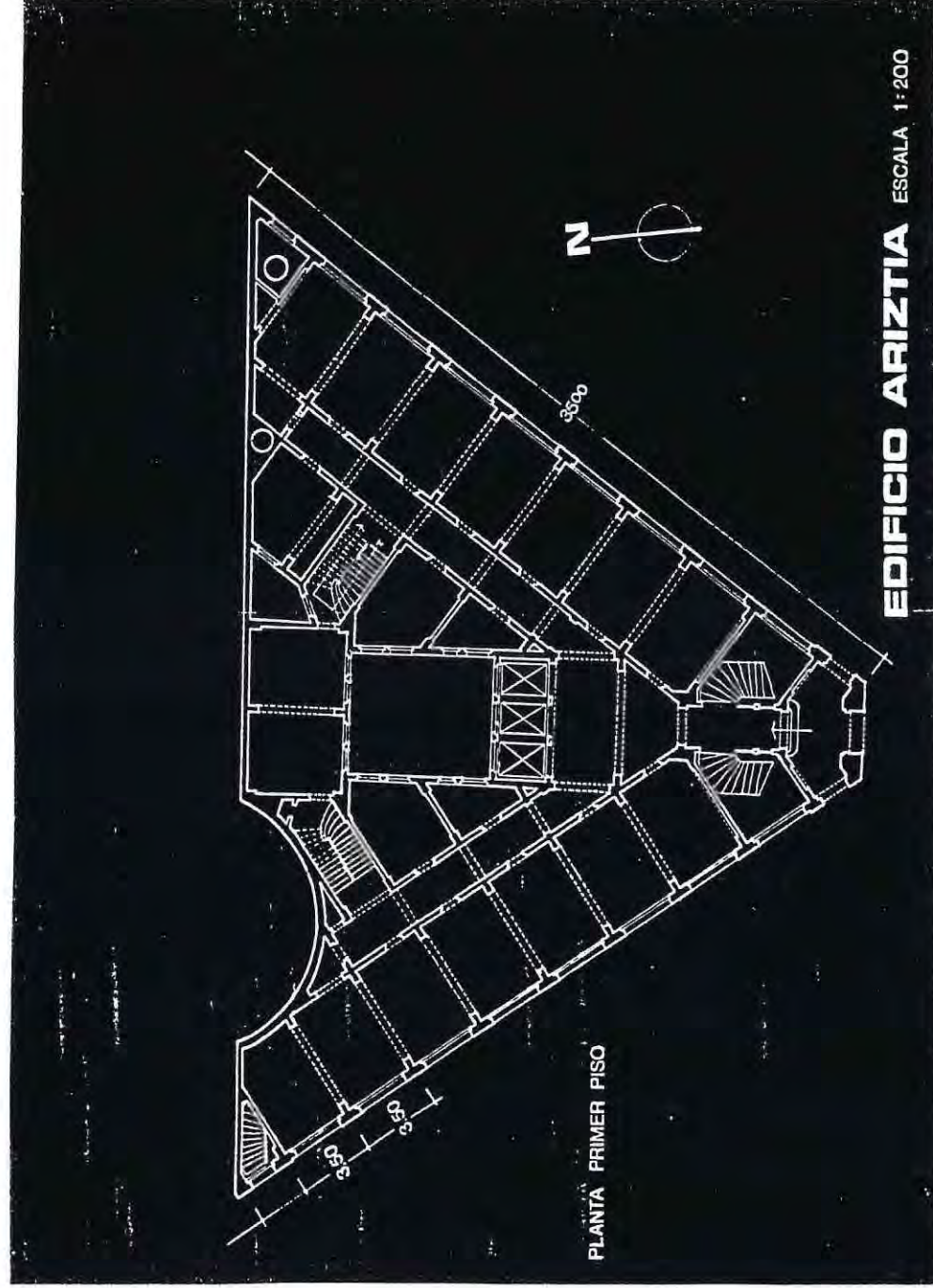
Pero aún esta estructura se muestra poco clara hacia el exterior.

El hecho más sobresaliente, radica en que en esta construcción se obtienen nuevos espacios no conocidos anteriormente, producto de un mejor aprovechamiento de las posibilidades del material. De esto da cuenta el edificio del Banco Central del arquitecto ALBERTO CRUZ MONTT que fué construido en 1926.

En el año 1921, se construye el "rascacielo" Ariztía también de CRUZ MONTT, constituido por 10 pisos destinados a oficinas, es el primer edificio

ARQUITECTO: Alberto Cruz Montt
UBICACION: Nueva York / La Bolsa
Santiago
Año: 1921

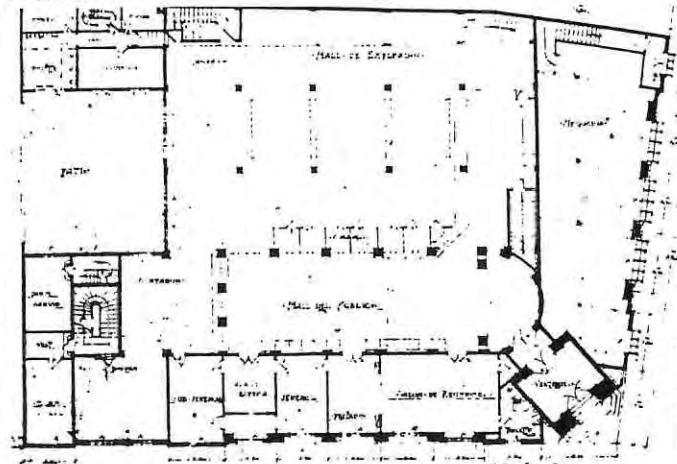
EDIFICIO ARIZTIA



BAUSCO OSORNO Y LA UNION

ARQUITECTO: Carlos Buschmann Z.
UBICACION: OSORNO
AÑO: 1925

PLANTA



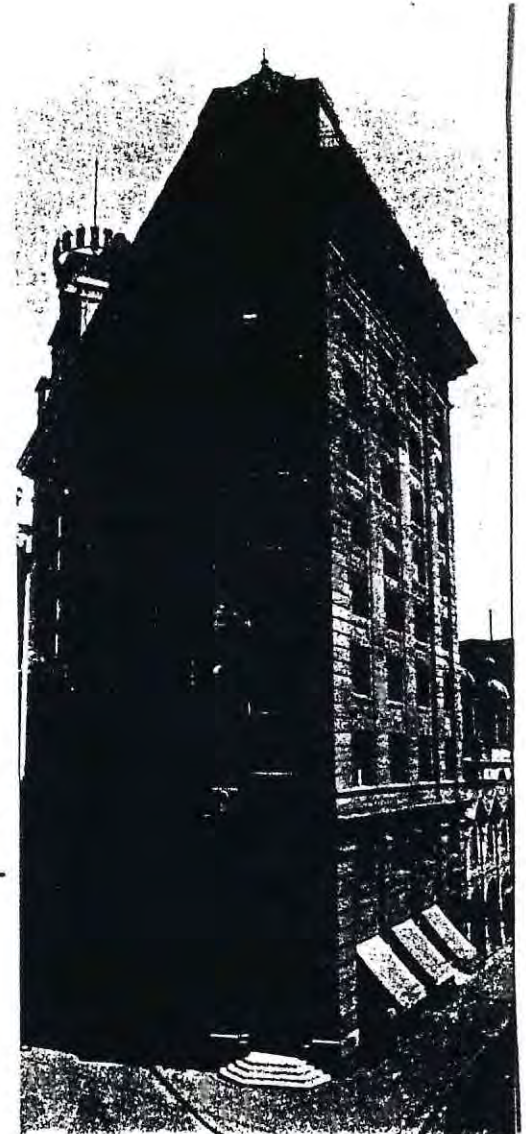
Es un edificio de hormigón armado imitando bloques de piedra. Posee canchales, perfiles, salientes, entrantes, columnas, capiteles, cornisas, pero ya estilizados, modernos. "Era la época en que se daba toda la importancia a la decoración."



EDIFICIO MUTUAL DE LA ARMADA

ARQUITECTOS: Fernando de la Cruz
H. Rojas
UBICACION: Santiago
AÑO: 1925

Es uno de los primeros rascacielos construidos en el país.

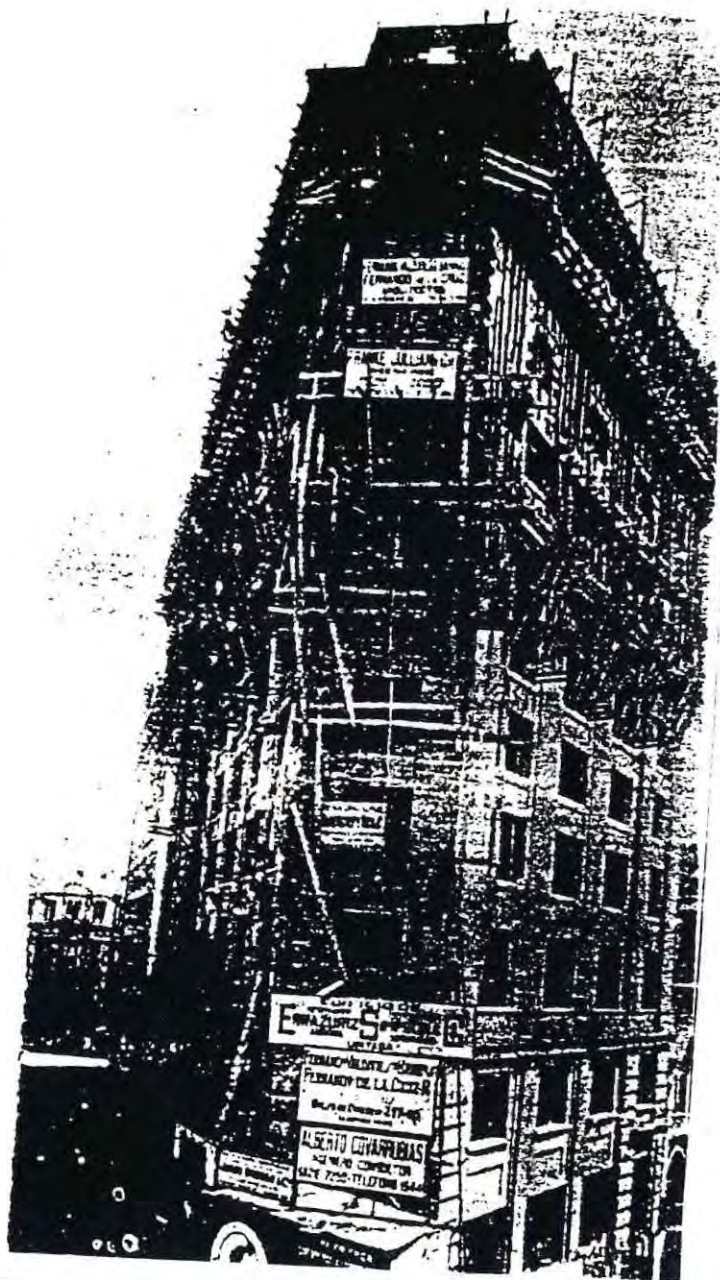


EDIFICIO DIAZ

ARQUITECTOS: VALDIVIESO y
DE LA CRUZ

UBICACION: Nueva York / Moneda
Santiago

CONSTRUCTOR: FRANK Y JULIAN CIA.
AÑO: 1925



EDIFICIO DEL SERVICIO DE SEGURO SOCIAL

ARQUITECTOS: Ricardo Gonzalez C.

Anibal Fuentesalba

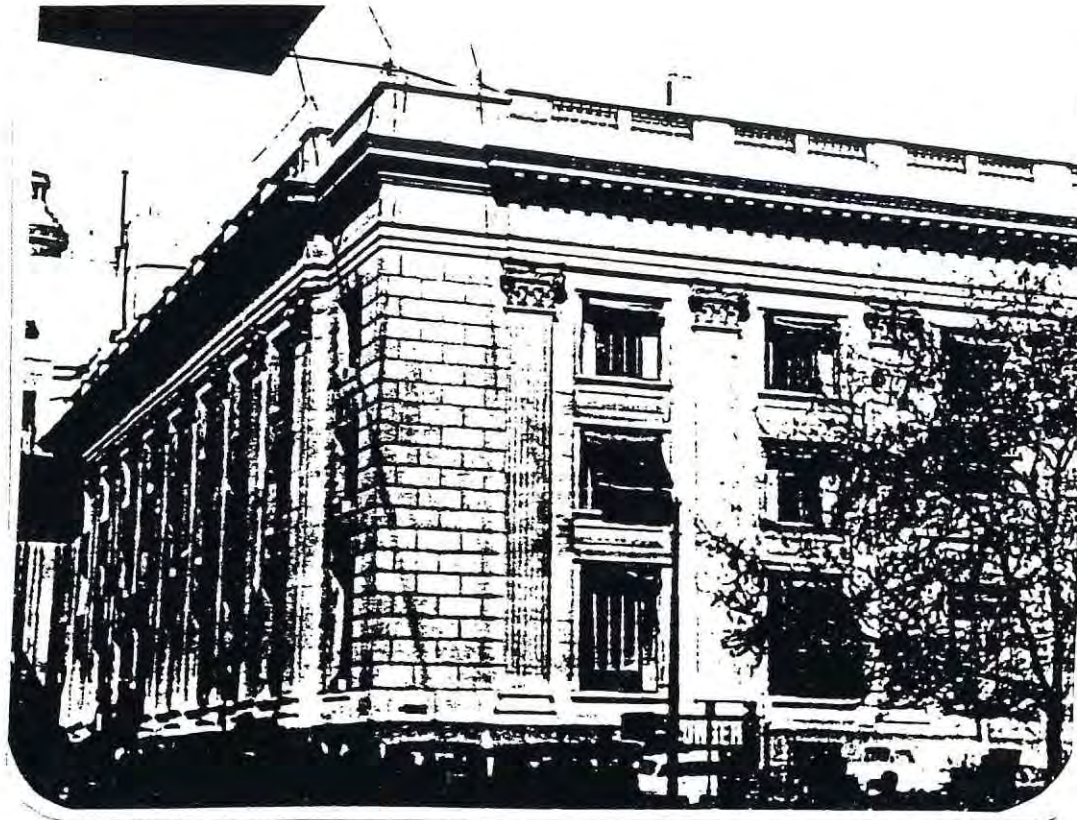
UBICACION: Moneda / Morande - Stgo

AÑO: 1928



EDIFICIO DEL BANCO CENTRAL

ARQUITECTO:
Alberto Cruz Montt
UBICACION: Santiago
AÑO: 1926



ARQUITECTO: Fernando Veldiueso B.

Fernando de la Cruz

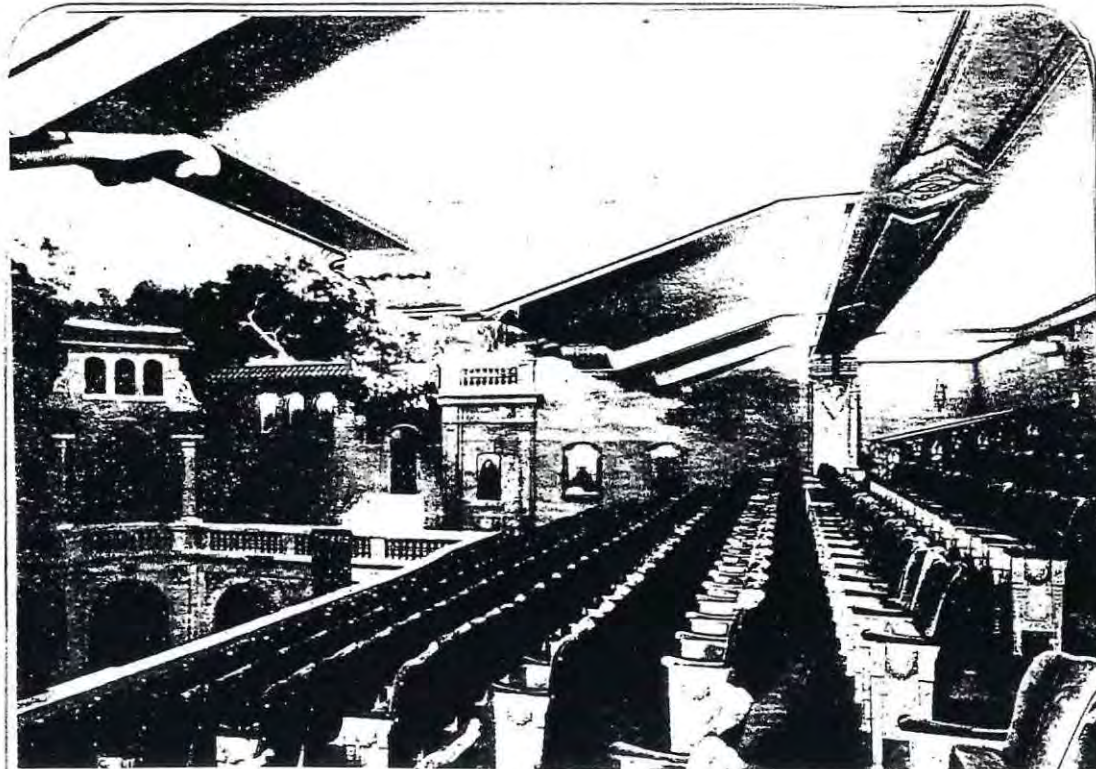
OBRA GRUESA: Firma Dickert-Hoff y Widmann

ESTUCOS: Rafael Riera

UBICACION: Santiago

AÑO: 1930

TEATRO REAL



La construcción es enteramente en H.A., teniendo la sala del biografo una luz de 24 m., que ha sido cubierta mediante grandes cerchas de hormigón, unidas entre sí, por una losa que forma la cubierta propiamente tal de la sala.

Como parte interesante de la construcción es digno de señalarse el piso correspondiente a la platea alta, que tiene un ancho de 20 m. por 17.50 m. de largo, sin ningún apoyo intermedio y en cuya construcción solo se emplearon consolas y vigas de hormigón armado.

en altura que se levanta en Santiago, su estructura tiene una idea clara pero mostrado con timidez.

Luego se construye el edificio Diaz en 1925 de los arquitectos VALDIVIESO y DE LA CRUZ, el edificio del Servicio de Seguro Social en 1928 de los arquitectos RICARDO GONZALEZ C. y ANIBAL FUENTEALBA; el conjunto de la Plaza Baquedano en 1929 del arquitecto GUILLERMO SCHNEIDER. Todo esto hace que las construcciones en altura tengan su punto de partida, dando un giro total respecto de lo que se venía construyendo en esa época que era mas bien bajo.

El hormigón armado toma una posición más clara y se incorpora tanto a la arquitectura y al paisaje urbano, como su utilización con mayor precisión y propiedad en el diseño de estructuras.

3 - TERCERA ETAPA : APARICION DE NUEVAS FORMAS

Es a partir del año 1930 en que en Chile se empieza a gestar la arquitectura moderna asociada mas profundamente a un material que aportaba a los creadores nuevas formas y expresiones. Indudablemente que los cambios que ocurren dentro de las concepciones arquitectónicas como de los nuevos materiales que comienzan a usarse en Chile (sobretudo lo que respecta al hormigón armado) son producto de la relación y contacto ya sea por arquitectos que viajan a Europa o que vienen a Chile y por empresas extranjeras que llegan a realizar trabajos. Esto permite un grado más de conocimiento en cuanto a construcciones y materiales.

En el caso del hormigón armado este proceso es fundamental, en esta etapa es corriente observar una mayor altura , llegándose en algunos casos hasta

14 pisos. Aparece más clara la intención de expresar las estructuras hacia el exterior, los edificios poco a poco dejan de contener algunos conceptos de la estructura clásica de estilos arquitectónicos característicos de la etapa anterior, para pasar a una gran limpieza de fachadas, simpleza de líneas y pureza de volúmenes.

Estas condiciones definen el material en esta etapa con un lenguaje estructural propio y más de acuerdo a sus características.

En 1929 se construye el edificio Oberpaur, de los arquitectos SERGIO LARRAIN G.M. y JORGE ARTEAGA con una gran claridad en la estructura y en las líneas de fachada; el aspecto de este edificio es fiel expresión del material empleado.

Esta es una etapa de cambios, de interrelacio-

nes, aparece una nueva manera de ver la arquitectura en la cual, la relación forma-función estructura, las condiciones económicas sociales, el hombre, pasan a ser un elemento cada vez más importante en el diseño, aparecen teorías estático-sociales "el arte debe dejar de ser el goce de unos pocos, para convertirse en alegría de las masas". Todo ello influenciado por la relación con Europa.

En esta tercera etapa se ubican el edificio del diario La Nación del arquitecto ROBERTO BARCELO LIRA construido en 1928, el Hotel Carrera de los arquitectos SMITH SOLAR y SMITH MULLER, construido en 1933; el edificio de Los Gobelinos, de los arquitectos SERGIO LARRAIN y JORGE ARTEAGA en 1933, se realiza el conjunto Barrio Cívico entre los años 1933 - 1936 que comprende toda la edificación que conforma la Plaza Bulnes. La unidad producida aquí con la

de la fachada, hace que se destaque por contraste, el Palacio de la Moneda; se ubican en este conjunto La Contraloría General de la República, la Caja de Crédito Agrario, los Ministerios de Defensa Nacional, de Hacienda, y de Obras Públicas.

Pertenecen a esta etapa también varias estructuras especiales en que se utilizó el hormigón armado, como el Estadio Nacional en 1936 de R. MULLER. A. FUENTEALBA, A. CORMATCHES; la Catedral de Chillán de HERNAN LARRAIN en 1939, el Puente del Arzobispo del arquitecto EDUARDO ARRAU y construido en 1935.

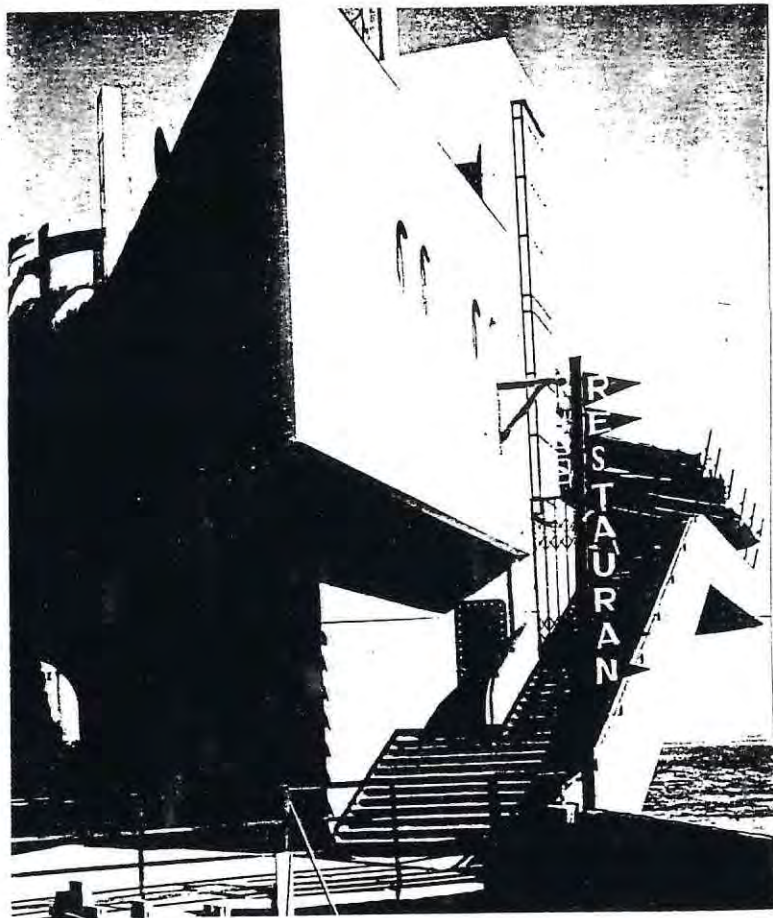
En Valparaíso, aparecen obras como la Estación Puerto de Ferrocarriles del arquitecto LUIS HUMERES en 1936 que vino a conformar el espacio Plaza de la Intendencia y crearle una puerta al mar; en Viña del Mar se construye en el borde costero el Cap Ducal de ROBERTO DAVILA CARSON en 1936.

Todas estas obras van teniendo un denominador común que es ir mostrando de manera evidente el hormigón armado.

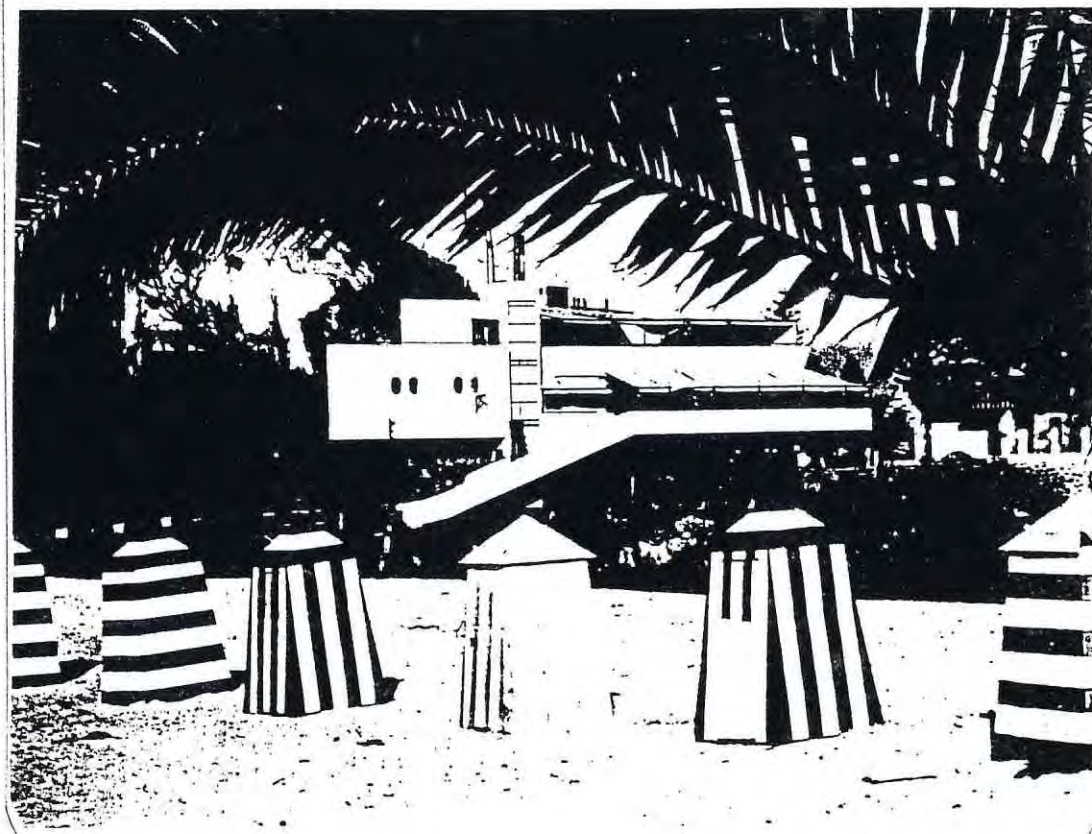
ARQUITECTO: Roberto Dávila - C.
UBICACIÓN: Av. La Merino. Viña del Mar.
AÑO: 1936

RESTAURANT: CAP DUCAL

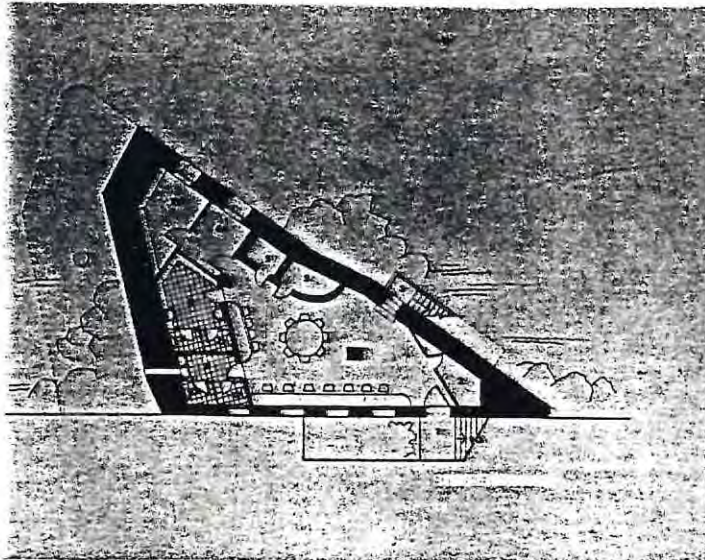
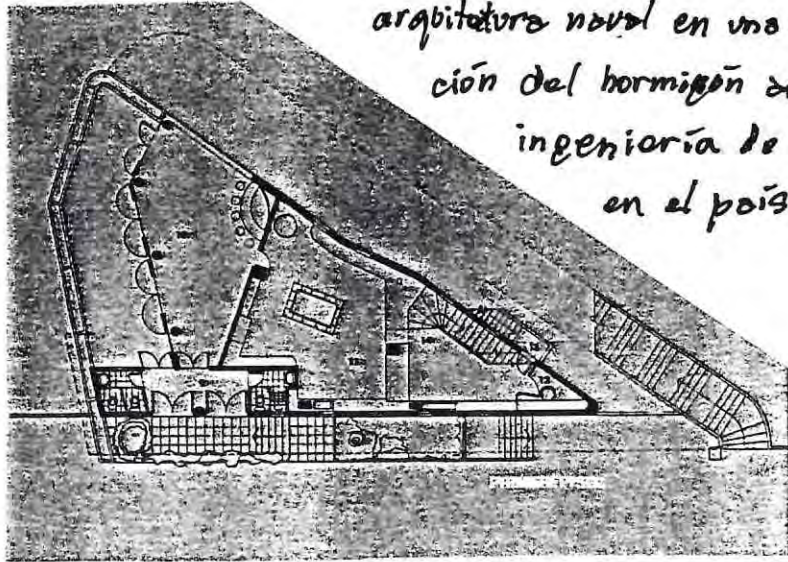
"Inspirándose en la arquitectura naval y los elementos de los grandes transatlánticos, desarrolló el proyecto."



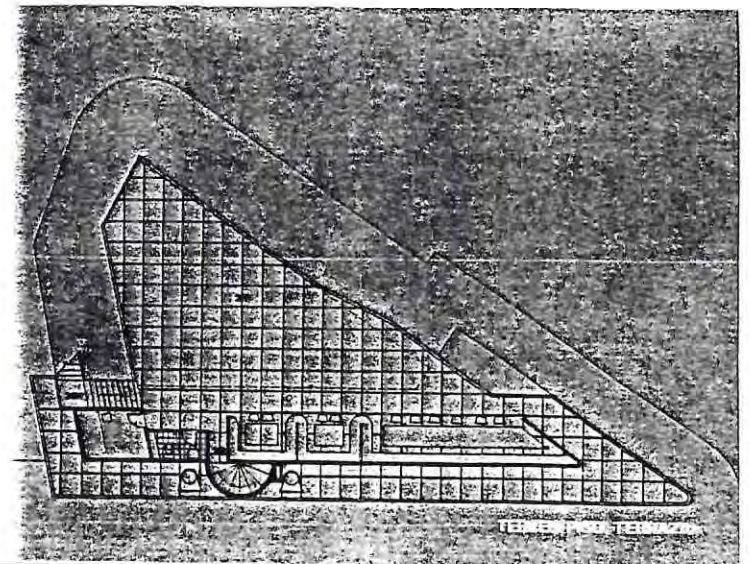
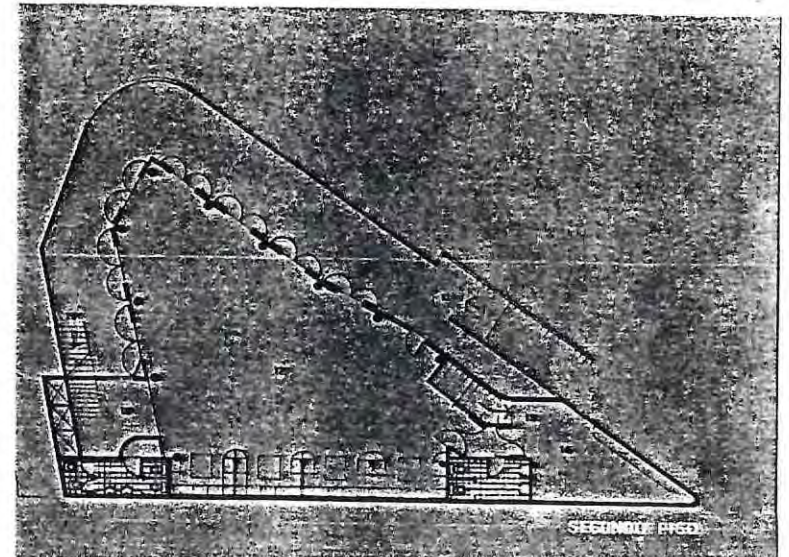
Se buscó la relación con el lugar haciendo una síntesis inspirada en un elemento motivador.



La obra amalgama en una síntesis de extraordinaria calidad plástica todos los elementos del lenguaje del movimiento moderno, de la arquitectura naval en una audaz aplicación del hormigón armado para la ingeniería de ese momento en el país.



1 acceso de la calle 2 calefacción 3 a la cocina 4 comedor choferes 5 frigoríficos 6 licores 7 despensa 8 vestuario personal 9 vestíbulo 10 bar 11 cocina 12 ol. concesionario 13 del subterráneo 14 al restaurante 15 de la cocina 16 repostero 17 restaurante 18 orquesta 19 a terraza 20 del balcón 21 terraza restaurante 22 al mirador.



EDIFICIO : MINISTERIO DE HACIENDA



EDIFICIO : DIARIO LA NACION

ARQUITECTO: Roberto Barceló L.
UBICACION: Santiago
AÑO: 1928



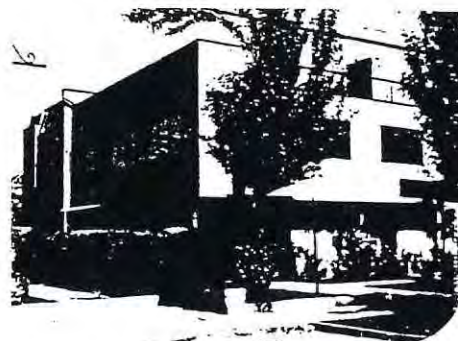
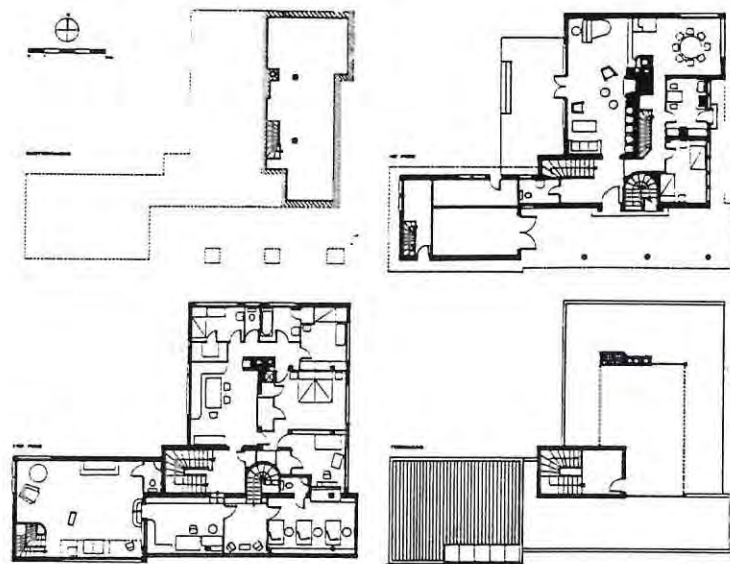


CASA OYARZUN

ARQUITECTO: Rodolfo Oyarzun Ph.

UBICACION: EL ROSQUE / ROSER DE FLORES

ADO: 1933



4 - CUARTA ETAPA: COHERENCIA Y ORGANIZACIÓN

Posterior al Terremoto de Chillán, el país comienza a vivir un proceso de modernización que junto con el comienzo de la Segunda Guerra Mundial definirá un nuevo contexto social y cultural en el que se desarrollará la arquitectura moderna.

Es propio de esta etapa, en el quehacer arquitectónico una mayor coherencia y organización para materializar los principios modernistas.

Se comienzan a plantear las posibilidades expresivas y estéticas del hormigón visto, se utiliza por primera vez en el año 1940 en el Edificio de la Escuela Militar del arquitecto JUAN MARTINEZ G.; se lograron superficies bastante expresivas con el uso de distintos moldajes.

En 1944 el arquitecto ENRIQUE GEBHARD se posa

en una roca en el Borde Costero de Reñaca con el Instituto de Biología Marina; usándolo como expresión el hormigón visto y aplicando fulget de colores en muros y pisos creando una gran plástica, dándole al muro un sentido comunicador.

También en 1944 el arquitecto EMILIO DUHART realiza un proyecto de dos casas pareadas dando cuenta en las fachadas de los elementos estructurantes y de relleno, generando una composición.

En Concepción en 1944, los arquitectos Santiago Aguirre e Inés Frey diseñan un Edificio de Departamentos y locales comerciales con una estructura muy regular y acusada claramente tanto en las plantas y especialmente en las fachadas. Se dió especial énfasis al color en la fachada, para enfatizar la composición estructural.

Así como Juan Martínez se preocupó de incorporar el hormigón a la vista martelinado en la Escuela Militar el año 1943, en el edificio de la Unión Española de Seguros construido en 1948 en que es uno de los primeros donde se utilizó el "moldaje incorporado", se prefabricaron con su terminación tipo mármol reconstituido y se instalaron previamente a la concretadura de antepechos y pilares, también esta obra aparte de buscar e innovar en aspectos constructivos, se anticipa en su estructuración que corresponde a una "planta libre" que permite el reacondicionamiento de los espacios de acuerdo a las cambiantes del programa.

Esta etapa se comienza a valorar también, como dimos cuenta en los ejemplos anteriores, de la sinceridad en el uso de los materiales; en la etapa anterior se ha establecido un lenguaje estructural

propio del hormigón armado; en esta cuarta etapa aparece una preocupación por el aspecto exterior de su superficie, lo que viene a significar una evidente economía en los costos.

Sin embargo, se siguió considerando la obra gruesa y las terminaciones como dos aspectos separados de la construcción, como consecuencia en gran medida al bajo nivel técnico del país.

Con la llegada de arquitectos extranjeros como los húngaros TIBOR WAINER, discípulo de Hannes Meyer en la Bauhaus y la Unión Soviética (hizo clases en la Universidad de Chile); SACHA COVO, el catalán RODRIGUEZ ARIAS, A. PERETIAKOWICZ, VADIM PEDOROU, WALTER REISS y otros, son sin duda un aporte al desarrollo de la arquitectura moderna en Chile.

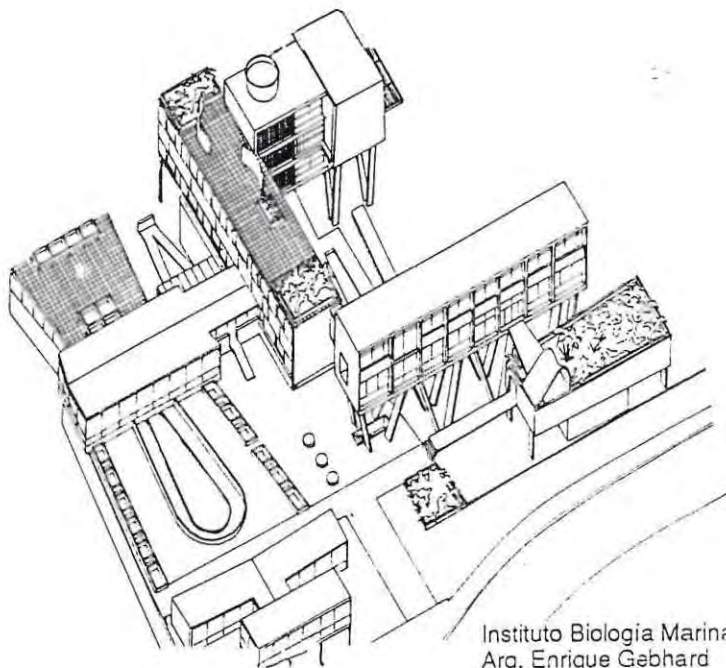
Además es importante destacar que numerosos

chilenos van a estudiar a Europa y Estados Unidos y también a Brasil, lo que tendrá una decisiva influencia posterior, es el caso de Emilio Duhart, Enrique Gebhard y otros que traen todo un cúmulo de conocimientos, tanto a nivel de principios modernistas, como de los nuevos materiales.

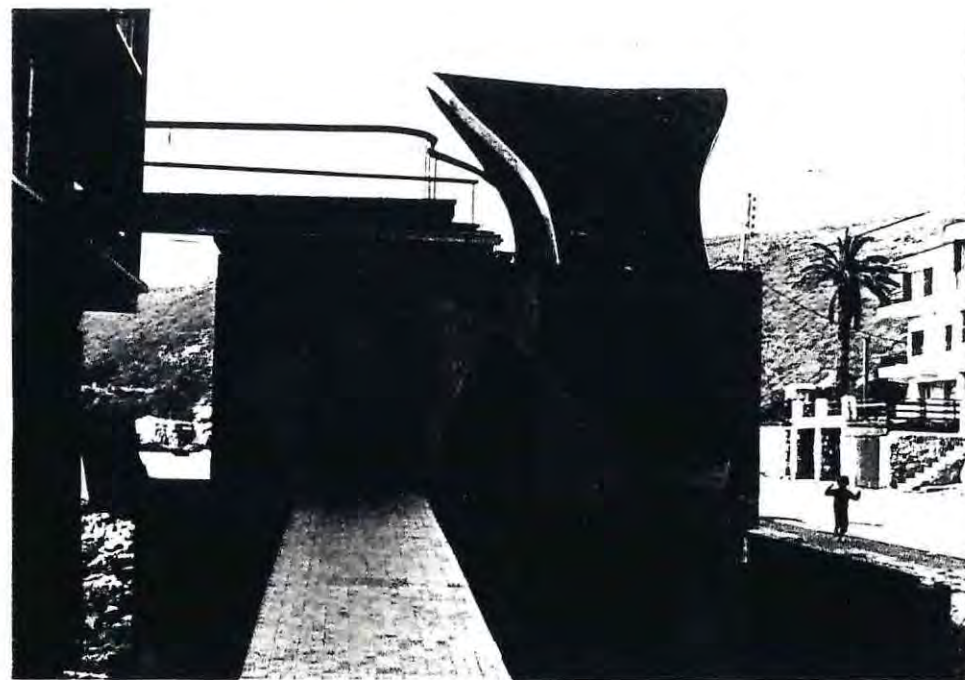
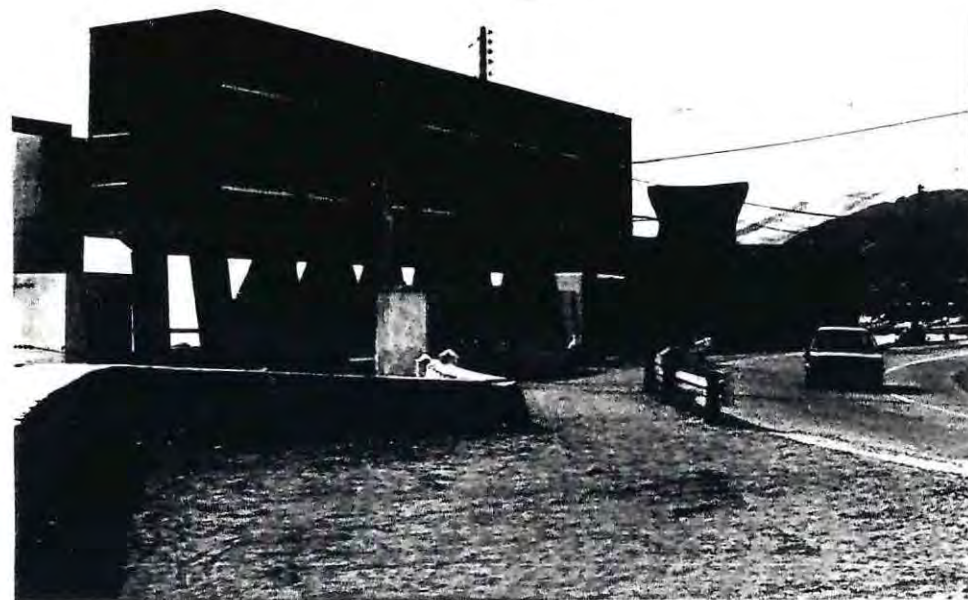
EDIFICIO: INSTITUTO DE BIOLOGIA MARINA

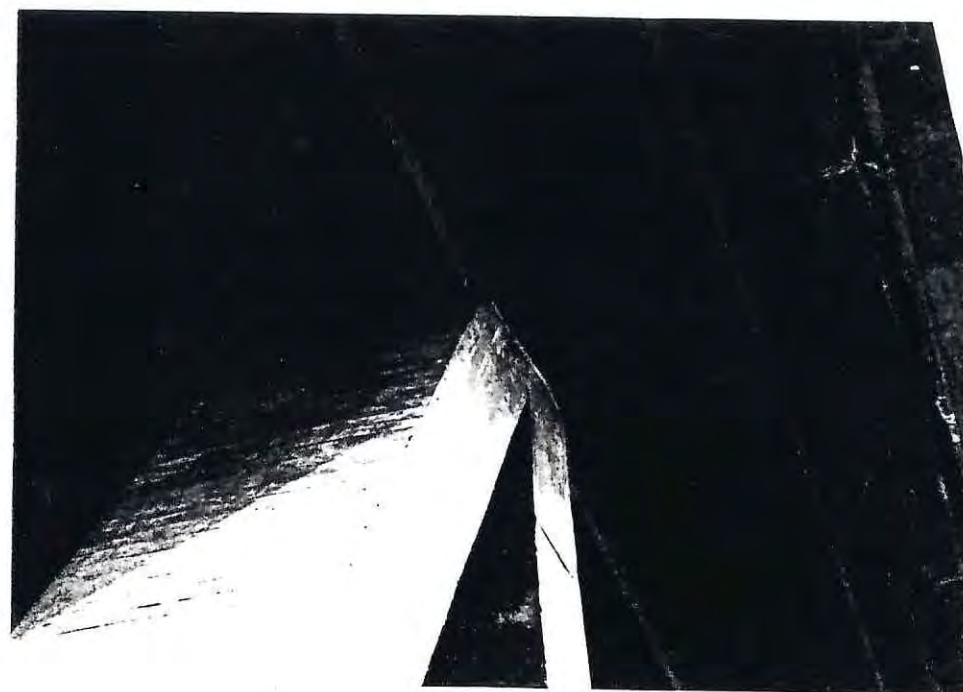
ARQUITECTO: Enrique Gebhard
UBICACION: Coleta Cochoa
AÑO: 1944

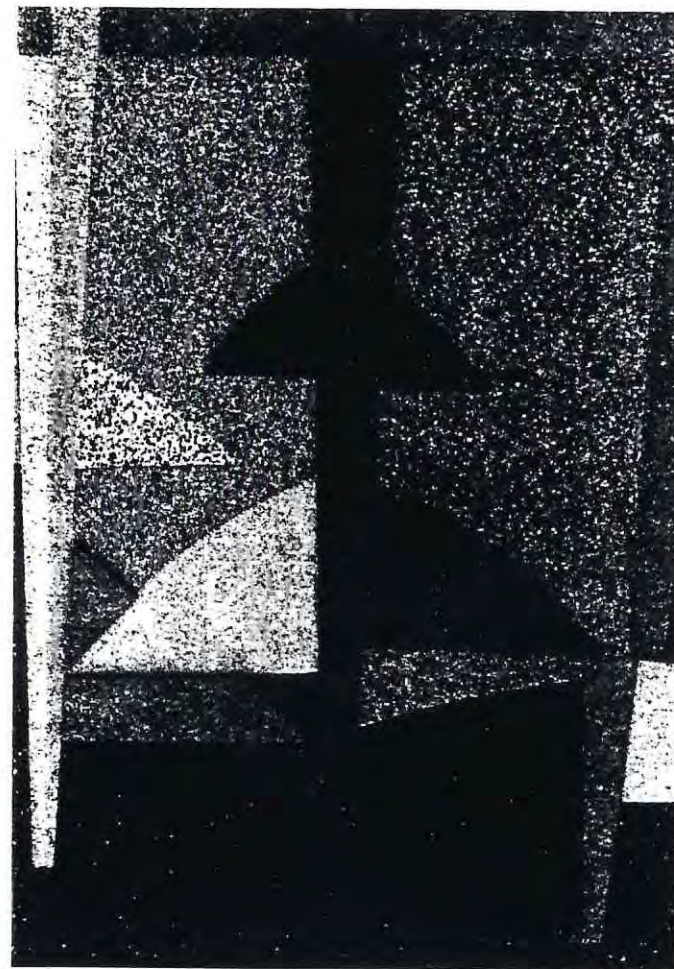
*Un aporte a la estructura, color, textura del
hormigón... una unidad.*

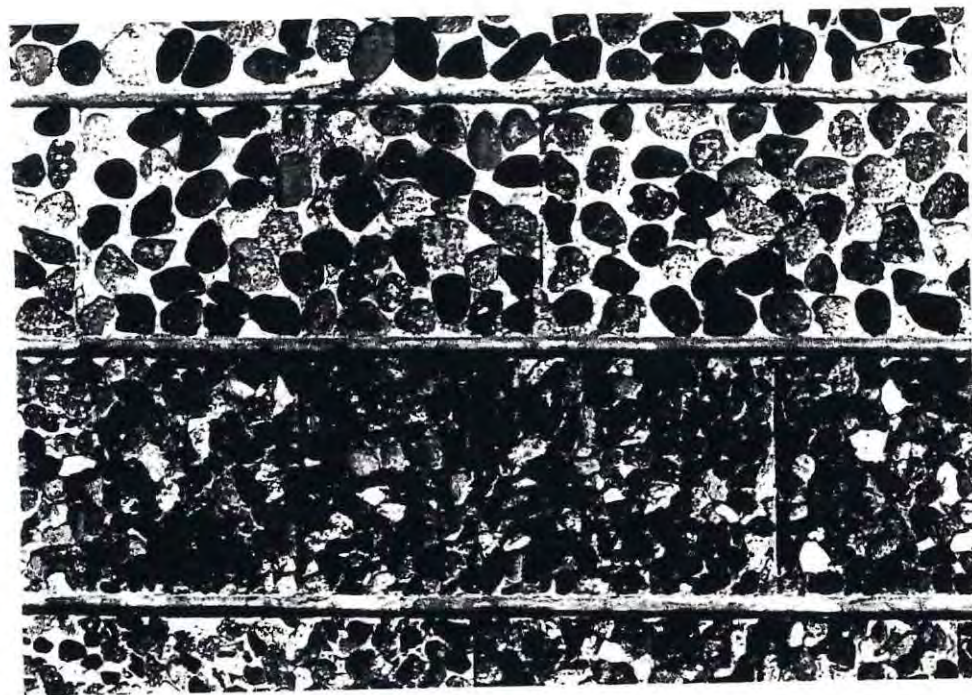
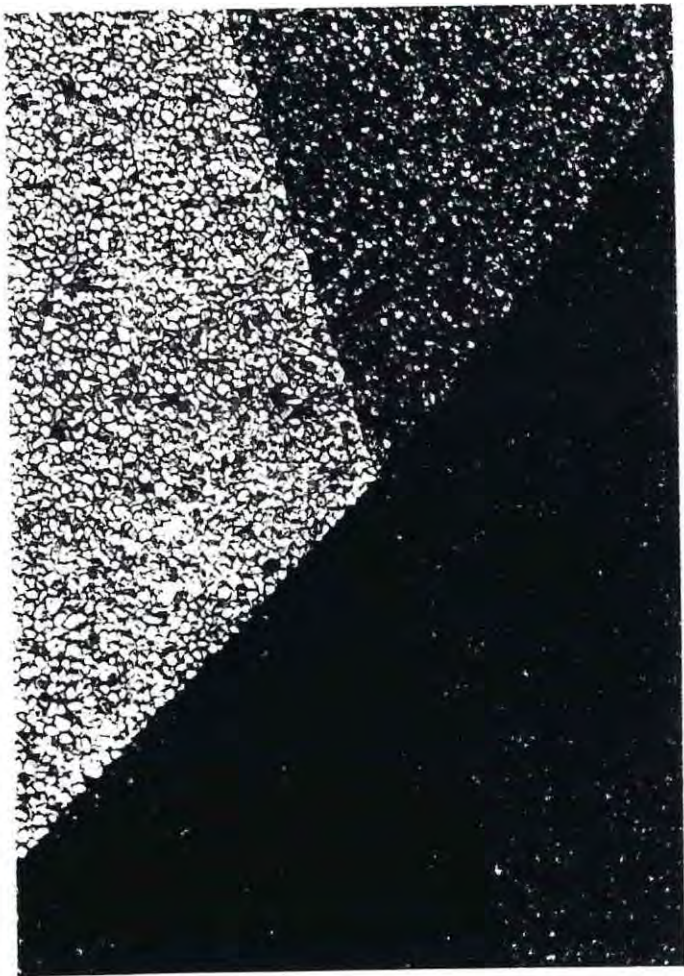


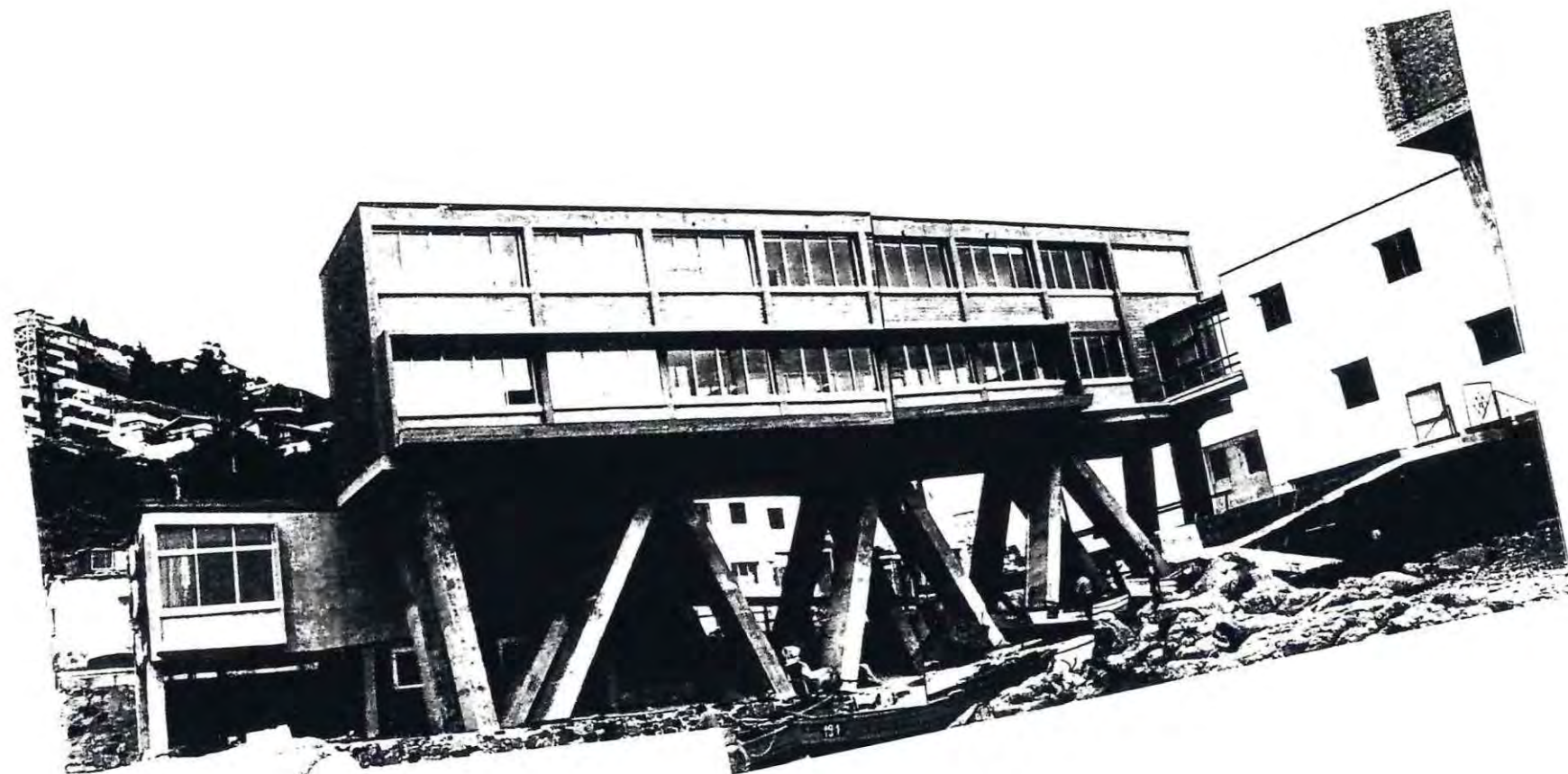
Instituto Biología Marina
Arq. Enrique Gebhard

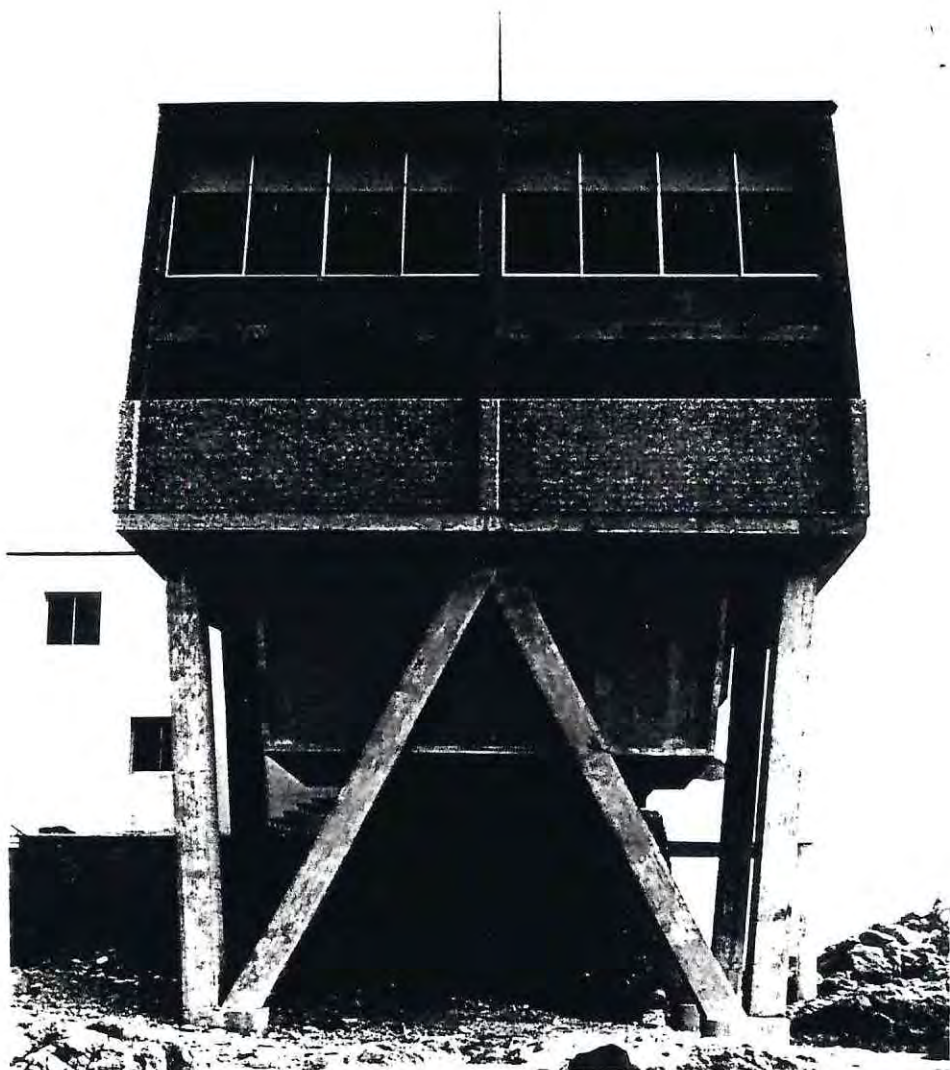










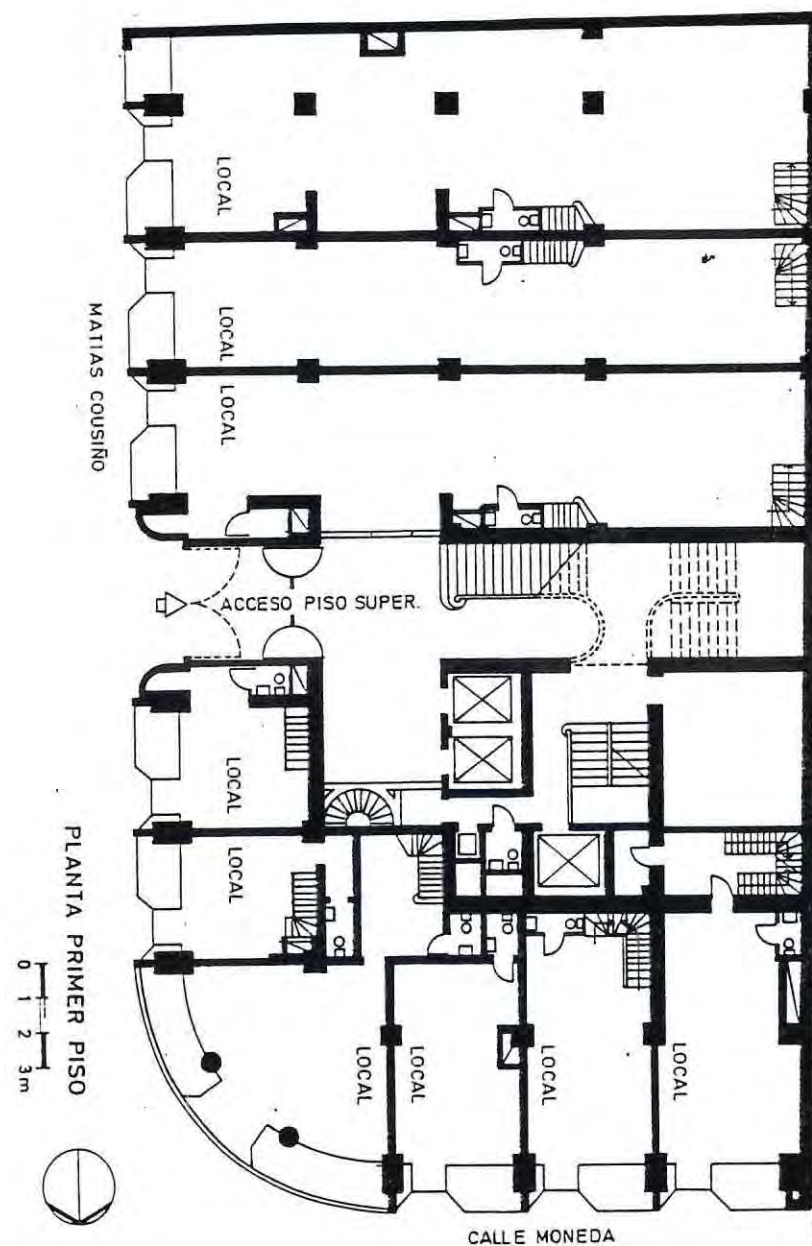


EDIFICIO: UNION ESPAÑOLA DE SEGUROS

ARQUITECTO: Juan Martínez G.
 CONSTRUCTOR: Enrique Alberts M.
 UBICACION: Moneda/Matías Cousiño - STGO
 AÑO: 1948



Las fachadas muestran las terminaciones logradas mediante el sistema de "moldaje incorporado".

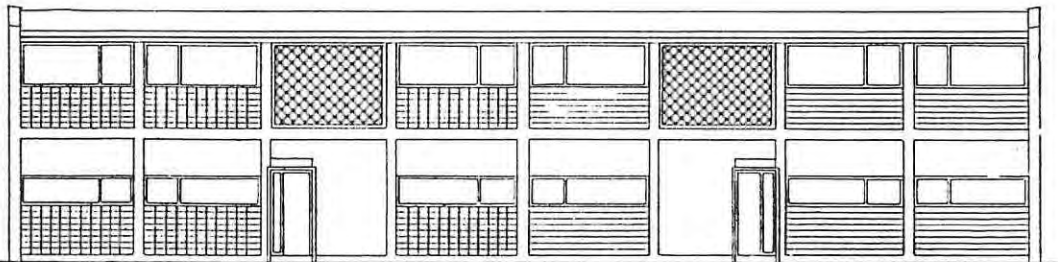


2 CASAS PAREADAS

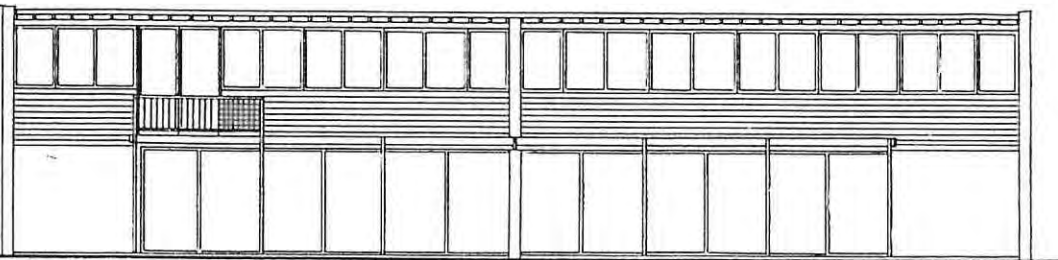
ARQUITECTO: Emilio Duhart
UBICACIÓN: Providencia - STGO
AÑO: 1944.

"La fachada exterior se abre ampliamente y los grandes cristales de la pieza de estar la conectan con el jardín que formará parte integrante de la vida interior.

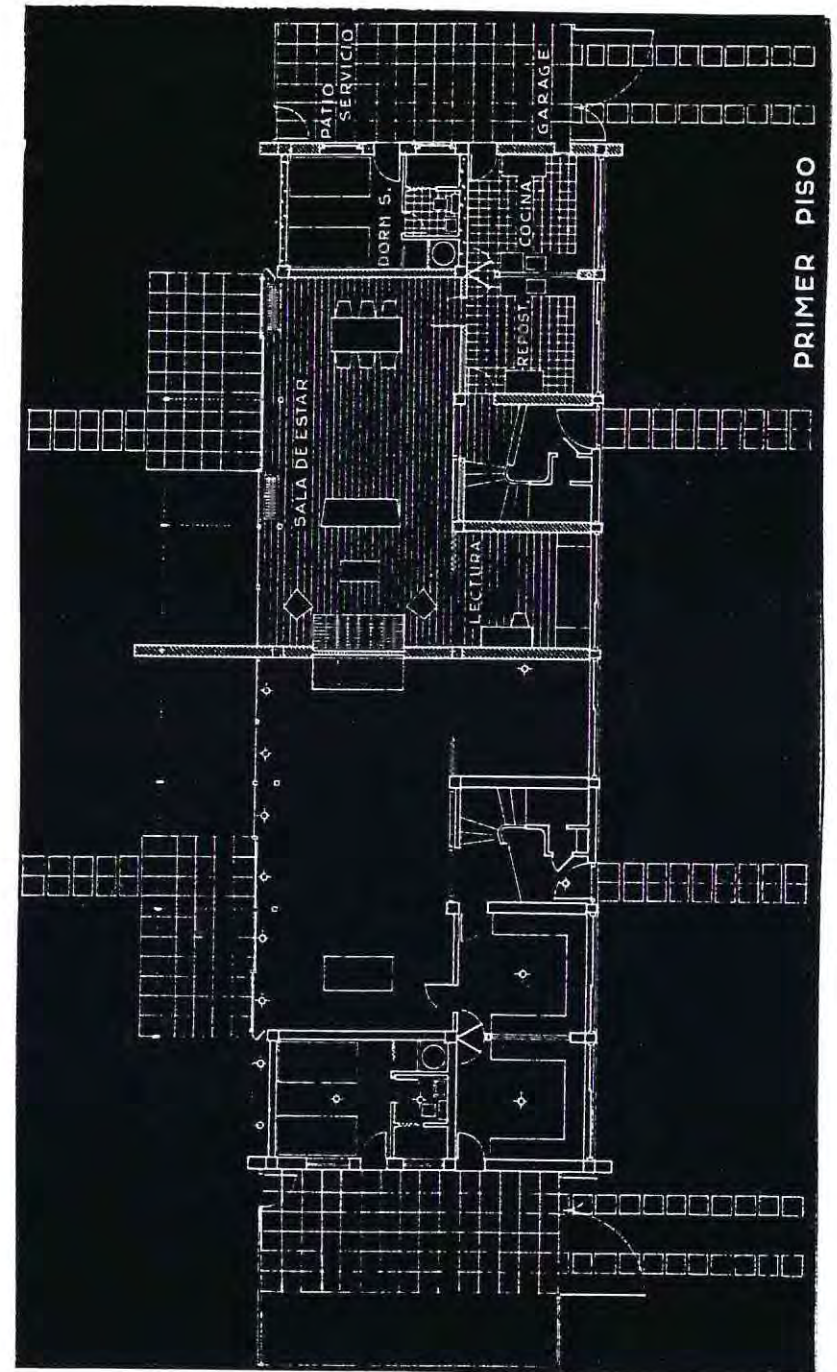
Constructivamente, este edificio marca una nueva etapa hacia una mayor racionalización de la construcción y mayor ligereza en el empleo de los materiales



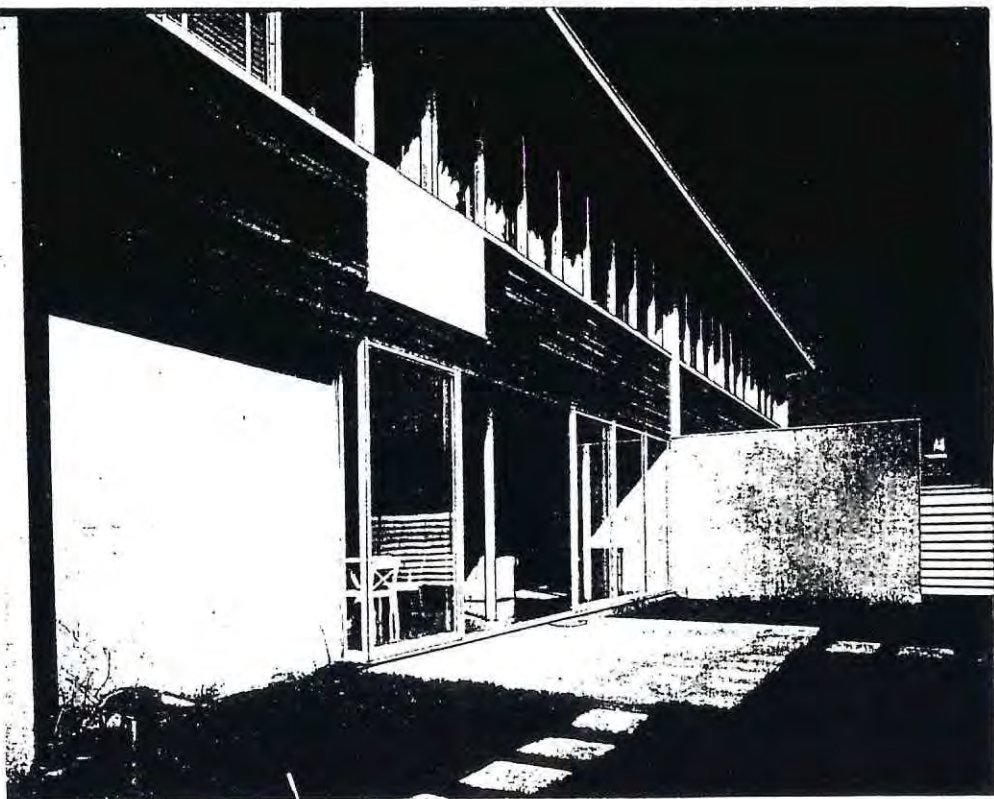
FACHADA SUR



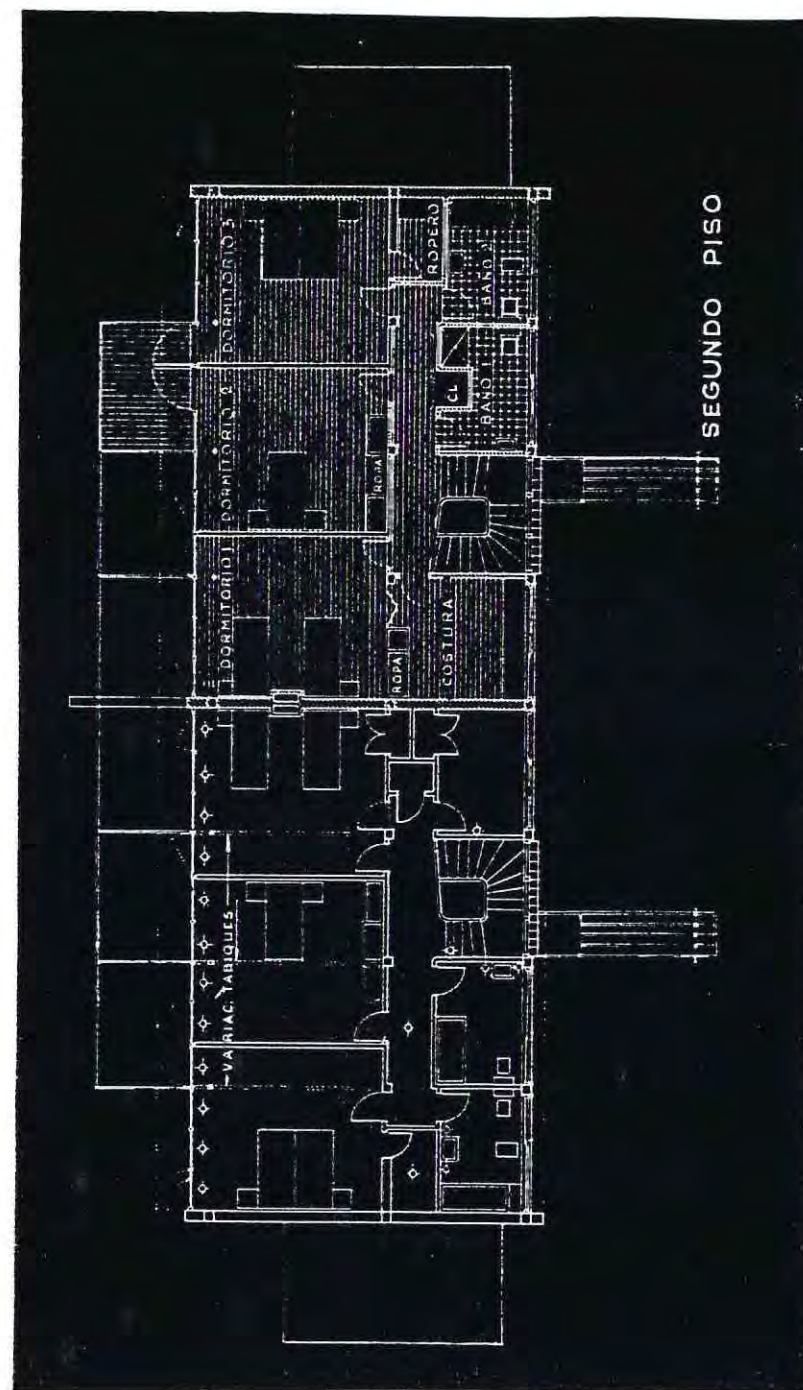
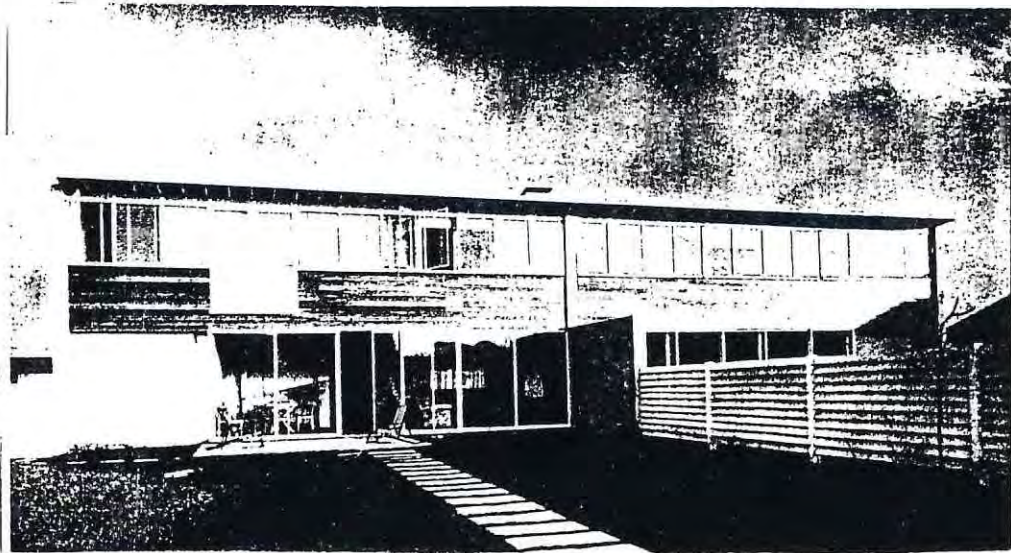
FACHADA NORTE



PRIMER PISO

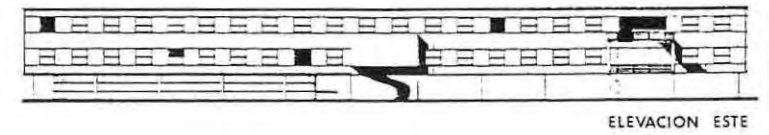
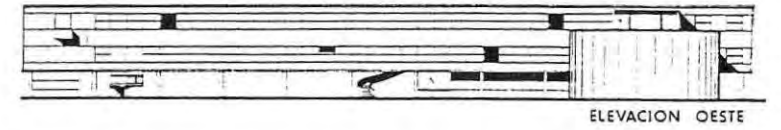
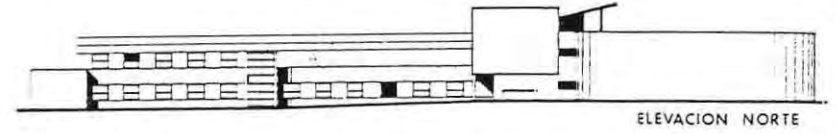
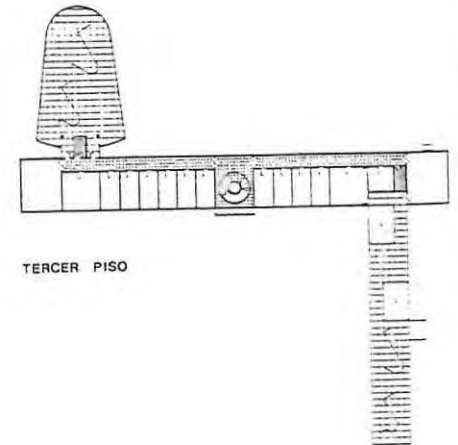
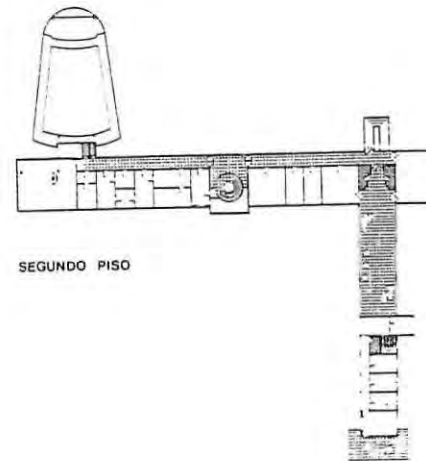
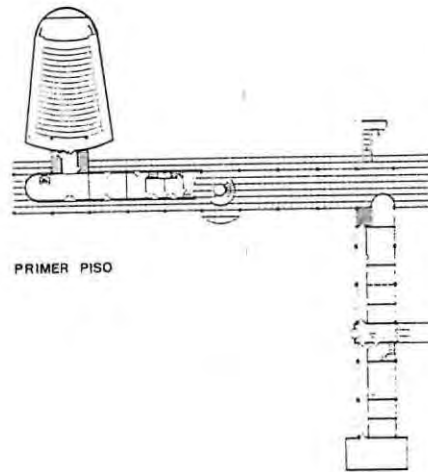
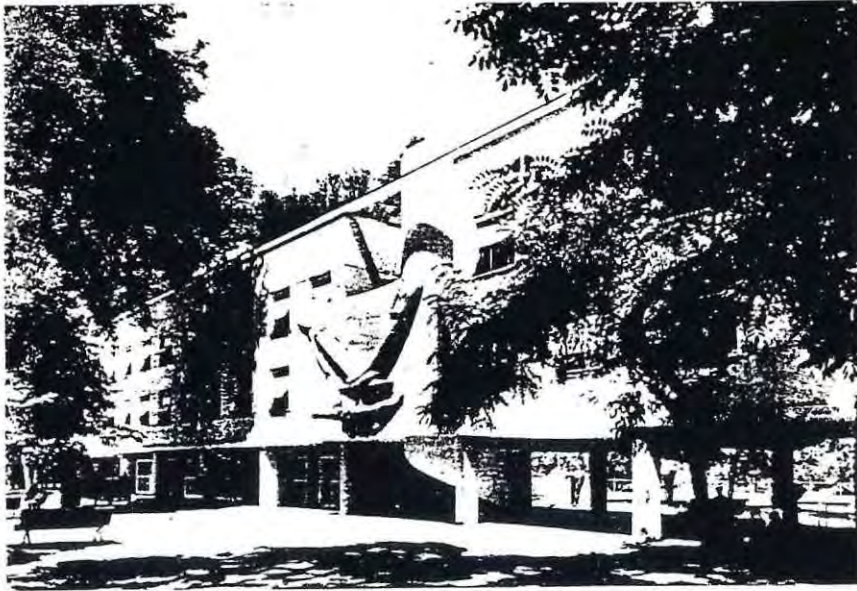


Se expresan los materiales francamente....



HOJAR PARQUE COUSIÃO

ARQUITECTO: JORGE AGUIRRE S.
G. RODRIGUEZ
UBICACION: SANTIAGO
AÑO: 1935



ARQUITECTO: LUIS HERREROS E.
UBICACIÓN: AN. A. PRAT
AÑO: 1941

ESTACION DE FERROCARRILES - CONCEPCION

Arquitectónicamente es el remate de la perspectiva de la Avenida Barros Arana.

El edificio tiene una estructura completamente de hormigón armado, fundada sobre pilares, con zapatas y vigas de fundación.



ARQUITECTOS: BRESCHAJI Y
DEL CAMPO

CALCULISTA: Instituto de Estabilidad Experimental
de la U. de Chile y
Edmundo Canter

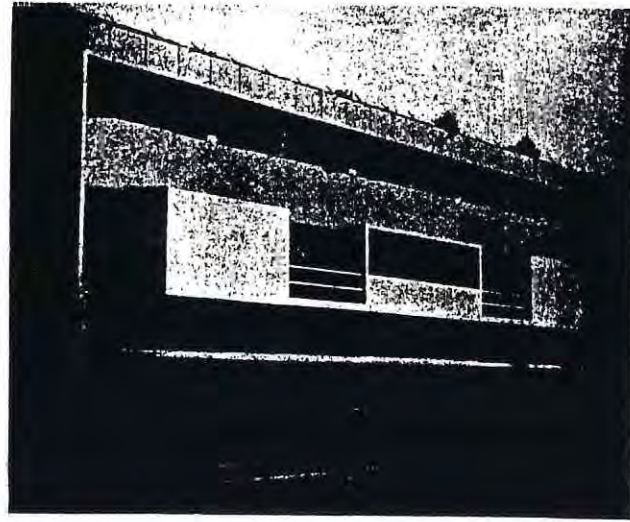
EMP. CONST: Agustín Vidal y Co.

HUIGARES en CERRO MORENO - ANTOFAGASTA



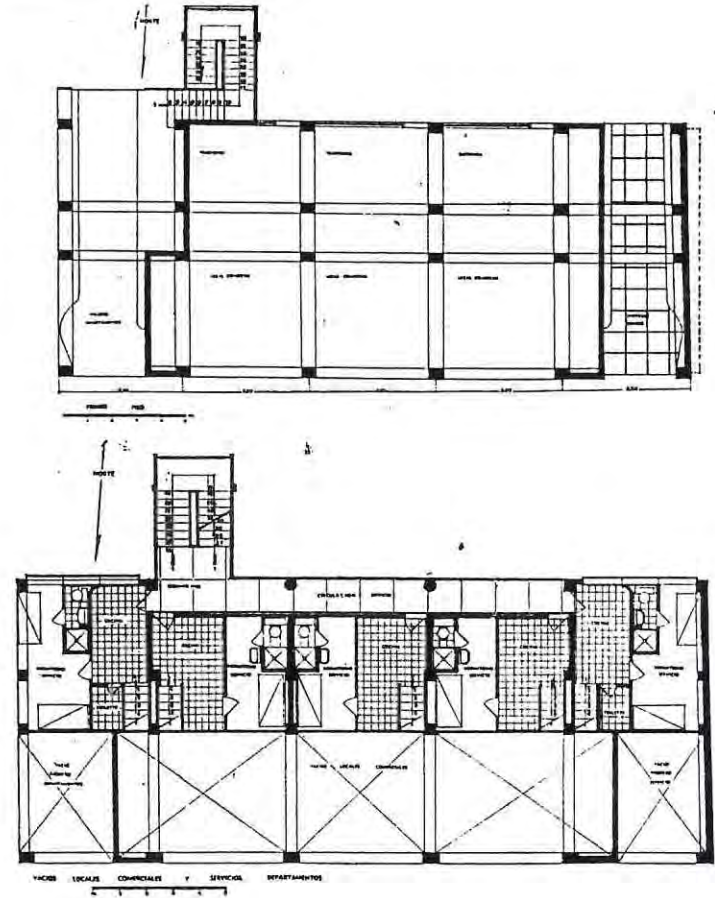
EDIFICIO DEPARTAMENTOS Y LOCALES COMERCIALES.

ARQUITECTOS: Santiago Aguirre
Ines Frey
CALCULISTA: Emilio Díaz N.-Argto.
CONTRATISTA: Juan Frey
UBICACION: CONCEPCION
AÑO: 1944



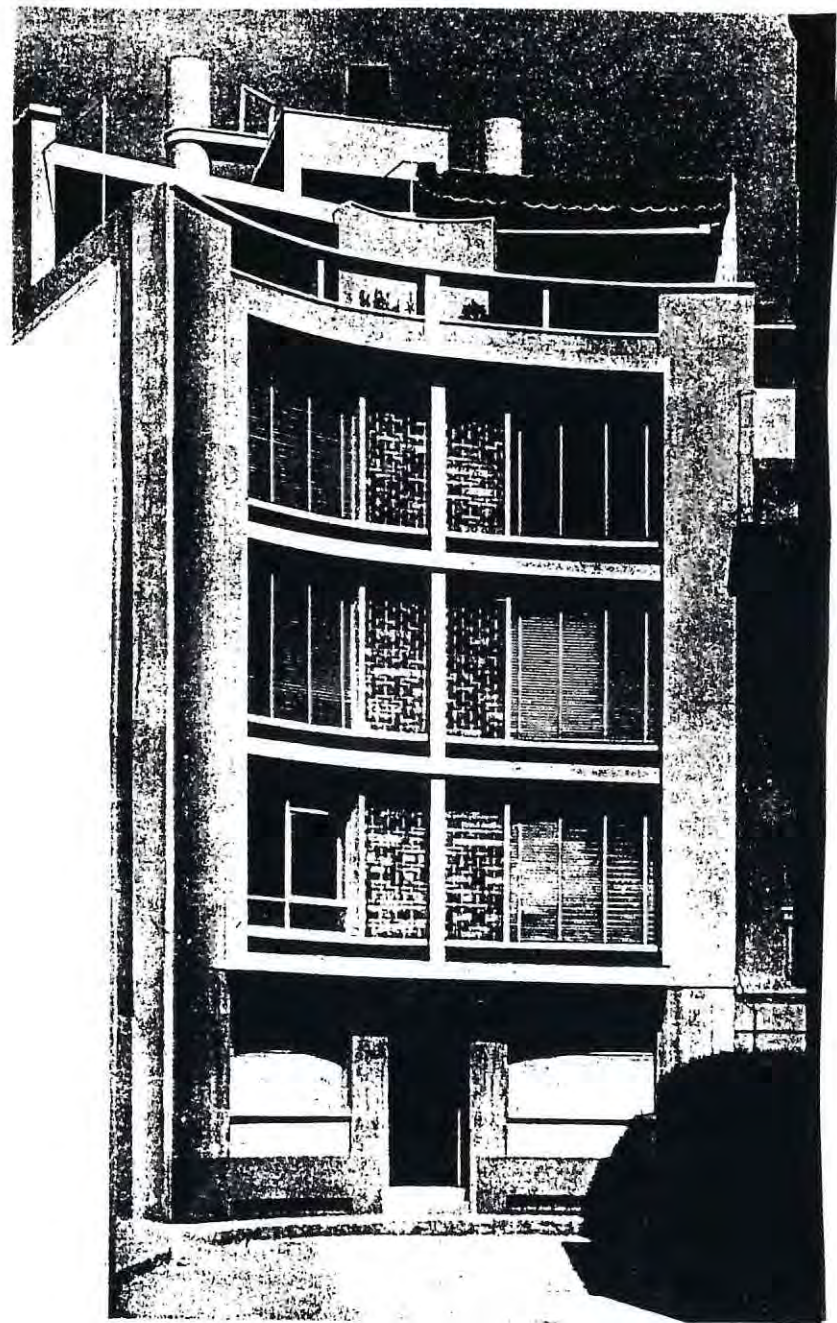
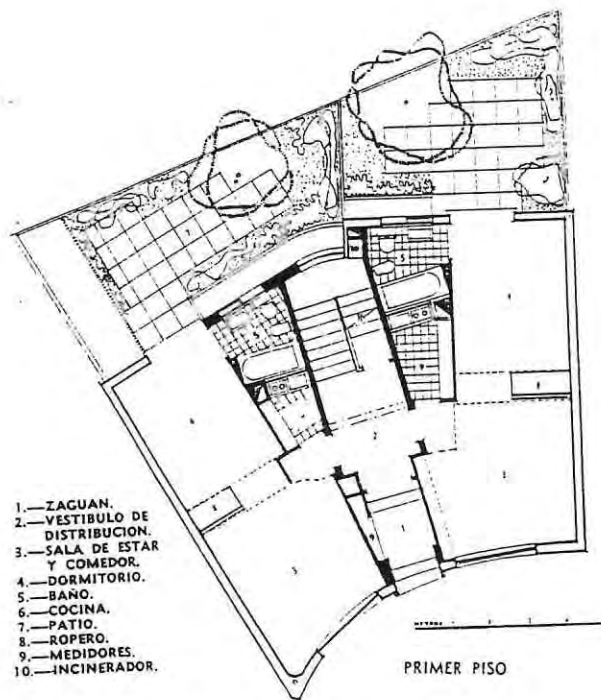
Tiene una estructura muy regular y acusada claramente, tanto en plantas como en fachada.

La estructura es en hormigón armado, con losas de bloques huecos de hormigón previbrado, como techo se colocó una losa impermeabilizada, los estucos exteriores se hizo en granulado a la cel.



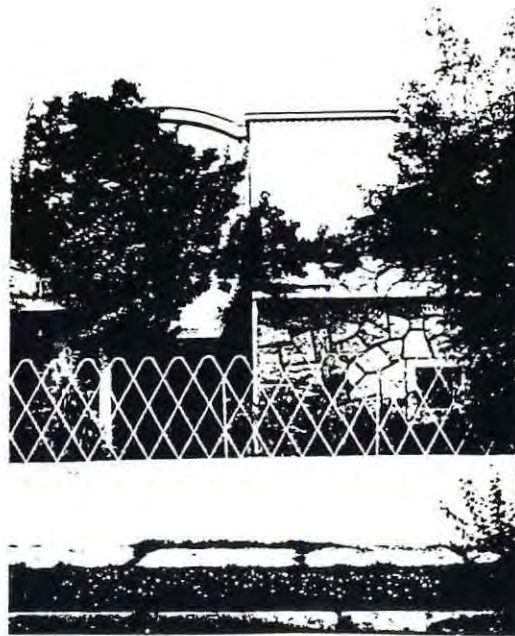
EDIFICIO DEPARTAMENTOS en terreno irregular.

ARQUITECTOS: Jorge del Campo
 Carlos Bresciani
 INGENIERO: EDUARDO GUTER
 JULIO BERGETT
 CONSTRUCTORES: Juan Ureta R.
 IGNACIO GUREAT S.M.
 UBICACION: Calle Buenos - 5700.
 AÑO: 1944.



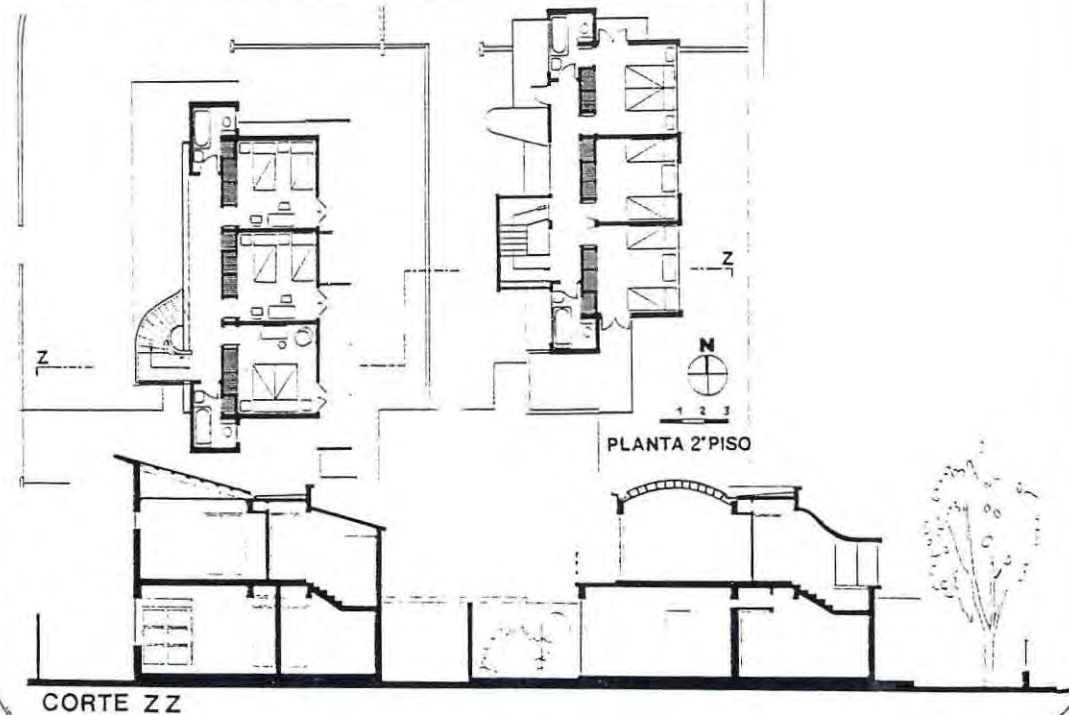
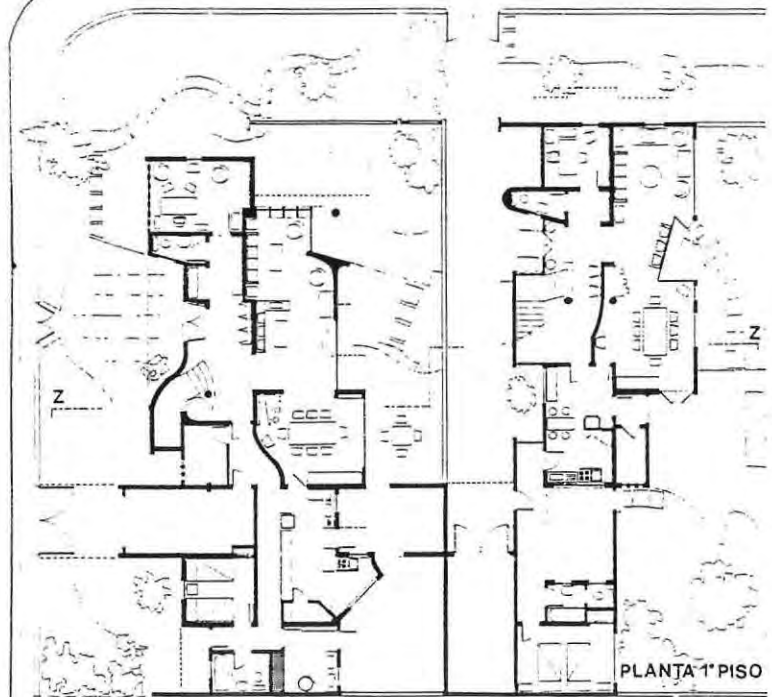
DOS VIVIENDAS

ARQUITECTOS: Santiago Aguero
Ines Frey
UBICACION: Sonohoz tancilla/maric
Santiago
AÑO: 1944



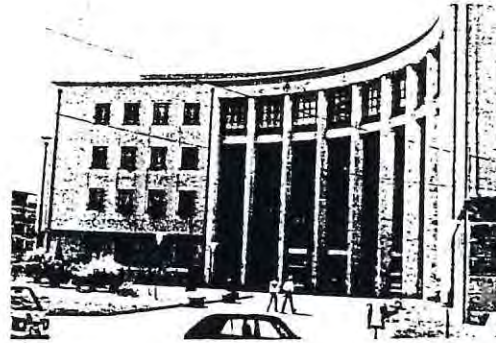
Se usó hormigón armado en elementos estructurales rectos, pilares y vigas libres, sea en muros o cubiertos curvos, en escalas en forma de viga apoyada solo en los extremos.

Los volúmenes son usados para romper e interpenetrar el espacio; el diseño del jardín en relación y consonancia con los espacios interiores.

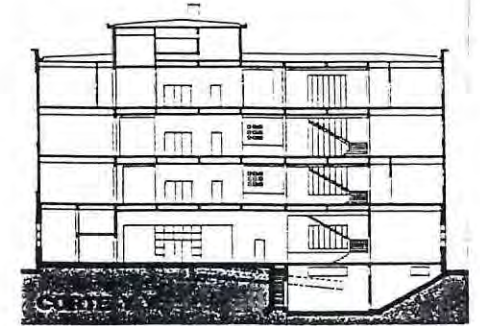
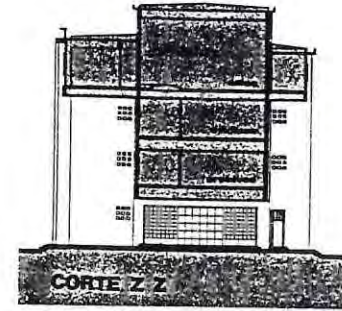


EDIFICIO: TRIBONALES DE JUSTICIA - CONCEPCION

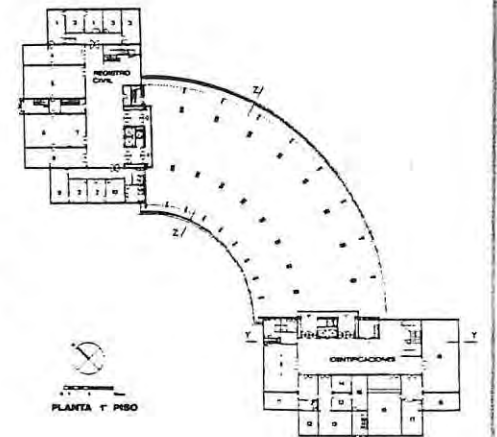
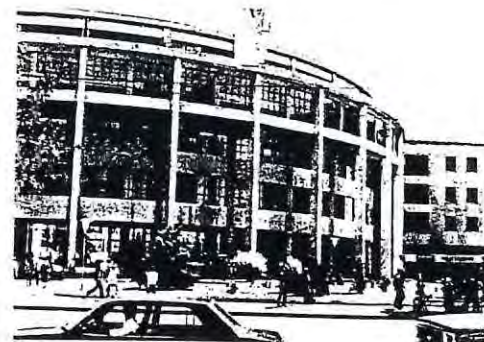
ARQUITECTO: Orlando Torrealba D.
UBICACION: Barros Arana / Castellon
AÑO: 1946.



El edificio es al remate de la Av. diagonal y conector a través de la plaza con el centro a través de la calle Barros Arana.

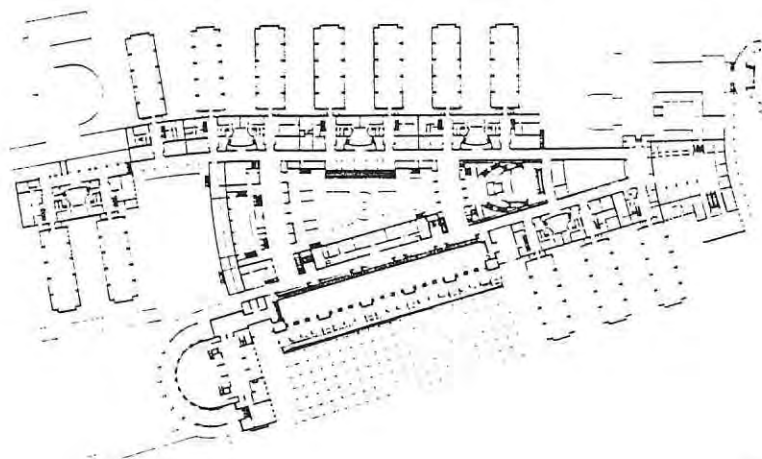


El edificio es totalmente de hormigón armado, su fachada está terminada con espejuelo a la martelina y sus pilares revestidos en mármol travertino.



ESCUELA DE MEDICINA U. DE CHILE.

ARQUITECTO: Juan Martínez G.
 UBICACIÓN: Santiago
 AÑO: 1950



6

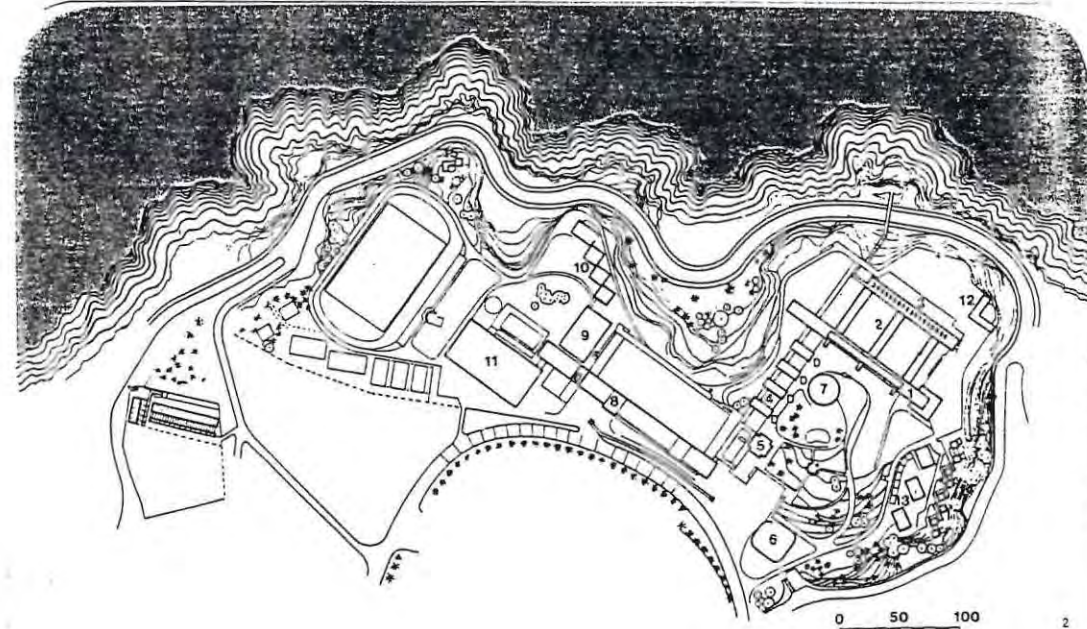


ESQUEMA NAVAL ARTURO PRAT.

ARQUITECTOS: EQUIPO U. CATOLICA DE CHILE
 ARQ. MARIO PEREZ DE ARCE
 FRANCISCO MENDEZ
 UBICACION: PLAYA ANCHAYA - VALPO
 AÑO: 1957

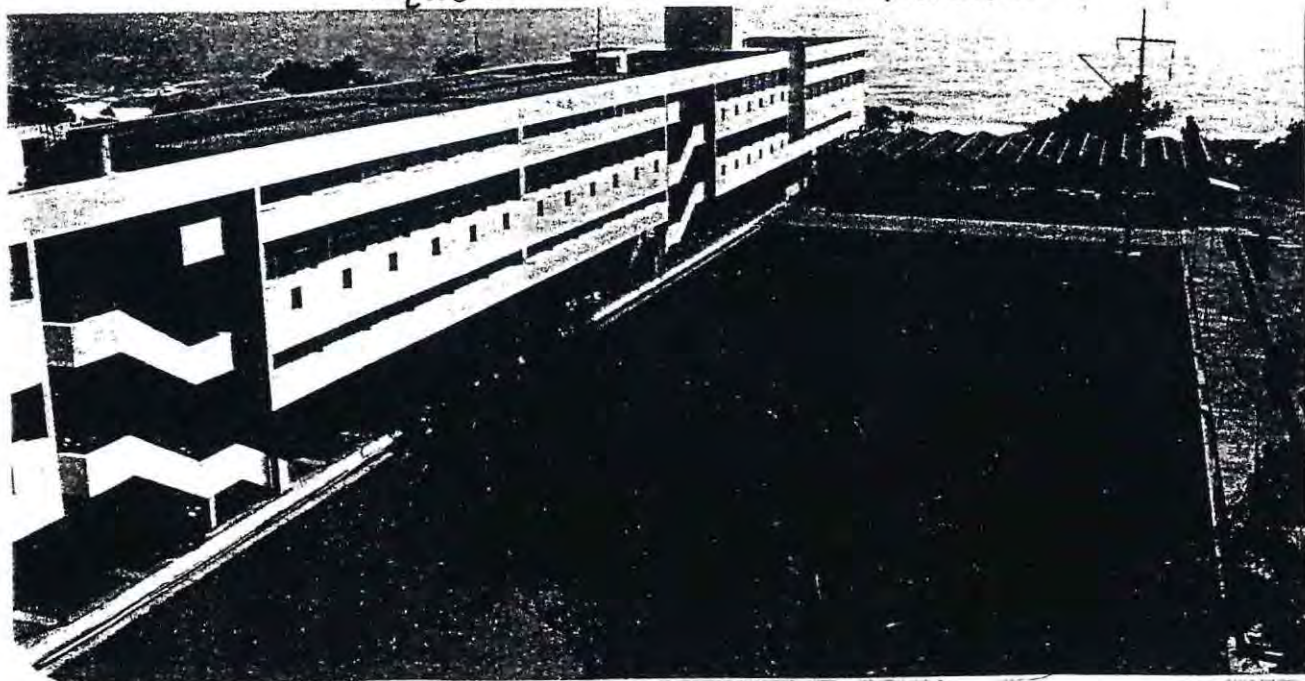
El proyecto partió tratando de aprovechar las condiciones del terreno, desplegando los edificios frente al mar de modo que la plataforma fuera ocupada por la habitabilidad de los cadetes y el Patio de Honor, La punta Nor-este por las secciones de Instrucción y el saliente mas bajo del Nor-este por los canchales deportivos.

El acceso, con la Administración y el Aula Magna se ubico al sur-este respetando



el macizo arbolado que limita el terreno por ese costado para dejarlo como parque.

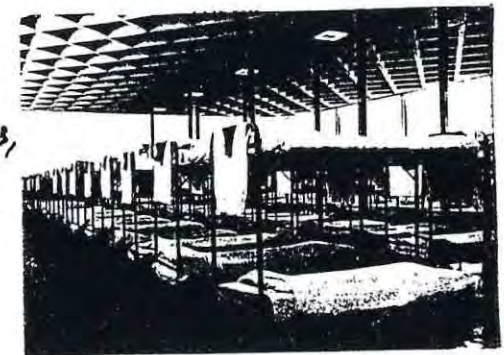
Los edificios se presentan como una sucesión de volúmenes horizontales blancos, interrumpidos por la verticalidad del edificio de Administración (que soporta el estanque de agua)





La construcción es de hormigón armado, salvo en los pilares aislados que reciben sólo cargas verticales los techos son de acero, siendo tomado los esfuerzos horizontales por muros y placas horizontales.

Las grandes losas nervadas, formando casetones cuadrados, los en diagonal, normales y con viguetas de sección triangular



5 - QUINTA ETAPA: ENFASIS EN LOS VALORES ESTRUCTURALES

Esta es la etapa, que en el recorrido del hormigón aparece como más importante llegando a ser uno de los materiales característicos.

En las construcciones de hormigón armado de este período los valores estructurales se convierten en el gran tema expresivo y la forma de uso del material depende de la fuerza creadora de los diseñadores.

Todo el cúmulo de conocimientos anteriores y búsquedas renovadoras se vuelcan en esta etapa. En esta búsqueda expresiva se llega a la utilización de elementos post y pretensados; cuyo desarrollo se inició en la construcción de puentes, para aplicarlo ahora en la arquitectura; son ejemplos característicos y singulares el edificio de las Naciones

Unidas en Santiago de EMILIO DUHART construido en 1963-1966 y las Estaciones del Metro en Santiago.

El desarrollo de elementos cascariformes ha sido nulo, todo lo que se ha hecho ya sea por las universidades o por particulares tienen un carácter de experimental. El empleo de elementos curvos de hormigón armado (paraboloides hiperbólicos) se ha restringido a la construcción de estanques de agua.

Dentro de todas las potencialidades del hormigón armado, lo que más se ha explotado indudablemente es la expresividad del hormigón visto.

A través del país podemos constatar variados tratamientos en la superficie del material existiendo una tendencia general de utilizarlo sin recubrimiento. Esto ha sido un aporte por cuanto constructivamente se ha tenido que considerar la obra grue-

sa como parte de la terminación, ya sea de muros, columnas, losas, vigas, antepechos, etc., para no dar la sensación de ser una obra inconclusa, aspecto que sienten especialmente los usuarios.

El arquitecto y el ingeniero o constructor concibe la obra como un todo de forma, volumen y material desde los cimientos a la cubierta. Este le da un valor de plasticidad y expresividad muy distinto a los de otros materiales y el hormigón resulta autenticamente creados por su misma esencia.

Son ejemplo de esta etapa, la Unidad Vecinal Portales de los arquitectos Valdés, Castillo, Huidobro, Bresciani realizada en 1957, las Torres de Tajamar construida entre los años 1962-1967 de los arquitectos Bresciani, Castillo, Huidobro, Valdés, Balton, Larraín, Prieto y Lorca. La Iglesia Bene-

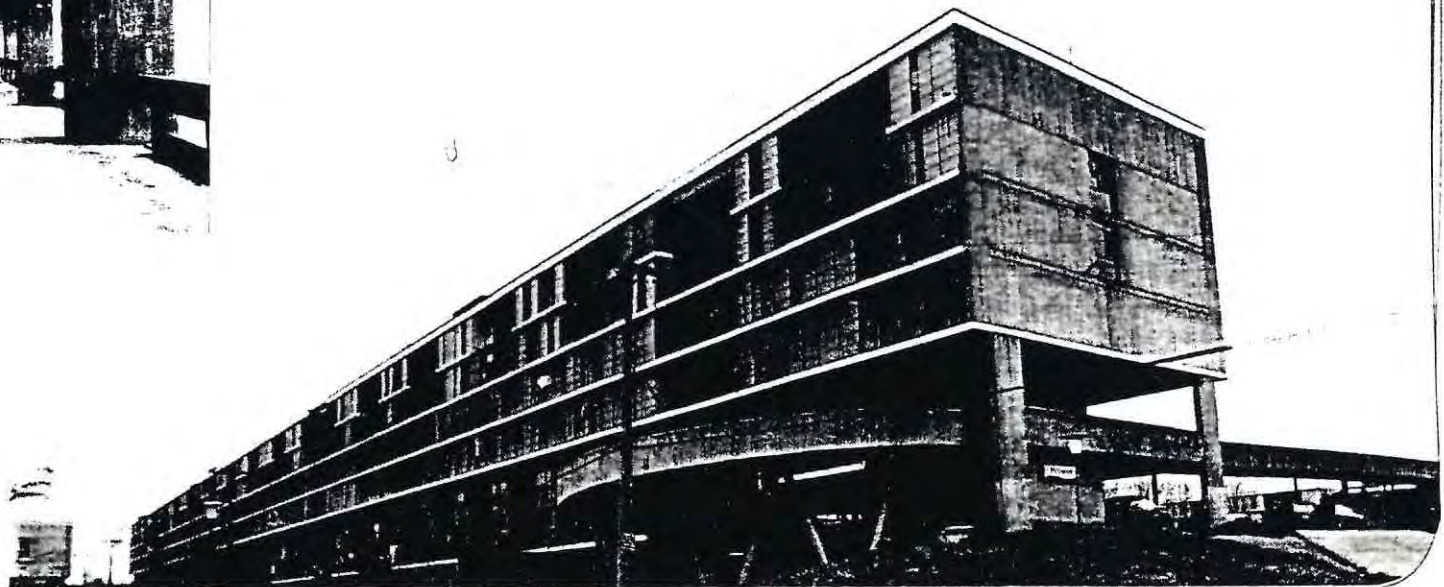
dictinos de los Hermanos Gabriel y Martín en el año 1963.

La construcción del edificio de las Naciones Unidas construido entre los años 1963-1966 del arquitecto EMILIO DUHART Y ASOCIADOS, que marca un hito importante tanto en la arquitectura chilena por los conceptos propuestos como la tecnología aplicada.

Resultó particularmente interesante el empleo de elementos prefabricados como muros cortina de fachados, generando una textura de una gran riqueza plástica, ejemplo de esto es el edificio Empart en Valparaíso, de los arquitectos JAIME BENDERKYS y JORGE GONZALEZ E. en el año 1966.

UNIDAD VECINAL PORTALES

ARQUITECTOS: Valdes, Castillo
Huidobro, Bresciani
UBICACION: Santiago
AÑO: 1956-1960



ARQUITECTOS: Valdes, Bresciani, Castillo
Huidobro, Bolton, Larrain
Piñeto.

UBICACIÓN: Providencia - STGO

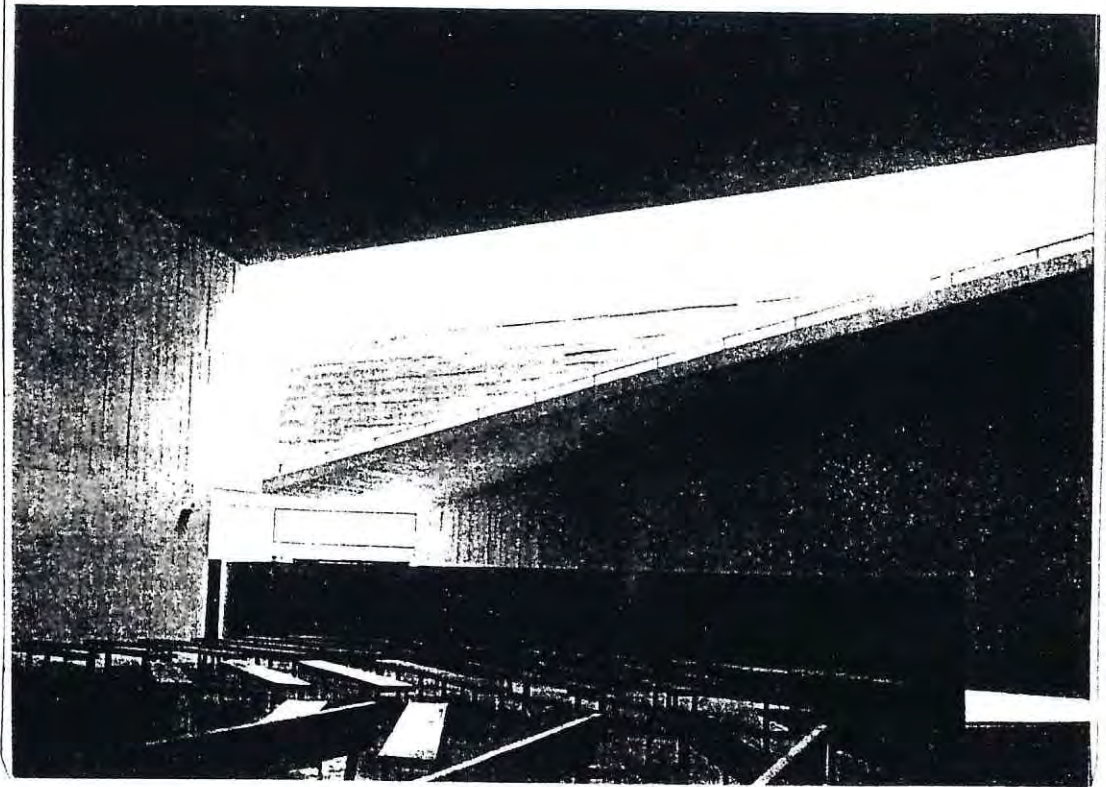
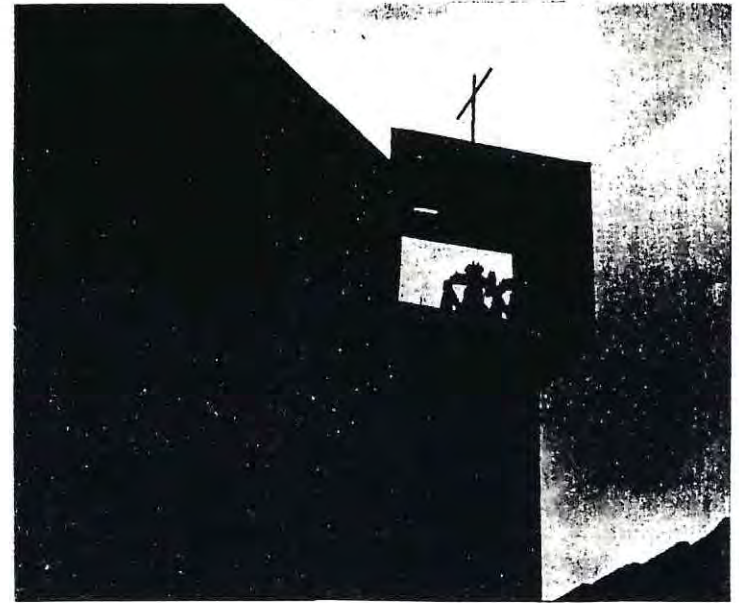
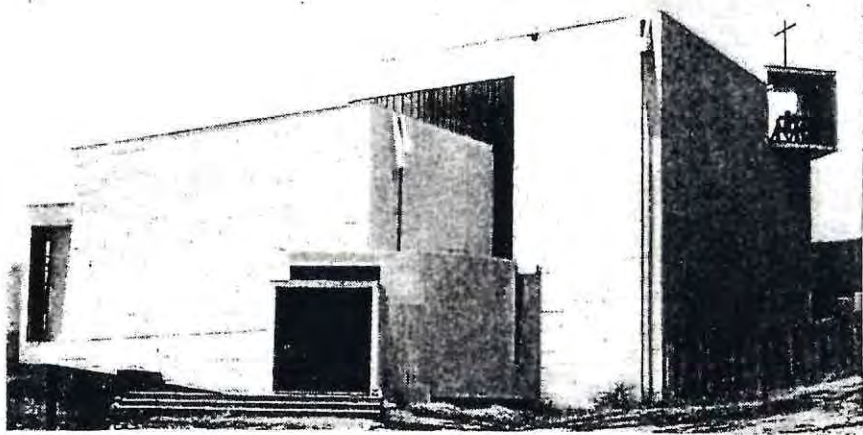
AÑO: 1962 - 1967

CONJUNTO TORRES DE TAJAMAR



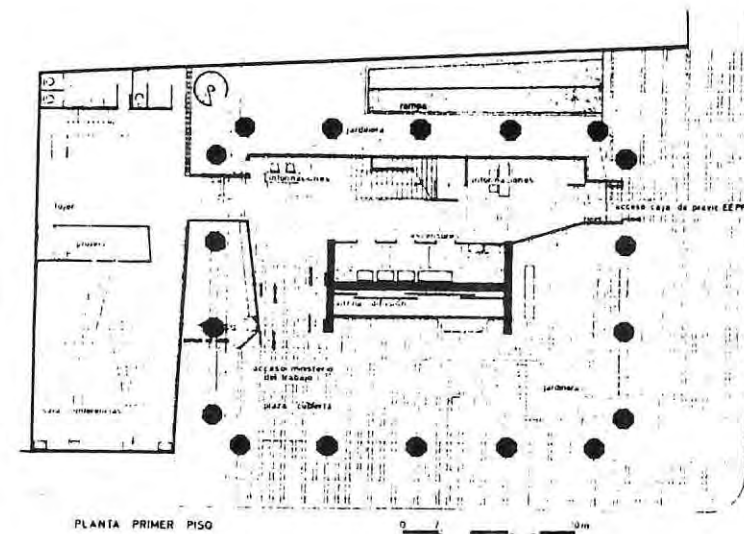
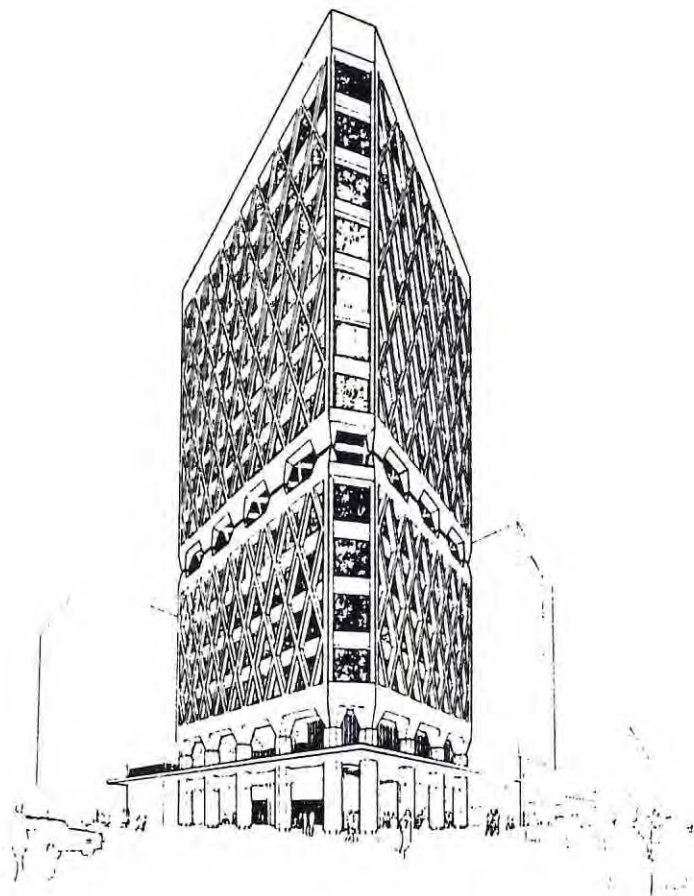
IGLESIA DEL MONASTERIO BENEDICTINO

ARQUITECTOS: Hnae Gabriel
y MARTÍN
UBICACIÓN: Los Condes - STGO
AÑO: 1963



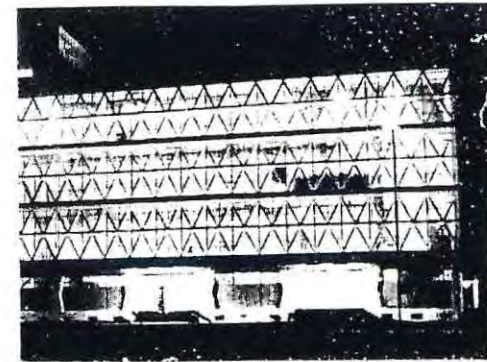
PROYECTO: CONCURSO MINISTERIO DEL TRABAJO

ARQUITECTOS: Emilio Dubart
 Alberto Monteleagre
 UGENIERO: Cesar Bortos
 UBICACION: Santiago
 AÑO: 1967



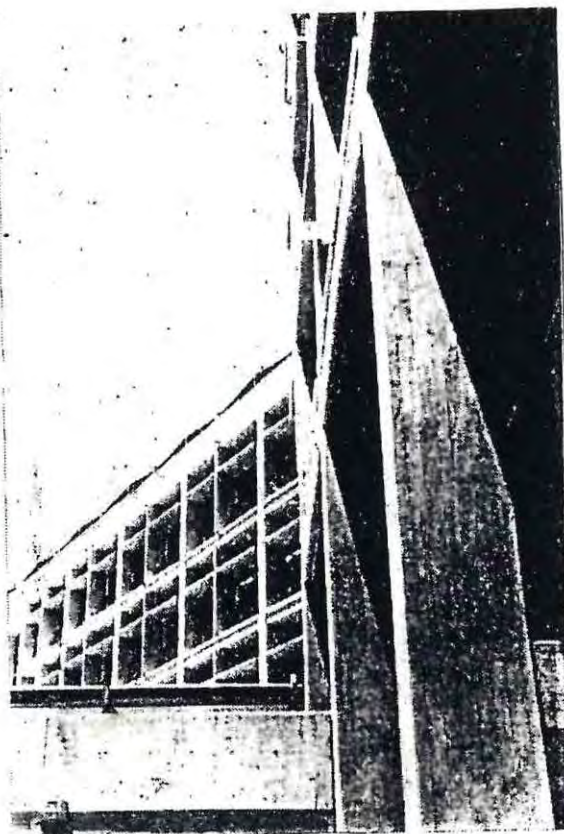
EDIFICIO CAROZZI

ARQUITECTO: Emilio Duhart
Luis Mitrovic
UBICACION: NOS



ARQUITECTOS: CARRERAS, COVACHICH
FERRER Y ASOCIADOS
UBICACION: Playa Ancho - VALPO
AÑO:

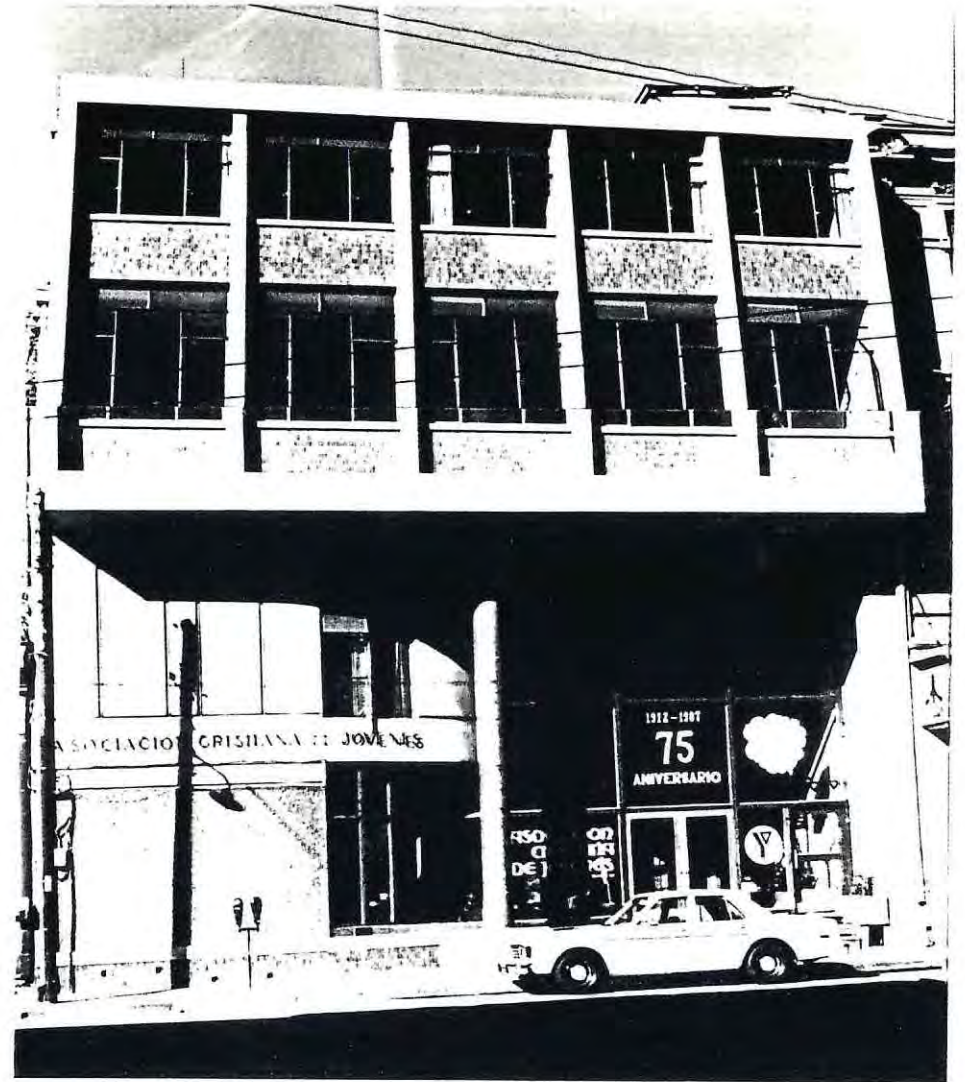
FACULTAD DE EDUCACION Y LETRAS (HOY: UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA)

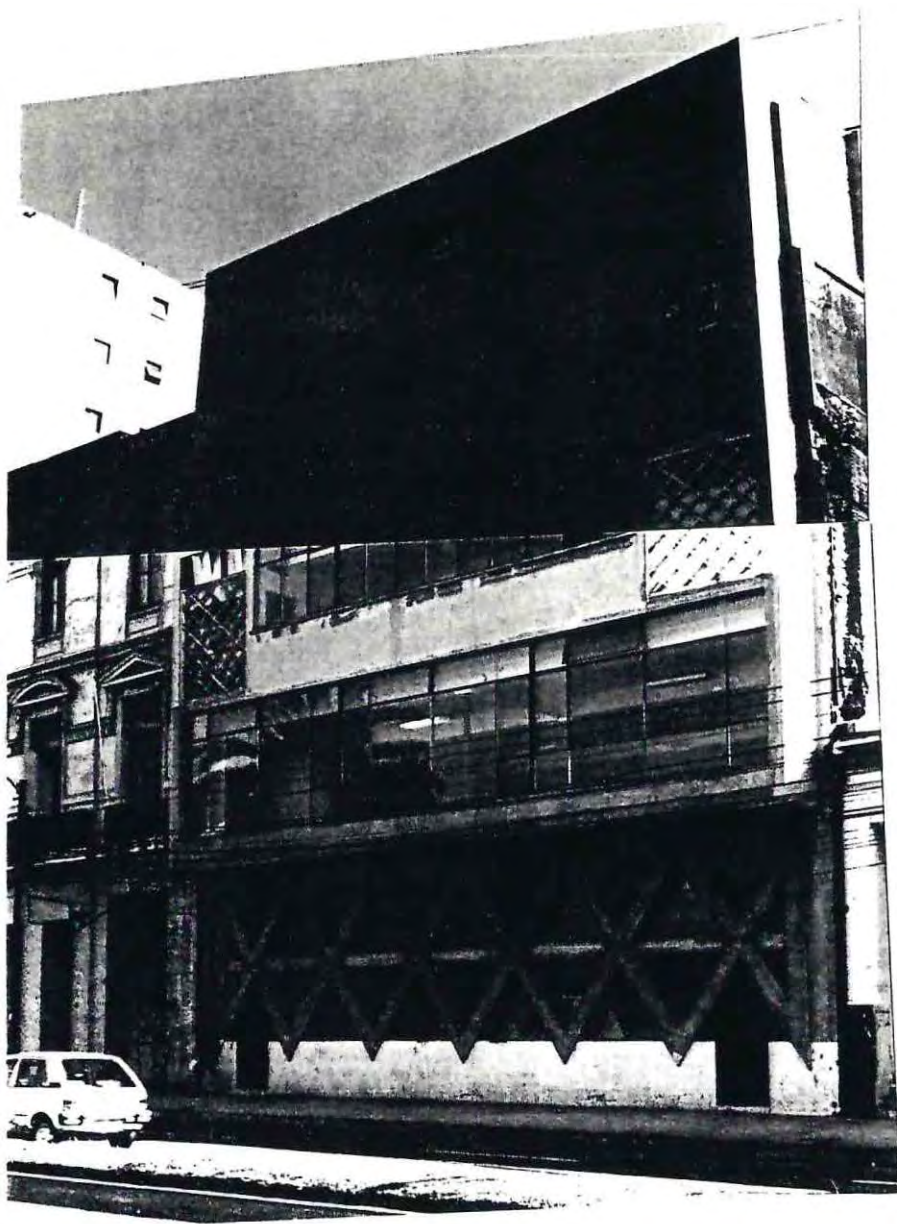


EDIFICIO: ASOCIACION CRISTIANA DE JOVENES

ARQUITECTOS: Enrique Cueto S.
 Rene Gonzalez V.
 Osvaldo Munoz Q.
 UBICACION: Calle Blanco - VALPO
 AÑO: 1963

Un juego volumétrico a través de las posibilidades del hormigón de crear: lo opaco ... la transparencia ... una estructura.

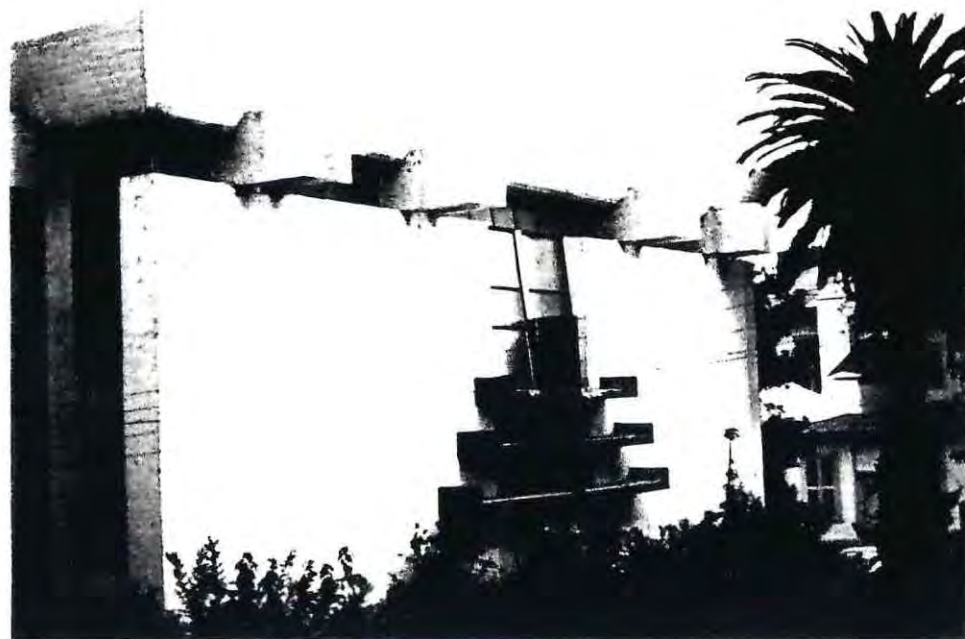
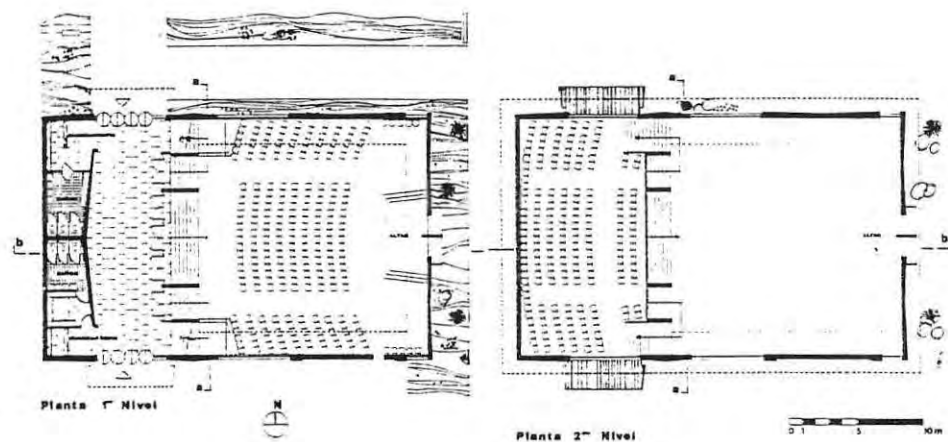


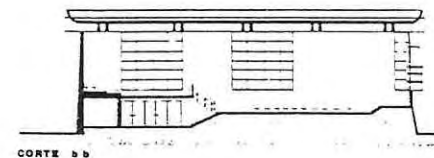
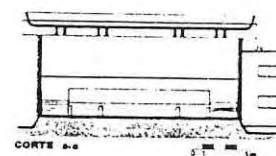
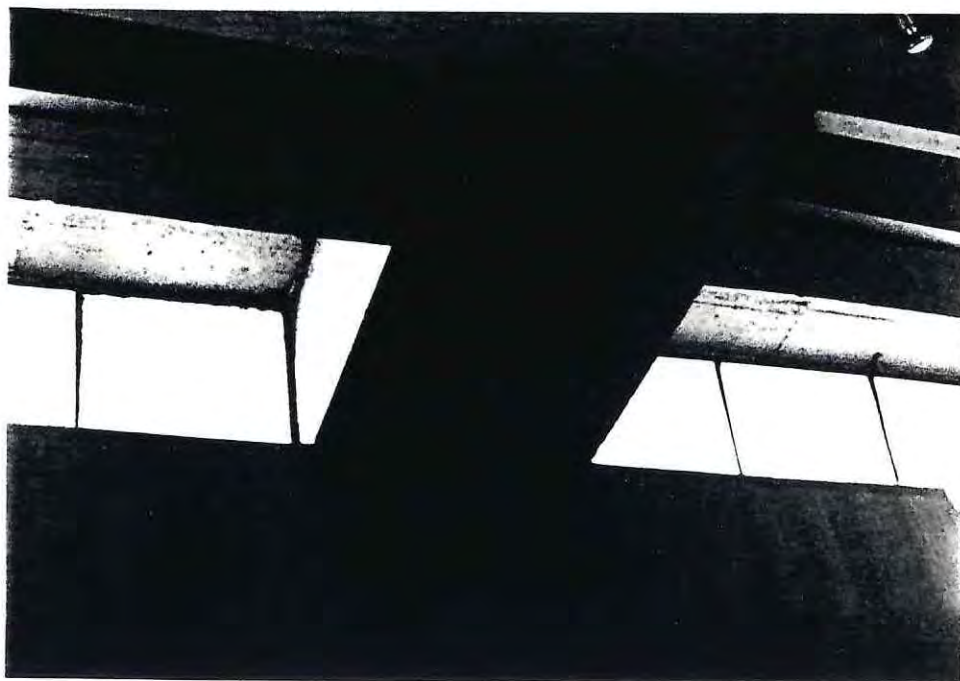


ARQUITECTO: Abraham Serfaty
 UBICACION: calle Elcheveng - Viña
 AÑO: 1965

SINAGOGA

El proyecto está concebido como una gran superficie cubierta con losa apoyada solamente en algunos puntos apareciendo como un ejemplo de hormigón flotante.





ARQUITECTOS: Jaime Bendersky S.

Jorge González E.

CONSTRUCTOR: Const. Delta.

UBICACION: Calle Blanco y Negro

AÑO: 1966

EDIFICIO EMPART

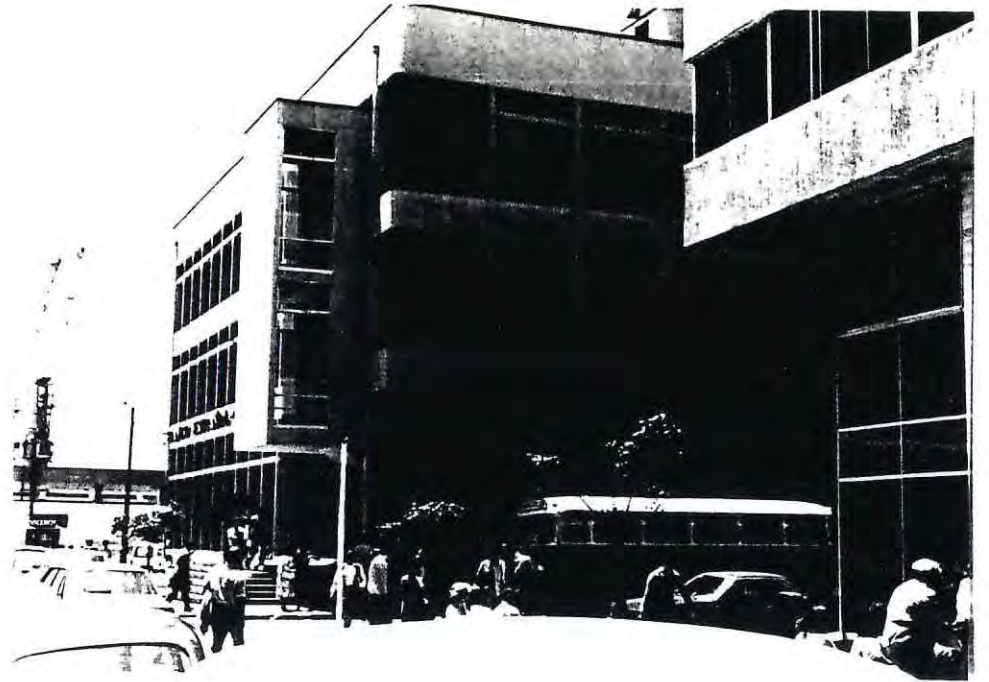
In spite of the prefabrication of elements of concrete, in this case the quebravistas designed by the architects authors of the project



EDIFICIO : BANCO ESPAÑOL - CHILE

ARQUITECTO:
COOST. : DESCO
UBICACION: Blanco / Urriola.
VALPARAISO
AÑO: 1967.

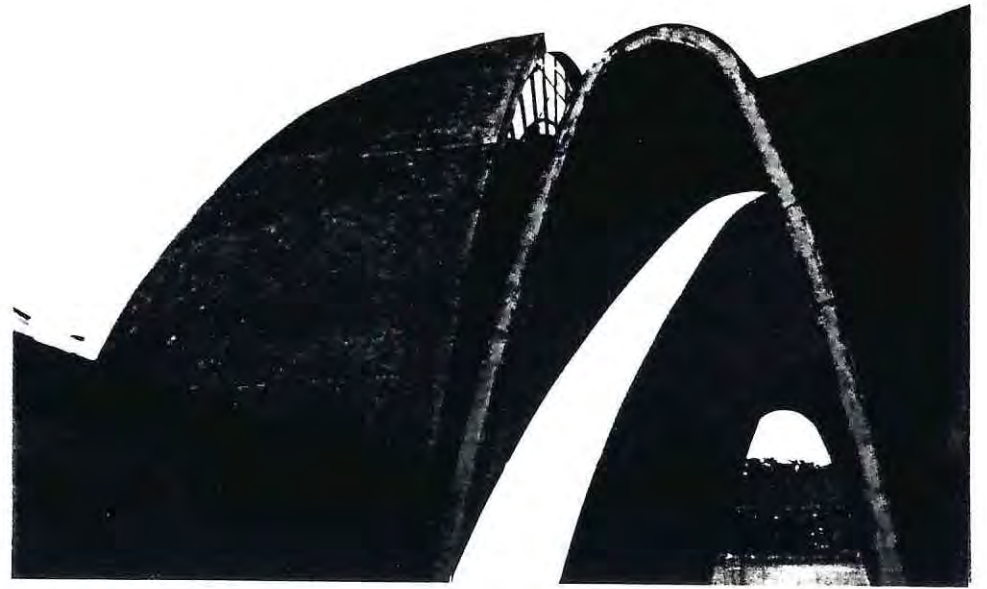
El empleo del muro continúa estruc-
tural .. y a través de el
logran una composición de la fa-
chada.

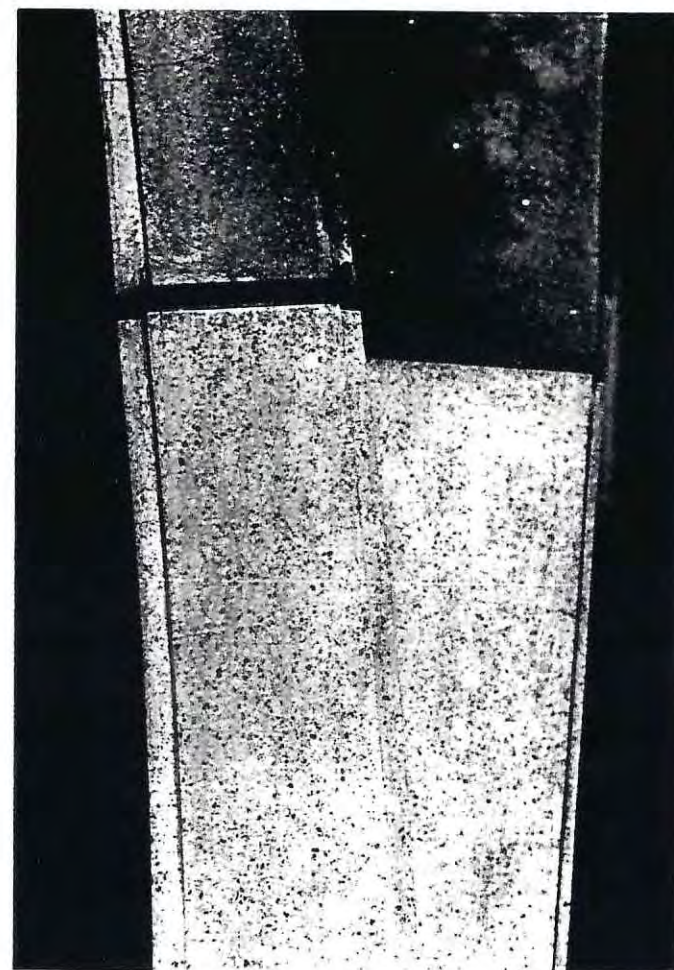
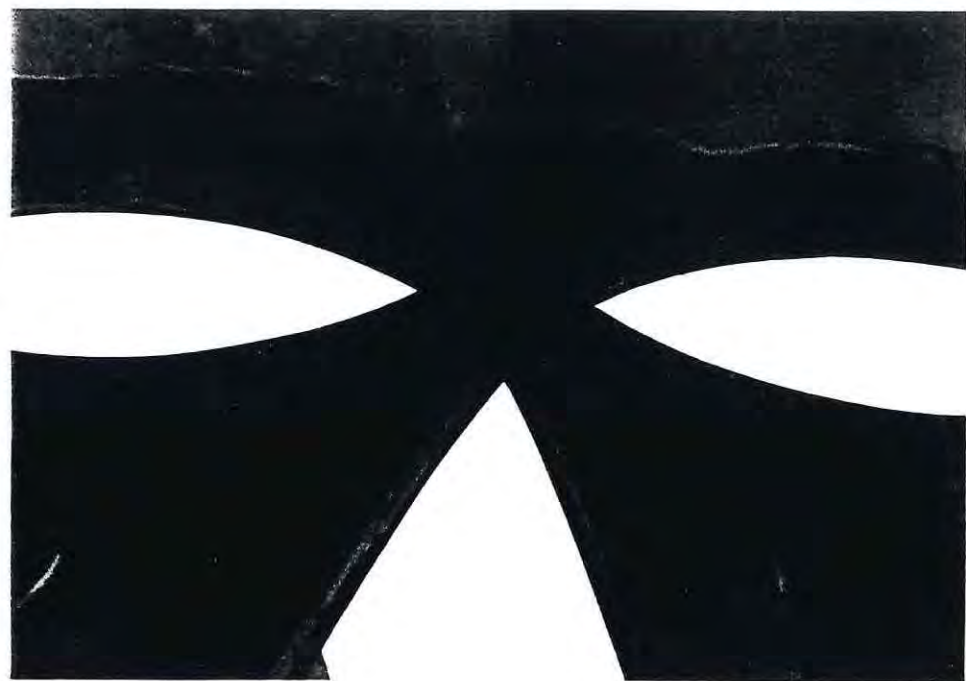


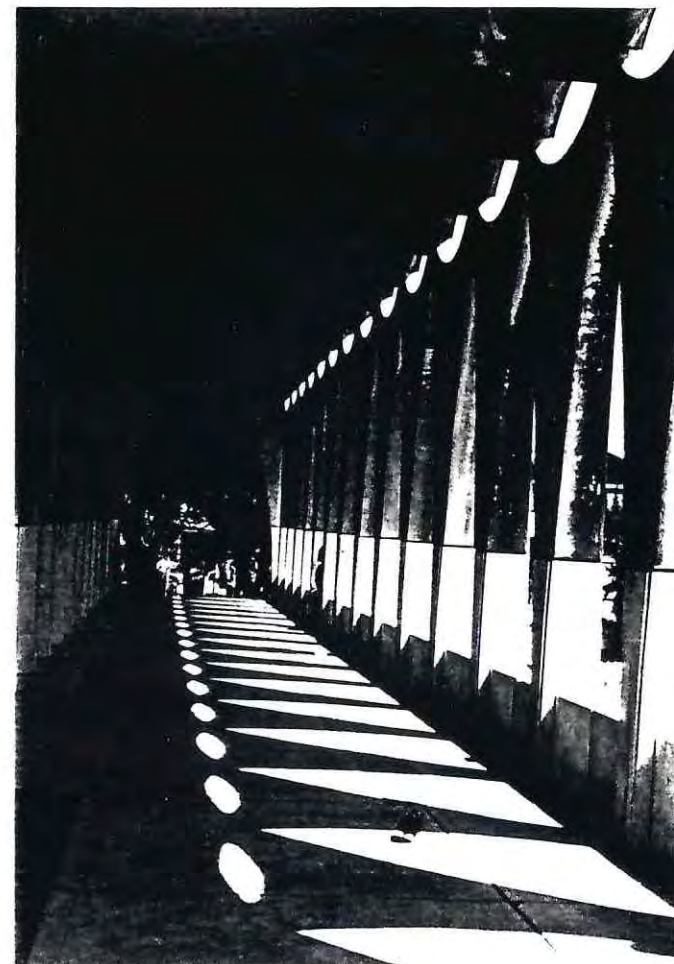
ARQUITECTO: TOMAS EASTMAN
UBICACION: AGUA SANTA - VIÑA
AÑO:

GRUTA DE LOURDES

Un aporte a las posibilidades del hormigón armado y un aporte especial y arquitectónico a través de él.







6 - SEXTA ETAPA

En nuestro país, la arquitectura llamada moderna produjo obras de gran calidad como se ha visto en las etapas anteriores. En estos momentos, quizás por el período de transición que vive la arquitectura en el mundo, producto de una oposición al movimiento moderno, con críticas que comienzan a cuestionarse en la década del 60 con el congreso de OTTERLO (origen del TEAM X) que había producido una grave crisis de los CIAM, si bien la mayoría de los edificios que se construyen, se siguen realizando dentro de los cánones del movimiento Moderno, difícilmente existen ejemplos que alcancen la calidad de los mencionados.

Así como el movimiento moderno buscó expresar con sinceridad lo que era cada edificio, tanto en su función como en su estructura y construcción,

casi siempre como edificios aislados, como objetos en sí para ser recorridos. El movimiento Post moderno que se ubica cronológicamente, después, pero no es solo una secuencia lineal sino, además, una reacción en contra del funcionalismo, primer baluarte de sus predecesores, busca reconocer cada edificio como fragmento de un conjunto más vasto (CONTEXTUALISMO), los nuevos edificios se adaptan a sus contextos. Se utilizan elementos convencionales en forma no convencional; hay una doble lectura, se expresa tanto en el contexto físico como en el histórico (Edificio Fundación, 1980 de los arquitectos BOZA, LUHRS, MUZARD Y ASOCIADOS). La importancia de la fachada como elemento semántico de la arquitectura (ORNAMENTALISMO) es la necesidad de elaborar y articular los elementos del edificio en relación con la dimensión humana. Y un último principio que la arquitectura como arte de respuesta cultural e histórica

(alusionismo); se requiere que la arquitectura comunique un significado mediante la metáfora y por referencia directa (LICEO MURIALDO, 1979 de los arquitectos LARRAIN, MURTINHO Y ASOCIADOS).

El Post modernismo es una evolución, no una ruptura con su pasado inmediato.

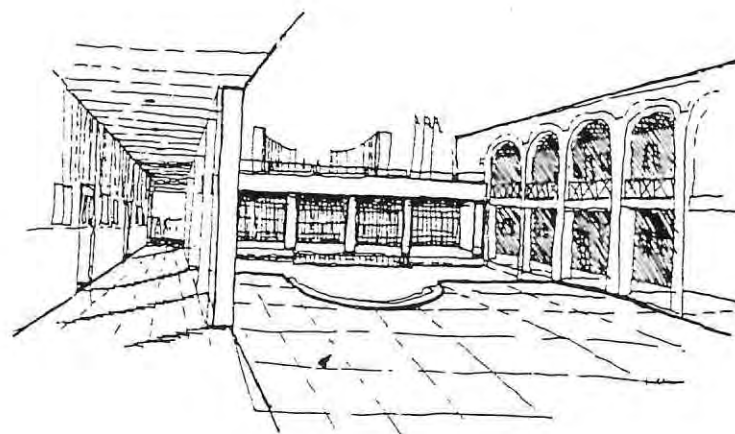
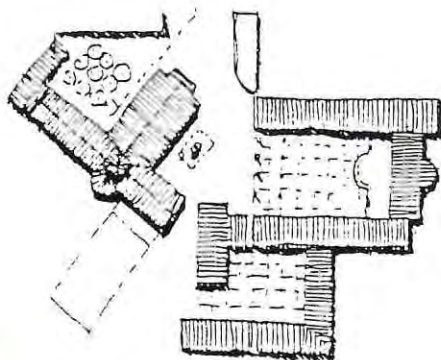
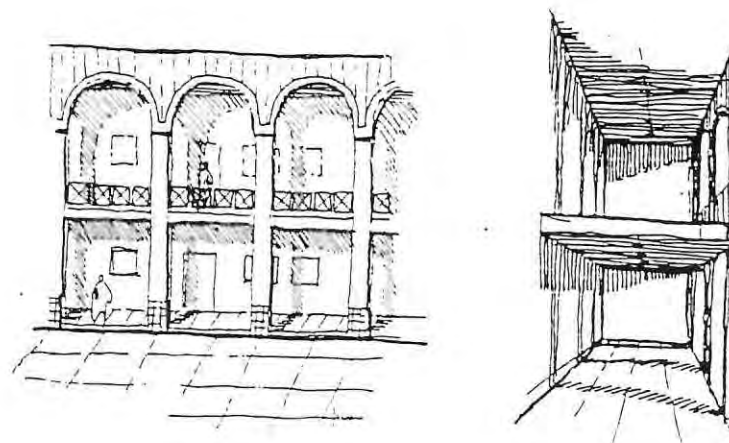
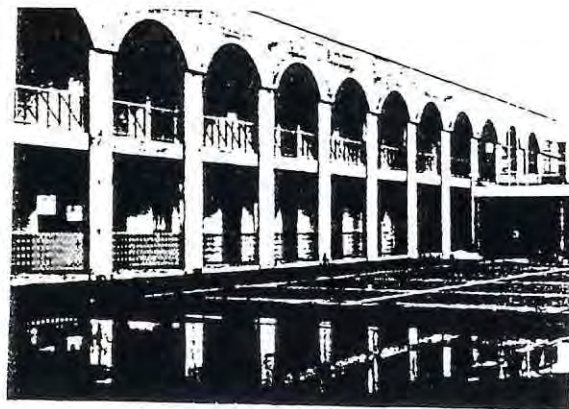
Consecuente con ello el Post modernismo se vale del hormigón armado para conseguir su propósito más que mostrarlo. Lo que cuenta es el resultado, el hormigón armado es un medio, si es necesario recubrirlo (Pueblo del Inglés, 1980 de los arquitectos E. SAN MARTIN, P. WENBORNE y E. BROWNE) se hace y se expresa la intención (Edificio Eurocentro de los arquitectos OSCAR BORQUEZ DE LA CERDA Y MARIO PAREDES GAETE).

La actual arquitectura chilena de los ochenta

está planteando volver a darle más importancia a la dimensión significativa de la obra que a los factores puramente funcionales y constructivos. Frente a lo cual el hormigón armado está en un período de reposo, pero manteniendo latente sus potencialidades.

ARQUITECTOS: LARRAIN, MORTINHO y ASAC.
H. ELIASH.
UBICACION: SANTIAGO.
AÑO: 1979

AMPLIACION LICEO MORLALES



EDIFICIO EURO CENTRO

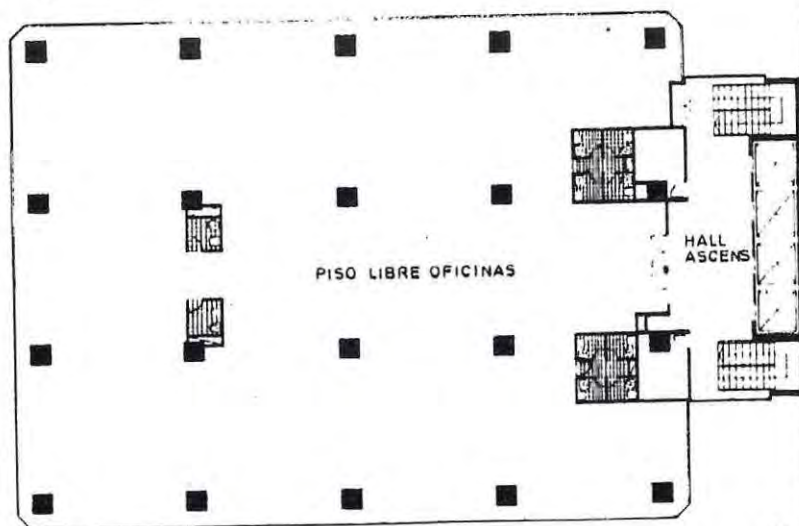
ARQUITECTOS: OSCAR TORQUEZ D.L.C.
Mario Pareles G.

INGENIEROS: LENTIN, Ruiz, Saavedra
Santiago Arias

CONSTRUCTORA: Raúl Gormaz y Cia.

UBICACION: Moneda - SMO.

AÑO: 1980.



PISO TIPO
0 1 2 3 4 5 m



ARQUITECTOS: Edoardo Sotomayor
 P. Wenborne
 E. Browne
 UBICACION: Vitacura / Manquehue
 Santiago
 AÑO: 1980

POEBLO DEL INGLES



5

EL HORMIGON PRETENSADO EN CHILE

SUS APLICACIONES

En Chile la aplicación del hormigón pretensado comenzó el año 1952 con el proyecto del Puente Canal de Loncomilla cerca de Linares, diseñado por la firma Freyssinet, en que se empleó un sistema de cables en vainas de papel tratado con asfalto como protector de la corrosión. Este tiene una longitud total entre estribos de 316 metros. El ancho de la losa superior es de 4 metros en 6 tramos, y de 2 metros en los dos tramos centrales. La altura de estas sobre el nivel del agua es de 26 metros.

El puente consta de 8 tramos; seis de 41.5 metros y dos de 38 metros, en vigas de hormigón pretensado en forma de doble te.

Otra de las primeras obras fue la construcción de un puente carretero sobre el río Linares en San Javier. Este posee una longitud total entre estribos de 179 metros. El ancho de la losa superior es de 8 metros y su altura sobre el nivel del agua es de 15 metros. Este puente tiene 7 tramos, los cuales están contrituídos por losas de hormigón armado que se apoyan sobre vigas de hormigón pretensado. Dos de estos tramos miden 27.3 metros y poseen 10 vigas cada uno, cuatro de ellos 26.50 metros con 8 vigas cada uno y un último de 22.80 metros con 7 vigas.

Todas estas obras fueron ejecutadas en el país por el Departamento de Riego del M.D.P. con la asesoría de la SOCIÉTÉ POUR L'UTILISATION DE LA PRECONTRAINTE DE PARIS.

Estas asesorías técnicas facilitaron además la formación y adiestramiento de personas a las cuales en cursos demostrativos se les puso al tanto de los aspectos más importantes.

Este tipo de transmisión tecnológica, al soslayar algunos temas especiales, tuvo un innegable valor de promoción y de avance tecnológico al alentar el uso del pretensado, presentándolo bajo su aspecto más sencillo.

Indudablemente que la incorporación de esta tecnología además de la necesidad de tener personal adiestrado en el manejo técnico también se necesitó que los componentes adquirieran un avance, en este caso el cemento y el acero, que por no existir con las características de resistencias adecuadas se importan, poco a poco se ha ido avanzando sobre todo en lo referido a los cementos.

Lo anterior cobra especial importancia si se considera que nuestros ingenieros deberán proyectar y ejecutar obras viales de importancia a lo largo del país, en climas y condiciones que van desde la aridez y sequedad de nuestra Zona Norte hasta las más duras condiciones climáticas de la zona Extrema Sur.

Lo anterior muestra un aspecto del problema que no podrá ser visualizado sin abordar los problemas tecnológicos inherentes a la práctica del hormigón pretensado. Cobra por lo tanto especial importancia la adopción de una norma en Chile.

Además de las obras mencionadas referidas a puentes, en el período 1952 a 1962 se siguieron construyendo puentes carreteros con hormigón pretensados siguiéndose con altibajos, según fuera la competencia de precios entre las maestranzas que ejecutaban las vigas para construir los puentes con losa colaborante y quienes realizaban las vigas pretensadas.

En general correspondieron al tipo de vigas simplemente apoyadas con luces hasta de 40 metros pretensadas con el sistema de tensado Freyssinet en base a anclajes tipo CCL con anclajes de cuñas de acero.

Algunos puentes como el Bio Bio y el Río Maipo fueron pretensados en canchas a pie de la obra.

En el año 1958 se construyó el local social del Estadio Israelita a base de vigas postensadas por el sistema CCL.

Por su importancia cabe mencionar el edificio de las Naciones Unidas, diseñado en 1961, con vigas continuas de 25 metros de luz que conforman el soporte de la terraza (2º piso). En este edificio se emplearon además vigas de 12 metros de luz pretensadas que conformaron tanto el piso de la terraza como el piso colgado.

En 1965 se construyó el edificio Bamburys de INSA con viguetas pretensadas para cargas de 3 toneladas por metro cuadrado y luces de 7 metros, prefabricadas en canchas para conformar luego losas de viguetas de 8 metros de luz, además de varias vigas de cubierta de tramos de aproximadamente 15 metros de luz continuas como soporte de la cubierta del último piso del edificio, el sistema de tesado usado fue BBRV.

Con el mismo sistema y ese mismo año , 1965, se realizó un refuerzo de la fundación de una prensa de 300 toneladas para permitir montar en ella una prensa de 400 toneladas, se emplearon 8 cables de 80 toneladas tipo BBRV. Asimismo, se realizaron los trabajos de pretensado de tijerales prefabricados de 30 metros de luz por el sistema CCL de la empresa SAID en Maipú para un galpón de 2 pisos con vigas de 4 tramos postensados sobre el primer piso.

En 1966, se construyó el edificio de Estacionamientos "La Merced" a base de vigas T continuas de 20 x 60 centímetros de 2 tramos de 16 metros armadas con un cable de 95 toneladas tipo BBRV por viga con un total de 285 vigas.

En el año 1970 se construyó en Arica la Piscina Municipal y sus tribunas. Las tribunas se ejecutaron en hormigón pretensado prefabricado en cancha a pie de obra y las dos piscinas fueron postensadas, siendo su diseño más complejo el de la

piscina de saltos de 4 metros de profundidad que fue reforzado con cables BBRV de 95 y 65 toneladas a distintos niveles conformando marcos de soporte horizontal rectangulares de 20 x 20 metros.

"Después de un cuarto de siglo desde la iniciación de la primera obra pretensada en el país, resulta un resumen bastante desalentador si se compara con otros países de Sud América que son nuestros vecinos y cuya capacidad creemos generalmente por lo menos igual a la nuestra".

ALGUNAS CONCLUSIONES DE LA APLICACION DEL HORMIGON PRE-TENSADO EN CHILE

- 1.- El atraso que presenta el empleo del hormigón pretensado en nuestro país se debe más que nada al desconocimiento que se tiene de la técnica, prueba de ello son los esporádicos funcionamientos de las plantas de pretensados.
- 2.- El acero de pretensado no existe en stock en plaza, por lo que es necesario importarlo, lo que no resulta económico para las obras de poca envergadura, dado que el acero debe cuidarse y mantenerse protegido de la humedad y posibles daños, siendo su consumo mucho más reducido que el acero normal.

3.- El empleo de vainas cuyo uso también en caso de trabajos pequeños deberá mantenerse en existencia con cuidado adecuado y protección asegurada de daños en local también adecuado.

4.- El hormigón pretensado puede representar una interesante contribución para la construcción de viviendas con elementos prefabricados.

En nuestro país que últimamente se ha estado estudiando nuevos materiales de construcción para dar solución al grave problema de la falta de viviendas, son interesantes las realizaciones que se están haciendo con viguetas y platabandas cerámicas para, en conjunto crear una "losa tralizada" que ahorra el moldaje y alzaprimados, esto resulta económico y de una rapidez de ejecución en la edificación.

OBRAS EJECUTADAS EN CHILE CON HORMIGON PRE Y POSTENSA DOS

PUENTES:

- Puente Sifón, sobre el río Loncomilla, cerca de Linares.
- Puente carretero sobre el río Linares en San Javier.
- Puente caminero sobre el río Maipo Santiago-Lle lleo.
- Puente caminero sobre el río Maipo en la carretera 5 Sur.
- Puente caminero sobre el río Bueno en la carretera 5 Sur, Valdivia.
- Puente caminero sobre el Bío Bío en Concepción.
- Puente caminero sobre el río Ñuble en Ñuble.

- Puente caminero Pilmayquén.
- Puente caminero Duquero sobre el río Los Angeles.

EDIFICIOS, CONJUNTOS HABITACIONALES, EQUIPAMIENTOS

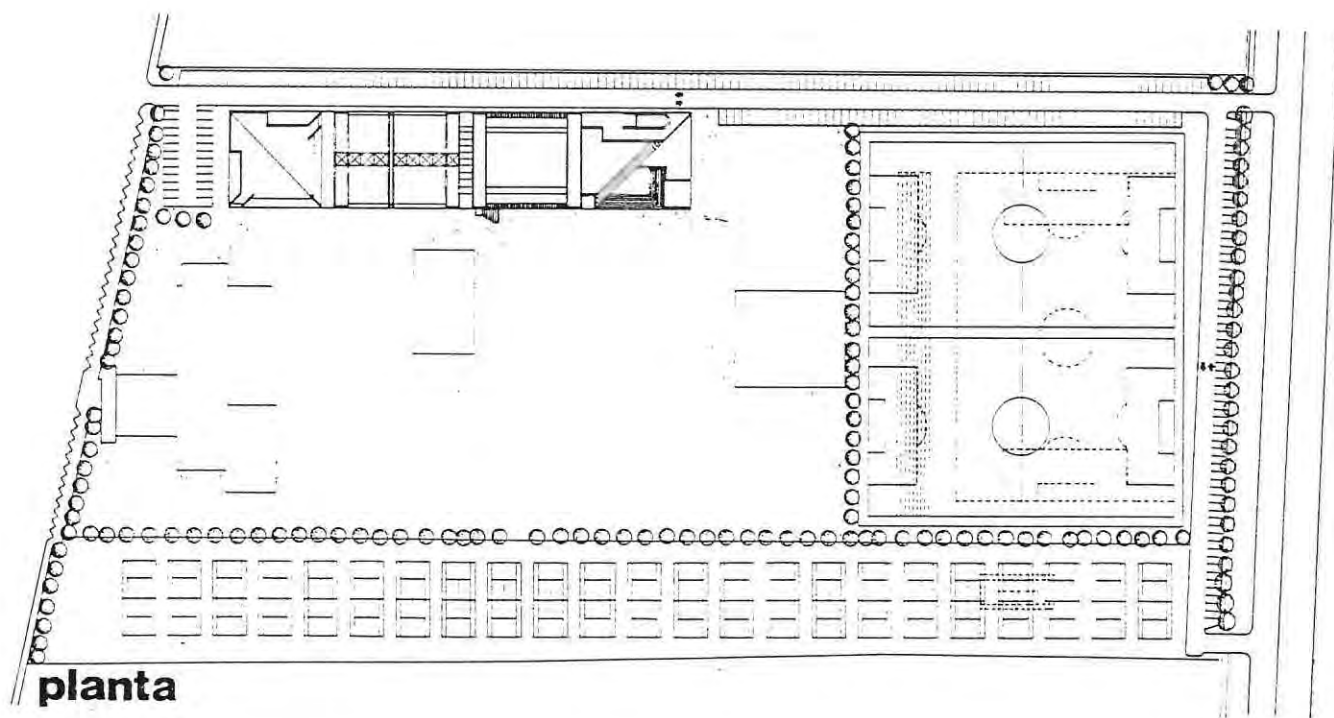
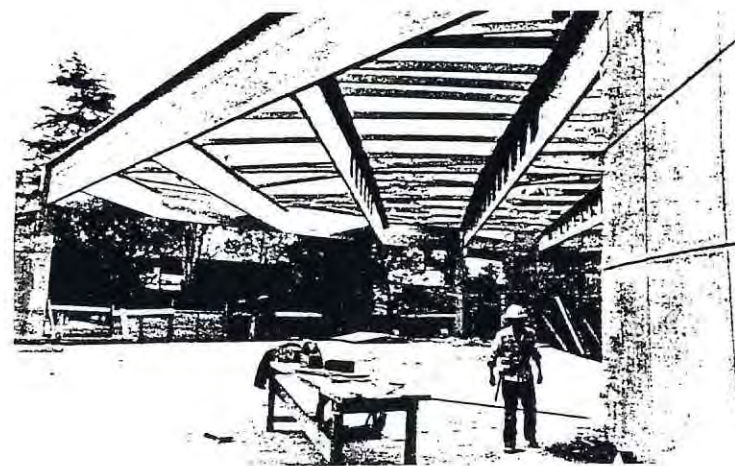
- Edificio de las Naciones Unidas, sede Santiago.
- Edificio Insa (planta de mezclar).
- Edificio de la industria Said-Maipo S.A.
- Edificio Endesa de Santiago.
- Edificio de Comandos Centralizados del Metro de Santiago.
- Torres remodelación San Borja.
- Conjuntos Habitacionales: Villa Presidente Frei, Torres de Macul.
- Planta de San Francisco de Cía Minera de Las Condes.
- Metro de Santiago, Línea 1 y 2, estructuras del techo para las estaciones y túneles.
- Industria Manufacturas Sumar S.A.

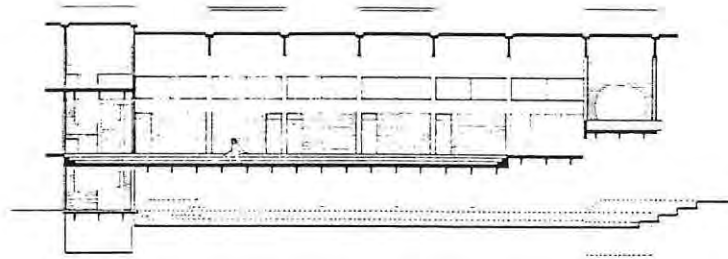
- Industria Rayón Said S.A.
- Estación de comunicaciones Entel, Longovilo.
- Reactor Nuclear de La Reina.
- Sistema prefabricado Structurapid Depetris, viviendas en altura media en zona Norte y Santiago.
- Liceo de Viña del Mar vigas prefabricadas pretensadas.
- Estudios de canal TV 11.
- Salas de clases FACH.
- Campus San Joaquín U.C. Santiago.
- Stadio Italiano. STGO
- Industria textil Artela.
- Graderías estadio Chillán.
- Feria Municipal de la Vega de Santiago.
- Super mercado Unimarc, Viña del Mar.
- Portal Falabella, Viña del Mar.
- Torre Santa María.

ARQUITECTOS: Recardon, Sartori
CALCULO: Bruna - Brown, Ransome
UBICACION: Av. Los Andes, STGO
EMP. CONST: Precon.

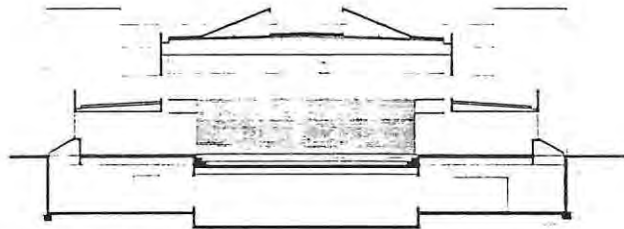
COMPLEJO ESTADIO ISRAELITA

Prefabricación de hormigón pretensado
en 95% de la estructura (grado de pre-
fabricación alcanzado por primera vez
en nuestro país)



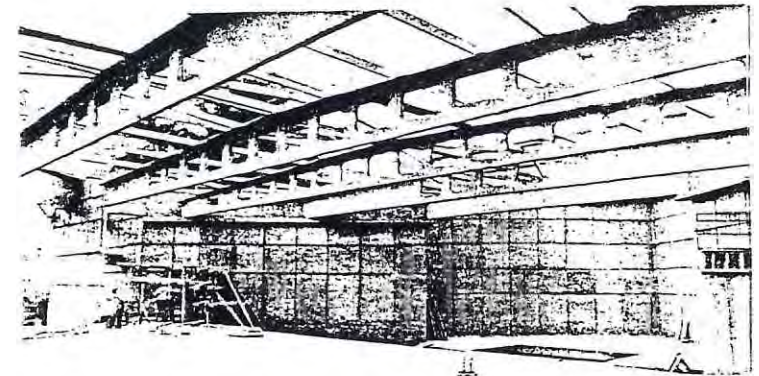
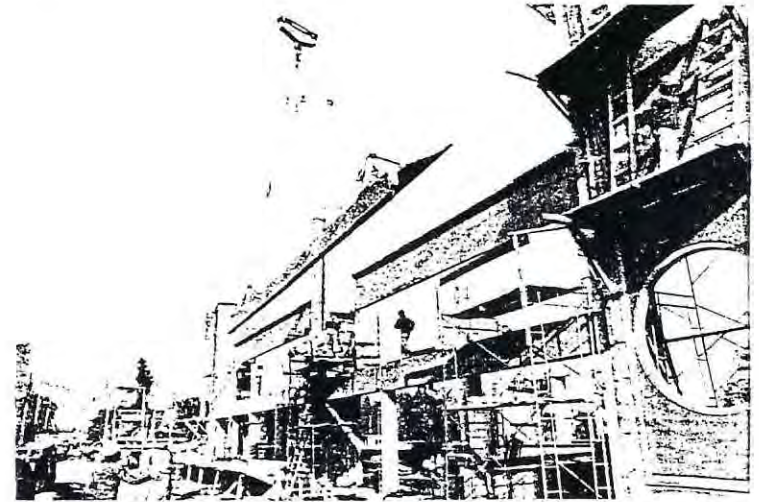


corte longitudinal



corte transversal

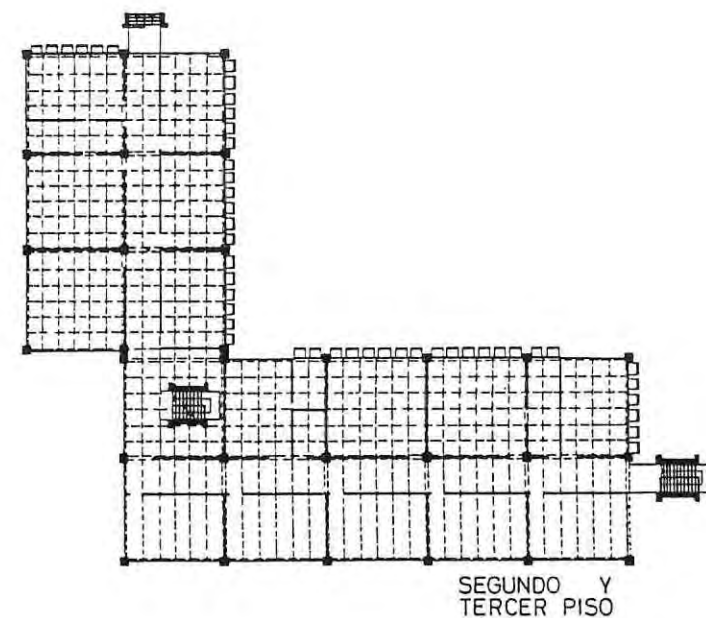
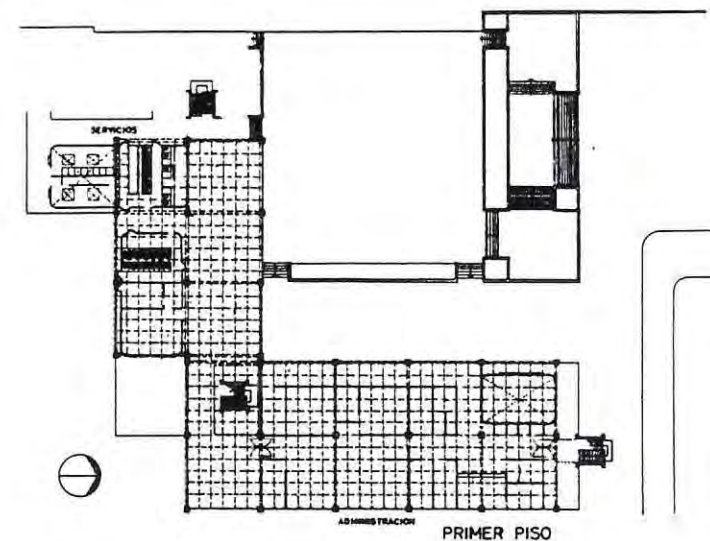
vigas y viguetas pretensadas de 14 m. a 30 m.
torres prefabricadas de 14 m. de alto, muros per-
forados y llenos, de hasta 8 ton. de peso.

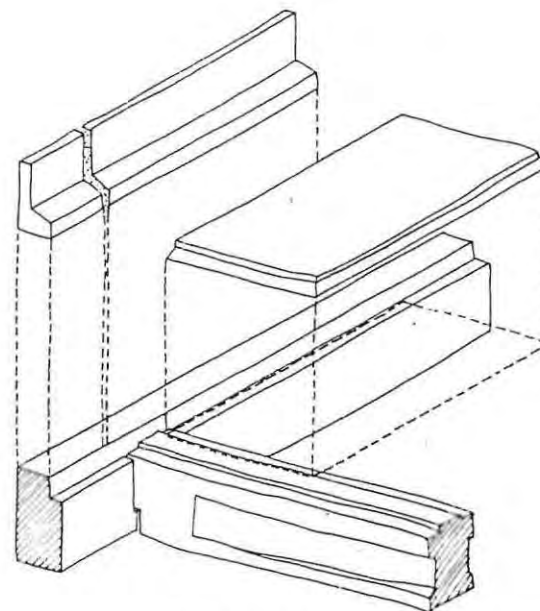
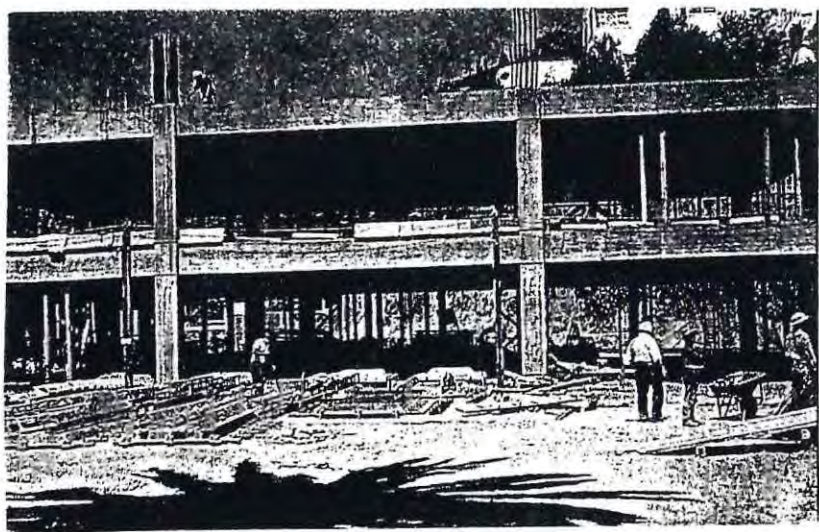
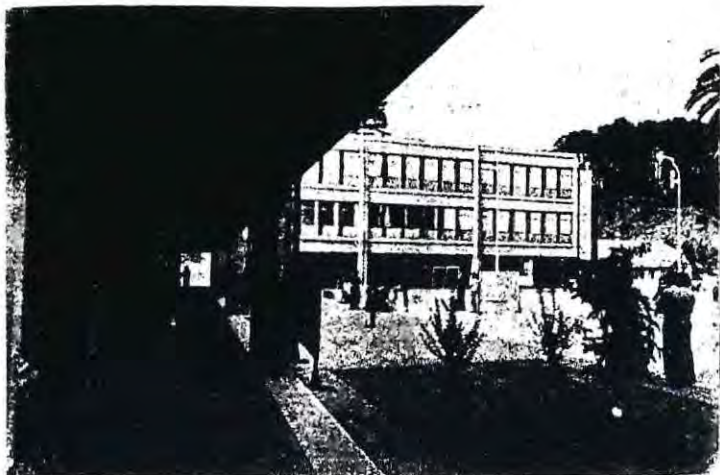


ARQUITECTOS: Florentino Toro
 Patricio Briceño
 Antonio Morán V.
 CÁLCULO: OMEGA Ingeniería.
 COST: Depetrís Ltda.
 UBICACIÓN: Viña del mar.
 AÑO: 1997

INSTITUTO COMERCIAL DE VIÑA DEL MAR

Es una estructura de hormigón armado con incorporación de elementos prefabricados.



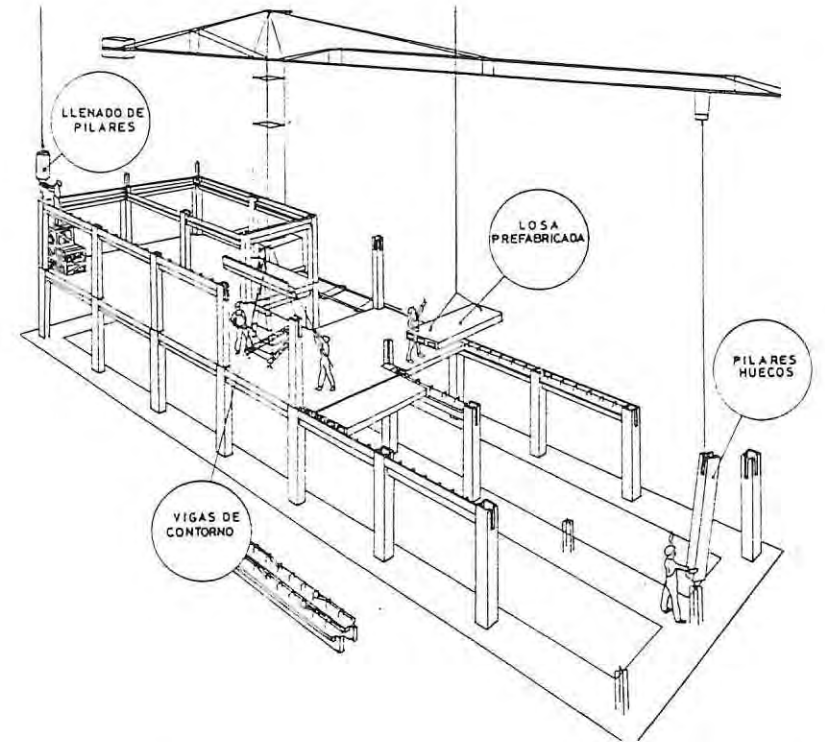
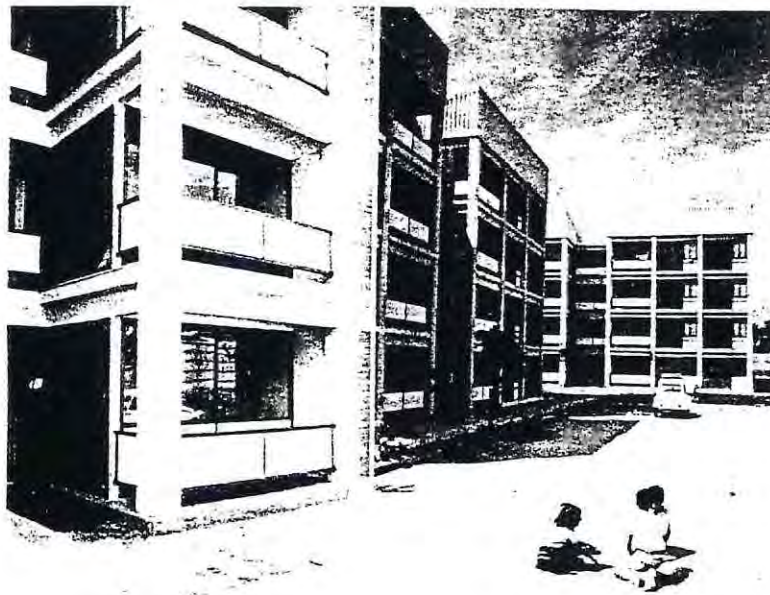


Detalle de elementos prefabricados

viguetas de sección doble T de $30 \times 60 \text{ cm.}$ y 9.30 m.
de largo (3200 kg c/u)
losetas casetones de $1.50 \times 3.0 \text{ m}$ y 20 cm de altura
(700 kg c/u).

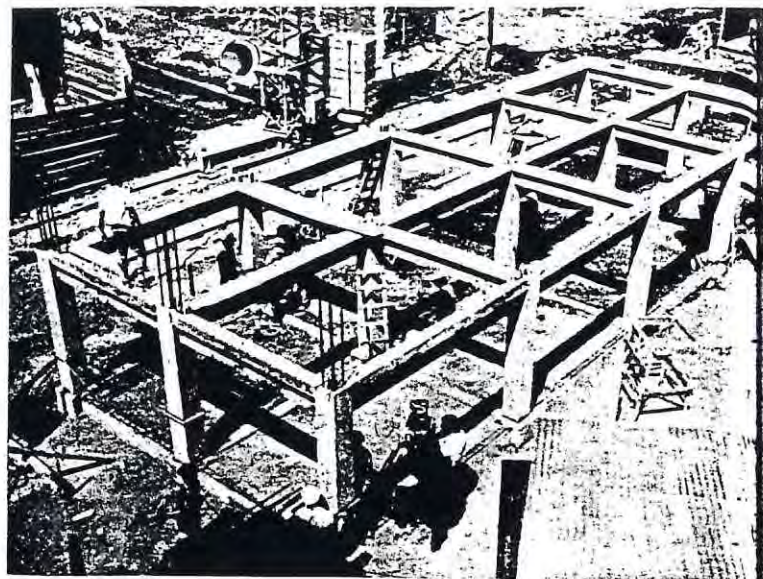
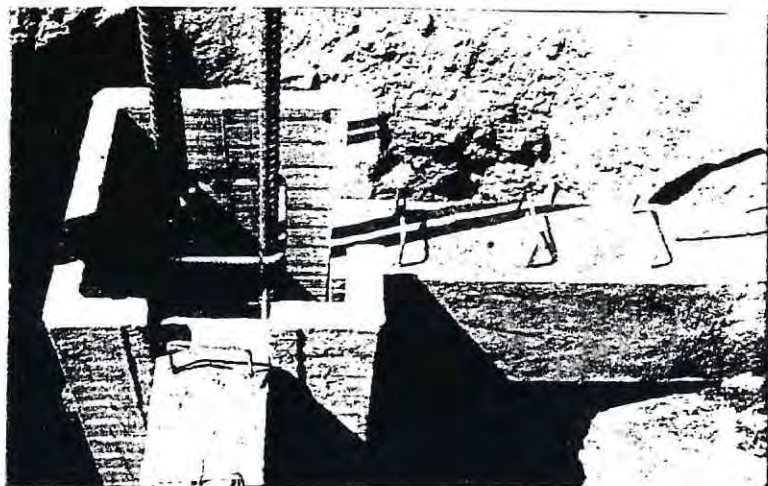
SISTEMA STRUCTURAPID-DEPETRIS

"Es un esqueleto estructural, de marcos rígidos conformados por pilares huecos resistentes con aberturas para apoyos y empotramiento de las vigas T, las que, a su vez, reciben en su ala de compresión las losas de piso, lográndose el encostrado de los tres elementos: pilar, viga y losa con concreta en sitio.

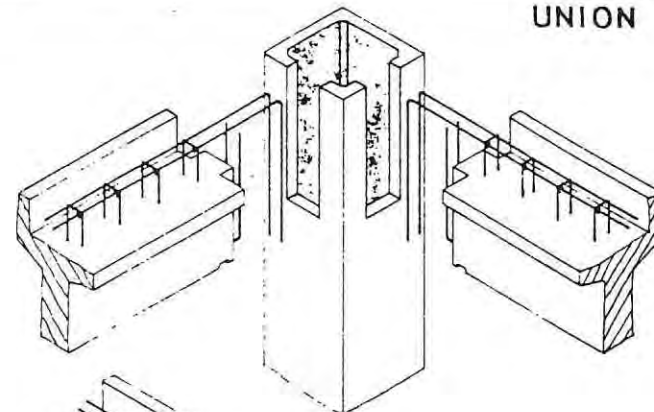


Algunos ventajas: permite iniciar instalaciones y terminaciones con simultáneamente con la obra gruesa; elimina la madera como moldeaje en obra, posibilita el control de insumos, apto para zonas de difícil acceso, asegura el control del hormigón en faenas industrializadas...

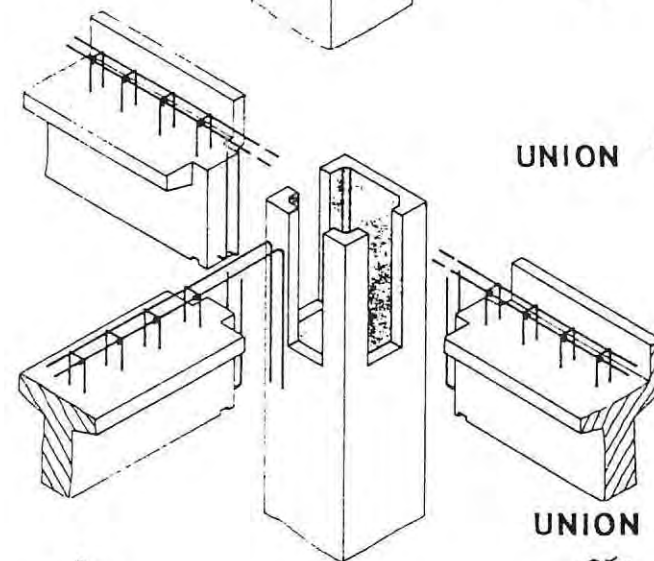
12-



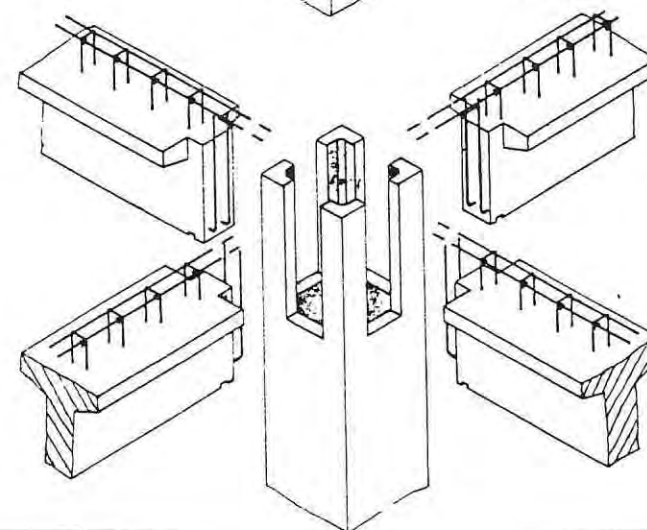
UNION TIPO A



UNION TIPO B



UNION TIPO C



COLUMNATA DEL TEMPLO VOTIVO DE MAIPU
ARQUITECTO: Oreste Depetris.



las columnas: altura 8 mts, peso 14 Tons., para los efectos del montaje se prefabricaron los piezas de 4 Tons. cada una herméticamente soldadas en unión vertical

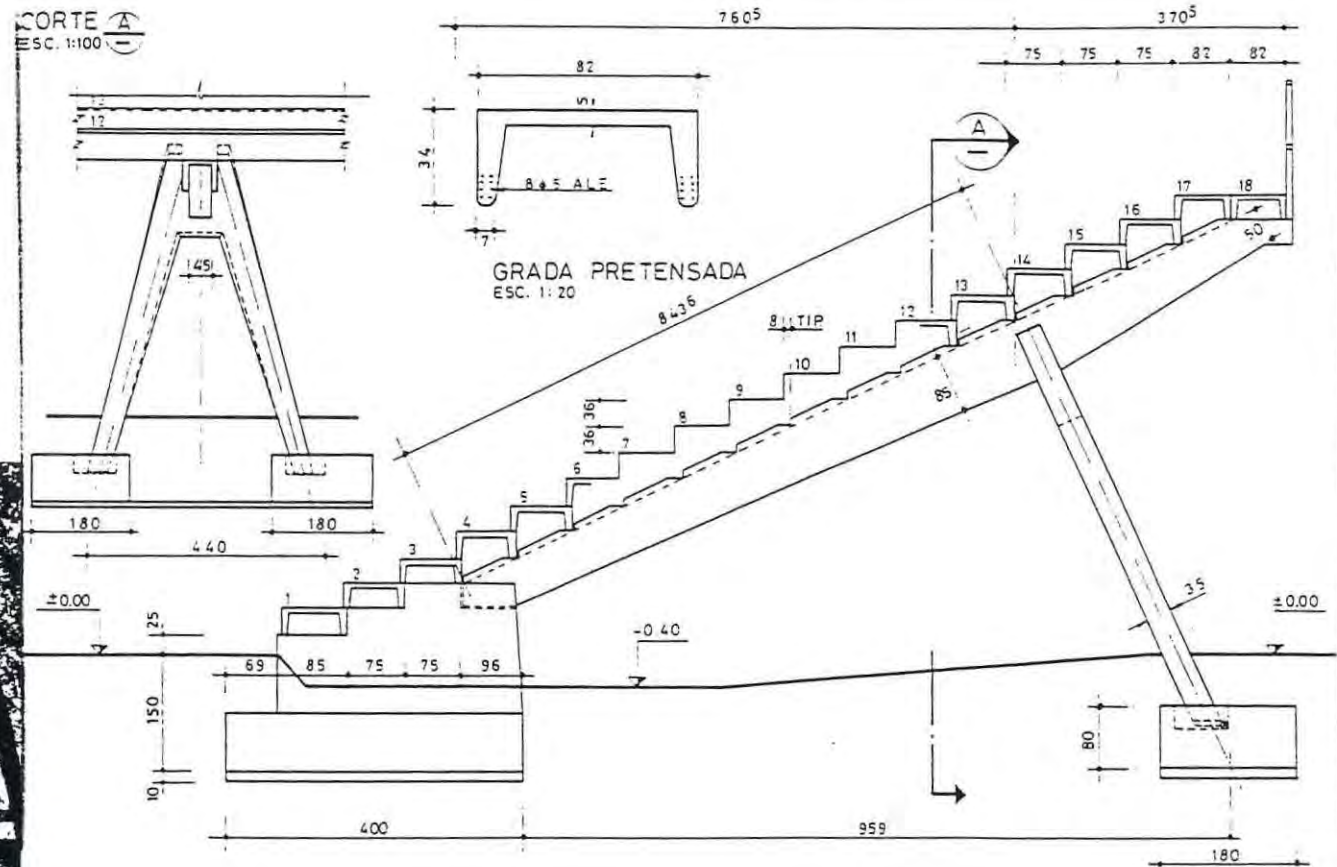
lomas: Estructura nervada de 4.5 m. por 5.50 m. con peso de 8 Tons

GRADERIAS ESTADIO de CHILLAN

Están estructurados en base a elementos de hormigón armado y hormigón pretensado



Piezas en forma de A inclinado sirven de apoyo a una viga maestro de 12.00 m. sobre la cu-



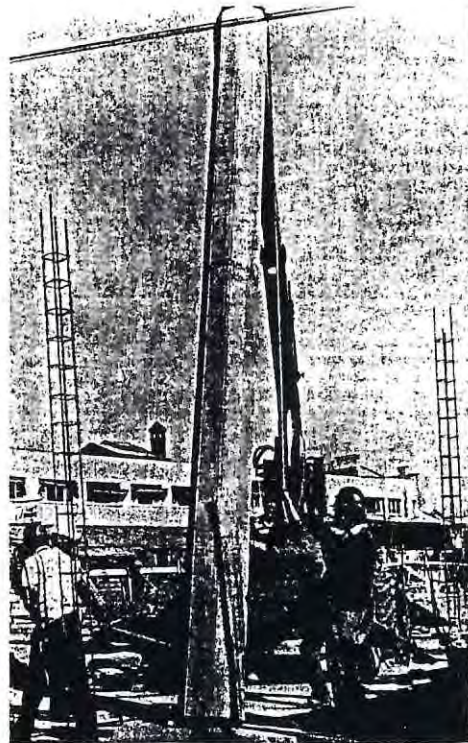
al descansan los grados pretensados de 7.85 m. de luz en forma de canal. Se prefabrica a pie de obra.

FERIA MUNICIPAL DE LA VEGA DE SANTIAGO

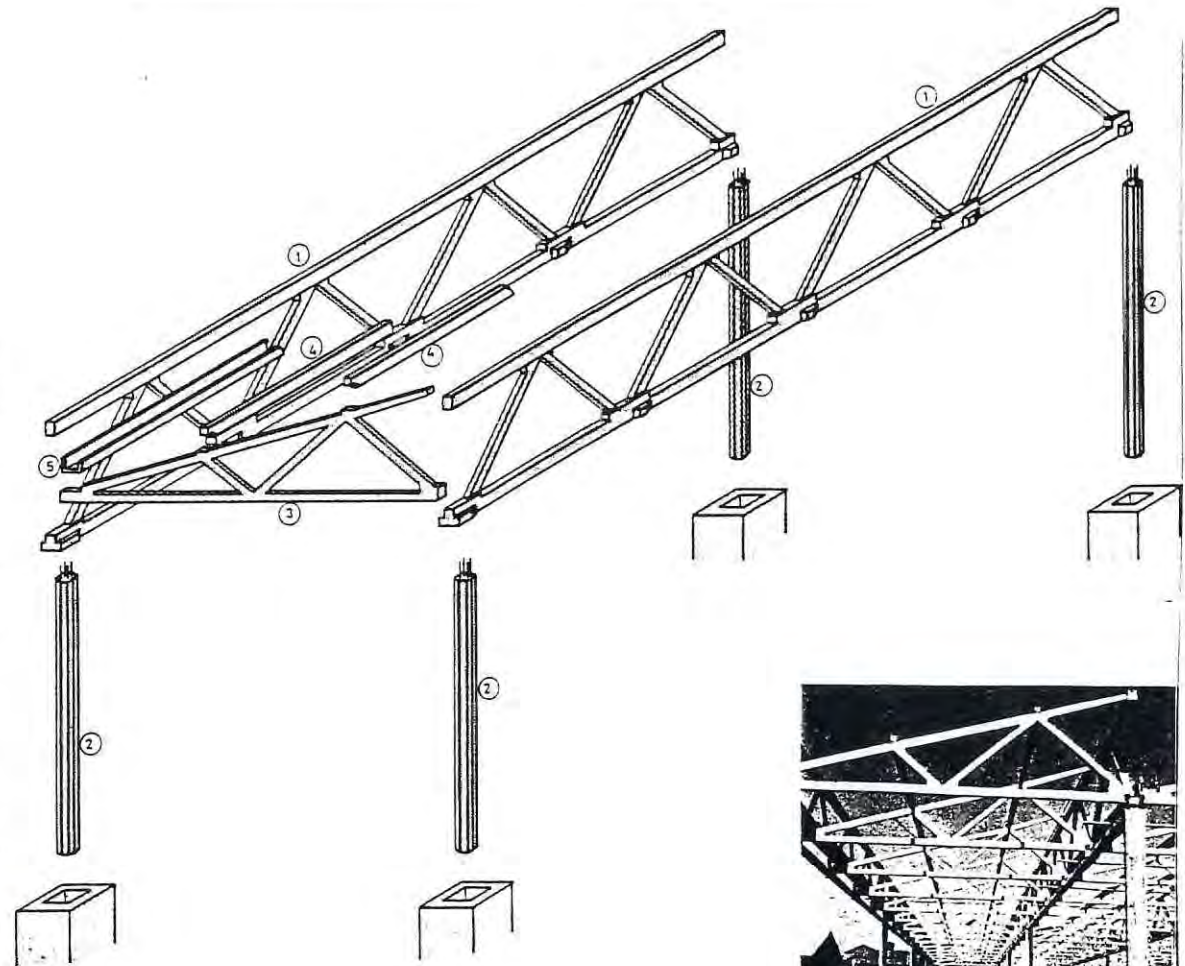
ARQUITECTO: Oreste Depetris

AÑO 1977

Estructura totalmente
prefabricada y desarmable
en hormigón armado



... por los elementos entre
2 y 12 toneladas, el mon-
toje se realizó con grúa
movil de un brazo

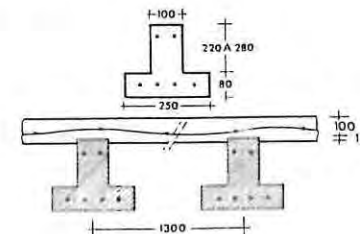


Se trata de una estructura industrial tipo "shed",
prefabricada: grandes luces que cubren vigas reticuladas
de 20 y 25 mts., triángulos shed, pilares, canales, vi-
gos y costaneras. Las cerchas son pretensadas en el
cordón inferior con el sistema "Freyssinet".

ESTACIONES DEL METRO - PRETESA

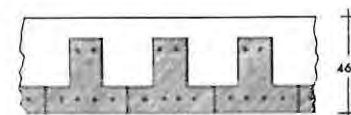


VIGUETA ESPECIAL PRETESA



Además del tipo de vigas T ya mencionado disponemos de:
Postes de hormigón pretensado de 15.00, 11.50, 10.00, 9.50, 8.70 m. para alumbrado y transporte de energía eléctrica.

Puentes



Puentes pretensados, de hasta 12.00 m. de luz, pueden ejecutarse en forma rápida y sin moldajes ni alzaprimas.

Se ejecutaron vigas pretensadas para las Estaciones del Metro en vigas de sección variable, con longitudes que varían desde 15.70 m hasta 20.50 m, con presfuerzo por medio de torones de 12 mm y tienen un peso de 15 a 18 Ton.



en construcción de edificio manufacturas Sumar SA.



En las Estaciones del Metro de Santiago.

INDICE GENERAL

I 1

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA
 - 2.1. Corriente Arcaica
 - 2.2. Corriente Racionalista
 - 2.3. Corriente Constructivista
 - 2.4. Corriente Estructuralista
- 3.- ORIGENES DEL HORMIGON ARMADO EN CHILE
- 4.- EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA CHILENA
 - 4.1. Primera Etapa
 - 4.2. Segunda Etapa
 - 4.3. Tercera Etapa
 - 4.4. Cuarta Etapa
 - 4.5. Quinta Etapa
 - 4.6. Sexta Etapa
- 5.- EL HORMIGON PRETENSADO EN CHILE
 - 5.1. Sus Aplicaciones
 - 5.2. Algunas Conclusiones de la Aplicación del Hormigón Pretensado en Chile
 - 5.3. Obras Ejecutadas en Chile en Hormigón Pre y Postensado.

I 2

- 6.- EL FERROCEMENTO
 - 6.1 Algunas Características del Ferrocemento
 - 6.2. Aplicaciones en el Mundo
 - 6.3. Aplicaciones en Chile
- 7.- EJEMPLOS DE APLICACION TECNOLÓGICA
 - 7.1. Edificio Oberpaur
 - 7.2. Escuela Militar
 - 7.3. Edificio de las Naciones Unidas
 - 7.4. Edificio Fundación
- 8.- CONCLUSIONES GENERALES
- 9.- ANEXOS
 - 9.1. El Hormigón Armado en la Historia-Orígenes
 - 9.1.1. El Cemento- Su evolución histórica
 - 9.1.2. El Acero
 - 9.2. El Hormigón Armado y su Desarrollo
 - 9.2.1. Etapa intuitiva
 - 9.2.2. La teoría
 - 9.2.3. Período del perfeccionamiento
 - 9.3. Algunas Ventajas e Inconvenientes del Hormigón Armado
 - 9.4. El Hormigón Pretensado
 - 9.4.1. Su desarrollo

9.4.2. Aspectos teóricos y tecnológicos.

9.4.3. Algunas ventajas e inconvenientes.

9.4.4. El Hormigón Pretensado y sus realizaciones

9.4.5. Cronología.

9.5. El Ferrocemento

9.5.1. Orígenes

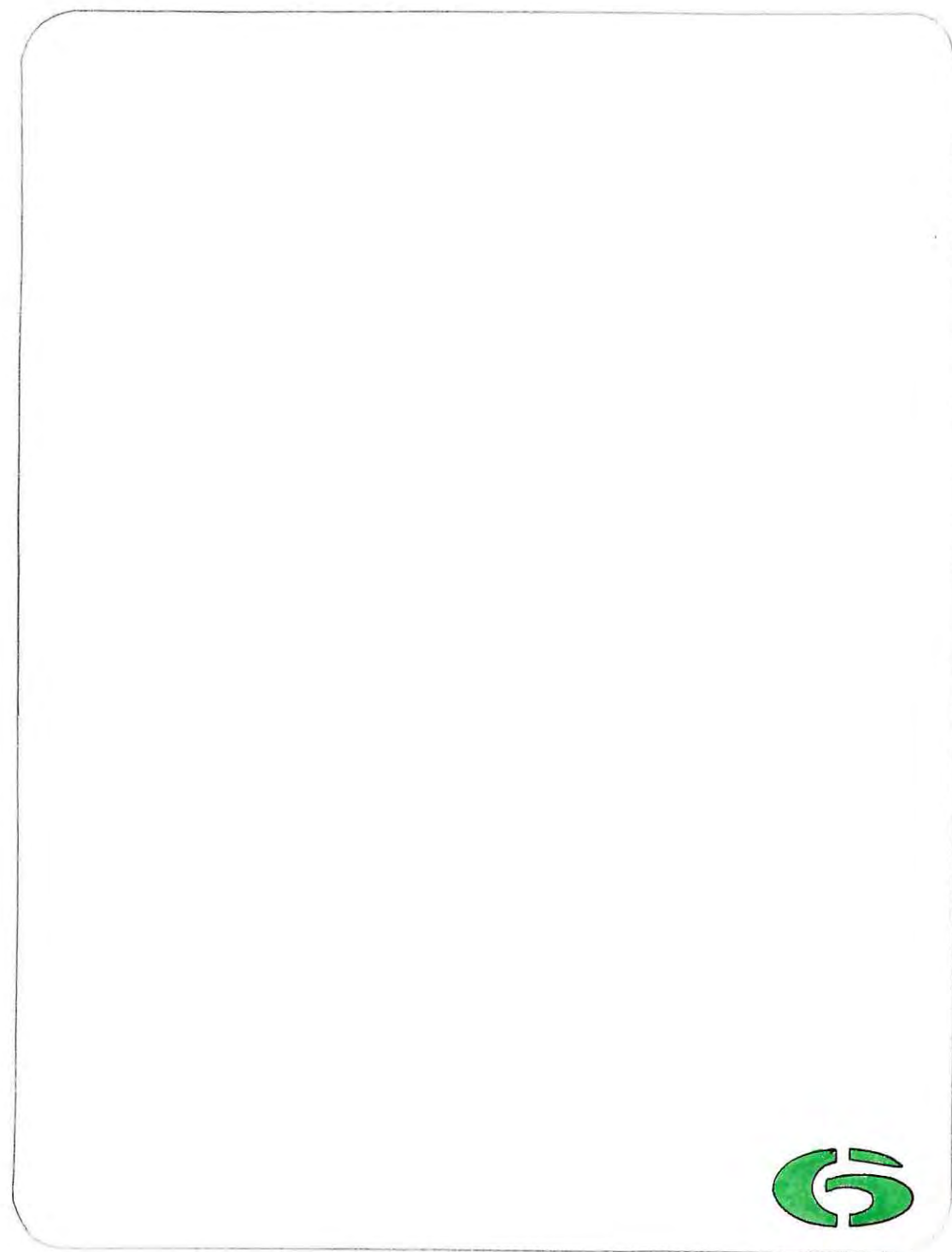
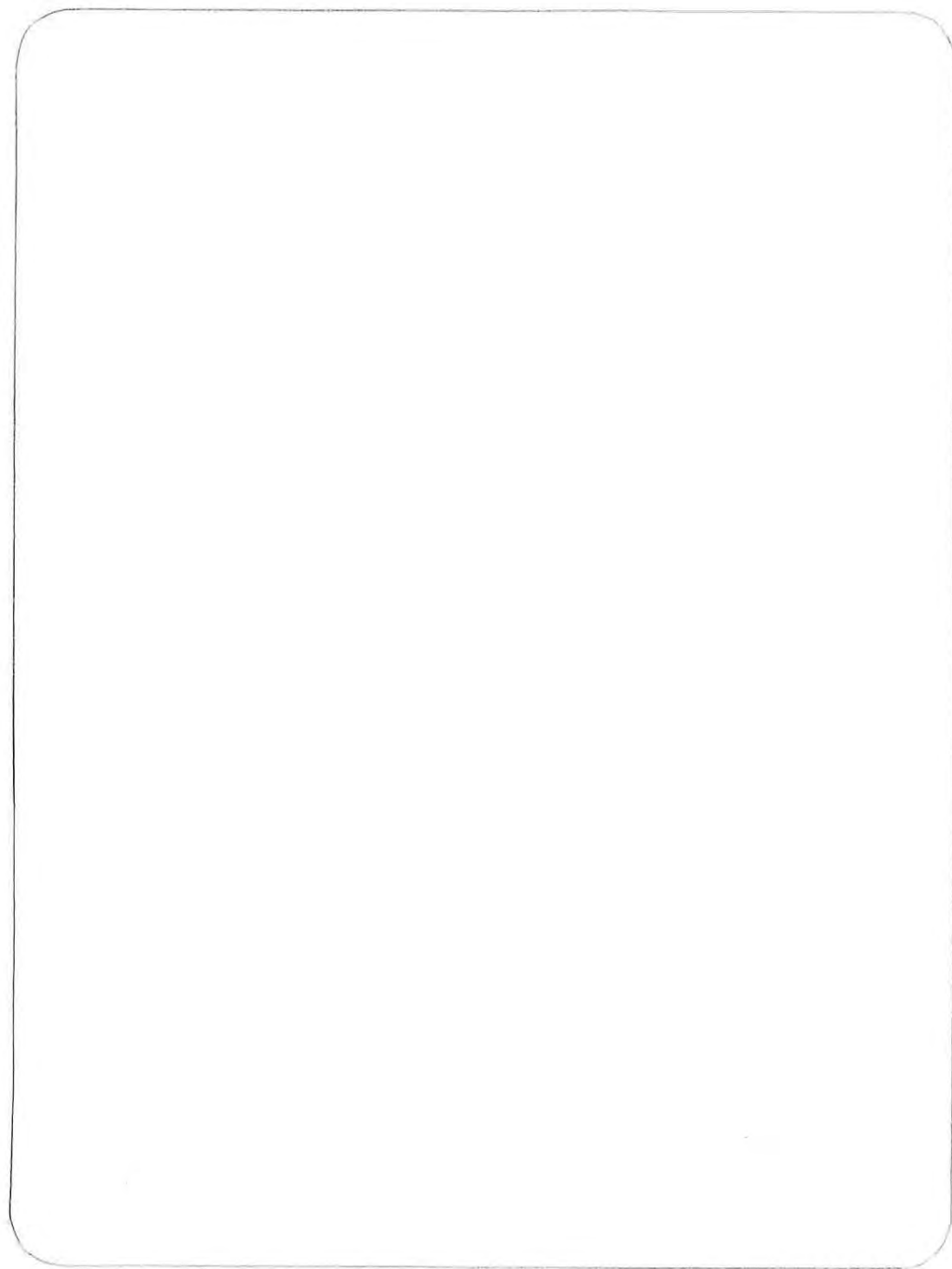
9.5.2. Características de los componentes.

10.- BIBLIOGRAFIA

11.- INDICE GENERAL

EL HORMIGON ARMADO
Y SUS
TECNOLOGIAS
EN LA
ARQUITECTURA CHILENA

2



ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL FERROCEMENTO

Entre las características prácticas del ferrocemento, se encuentran su espesor reducido, gracias a la riqueza de cemento del mortero empleado, se logra una gran impermeabilidad de éste, por lo cual basta un recubrimiento mínimo de las mallas.

Permite esfuerzos de tracción, ya que hay un mayor "traspaso" de carga del hormigón a las mallas que en el hormigón tradicional.

Gracias a la distribución simétrica de las mallas, soporta flexión en ambos sentidos.

Se hace especialmente recomendable para lograr superficies curvas o de doble curvatura (la forma apoya su resistencia), en que por razones de costo o plásticas se desee prescindir de molda-

jes.

El refuerzo utilizado en el ferrocemento es una armazón autosoportable de malla de alambre sobre el cual se aplica el mortero directamente.

Su fácil preparación hace posible la construcción de formas compuestas con técnicas simples y con materiales baratos, y si es necesario, con mano de obra no especializada pero controlada.

Comportamiento a compresión: La resistencia del ferrocemento en compresión no es función del porcentaje volumétrico del refuerzo, no varía al variar el número de capas de mallas de refuerzo.

Esta resistencia del ferrocemento resulta ser inferior a la del mortero cuando el número de capas de malla de alambre de refuerzo es menos de cuatro, ya que con dos y cuatro capas se producen fallas por adherencia y el subsecuente pandeo de la malla

a compresión.

Comportamiento a tracción: La resistencia del ferrocemento a la tracción coincide con la resistencia del refuerzo.

Comportamiento a flexión: Existe un valor de volúmen de refuerzo tope por encima del cual no se obtienen aumentos en la capacidad resistente del conjunto, ya que la falla se produce por aplastamiento del mortero en compresión.

Resistencia al impacto: Se daña sólo en la superficie específica del impacto (no transmite grietas).

Resistencia al fuego: Es satisfactoria y semejante a la del hormigón armado.

EXPOSICION TORINO

ARQUITECTO: PIER LUIGI NERVI

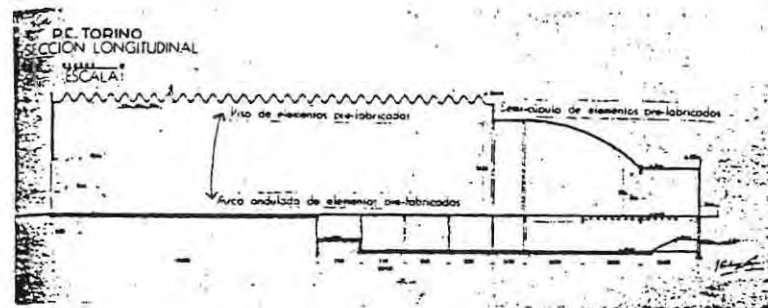
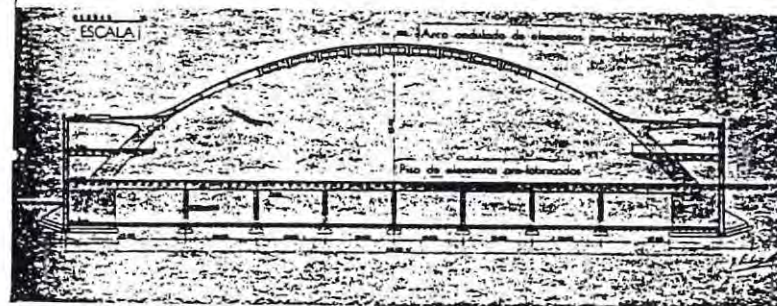
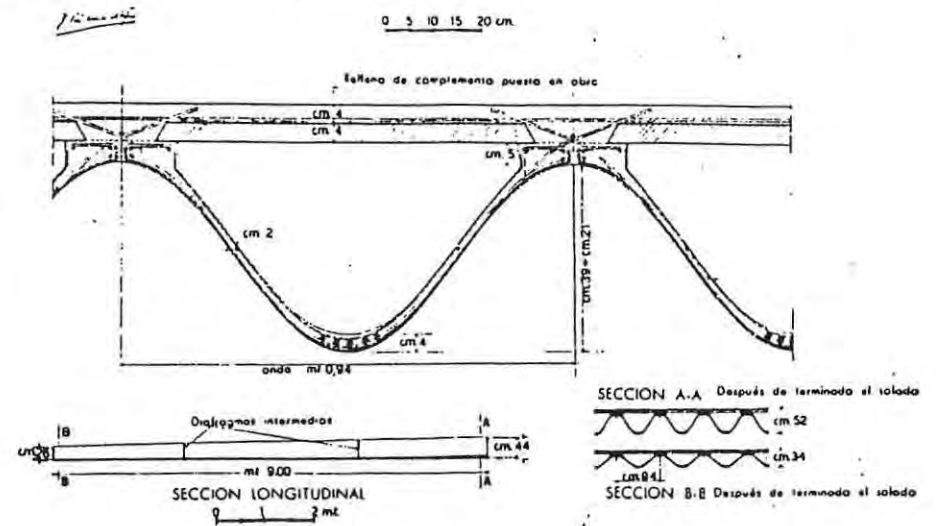


Fig. 1

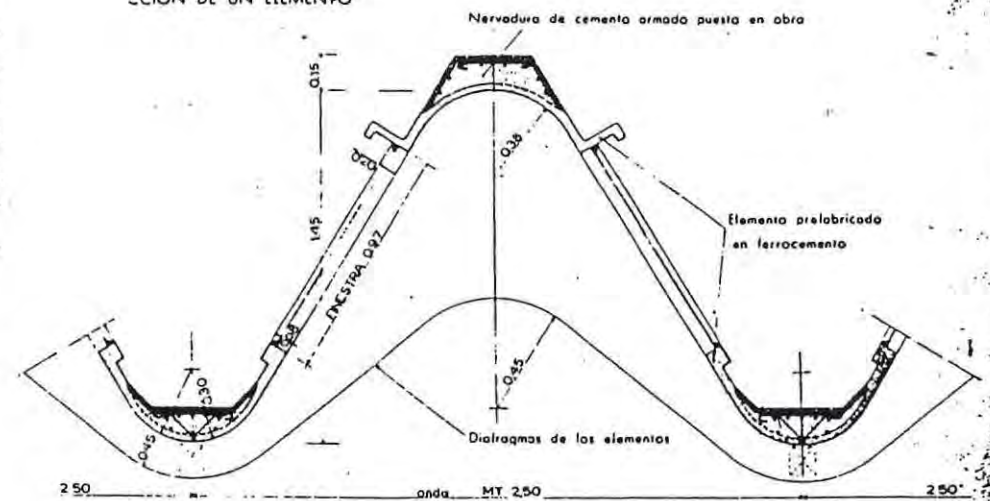


Suela prelabrada en ferrocemento a perfil sinusoidal

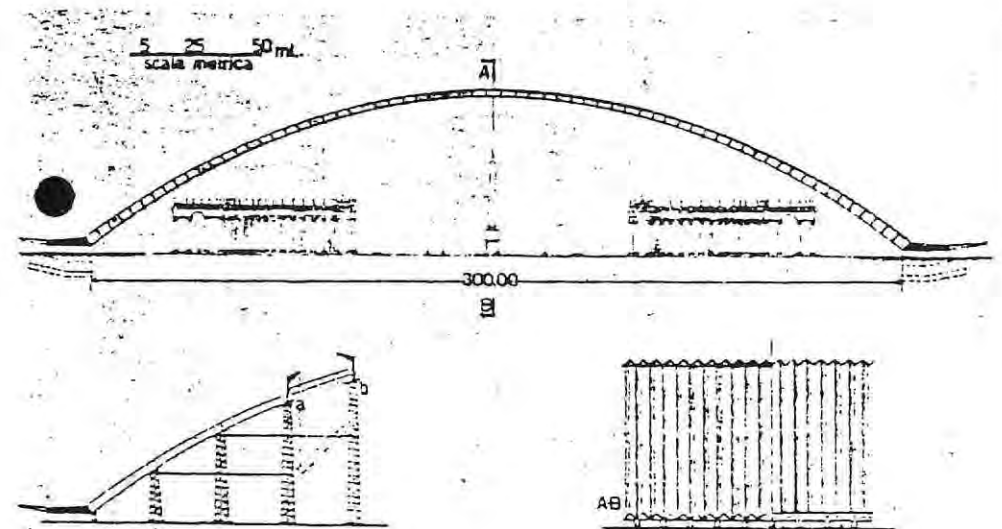
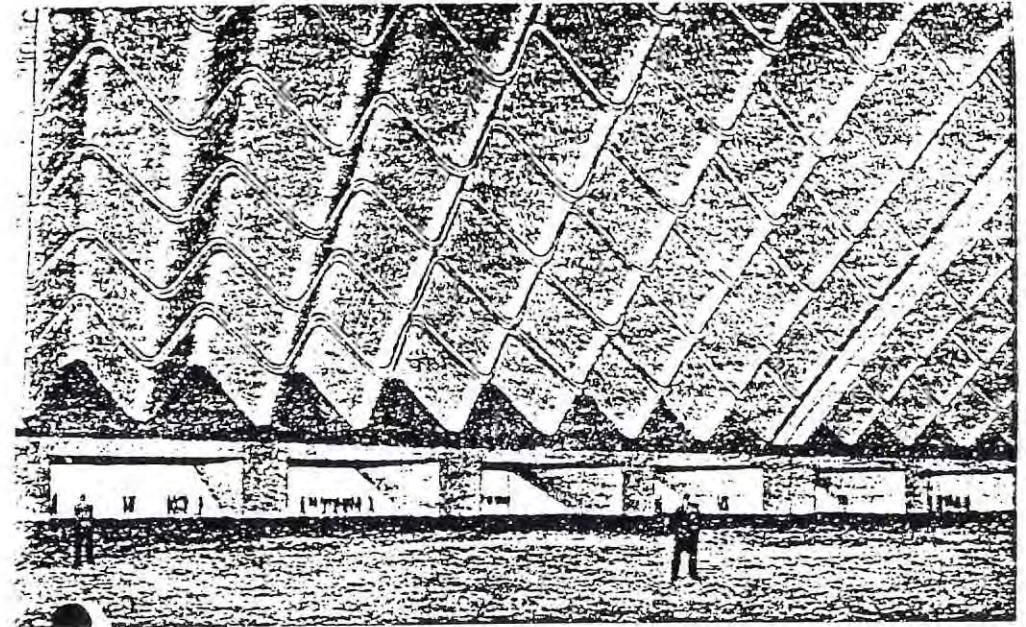
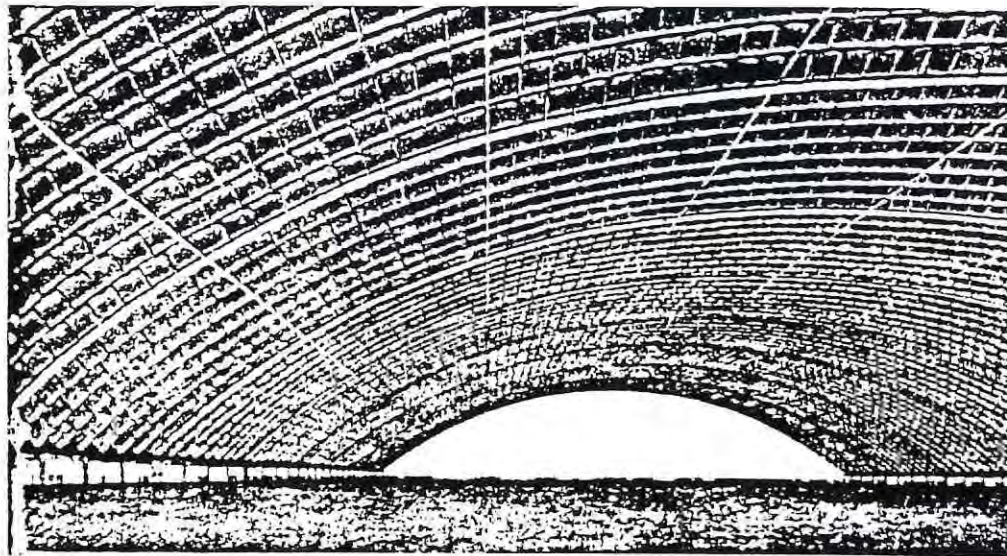
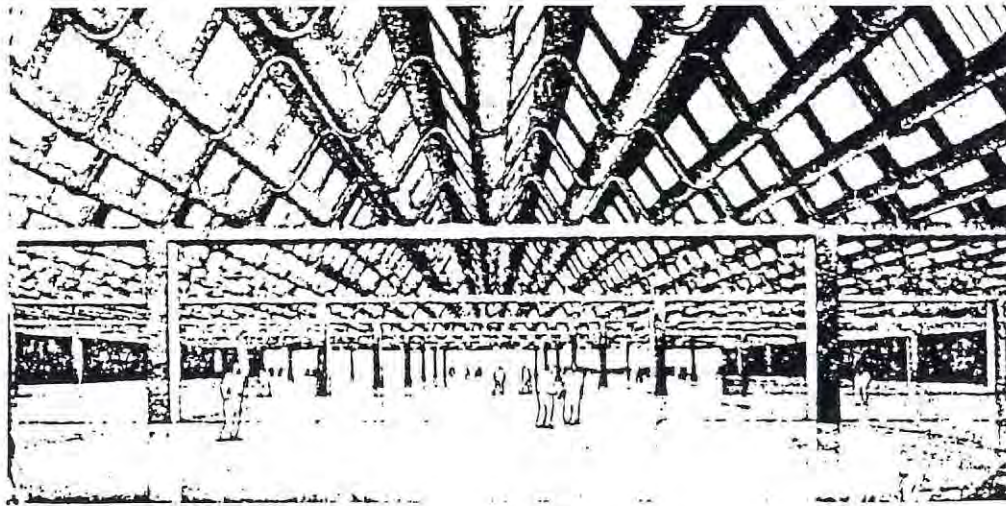


Figs. 32 y 33

0 10 20 50 100 CM
CCION DE UN ELEMENTO



PROYECTO: CUBIERTA DE 300 m. de luz
para estudiar la posibilidad límite del
ferro cemento.



CUPULA EN FERROCEMENTO ... una experiencia



EL FERROCEMENTO EN CHILE SUS APLICACIONES

Las aplicaciones del Ferrocemento en Chile comienzan con construcciones de tipo experimental, ya sea de algunos elementos de cubierta, estanques para líquidos y botes.

Una de las primeras obras de envargadura que se realiza en Chile, fue la Discotheque Topsy 2 del arquitecto Rodolfo Hoffmann en el año 1970 ubicada en Reñaca.

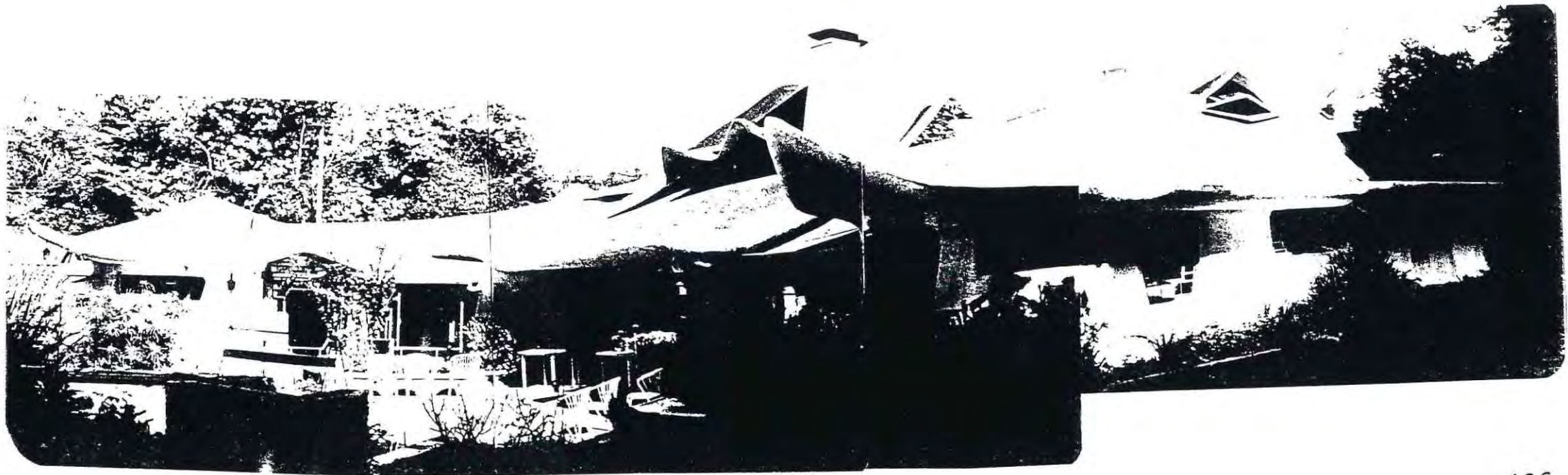
Otra obra que quedó en etapa de proyecto y que se consultaba en ferrocemento y era de gran envargadura fué el Parque de Las Leyendas en la Quinta Vergara en Viña del Mar de los arquitectos Rodolfo Hoffmann M. y Eduardo Browne S. el año 1976

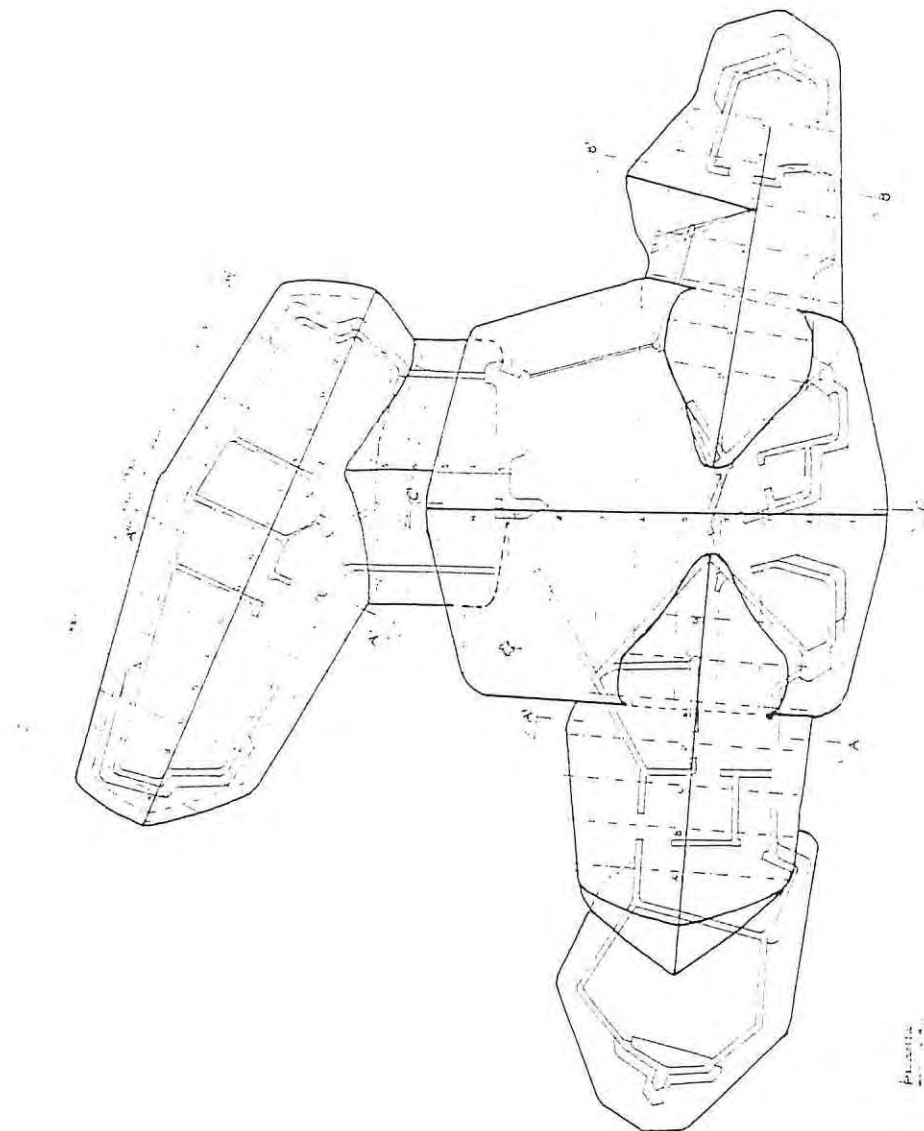
En él se daba cuenta con gran maestría las posibilidades y potencialidades del ferrocemento para crear formas y espacios con una gran unidad estética.

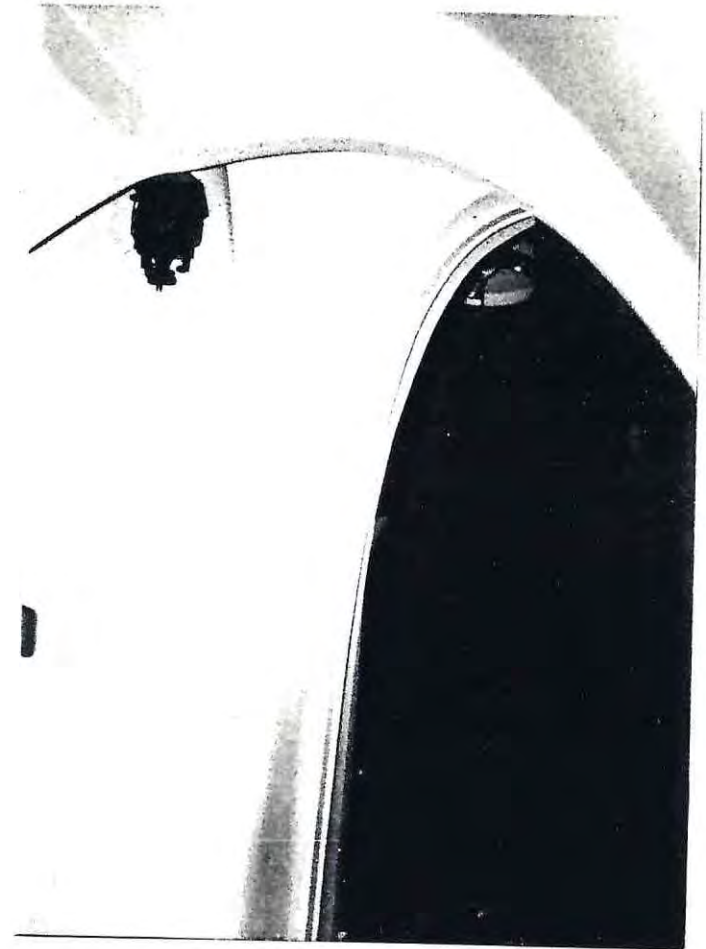
En el año 197 se realiza en Reñaca la Casa Bengoa del arquitecto Rodolfo Hoffmann, rompiendo con el excepticismo de muchos que con el ferrocemento no se podría realizar obras habitacionales.

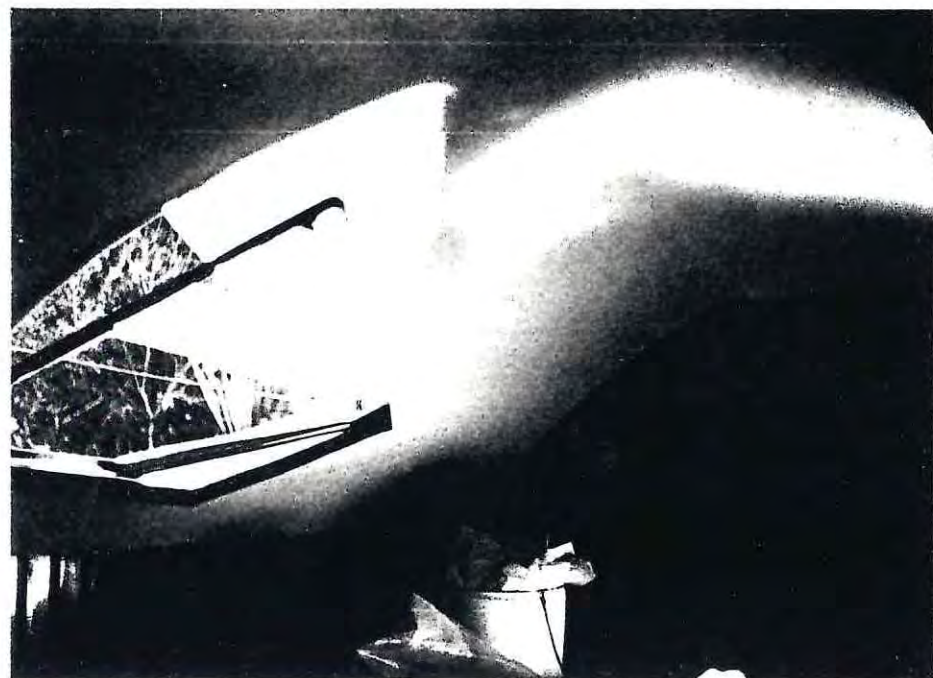
CASA BENGUA

ARQUITECTO: Rodolfo Hoffmann M.
UBICACION: Av. Mackenna - R  ndos
AÑO: 1925

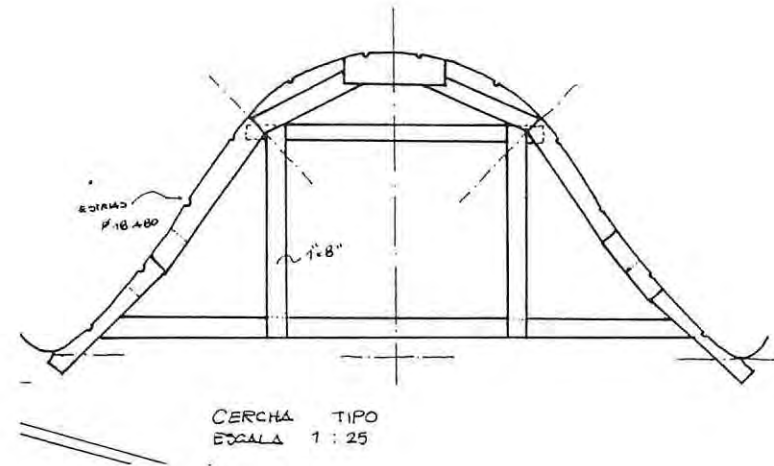
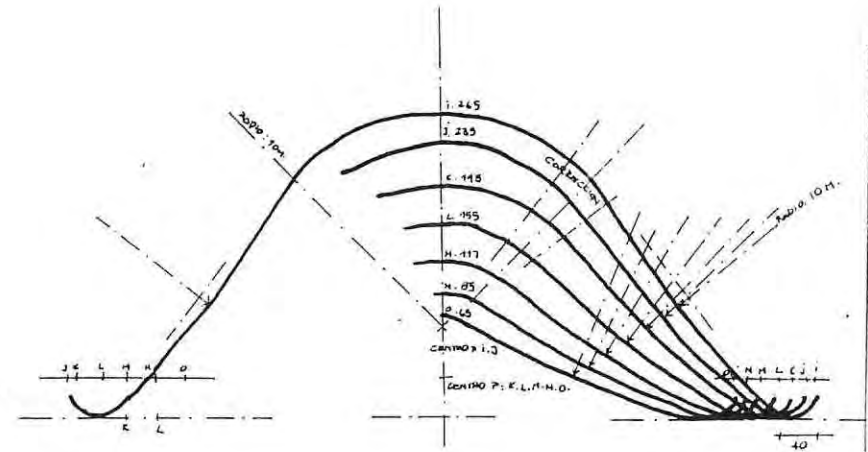
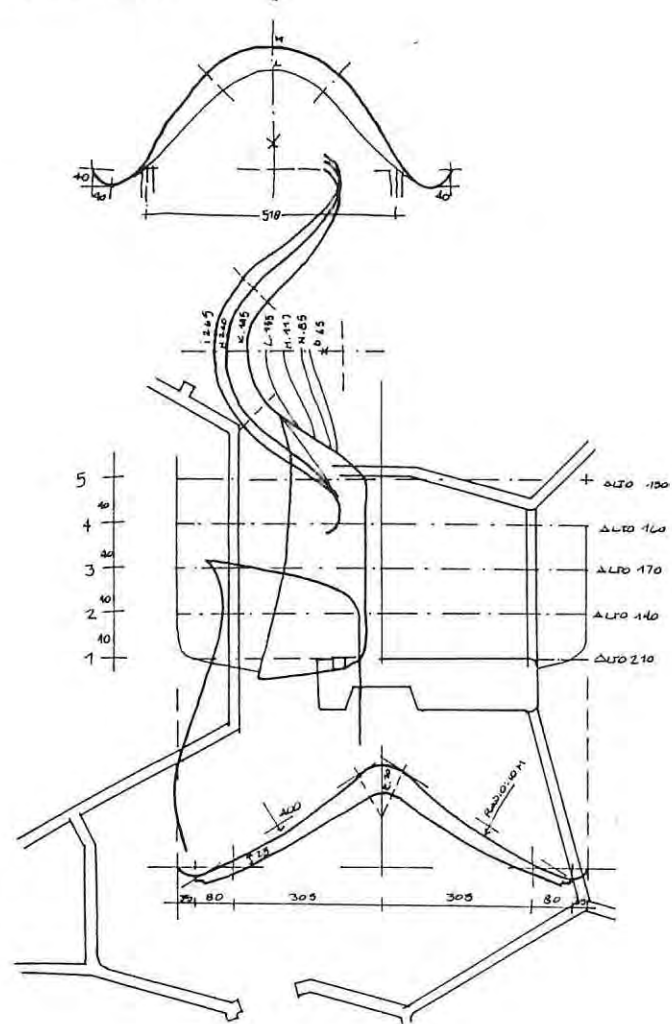








CORTE A-A
ESCALA 1:50



Hand-drawn cross-section diagram of a road with a 1:50 scale. The diagram shows a road profile with a centerline and side slopes. Key dimensions include a top width of 18m, a base width of 12m, and a height of 1.70m. The road is divided into 10 sections, each 1.5m wide. The profile is marked with elevations: 18.1, 17.0, 16.2, 15.6, 15.0, 14.4, 13.8, 13.2, 12.6, 12.0, 11.4, 10.8, 10.2, 9.6, 9.0, 8.4, 7.8, 7.2, 6.6, 6.0, 5.4, 4.8, 4.2, 3.6, 3.0, 2.4, 1.8, 1.2, 0.6, 0.0. A small rectangular structure is shown on the right side of the road.

Plano de cubiertas.

The diagram illustrates a road profile with two levels. The upper level is marked with points A through G, and the lower level with points H through O. Elevation values are written along the road profile, and horizontal distances are marked below the road line.

Upper Level (A-G):

- Point A: 130
- Point B: 130
- Point C: 130
- Point D: 130
- Point E: 130
- Point F: 130
- Point G: 130

Lower Level (H-O):

- Point H: 130
- Point I: 130
- Point J: 130
- Point K: 130
- Point L: 130
- Point M: 130
- Point N: 130
- Point O: 130

Profile Data:

- Point A: 170
- Point B: 12
- Point C: 18
- Point D: 20
- Point E: 18
- Point F: 16
- Point G: 14.5
- Point H: 15
- Point I: 100
- Point J: 105
- Point K: 148
- Point L: 130
- Point M: 12
- Point N: 130
- Point O: 172
- Point P: 172
- Point Q: 130
- Point R: 12
- Point S: 51
- Point T: 153
- Point U: 135
- Point V: 110
- Point W: 90
- Point X: 75
- Point Y: 123
- Point Z: 125
- Point AA: 106
- Point AB: 140
- Point AC: 170

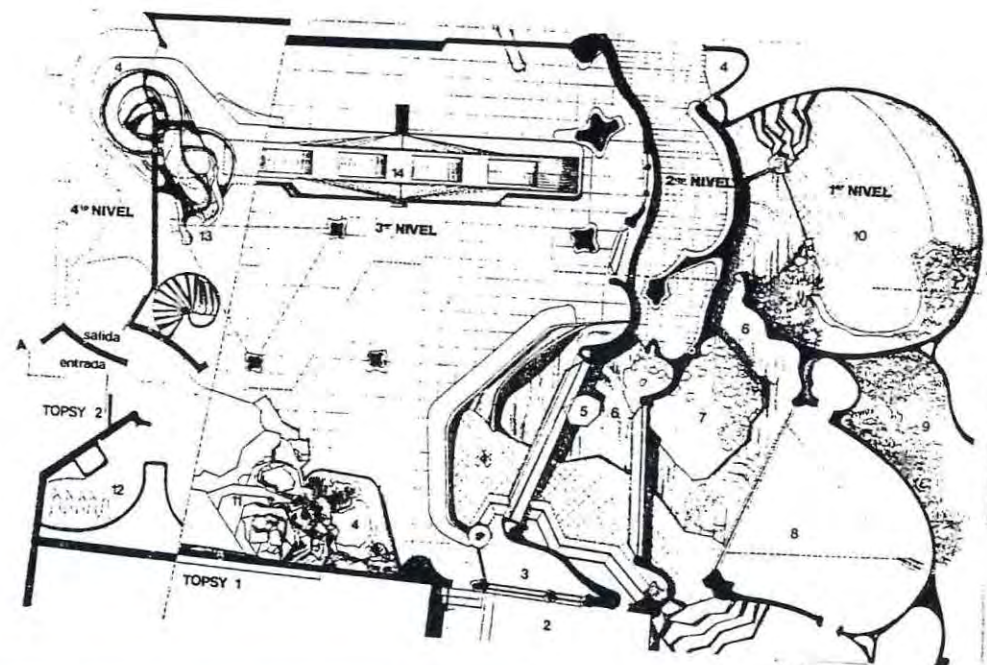
Horizontal Distances:

- Between A and B: 100
- Between B and C: 100
- Between C and D: 100
- Between D and E: 100
- Between E and F: 100
- Between F and G: 100
- Between G and H: 100
- Between H and I: 100
- Between I and J: 100
- Between J and K: 100
- Between K and L: 100
- Between L and M: 100
- Between M and N: 100
- Between N and O: 100

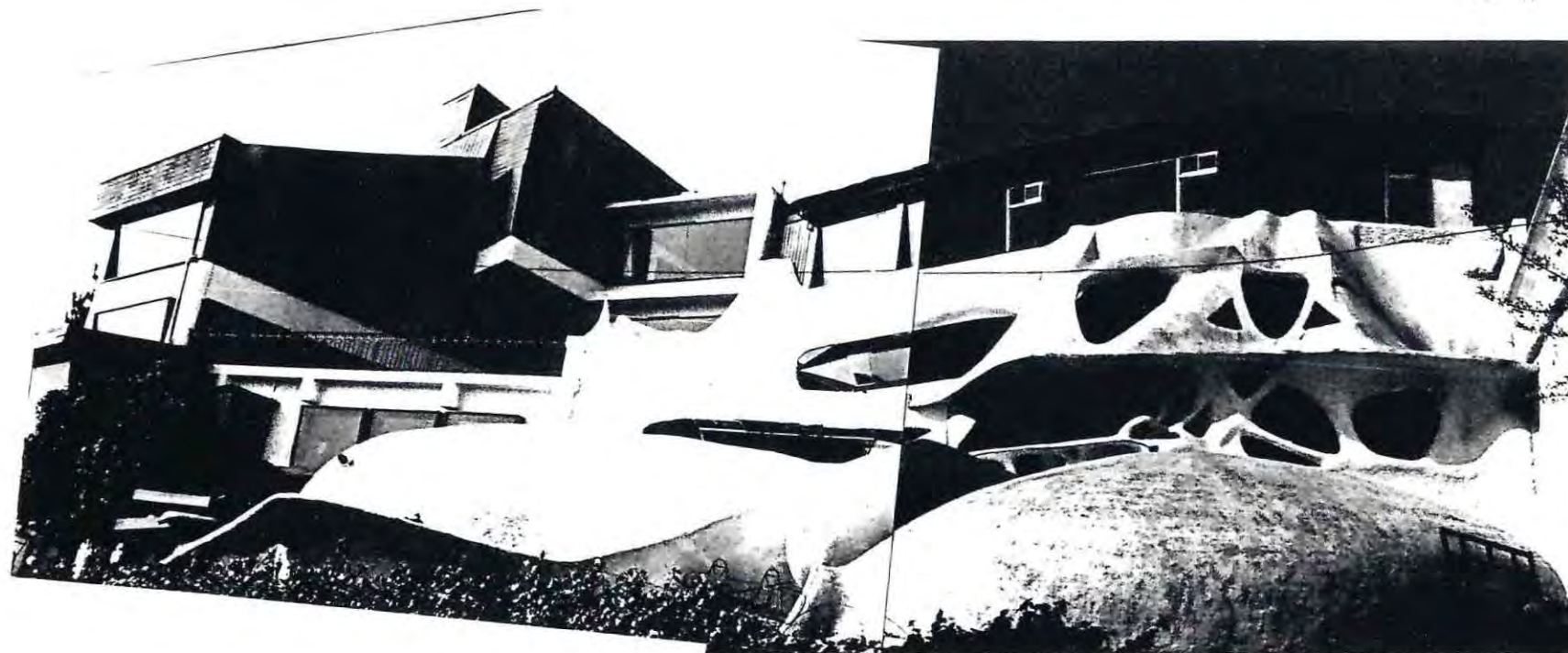
201

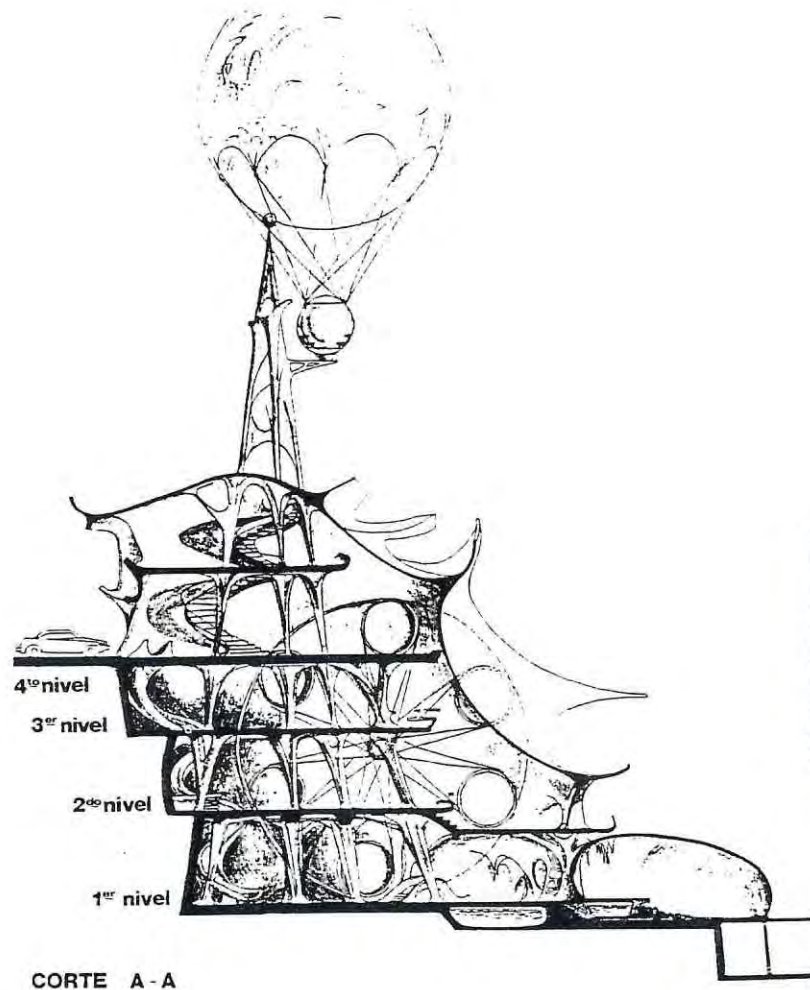
ARQUITECTO: Rodolfo Hoffmann M.
 UBICACION: REINOSA
 AÑO: 1970

DISCOTEQUE TOPSY 2

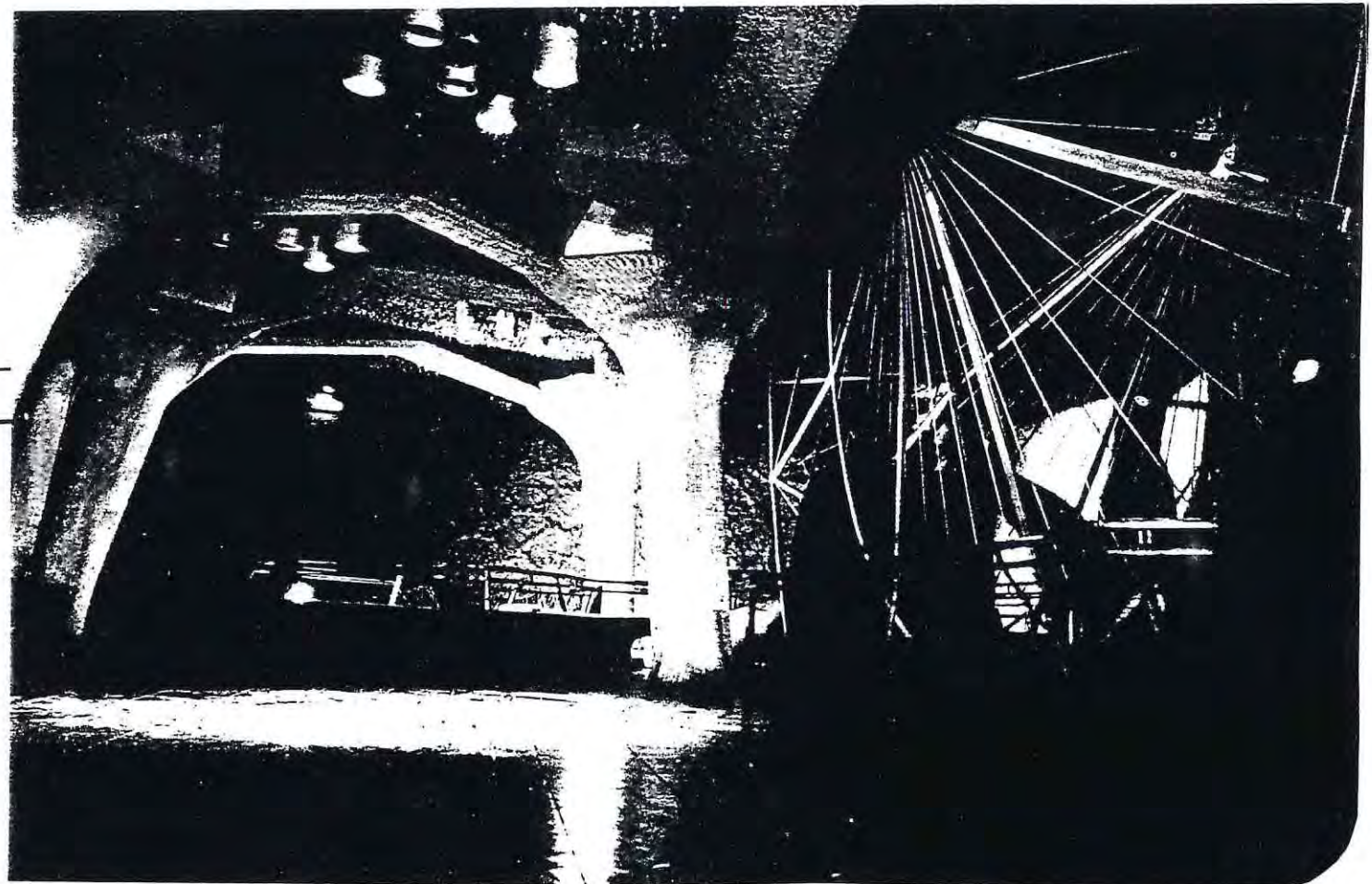


1. baños
2. terraza
3. caseta de control
4. vacío
5. base agua
6. piscina
7. isla
8. sala de proyecciones
9. jardín
10. gruta
11. cascada
12. túnel
13. tobogan
14. rueda pateroster





"Una estructura ~~de~~ hormigón armado con todas las dificultades que presentan los elementos resistentes de sección variable y cambiantes perfiles, que en ocasiones se resuelven en láminas de mínimo espesor, conjugados con intenciones estéticas asentados en un estricto rigor estructural."



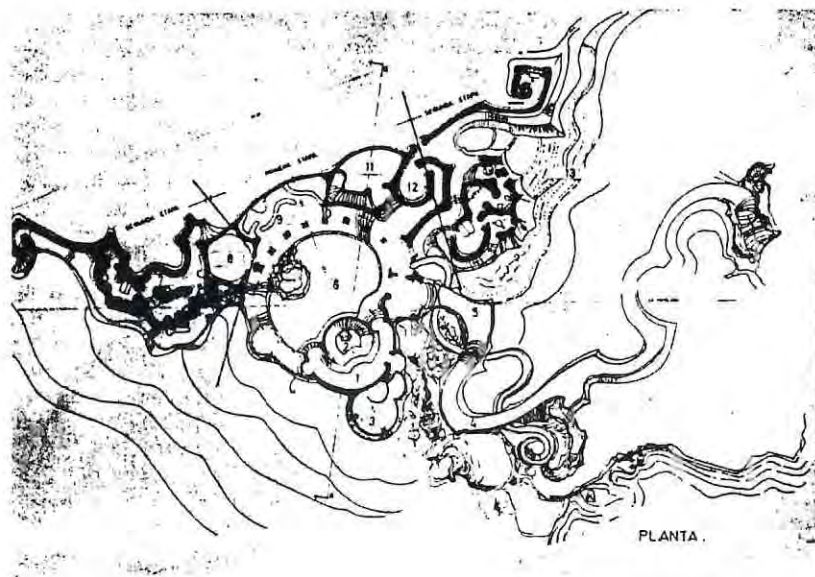


"Todo ello, entrelazado por invenciones mecánicas y maravillas electrónicas de avanzado diseño en su momento, más una dosis de generosa y bien estudiado dispositivos..."

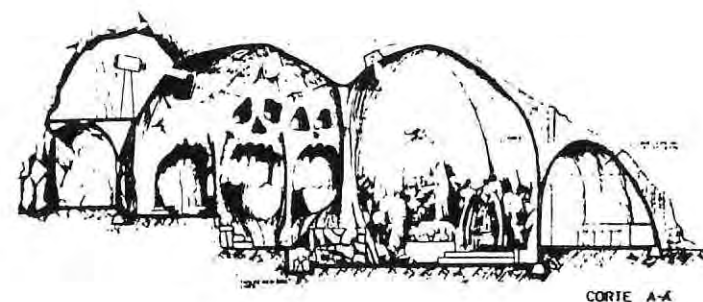
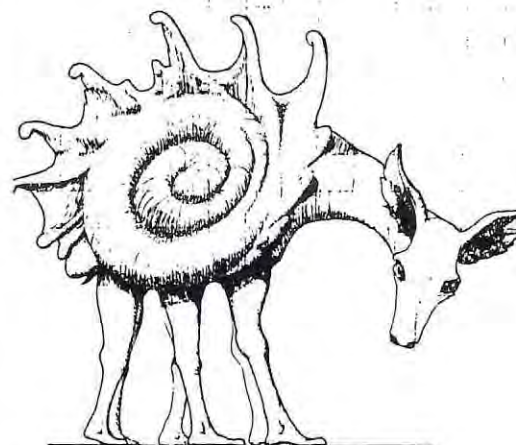
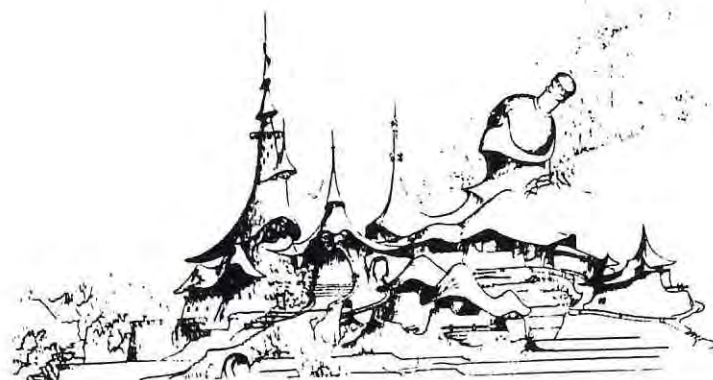
PROYECTO: PARQUE DE LAS LEYENDAS

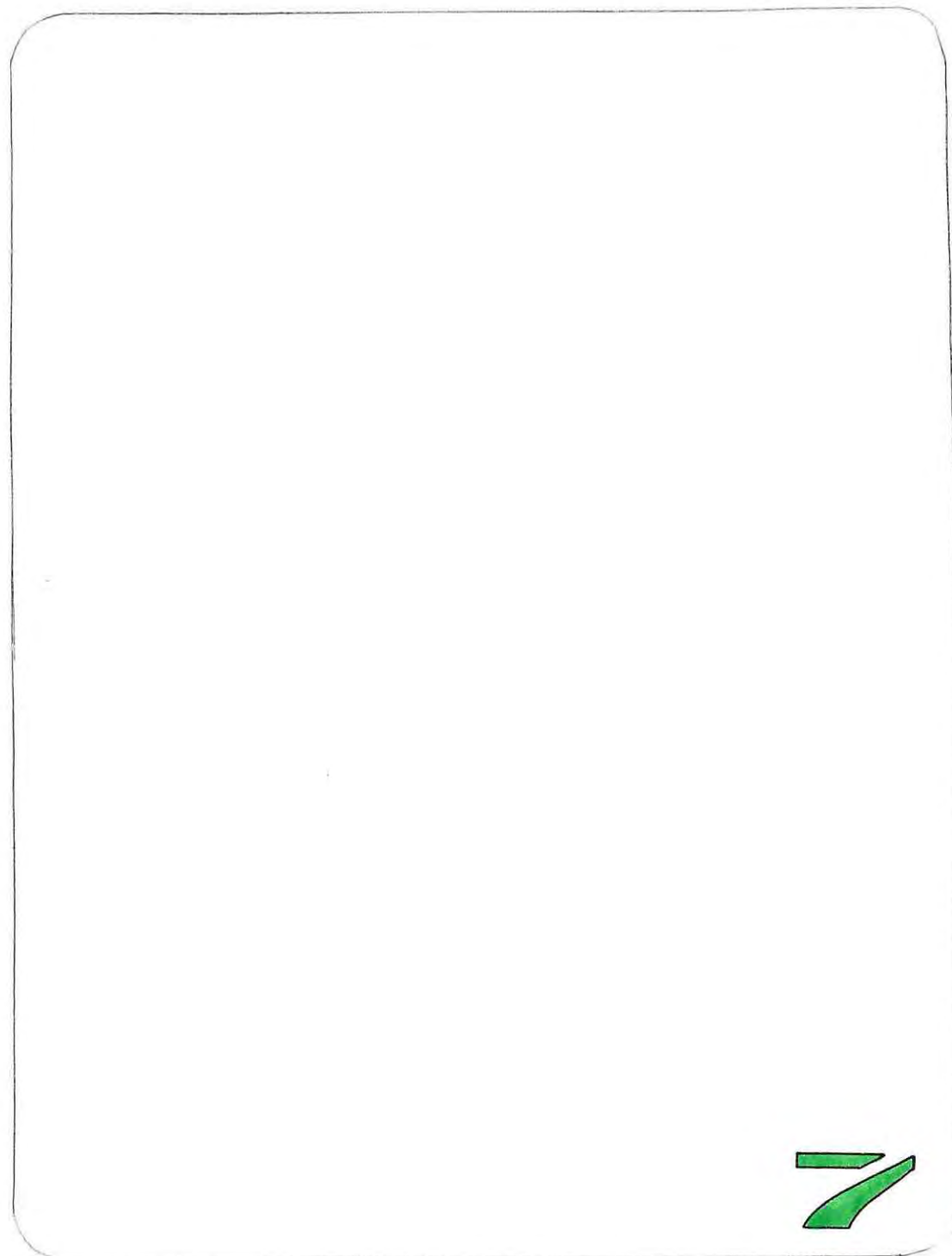
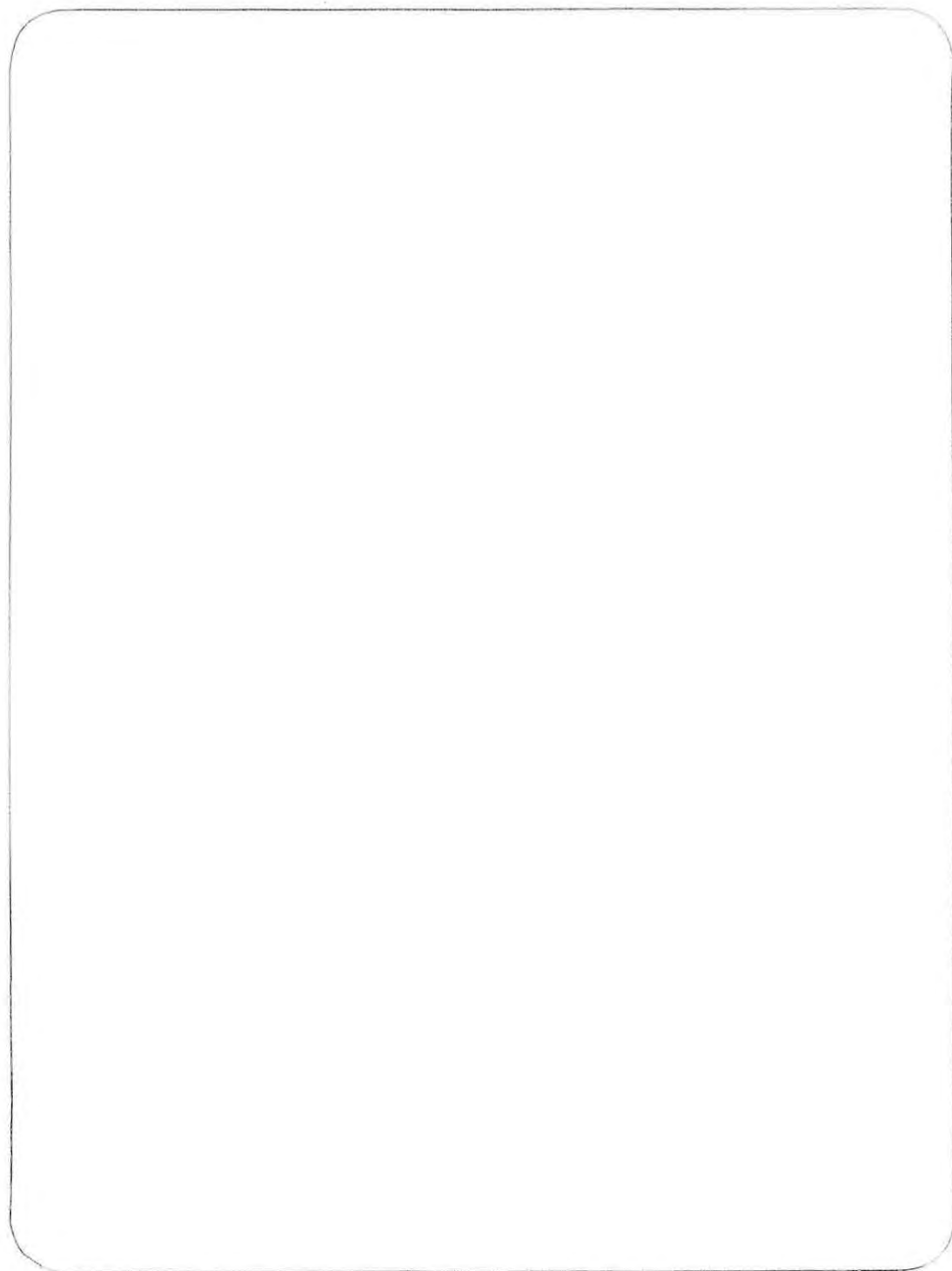
ARQUITECTOS: EDUARDO BROWNE S.
RODOLFO HOFFMANN M.
UBICACION: QUINTA UNGARA - VIÑA
AÑO: 1977

"Una aventura por el mundo mágico de los mitos del pueblo y de la infancia, a través de ámbitos, formas y coloraciones insólitas."



- Palacio del Rey
- 2. Trono
- 3. Fuerte
- 4. Sendero
- 5. Mirador
- 6. Espejo Agua
- 7. Viviendas
- 8. Templo
- 9. Mercado
- 10. Portal
- 11. Torre del Mago
- 12. Reloj Calendario Solar
- 13. Terrazas de Cultivo





EDIFICIO OBERPAUR

Arquitectos : Sergio Larraín G.M. y Jorge Arteaga.

Calculista : Bruno Elsner

Constructor : Guillermo Franke

Ubicación : Esquina S.P. de Estado y Huérfanos.

Año : 1929

Corresponde a la tercera etapa en el uso del hormigón armado, en el cual se logra gran flexibilidad de los espacios interiores y un lenguaje estructural y formal propio del material.

DESCRIPCION: Exteriormente, el edificio presenta una fachada única, pero ésta corresponde en realidad a dos cuerpos independientes entre sí.

En una primera etapa se construyó el edificio

Óberpaur propiamente tal, el que ocupaba un frente de 19 metros por calle Estado y de 23 metros por Huérfanos, y que se concibió en un comienzo como una gran tienda que ocupara todos los pisos; sin embargo, esta idea debió ser abandonada, y la tienda se limitó a ocupar el subterráneo y el primer piso, destinándose los pisos superiores a oficinas.

Tres años después de su terminación (1932), se construyó la segunda etapa del conjunto, la que se prolonga hacia el sur por calle Estado, y que tiene un tratamiento similar en la fachada.

El edificio Oberpaur consta de cinco pisos, un entrepiso y dos subterráneos. En las fachadas se ha utilizado la ventana corrida, dando una marcada sensación de horizontalidad, la que se acentúa con una marquesina de 1,5 metros que recorre el primer piso; contribuye además, el hecho de que los elementos

verticales se manifiestan hacia el exterior en forma secundaria.

La planta se asimila al rectángulo, cuya esquina libre se transforma en una curva, otorgando a las fachadas una gran continuidad. Este vértice redondeado responde a una idea muy personal del arquitecto Larraín, y estaría destinado a ampliar las perspectivas y a facilitar el flujo de personas en un punto conflictivo como son las esquinas.

Completan el aspecto exterior largos antepechos que envuelven al edificio, mostrándose una simpleza de líneas, libres de todo ornamento superfluo. El edificio se inspira en la arquitectura del alemán Erich Mendelsohn, teniendo gran semejanza con las obras de la tendencia expresionista europea.

ANÁLISIS TÉCNICO: La estructura del edificio es muy clara y está constituida por un entramado de pilares de 1,20 metros de diámetro y vigas continuas que se manifiestan en la fachada. Las cargas son recibidas por trece pilares, de los cuales once son perimetrales y dos centrales, permitiendo una gran libertad en la planta, condición que se planteó al arquitecto ya que se trataba de una tienda. La disposición de estos pilares obedece a un trazado regulador en el que se utilizan módulos de 6,5 x 6,5 metros. Los pilares centrales se han ubicado en función del acceso, el que se produce en la esquina.

La planta de estructura puede asimilarse al cuadrado, al que se le ha agregado una zona dura en la que se ubican ascensores, caja de escalas y servicios, completando un rectángulo.

Se observan luces de hasta 9 metros; la altura

de piso a cielo es cinco metros en cada uno de los pisos, lo que permitió ubicar las ventanas en la parte más alta del piso, aprovechando los antepechos como superficie de exhibición.

La estructura del segundo bloque obedece también a un trazado regulador, en el que se trató de sacar el máximo provecho a la superficie, ya que estaría destinado a oficinas. Se mantuvo aquí, el nivel de cada una de las losas del Oberpaur, aprovechando la altura de cinco metros entre una y otra para construir oficinas con altillos.

Los pilares exteriores se han retirado hacia el interior, pero en la fachada se ha mantenido una gran unidad con el edificio Oberpaur, constituyendo realmente, una fachada única.

Técnicas constructivas. Las técnicas que se

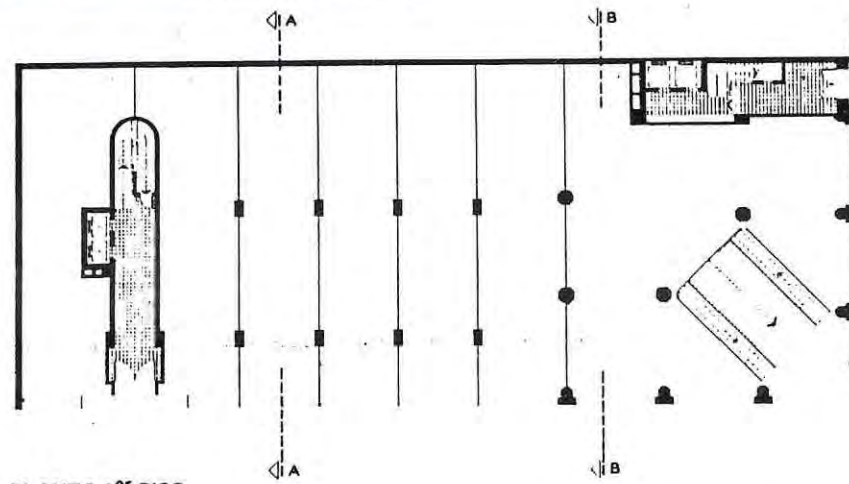
aplicaron en este edificio no varían fundamentalmente de las que se emplearon en la etapa anterior, constatándose más bien un retroceso, ya que las mezclas se prepararon en forma manual.

Una novedad la constituyó la instalación de la primera escalera mecánica que hubo en Santiago y que conducía hasta el subterráneo; este elemento fue importado de Alemania como asimismo el acero que se utilizó en las armaduras.

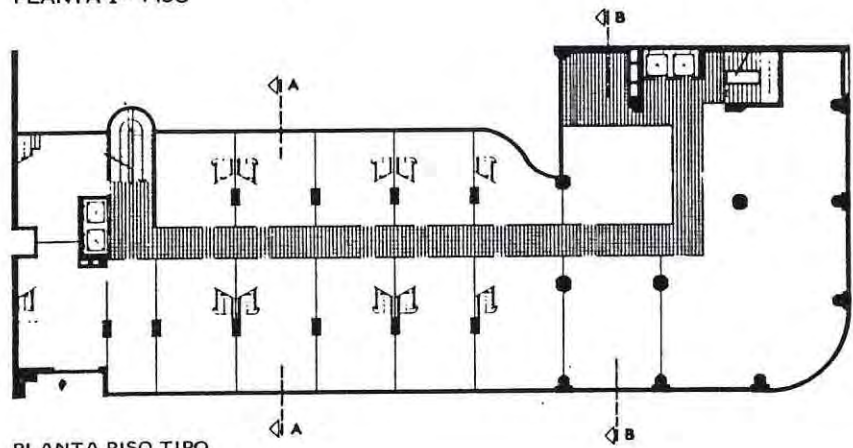
EXPRESION DEL MATERIAL: Este edificio es el primero de Santiago donde se logra una expresión formal de acuerdo a las características del hormigón armado, destacando los pilares y las vigas de antepechos y considerando además, la función a la cual estaría destinado.

La superficie del material se ha recubierto con

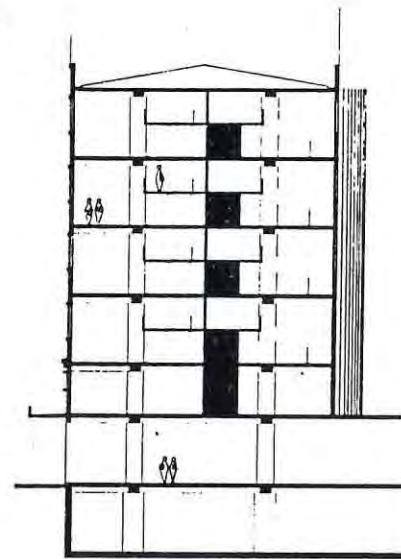
estuco, en el borde de los antepechos se agregó una franja de estuco con tierra de color que rodea toda la fachada.



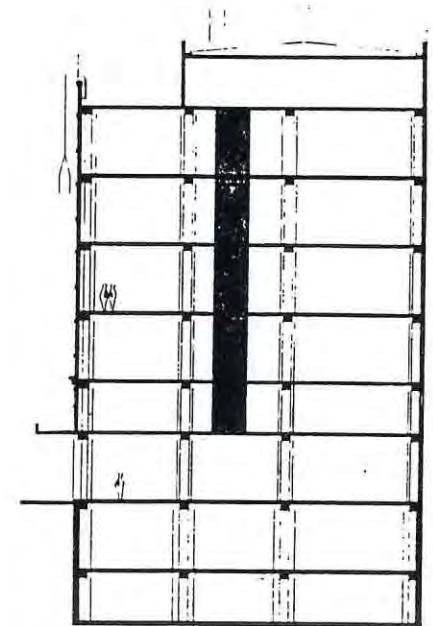
PLANTA 1er PISO



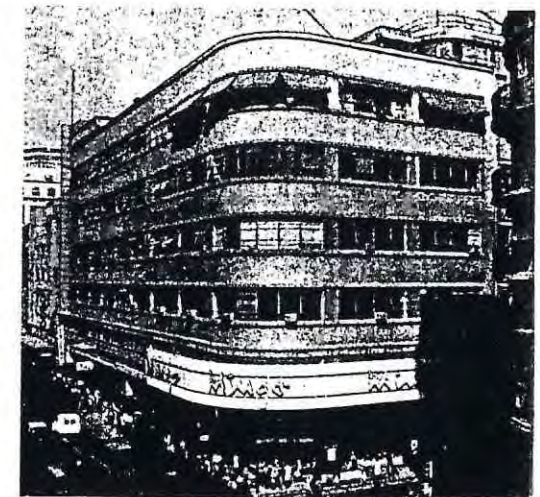
PLANTA PISO TIPO



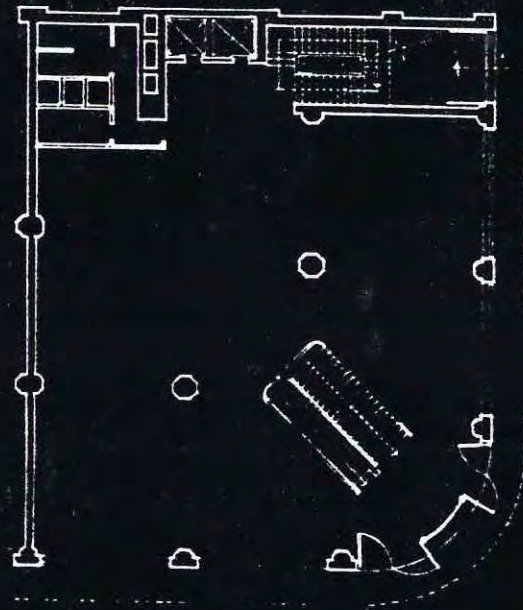
CORTE AA



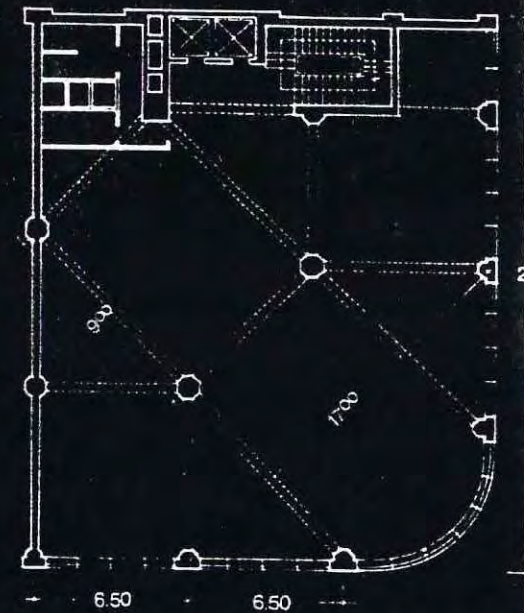
CORTE BB



PLANTA PRIMER PISO



PLANTA PISO TIPO



EDIFICIO OBERPAUP ESCALA 1:200

ESCUELA MILITAR

Arquitecto : Juan Martínez

Calculistas : Raúl Véliz, Carlos Moris, Enrique Kratzer, Carlos Franke.

Constructor : Enrique Albertz

Ubicación : Apoquindo y Américo Vespucio.

Año : 1940.

Este edificio corresponde a una etapa en que los arquitectos comienzan a utilizar las posibilidades expresivas que dan las superficies del hormigón.

DESCRIPCION: La Escuela Militar es un complejo de pabellones tratados en hormigón visto, relacionados entre sí, donde se desarrollan las diversas funciones de este Instituto. Este conjunto de una gran sensación de solidez y monumentalidad.

ANALISIS TECNICO: La estructura está constituida por vigas, pilares y losas de hormigón armado, lográndose grandes espacios como son los comedores y el Pabellón de Equipos Motorizados. Constituye una excepción desde el punto de vista estructural la piscina temperada cubierta, constituida por una bóveda parabólica de 18 metros de altura, sostenida por dos grandes arcos de 5 metros de ancho.

Técnicas constructivas. La dosificación de los hormigones fue perfectamente estudiada, teniéndose especial cuidado en su confección, tarea a la que estaban dedicados ingenieros calculistas.

Para la elaboración del concreto se dispuso en esta obra de betoneras, montacargas, y tecles mecánicos. Los moldajes, destinados a dejar la superficie del hormigón a la vista, fueron realizados en base a un módulo de 4 metros, medida que proviene

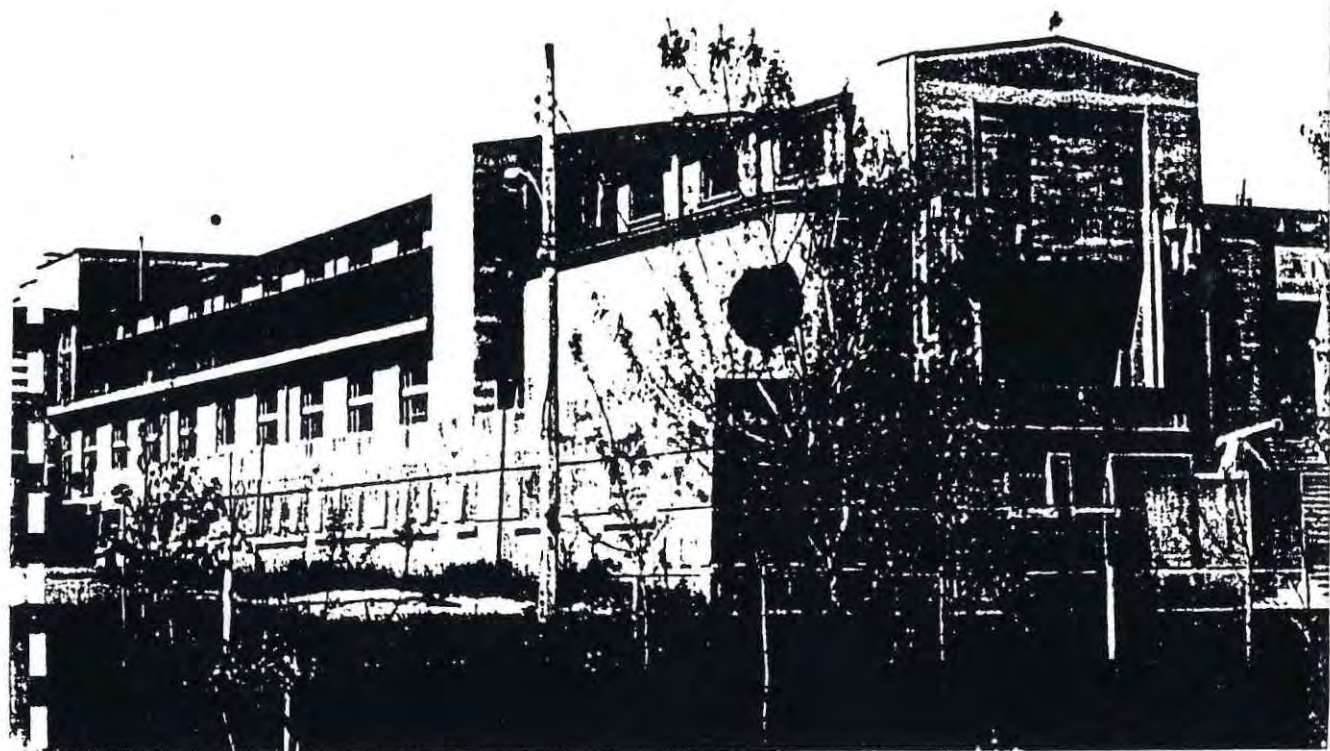
de la dimensión de los volúmenes. Estos moldajes fueron realizados en madera terciada que se importó desde Alemania.

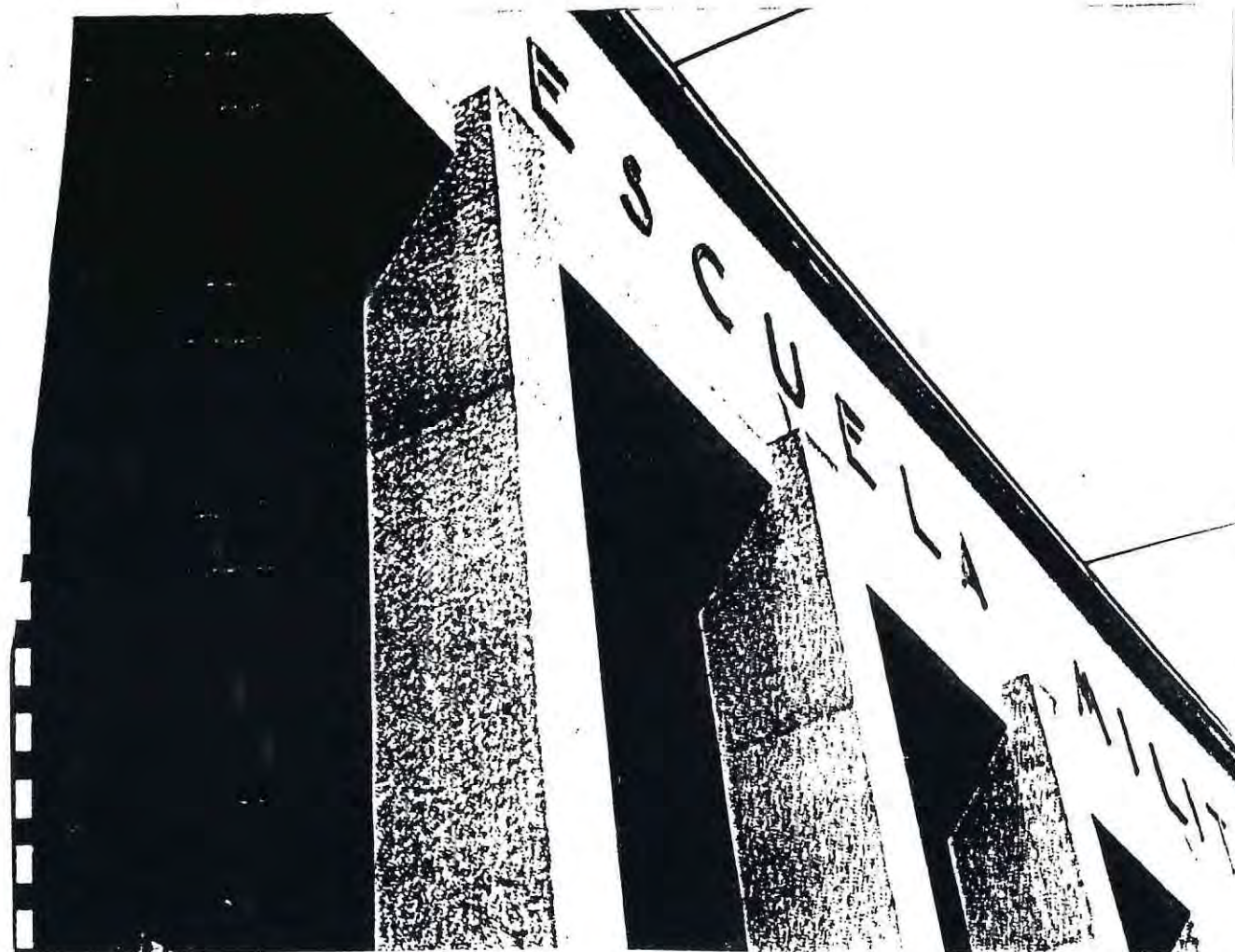
Se utilizó en el elementos estructurales barras de acero liso redondo, importado para tal efecto. No se realizó traslape de estas barras, y en los casos en que su dimensión no alcanzaba para salvar determinada longitud, se efectuó por partes de FAMA soldaduras especiales. De esta forma se obtuvo una estructura continua.

EXPRESION DEL MATERIAL: Es éste el primer edificio donde se aprecia el hormigón visto como medio de expresión arquitectónica.

Se efectuaron tratamientos superficiales de transferencia del árido para enriquecer la expresión del material, lográndose con este procedimien-

to tres tipos de texturas, una gruesa, una mediana y otra más lisa.





EDIFICIO DE LAS NACIONES UNIDAS

Arquitecto : Emilio Duhart H.

Christian de Groote C., Roberto

Goycolea I., Asociados.

Calculista : César Barros C., Hartmut Vogel J.

Constructor : Enrique Albertz

Ubicación : Parque las Naciones Unidas, Vitacura, Comuna de Las Condes, Santiago- Chile.

Año : 1966

Corresponde a la quinta etapa, donde se aprovechan al máximo las posibilidades del hormigón armado, tanto expresiva como técnicamente.

DESCRIPCION: El proyecto de las Naciones Unidas consiste en un gran anillo cuadrangular, que circunda un patio interior, también cuadrado y dentro

del cual se ubican libremente los volúmenes que corresponden a las diferentes funciones de este organismo.

El Anillo es un recinto continuo cuya planta está destinada a oficinas de Cepal y al Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social.

En el patio interior se disponen tres elementos que van unidos entre sí y con el Anillo por medio de pasarelas cubiertas. Estos cuerpos son:

El Núcleo, paralelepípedo de cinco pisos, dos de subterráneo y tres sobre el nivel del patio, volumen de esquinas redondeadas, destinados a las funciones generales de información y coordinación.

El Diamante o Sala de Reuniones, constituido por una cubierta de forma poliédrica, volumen pequeño en relación a los demás y que aparece como des-

pegado del suelo debido a que se apoya en voladizo.

El Caracol, que corresponde a la Sala de Conferencias, de forma cono-helicoidal, rodeado por una rampa que lleva hasta una terraza ubicada en la parte superior del volúmen.

ANALISIS TECNICO: La estructura del conjunto, realizada en hormigón armado, está estrechamente relacionada con los requisitos funcionales y expresivos que se plantean en la concepción del proyecto.

Existía aparte del hormigón armado sólo la posibilidad de usar acero. Razones arquitectónicas, técnicas y de economía hicieron preferible el concreto debido a la mayor sencillez de su terminación y a la facilidad para conseguirlo en el país.

El anillo de oficinas se resuelve mediante vigas de hormigón armado, postensadas en obra, que

van de un extremo a otro de la fachada. Se sustentan por sólo cuatro grandes pilares (cada 22 metros), siendo los apoyos articulados y deslizantes. Transversales a estas vigas maestras superiores se ubican viguetas prefabricadas y postensadas que forman la cubierta o terraza. De la estructura superior nacen tirantes de acero ubicados cada dos módulos (2,44 metros) y de los que cuelga el piso de oficinas compuesto por viguetas ubicadas en cada módulo. Se realizó una estructura de tipo pendular para absorber en mejor forma el impacto provocado por un sismo. Además al ser totalmente libre las fachadas exteriores e interiores del Anillo, permiten una fenestración corrida y por lo tanto una excelente iluminación natural y ventilación transversal, tal como lo requería el programa.

Los puentes tienen una construcción similar a la del Anillo y se apoyan en éste y en el Núcleo

Central.

La Marquesina de entrada deriva su forma de triple curvatura de las líneas del tránsito de vehículos y la necesidad de evacuar las aguas lluvias por un solo punto. Es una loca cáscara que reposa sobre dos viguetas voladizas que nacen por debajo del anillo.

Los pisos del Núcleo están apoyados en los muros periféricos y en las estructuras de hormigón armado de la escalera principal y el block sanitario, que se encuentra en su interior. Estos pisos se estructuran en base a viguetas cruzadas con nervios de sección variable según el esfuerzo a que estén sometidas; son realizados en casetones de tamaño standard en concreto prefabricado.

El Caracol tiene los muros dispuestos en espi-

ral, lo que le da gran estabilidad; en ellos se apoyan las vigas radiales del piso y de los altillos de los traductores y la prensa. La rampa exterior rodea la estructura y da rigidez al edificio.

Los grandes muros de contención, actúan por masa y son confeccionados con concretos más pobres, en cuya ejecución se incorpora gran cantidad de piedras desplazadoras.

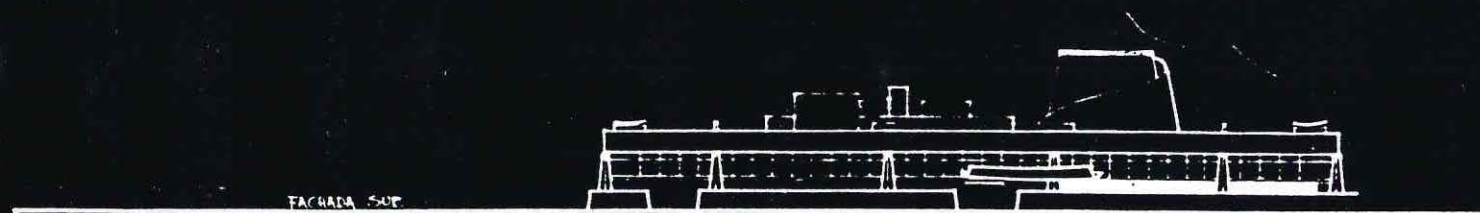
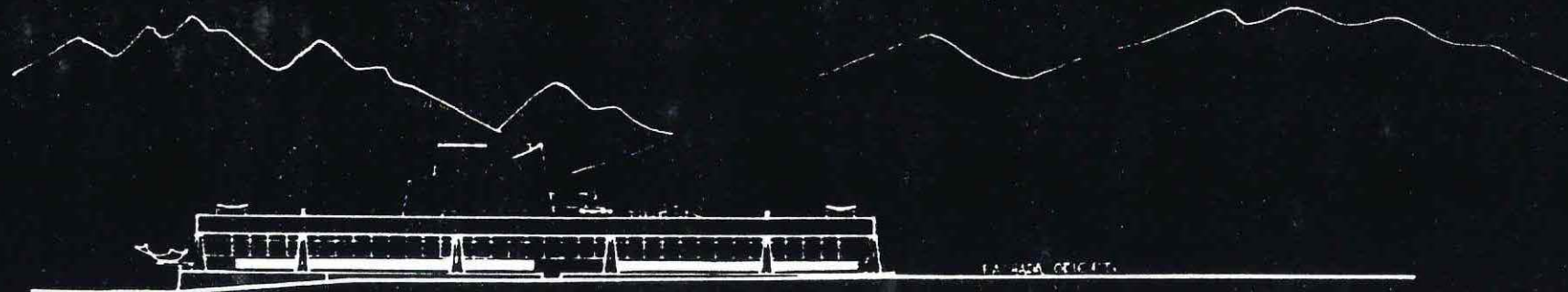
Técnicas constructivas. Los concretos del edificio tienen una dosificación normal; han sido confeccionados con plastificante, con un riguroso control de confección y colocación en obra y con vibración en la prefabricación por medio de vibradores de molde o de inmersión. Están en general destinados a quedar aparentes en toda la obra tanto exterior como interiormente.

Las especificaciones técnicas de concretadura y de moldaje fueron muy precisas. Esto hizo necesario compenetrar a los obreros sobre la forma de trabajo mediante charlas y diapositivas, debiendo escoger, asimismo, a los capataces y técnicos encargados de la ejecución en obra.

La complejidad de ciertas formas obligó a solucionar gran cantidad de problemas en el trazado y en el cálculo. Los ingenieros calculistas actuaron, durante el transcurso de la obra, en estrecha relación con el arquitecto. Se hizo necesario incluso, en algunas estructuras, como el Núcleo por ejemplo, el uso de computadores electrónicos. En el trazado del Caracol se requirió la asesoría de un profesor de matemáticas y también en el estudio del reflector solar debieron prestar sus servicios un físico y un astrónomo.

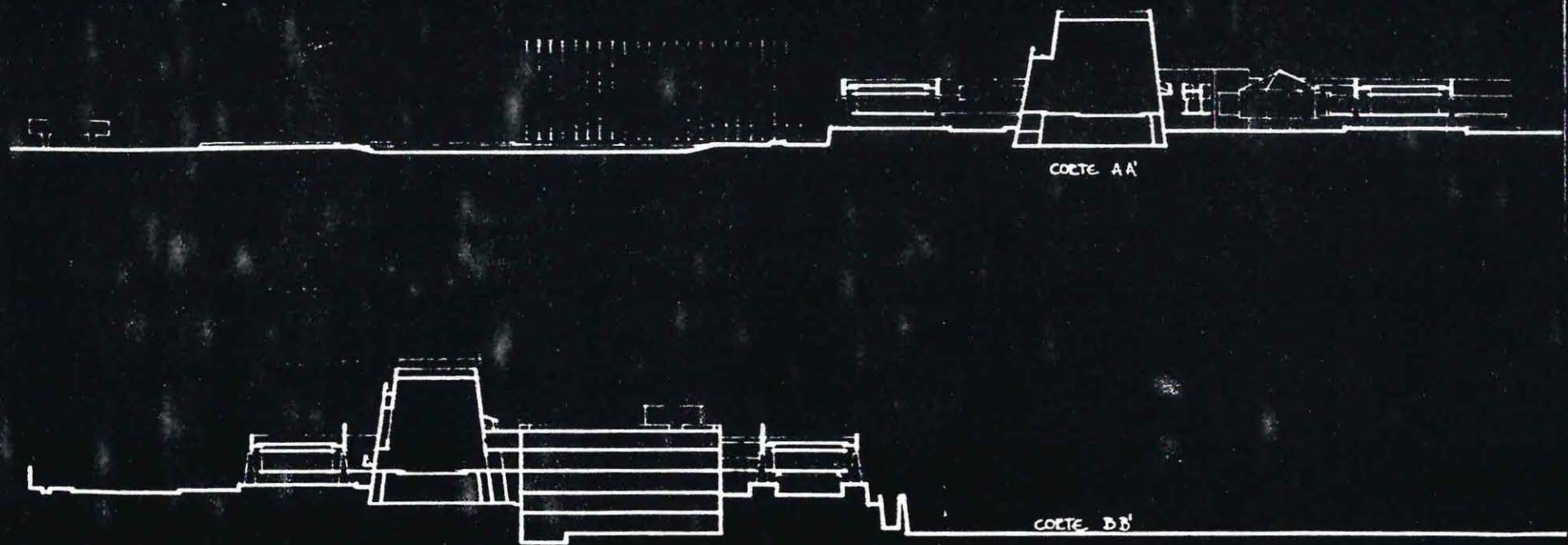
EXPRESION DEL MATERIAL: En este edificio se saca un partido expresivo de la estructura. Ella se aprecia en forma clara, construyendo elementos de gran interés plástico, donde se explotan al máximo las posibilidades que da el material.

La obra está concebida casi íntegramente en hormigón visto y en el tratamiento de las superficies también se ha explotado las posibilidades expresivas del concreto. Se aprecian varios tipos de hormigones que van desde los finos elementos prefabricados, como la Teja, hasta la rugosa textura de los muros de contención, confeccionados con piedras desplazadoras tomadas del mismo río Mapocho; se utilizó diferentes tipos de moldaje intermedios como los del Anillo y los edificios centrales, trabajándose también con bajo relieves decorativos en el Caracol.

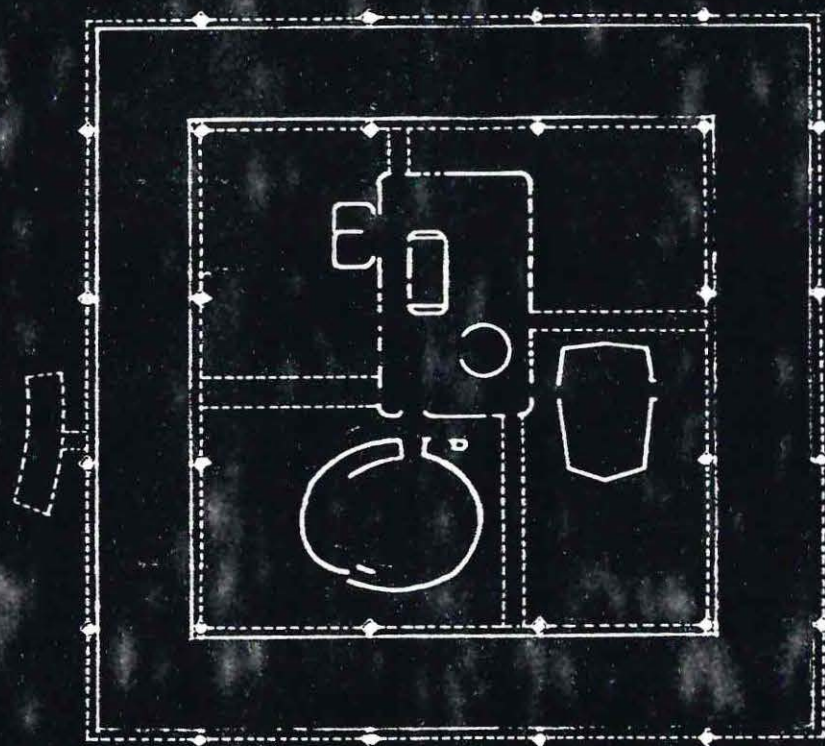


EDIFICIO NACIONES UNIDAS

ESCALA 1:1000

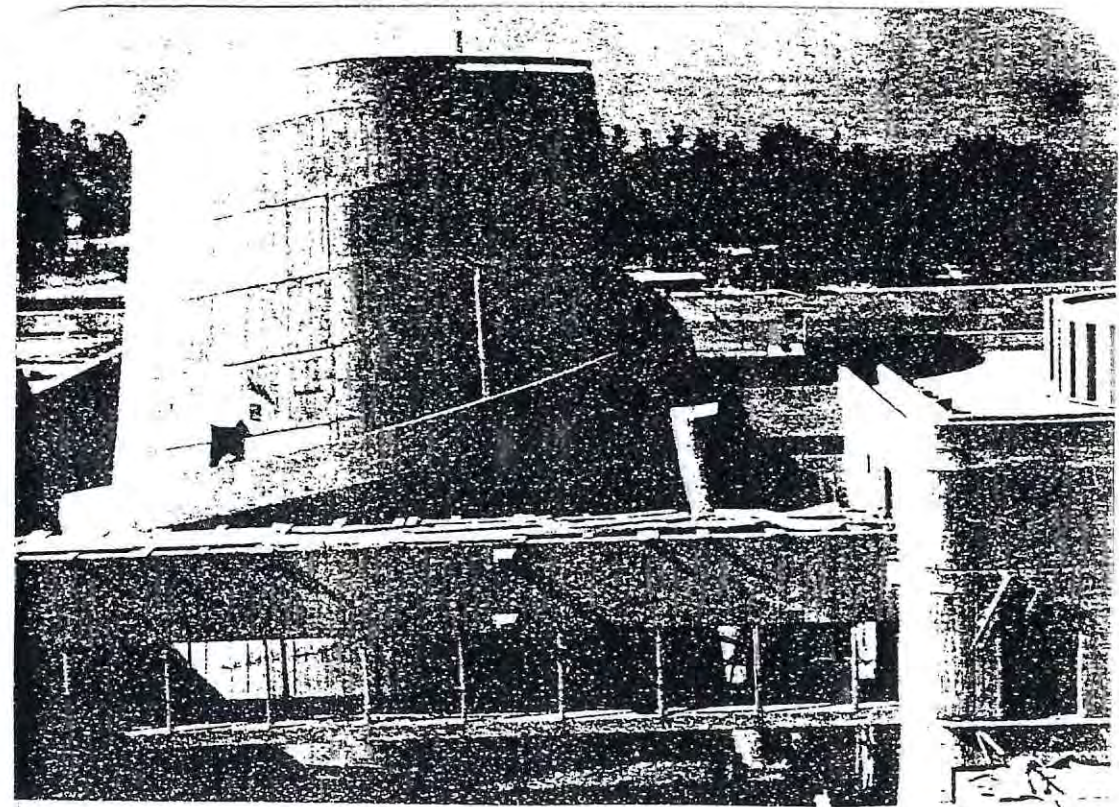
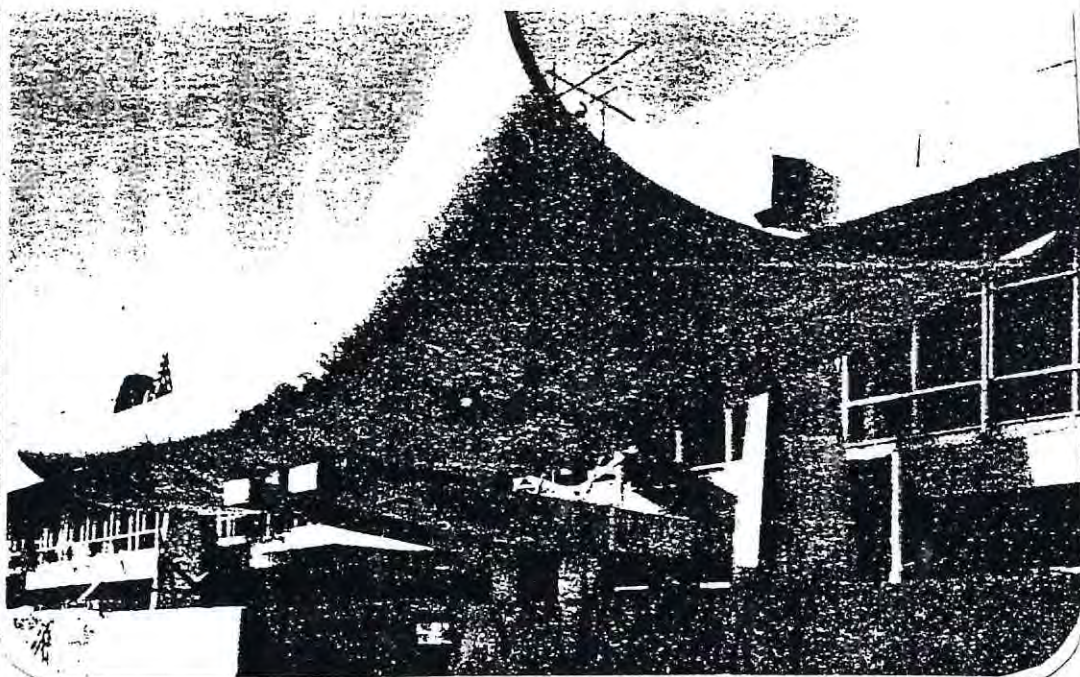


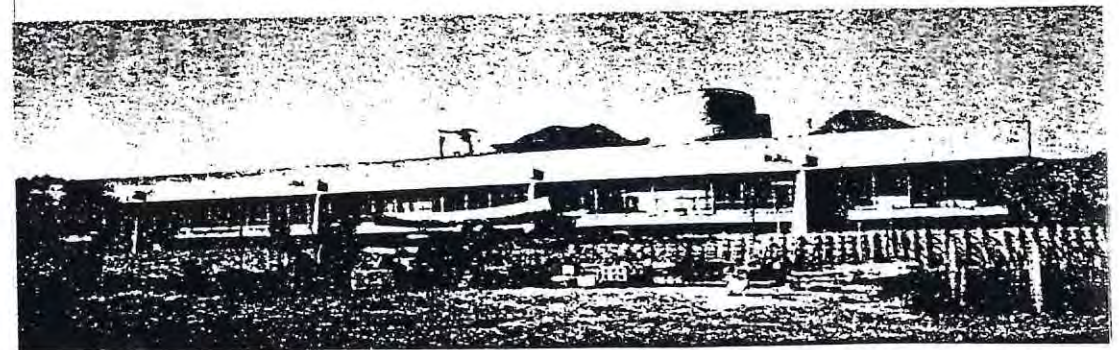
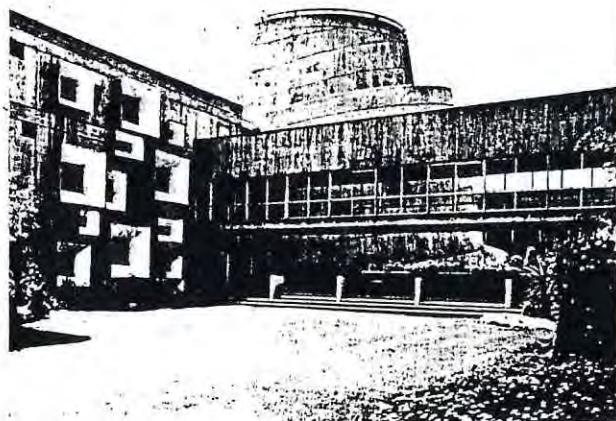
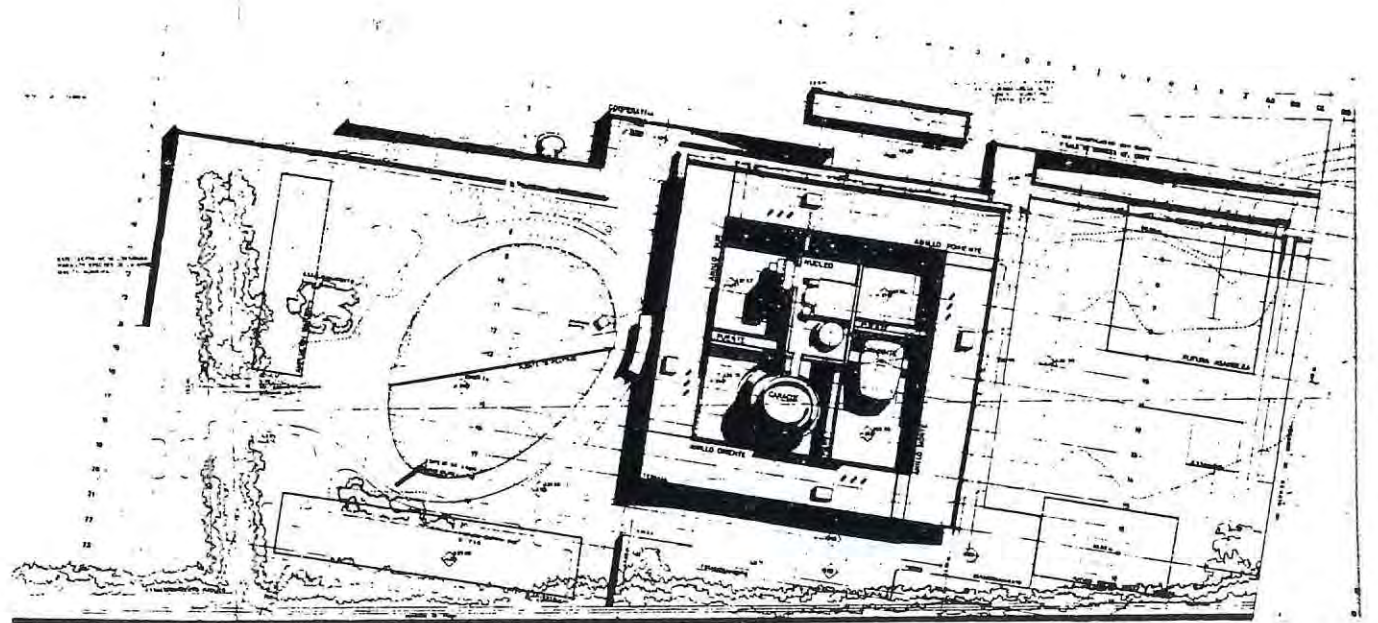
EDIFICIO NACIONES UNIDAS
ESCALA 1:1000

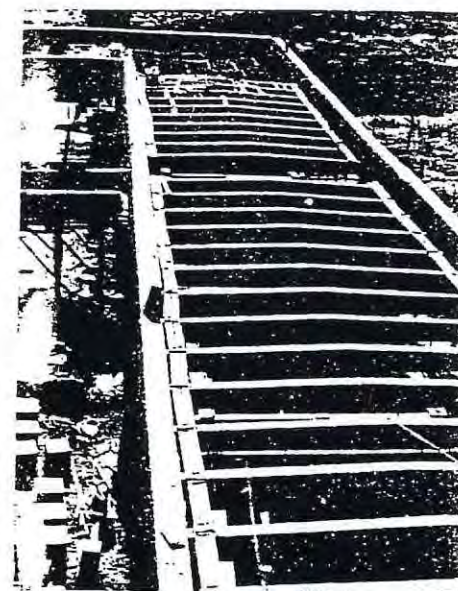
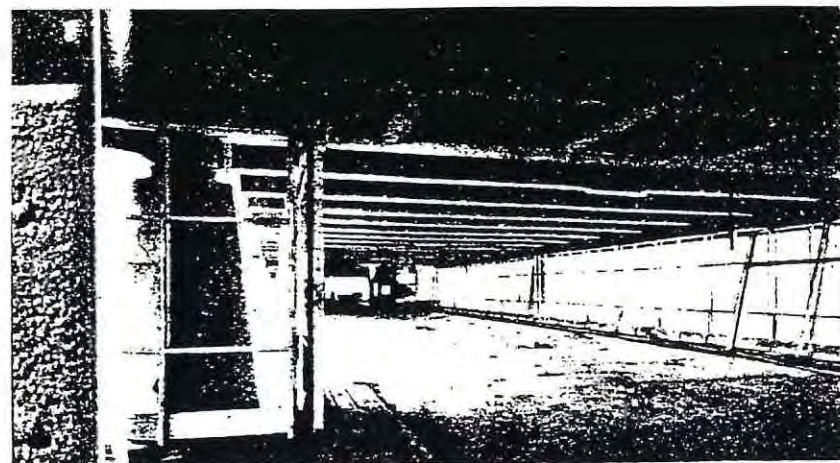
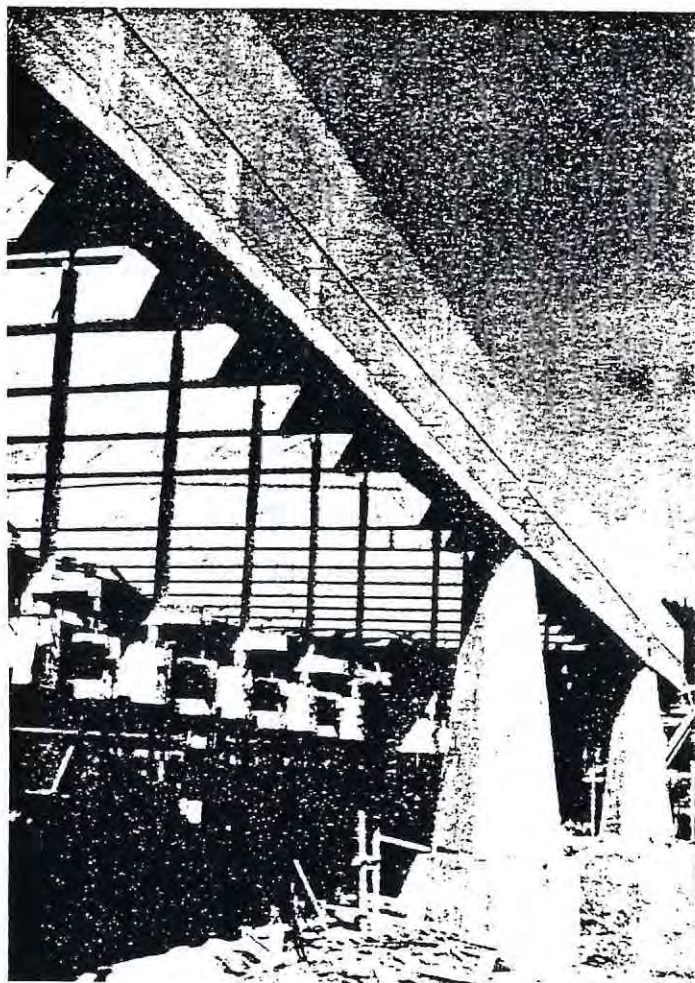


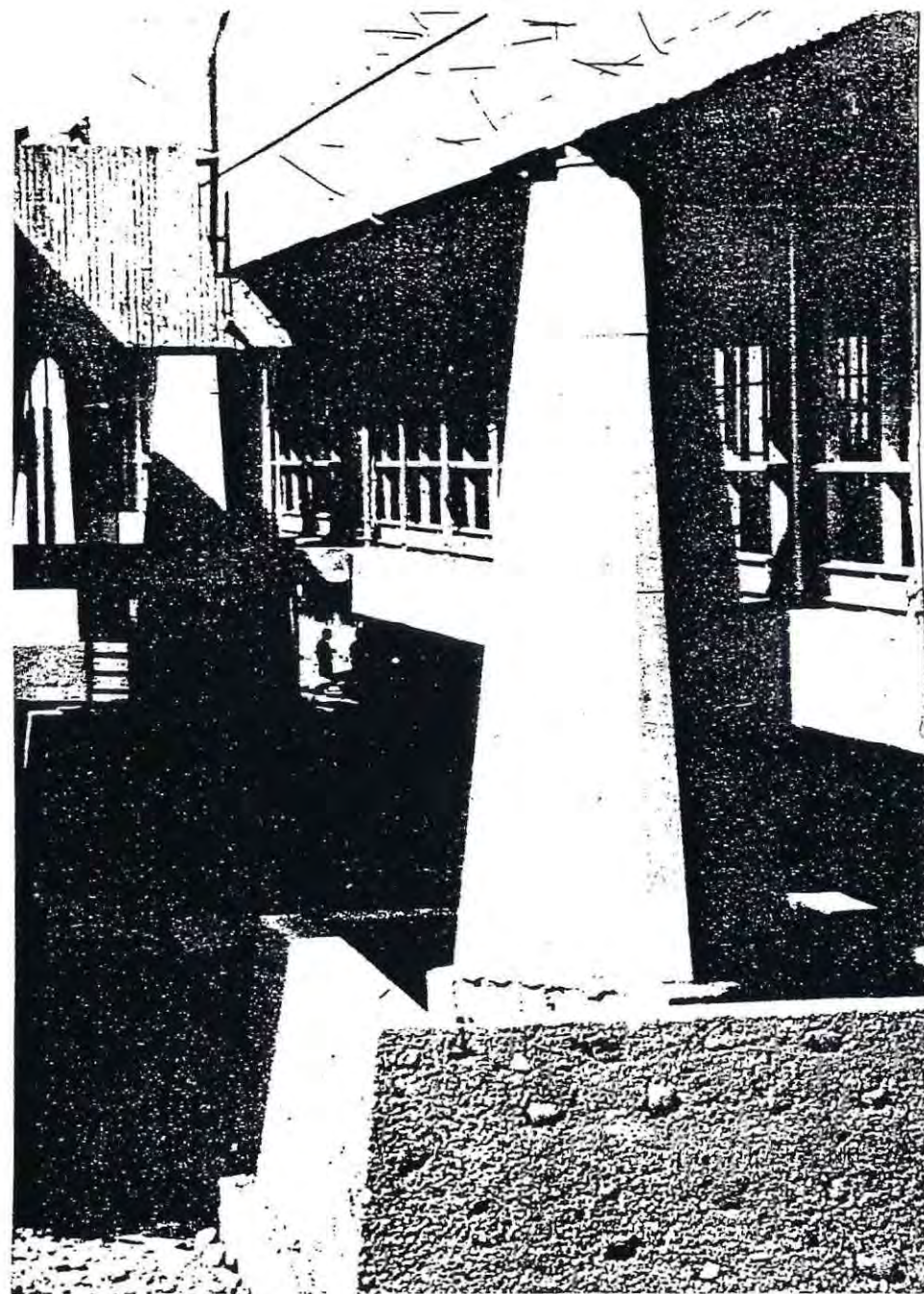
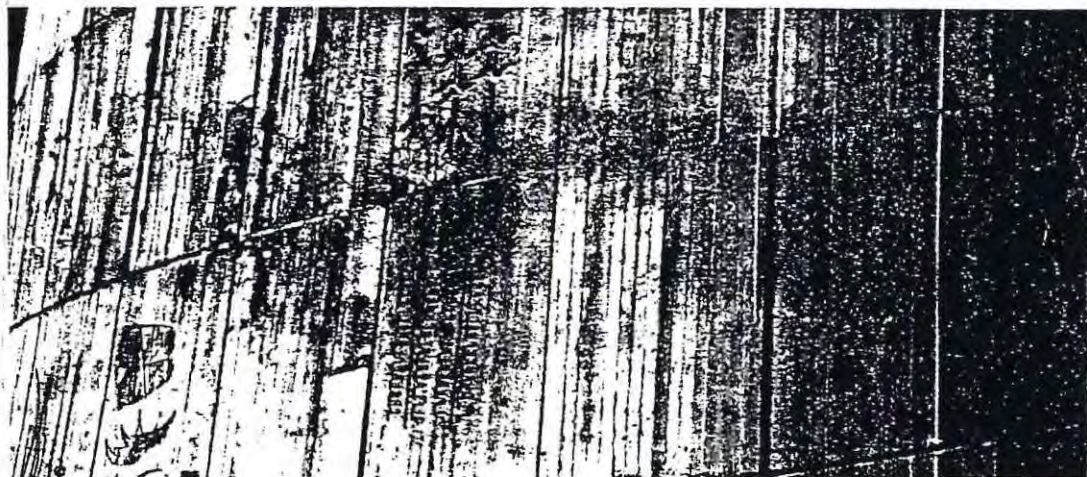
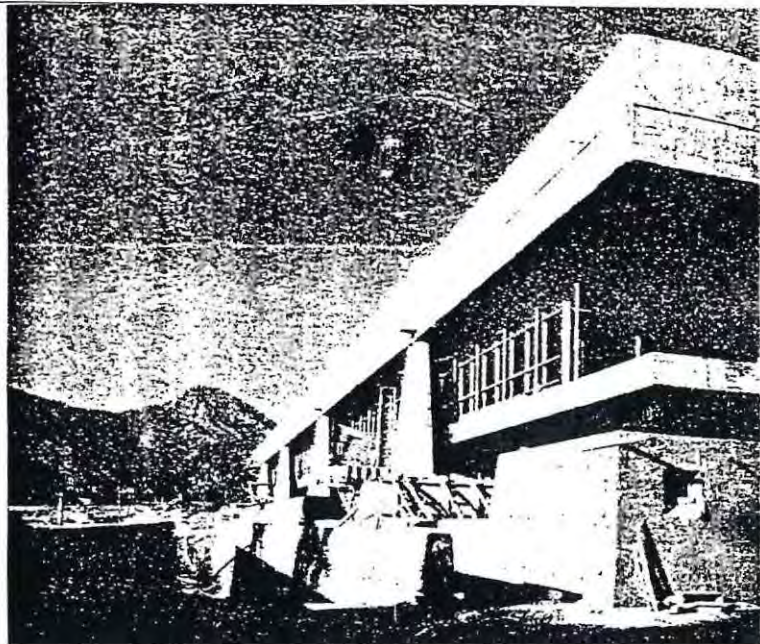
ESQUEMA ESTRUCTURAL
ESCALA 1:1000

EDIFICIO NACIONES UNIDAS









EDIFICIO FUNDACION

Arquitectos : C. Boza, J. Lührs, F. Muzard,
H. Duval, M. Moreno.

Ingenieros : Larraín, Ruiz, Saavedra

Emp. Const. : Tecsa

Ubicación : Agustinas, Miraflores. Santiago.

Año : 1982 (término de construcción).

Este edificio se enmarca en una sexta etapa en donde el material no es lo importante si no el resultado como totalidad.

EL ENTORNO: El edificio plantea el problema de resolver un programa muy amplio en el centro de Santiago, referido fundamentalmente a un programa de oficinas y estacionamientos de autos.

El centro de Santiago se caracteriza por una construcción homogénea en una altura relativamente

uniforme, de fachada continua, en que básicamente prima el lleno sobre el vacío. Los edificios se ordenan sistemáticamente sobre la base de la "manzana" cuadrada, herencia de los españoles, produciendo bloques compactos que van siendo perforados a nivel de la calle por una trama de galerías comerciales.

El edificio se localiza en un sitio de aproximadamente 1.100 m² ubicado en la esquina sur poniente de Agustinas y Miraflores enfrentando al Cerro Santa Lucía.

DESCRIPCION: El edificio consta de tres subterráneos con una capacidad de 130 estacionamientos. El primer nivel consulta dos grandes locales comerciales. En uno de ellos se instalará un Banco.

Del segundo piso al al 24 se desarrollará un amplio programa de oficinas sobre la base del concep-

to de plantas libres donde cualquier subdivisión es posible. En un núcleo duro se concentran las circulaciones verticales y todos los servicios húmedos y de climatización. En el nivel 25-26 se localizaron los equipos de aire acondicionado y salas de máquina de ascensores y en el nivel 27 se consulta un helipuerto.

Como respuesta arquitectónica se podría definir este edificio como la superposición de un doble orden.

El primero es aquel que respeta el orden de la edificación del centro de Santiago, una arquitectura homogénea y de masas; se trata de un edificio de 40 metros de altura (13 pisos), en que su lenguaje arquitectónico se inspira en el de los edificios representativos del centro administrativo de Santiago (Banco Español, Edificio Los Gobelinos, etc.)

Fachada maciza en que hay un juego de proporciones entre el lleno y el vacío, y en el que sus terminaciones van acorde con sus expresiones. En este caso es mármol.

A esta arquitectura sólida se le ha sobrepuesto un segundo orden. Podríamos definirlo como tecnológico, ya que refleja la contemporaneidad de la obra. Es una torre de cristal de 27 pisos, de aluminio y vidrio espejo que se proyecta al cielo reflejándose en él.

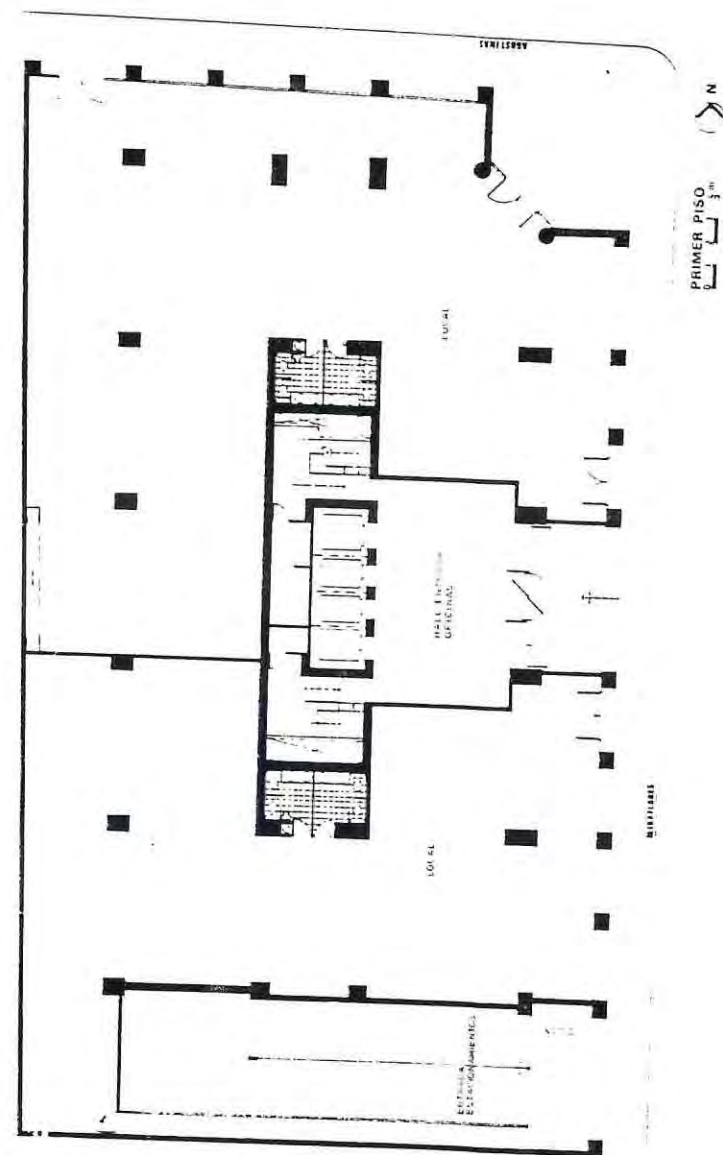
Este edificio de espejo penetra en el primer edificio cruzándolo en toda su magnitud justo en la esquina, acusando su presencia en el octavo.

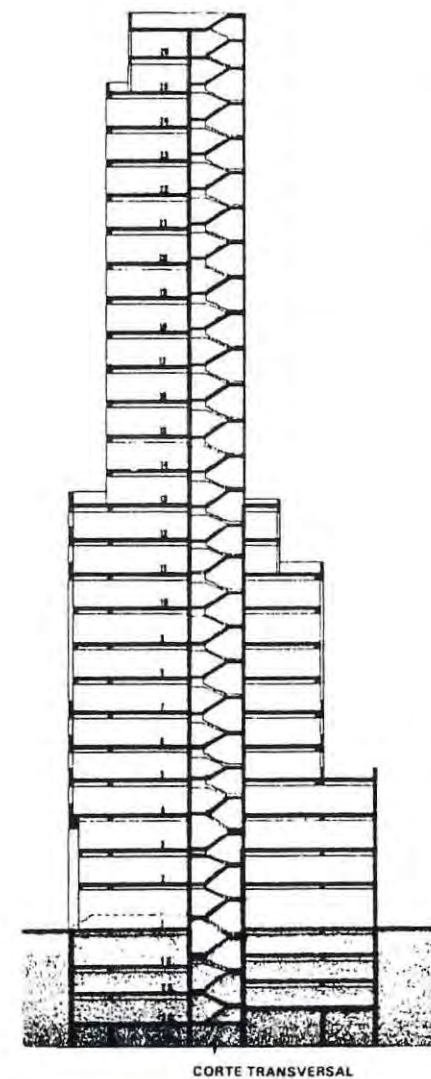
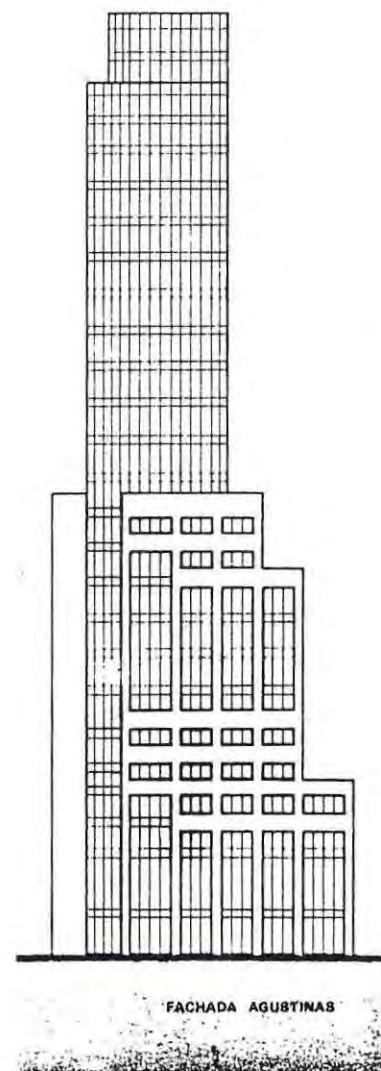
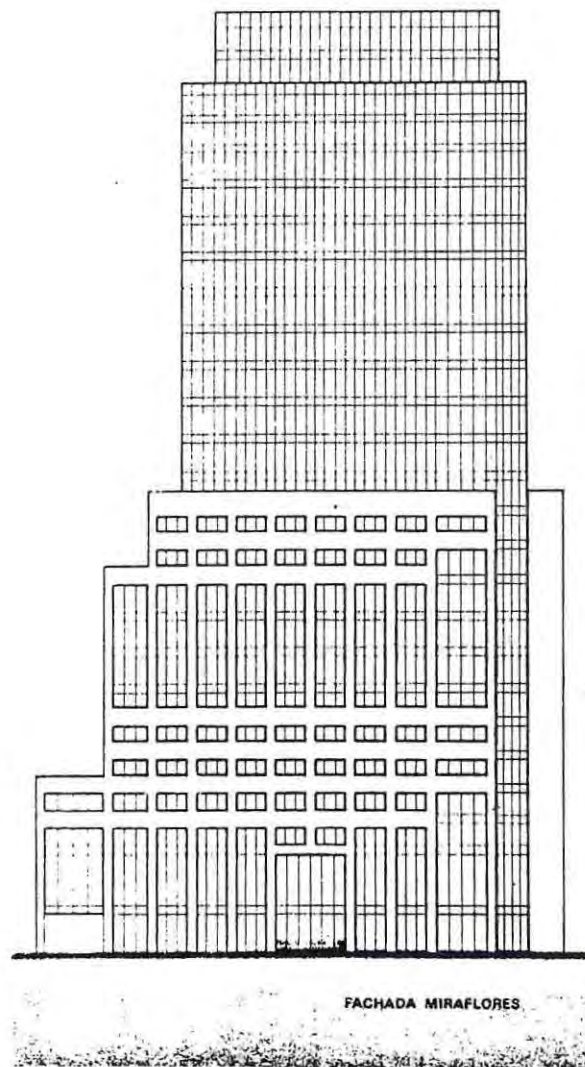
ANALISIS TECNICO: El edificio en total tiene 29 pisos, de los cuales tres son subterráneos. Funcionalmente se ha resuelto con el sistema de plantas libres,

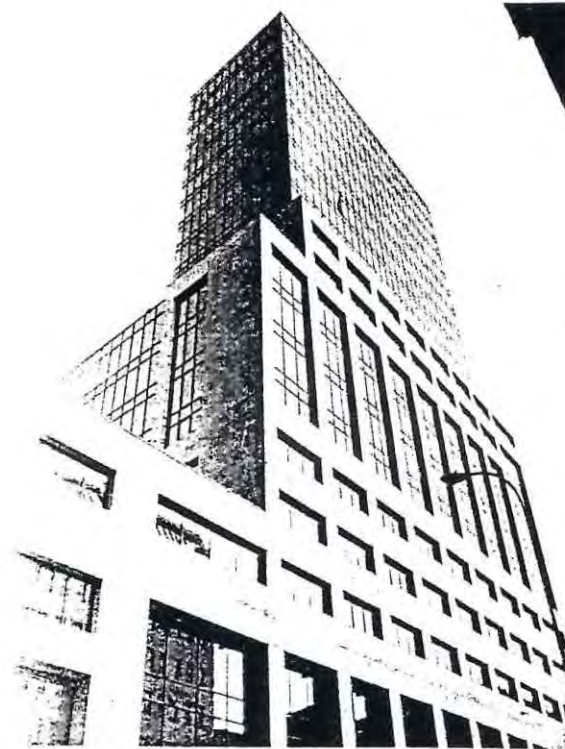
para lo cual la estructura se basa en marcos rígidos de hormigón armado con un núcleo central donde se ubican ascensores, escalas y baños.

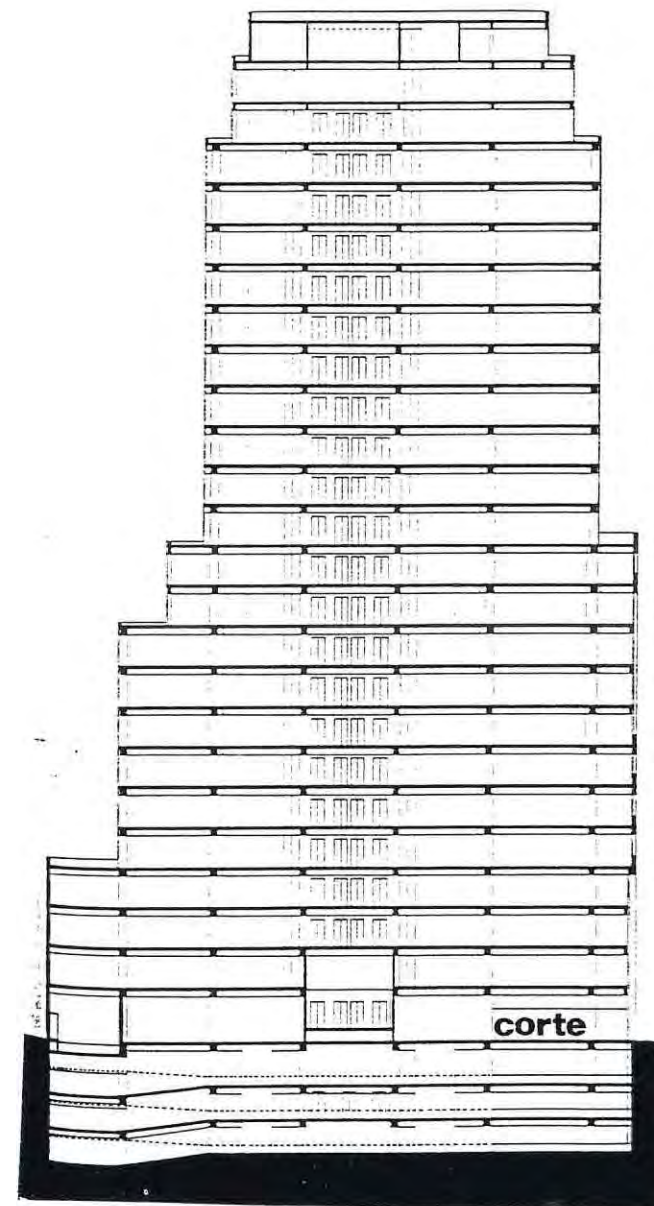
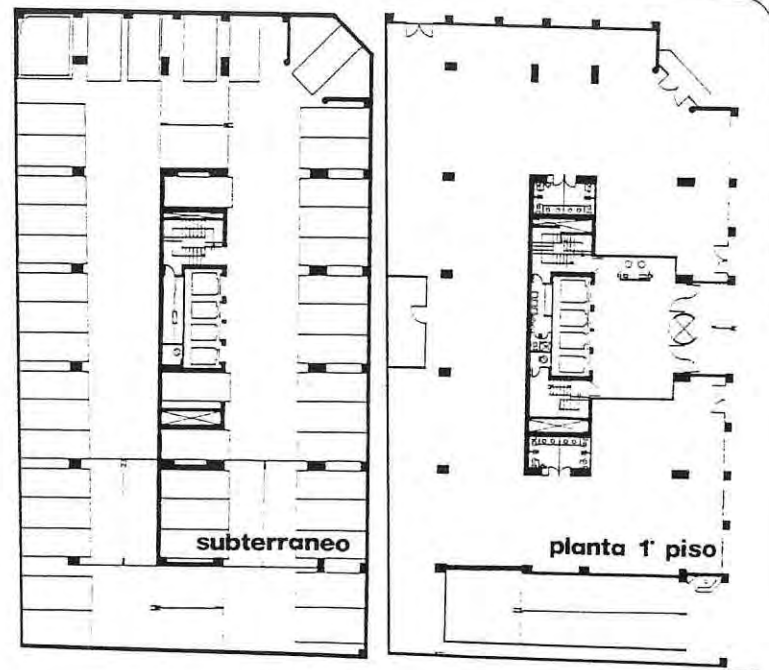
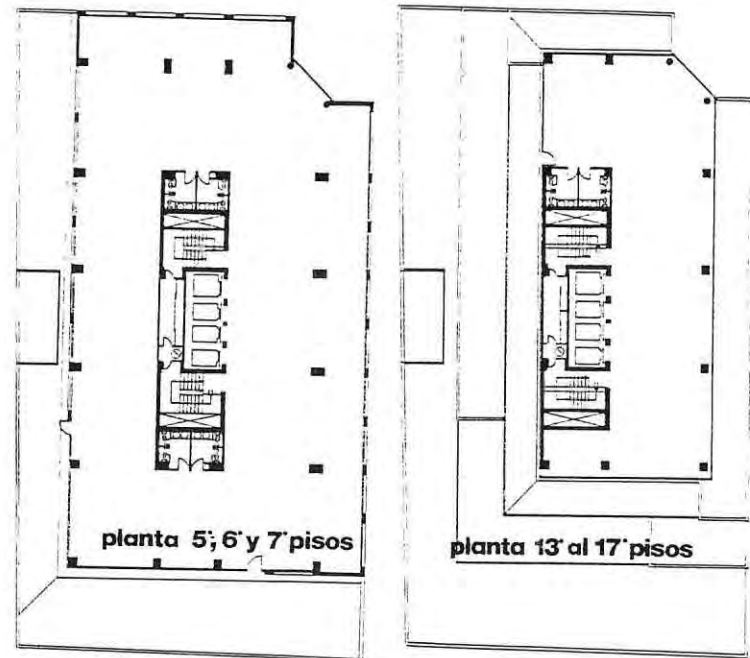
EXPRESION DEL MATERIAL: La fachada exterior del edificio va revestida en mármol proveniente de Alicante, España, color beige, ~~para~~ poco a poco irse esfumando por el muro cortina que es de aluminio anodizado (sistema baño color café oscuro). En los vidrios se usó el tipo solar cool bronce (espejo).

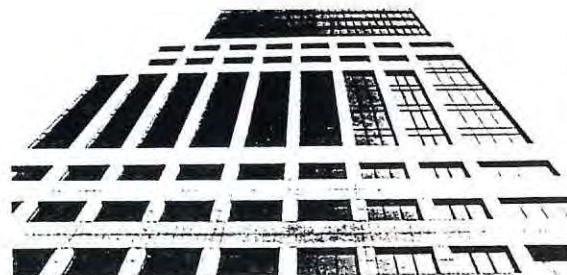
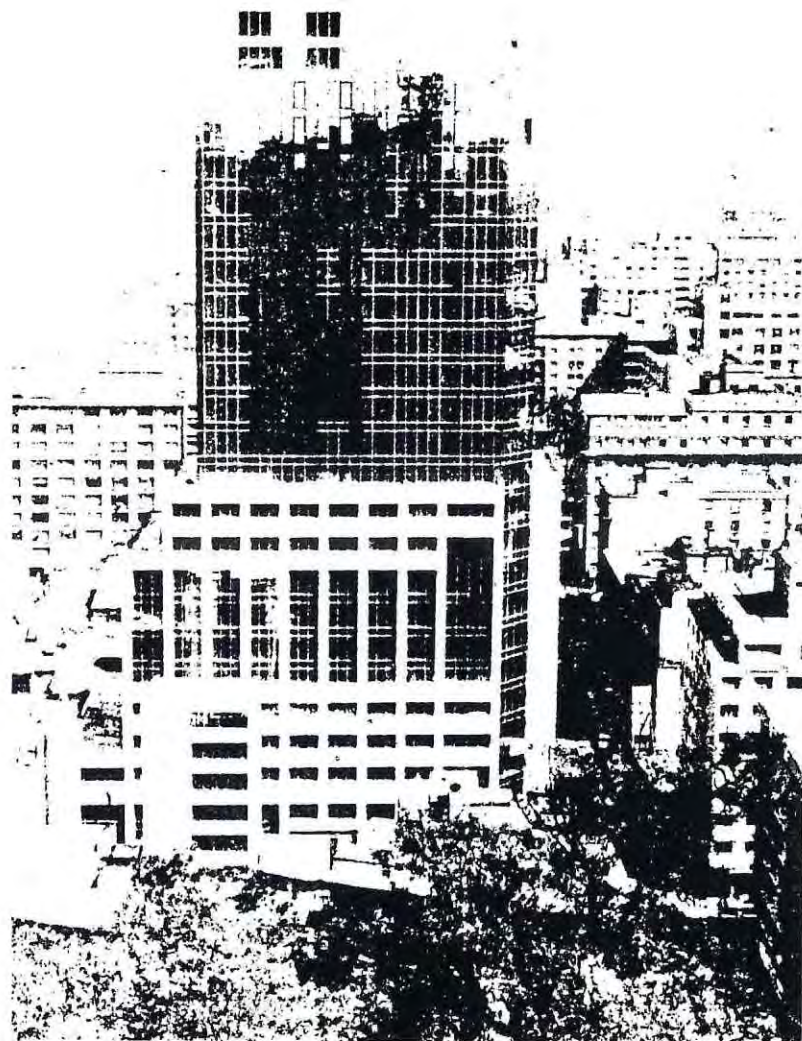
Aquí el hormigón armado se usó como soporte, aporta la masa y lo opaca.

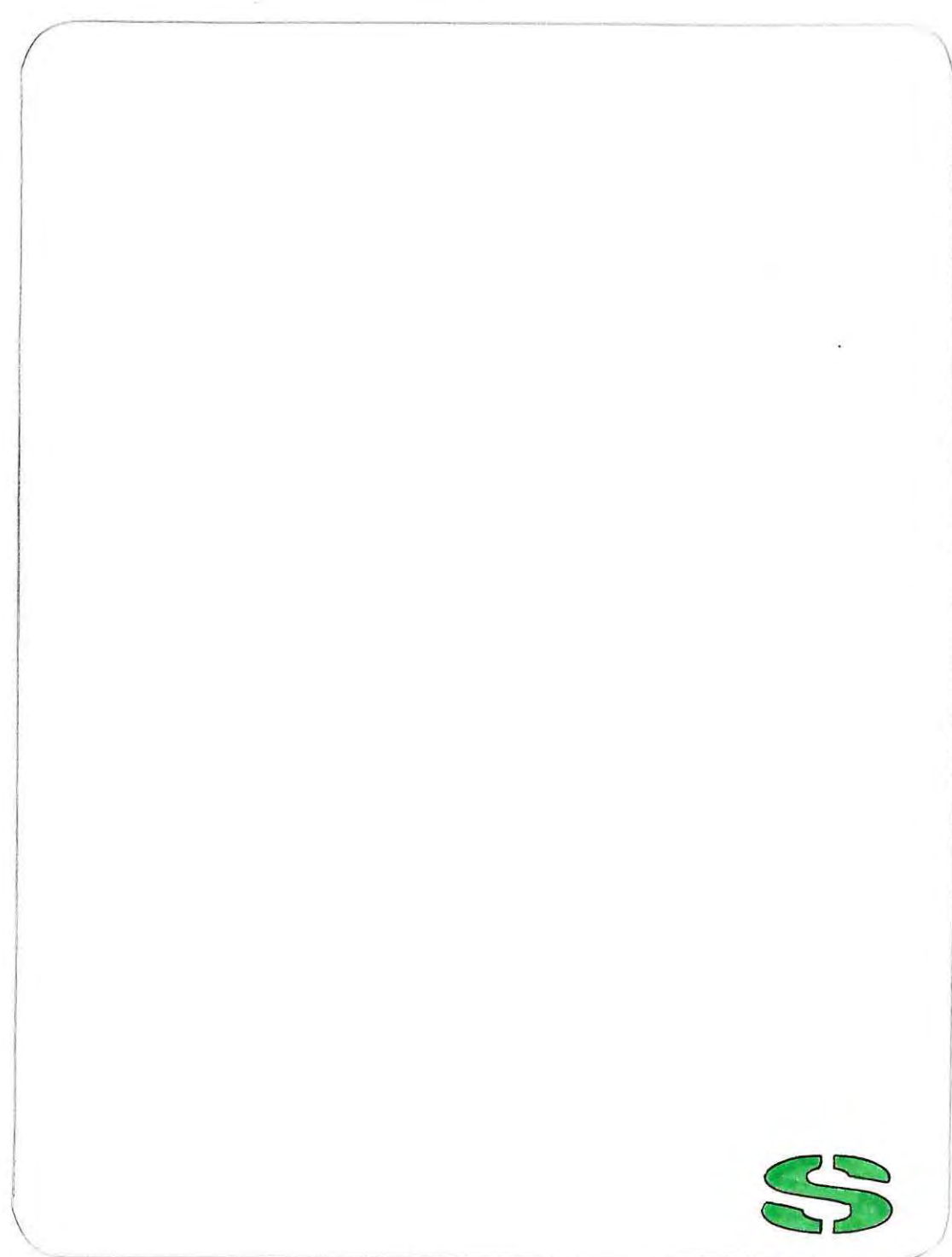
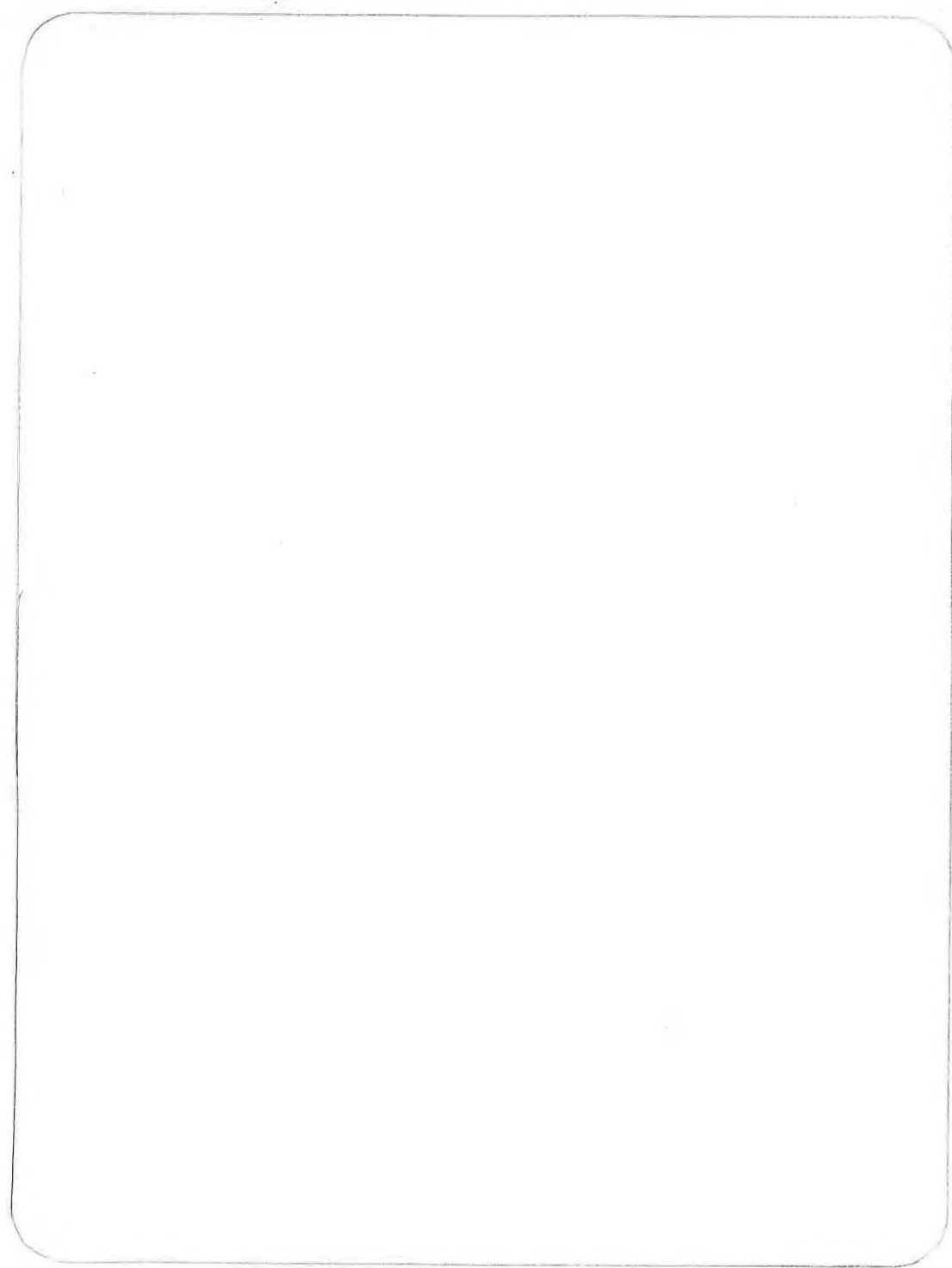












CONCLUSIONES GENERALES

RESPECTO DEL ESTUDIO: Me permitió aumentar la claridad del proceso de desarrollo del hormigón armado. Si bien estaban las partes, existían discontinuidades, esto referido tanto al material y su desarrollo como al aporte del material al proceso de construcción de la arquitectura chilena, por los escasos estudios que hay de su arquitectura contemporánea o reciente, ya que en su mayoría se refieren a etapas anteriores al estudio o temas específicos.

Es a través de los ejemplos en cada una de las etapas de aplicación en la arquitectura chilena, que se puede concluir que Chile se apropia del material hormigón armado, lo adopta.

1.- Hay un cambio importante en los modos de construir: el nuevo material que llega a Chile produjo una búsqueda de nuevas formas y modos de construir, que se alejaban de las tradicionales como lo era el adobe, la madera, esto motivó también a que la tecnología y la mano de obra fuera más especializada y específica hacia el material.

2.- Se introducen nuevas tecnologías al país, adecuándolas a las condicionantes, sobre todo la sísmica, como es el caso del Sistema Structurapid hecho por Oreste Depetris para prefabricados.

3.- Aparece un crecimiento de la industria que aporta los componentes del hormigón armado como son el cemento y el acero, que en sus inicios eran importados.

4.- Si bien es cierto que en estos momentos de los años ochenta, la arquitectura está pasando por un período de transición, el uso del hormigón armado en la arquitectura no es ajeno a ello. Se usa como soporte, no es mostrado o se hace con timidez; pero esto no quiere decir que su uso, su apego a crear nuevas formas en la arquitectura esté agotado. Su potencialidad siempre está latente.

5.- A través de la historia, los ejemplos estudiados, las entrevistas, detecté que el hormigón armado tradicional es el que más ha influido en la construcción de la arquitectura, tanto a nivel mundial como en Chi-

le, y sobre todo desde el año 1930 en adelante; en que empieza su auge, hasta su climax momentáneo que ocurre en la quinta etapa con la técnica del hormigón visto.

Creo que el futuro del hormigón armado seguirá teniendo un interes especial de arquitectos, diseñadores, ingenieros y constructores, y será labor de ellos lograr la unidad entre obra gruesa y terminaciones, ya sea por la vía de la prefabricación, o a traves de los moldajes, como lo fué el hormigón visto en su momento.



ANEXOS

EL HORMIGON ARMADO EN LA HISTORIA

"El HORMIGON ARMADO se obtiene por endurecimiento de una mezcla que se vierte líquida en encofrados adecuados, con armaduras de acero. El hormigón resulta de una mezcla de cemento, agua y agregados (arena, grava) en proporciones que dependen de los resultados técnicos deseados. La armadura está formada por combinaciones de barras de acero, normalmente redondas (a veces se emplean otros perfiles para construir una adherencia mayor) y dispuestas de acuerdo con los esfuerzos estáticos y tecnológicos del caso. La forma es definida por los encofrados que recogen la mezcla líquida hasta su endurecimiento". (

Pienso que con ésta definición e introducción

al material es básica para poder comprender y entender en una primera etapa de desarrollo del que más tarde habría que convertirse en uno de los materiales más usados y bondadosos en la construcción de la arquitectura.

Como toda creación lograda por el hombre es bueno para entender su desarrollo conocer de su historia.

Indudablemente que al estudiar un material que es producto de la unión complementada de otros materiales con sus características propias, es necesario también estudiar el desarrollo que ellos han tenido y sus avances más importantes.

MATERIALES: Los materiales que forman el hormigón armado son: el Hormigón y el Hierro homogéneo (acero dulce colado manufac-

turado por el procedimiento Bessemer Thomas o Siemens-Martin, al crisol).

El hormigón se compone de cemento tipo Portland, anena (árido fino) y material petreo grueso, a los cuales se les agrega agua para unirlos intimamente y transformarlos en una pasta plástica. Esta pasta posee la propiedad de endurecerse, desarrollándose previamente el fenómeno conocido bajo el nombre de fraguado.

EL CEMENTO : SU EVOLUCION HISTORICA

En el año 1750 el Ingeniero JOHN SMEATON (Inglaterra) trató de obtener un aglomerante netamente hidráulico, una especie de cemento de hoy día, que tuviera la propiedad de endurecerse bajo el agua, - como por antiguamente usaban los romanos en sus obras, mezclando la cal con puzolana, producto éste de origen volcánico de color amarillento verdoso o marrón de Pozzuoli, cerca de Nápoles, capaz de endurecerse en contacto con agua y transmitir esta propiedad a la cal común.

Este mismo producto, formado por la descomposición de antiguos yacimientos volcánicos se halla en abundancia en las barrancas del río Rhin (en Andernach, valle de Brohlbach) con el nombre de

"trass". Ha servido este producto para preparar mezclas hidráulicas y fue extensamente usado, por ejemplo en Holanda en la construcción de obras marítimas.

Para Smeaton era necesario disponer de todos los antecedentes en esos momentos a su alcance sobre la composición de cales hidráulicas empleadas en las construcciones, ya que necesitaba tal tipo de material para construir una faro sobre los peñones de Eddystone en Inglaterra. Realizó varios y prolongados ensayos con las piedras calcáreas margosas de Abertaw, condado de Clamorghen, las que molidas y luego calcinadas daban la posibilidad de obtener morteros fuertes y que se endurecieran en contacto con el agua. Fue, en realidad, un cal de carácter eminentemente hidráulica, - precursora del actual cemento artificial tipo Portland de Bragüe

lento. El faro fue construido con este material y demolido 120 años después a fuerza de dinamita.

En 1795, cuarenta años más tarde que Smeaton realizara sus trabajos sobre cales hidráulicas I. PARKES (Inglaterra) descubre en su isla Scheppey piedras calizas con 35% de arcilla (silice y alúmina) con las cuales logra obtener un ligante propiamente cementicio al que da el nombre de "cemento acuático". En Boulogne sur-mar, LESAGE en 1800 hacía pruebas similares y daba a su producto el nombre de "yeso - cemento".

Hasta ese momento, tanto Smeaton, Parkes y posteriormente Lesage, a pesar de conocer las propiedades hidráulicas de las calizas arcillosas calcinadas no conocían sus causas, fue SAUSURET quién descubrió y explicó dicho fenómeno como reacción de la arcilla y alúmina que combinada en proporciones es-

peciales producía el nuevo material.

Continuando con estas experiencias E. DODDS en 1810 obtiene cemento calcinando cal apagada de arcilla.

Fue en 1818 en que el Ingeniero VICAT (Francia) se dedica al estudio de los productos calizos (molidos y calcinados) y establece por primera vez las normas de fraguado, endurecimiento, resistencia a compresión y tracción, sutileza de molienda, índice de hidraulicidad y las propiedades químicas.

Pero recién en el año 1824 un ~~francés~~ inglés, JOSEPH ASPDIN, consiguió fabricar un material cementicio por trituración y calcinación de piedra caliza y arcilla. El elemento cálcico lo recogía de los caminos, triturados por los vehículos, y lo mezclaba con arcilla molida. Esta mezcla la sometía

a la calcinación en hornos rudimentarios y así obtuvo el "linker" que volvía a moler para obtener cemento en polvo. A este producto Aspdin le dio el nombre de "Cemento Portland", por tener la dureza y el color semejantes a las piedras de las canteras de Portland en Inglaterra. Los hijos de Joseph Aspdin, James y Williams, desarrollaron y perfeccionaron la fabricación del cemento.

"La industria del cemento en Chile aparece en forma paralela a las primeras construcciones de hormigón armado. El 20 de Diciembre de 1908 se crea en La Calera la primera fábrica de cemento en Chile y Sudamérica: El MELON. Antes de 1908, el cemento debía ser importado desde Europa y Estados Unidos, pero su uso estaba limitado solamente a estucos y morteros. Hasta 1946, año en que se inaugura la fábrica JUAN SOLDADO en La Serena, actualmente paralizada,

la producción estaba en manos de El Velón. En 1949 se construye la fábrica Cerro Blanco de Polpaico, y en 1960, la de Bio Bio, en Huachipato" (). Las ca-
leras de Polpaico eran conocidas desde el siglo XIX.

Actualmente los cementos que entrega la industria del cemento en Chile están fabricados bajo las especificaciones de la norma NCH 148. De acuerdo a ella se clasifica como:

Portland Puzolánica de Grado Corriente: a un cemento Portland con una adición máxima de 30% de puzolana para uso general en construcción.

Portland Puzolánico de Alta Resistencia: a un cemento Portland con una adición máxima de 30% de puzolana para uso en las construcciones donde se necesite alta resistencia a cualquier edad, sea por desmolde o por exigencias estructurales.

EL ACERO

Indudablemente que dentro de los materiales que conforman el hormigón armado el que más ha influido y caracterizado a la civilización es el hierro, tal es así que vivimos una Edad del Hierro.

El uso de este material caracterizó antaño una etapa de nuestra civilización, y marcó un hito en lo que sería el devenir de nuestra civilización.

El hombre ha usado el hierro en su época en la confección de armas y herramientas, y es a partir del siglo XVIII en que el hierro hace su aparición principalmente en la construcción de puentes, es así como en el año 1777 JOHN WILKINSON proyecta el primer puente de hierro colado sobre el Savern, en In-

glaterra, sobre la base de un arco de 31 metros de longitud.

Dentro de la arquitectura, el hito más importante es sin lugar a dudas el PALACIO DE CRISTAL en la exposición de Londres, construido por JOSEPH PAXTON en 1851, en que además tenía otro desafío el de ser una estructura modular y desarmable.

Es importante tener en cuenta que sobre este último punto que el acero como material en la arquitectura tiene poco más de 100 años de evolución tecnológica de fabricación y diversidad de productos de construcción (láminas, tubos, perfiles, cables, barras, etc.) lo que hace de él un material nuevo e inexplorado, es decir, que esté en una etapa de experimentación de sus potencialidades y su destino, si se le compara con materiales milenarios como la piedra, la madera y el ladrillo.

El acero aparece en la construcción como un colaborador estructural de las edificaciones en ladrillo o piedra, se desarrolla como refinado estructurador de cubiertas de cristal, su alianza con el hormigón da origen a una de las revolucionarias técnicas constructivas. Creo que es a partir del acero que hoy podemos hablar de hormigón armado.

Llamamos acero, al hierro con cierto contenido de carbono (0.05 a 1.7%). Es un material que puede ser templado y adquirir otras propiedades mediante tratamientos térmicos o mecánicos. A medida que aumenta el porcentaje de carbono, crece la resistencia a la tracción y el límite elástico pero disminuye su alargamiento y su coeficiente de resistencia al choque o resiliencia como ocurre en el hormigón pre y post tensado.

Hoy día como anotábamos anteriormente, hay

una gran diversidad de productos, dentro de estos están los aceros especiales para estructuras de hormigón armado.

En Chile los aceros para la construcción (barras) están fabricadas bajo las especificaciones de la norma NCH 204. Las cuales definen el fabricante, calidad, propiedades mecánicas mínimas, resaltes, etc.

Desde que se usó por primera vez el acero en conjunto con el hormigón, este fué colocado en base a barras redondas y lisas y su resistencia a la tracción no sobrepasaba de 10 Kg/mm^2 . Actualmente el avance tecnológico del acero permite obtener aceros especiales (en Chile) que van de los 28 Kg/mm^2 hasta los 58 Kg/mm^2 como resistencia máxima a la fluencia, que están en el mercado tanto en barras redondas lisas como con resaltes.

Para estructuras y condiciones mecánicas especiales existen aceros de alta resistencia en que los límites de fluencia máxima es 75 Kg/mm^2 , es el caso de estructuras de Hormigón pretensado y postensado.

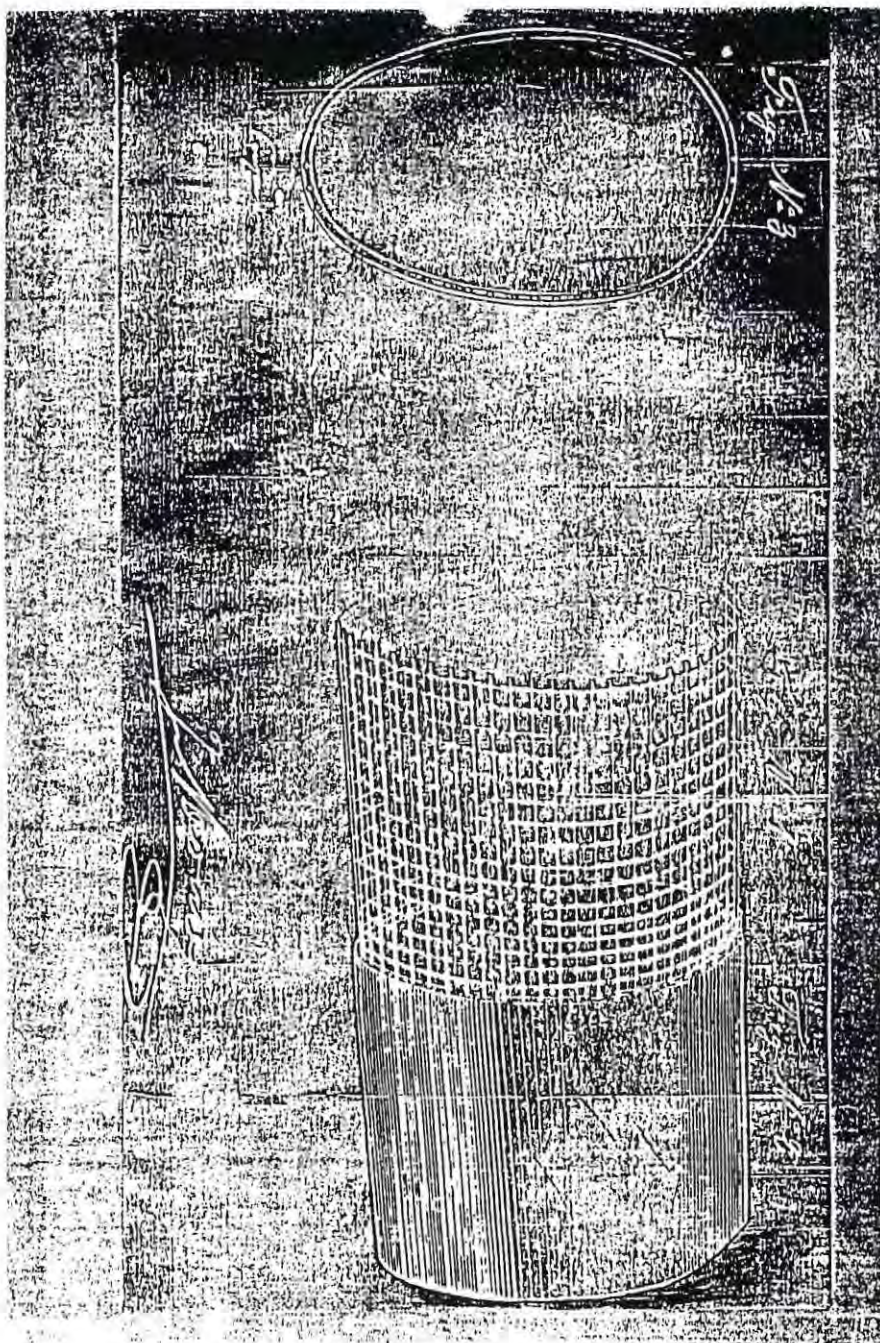
En casos especiales para estructuras con sollicitaciones de carga muy alta o salvar grandes luces se ha creado en un cable formado por 5,6,7 o más barras de diámetro $\phi 6$ ó $\phi 8 \text{ mm.}$, estas barras son de un acero de alta resistencia. Estas barras son revistadas para formar una unidad y además tener una adherencia con el hormigón, es conocido con el nombre de cable TORON.

En Chile se hace extensivo y masivo el uso del acero con la aparición de las primeras industrias, que venían a llenar el vacío producido por la importación de hierro manufacturado, "el primer intento

para producir acero partiendo del mineral de hierro se realizó con la puesta en marcha de los ALTOS HORNOS de CORRAL en 1910. La sociedad responsable fue una filial de la firma francesa SCHNEIDER Y CO., CREUSOT, constructora de importantes obras para los ferrocarriles chilenos. Sin embargo, trabaja solo un año, cerrando - razón oficial - "por falta de stock de lena". Paralelamente la firma había negociado sus privilegios sobre el mineral del Tofo - concedidas por el gobierno para alentar la instalación de los ALTOS HORNOS con La Bathlehem Steel de E.E.U.U., quien queda usufructuaria del mineral "hasta el año 2000".

El año 1924 se reanudan las operaciones en Corral con la formación de la "Compañía Electrosiderúrgica de Valdivia", formada con capitales nacionales(). Posteriormente entrarán en producción

otras industrias -tales como FAMAE, INDAC y LANTIPUN -, para que finalmente en 1950 se ponga en marcha el alto horno del proyecto más ambicioso en el rubro, Huachipato. Que vino a satisfacer en gran medida la demanda nacional.



EL HORMIGON ARMADO Y SU DESARROLLO

SU ETAPA INTUITIVA (1820 - 1872)

Es a partir de la aparición del cemento Portland en que se comienza a atisbar los primeros intentos de aplicarlo en la solución de los problemas constructivos, especialmente en lo que se refiere a la necesidad de proteger al fierro de la oxidación y el fuego y la necesidad de solucionar estructuras de grandes dimensiones para la demanda de las nuevas industrias.

Por otra parte "la producción de hierro aumentó en gran proporción; el metal vino a sustituir a la madera y a la piedra en la construcción, las industrias ferreteras expandieron sus productos y casi no hubo alguna ocupación - desde la agricultura hasta la construcción de buques, desde la ingeniería

hasta los tejidos - que no reaccionará ante un mercado ampliamente provisto de hierro barato".

No es extraño, en consecuencia que la unión de hormigón y fierro se vaya siendo cada vez más íntima.

Luego que JOSEPH ASPDIN se le concediera la patente en Inglaterra para un cemento artificial o cemento Portland en el año 1824, cinco años más tarde, en 1829 el Dr. FOX de nacionalidad inglesa daba a conocer un método para la fabricación de suelos de hormigón, usándolos como relleno entre vigas de fierro. Su sistema fue patentado en 1844.

En 1845 el ingeniero inglés WILLIAMS FAIRBAIRN levantó un edificio industrial de ocho pisos en Manchester, empleando el sistema patentado por el Dr. Fox, la construcción consistía en una estructu-

ra metálica de fierro fundido y usándo el hormigón como recubrimiento de los pilares, además de forjados compuestos por viguetas de hierro bovedillas hormigonadas entre aquellas.

Actualmente es difícil de saber con certeza quien es el inventor del hormigón armado, existen discrepancias entre algunos autores.

EDUARDO TORROJA en su libro "Razón y ser de los tipos estructurales" dice: "cuando Monier empezó a hacer sus tiestos de mortero armado con alambres mal podía imaginar que estaba creando un material con el que, pocos lustros después, se había de llegar a construir puentes y estructuras que dominaron en dimensiones todas las que él conocía".

Como se puede apreciar aquí Torroja afirma "estaba creando el material", sin embargo otros autores

como ALY AHMED RARRAT en su libro "Reinforced Concrete" afirma; "la idea largamente afirmada que Monier el jardinero francés, fue el primero en usar el hormigón armado, debe ser cambiada, por cuanto Monier obtuvo su primera patente en 1867, siendo precedido por varias patentes anteriores".

FRANCOIS COIGNET en una intervención mas relacionada con la edificación realiza en 1852 una terraza en Santa Denis, constituida por cemento fraguado en encofrado, armado con hierros perfilados, cuyo estudio había iniciado en 1847.

En 1855 Coignet inscribe la patente inglesa N° 2659 para "algunas mejoras en el uso y preparación de materiales plásticos para ser usados como piedra artificial como concreto o cemento para edificios y otros propósitos".

Coignet en 1861 escribe una memoria para el uso del hormigón con armaduras de barras de fierro, describiendo la preparación del hormigón hecho de cal, arena, grava y cemento, empleado al estado de "polvo pastoso de acción lenta". Hace observaciones sobre la protección del hormigón a la oxidación del fierro, aún en presencia de agua de mar, manteniéndolo durante largo tiempo "puro y brillante como la plata".

Coignet propicia los radieres para la construcción de casas en suelos movedizos, (como el Havre y Marsella).

En el año 1864 presenta una nueva publicación "Hormigón aglomerado en base a cal", preconizando el empleo de armaduras metálicas en el hormigón".

Todo el conjunto de investigaciones y aplica-

ciones hechas por Coignet fue explotado comercialmente junto a sus hermanos con la creación de la "Sociedad Central de Hormigones Aglomerados - Sistema Coignet".

Por otro lado y paralelamente otros investigadores también logran avances, en 1848, J.L LAMBOT proyectó una embarcación que construyó tiempo después a base de hormigón armado, con una red rectangular de barras de fierro y presentó en la Exposición Universal de Paris en 1855, provocando gran interés.

Ese mismo año, Lambot inscribe la patente francesa N 22120 y una provisional inglesa N 330 para el "FERCIMENT" hormigón armado con una red de alambres o barras metálicas, amarradas entre ellas.

En 1849 JOSEPH MONIER, (1823 - 1906), jardine-

ro de Marsella, tiene la idea de reemplazar los maceteros para flores de madera por alambre revestido en cemento. Pero no es hasta 1867 que con la patente N° 77.165 se registra la famosa patente para "un sistema de cajas y de puentes móviles de fierro y cemento aplicables a la agricultura".

Monier registró patentes adicionales, en los cinco años siguientes, partiendo del hecho que "se da cuenta pronto que el nuevo sistema de construcción es bueno para muchos otros usos, y después de haber patentado, en 1855, sus cajoneras para flores, obtiene en los años sucesivos una serie de patentes para la aplicación del hormigón armado en tuberías (1868), paneles (1869), puentes (1873), escaleras (1875), vigas (1878) y cubiertas (1880)

Entre los años 1840 y 1850 despierta gran interés en Paris, la construcción de pisos a prueba de

fuego. Por medio de barras redondas dobladas formando angulos rectos y suspendidas de barras planas colocadas con su parte ancha verticalmente. Para pisos de gran luz era construido reemplazando las barras planas por fierro dulce doble tee. Estos eran formados al forjar a martillo dos secciones tee de fierro al rojo.

Para los ciclos era usado el "Plaster of Paris" (yeso), que al humedecerse, atacaba las enfierraduras.

W.B. WILKINSON, de Newcastler, plantea un nuevo procedimiento para la construcción de pisos, en 1854 registra la patente inglesa N° 2293 para la colocación en pisos o vigas de hormigón, redes de barras planas o alambres subiendo las armaduras de las vigas en sus puntos de apoyo y bajandolas cerca del fondo de la viga o losa al centro de la luz

esquema intuitivo de resolver las solicitaciones estáticas aque se encuentra sometido un elemento sujeto a esfuerzo a flexión.

Wilkinson, se adelantó a Monier y Coignet en el uso del hormigón armado como un conjunto de material estructuralmente distinto del fierro o el hormigón separadamente.

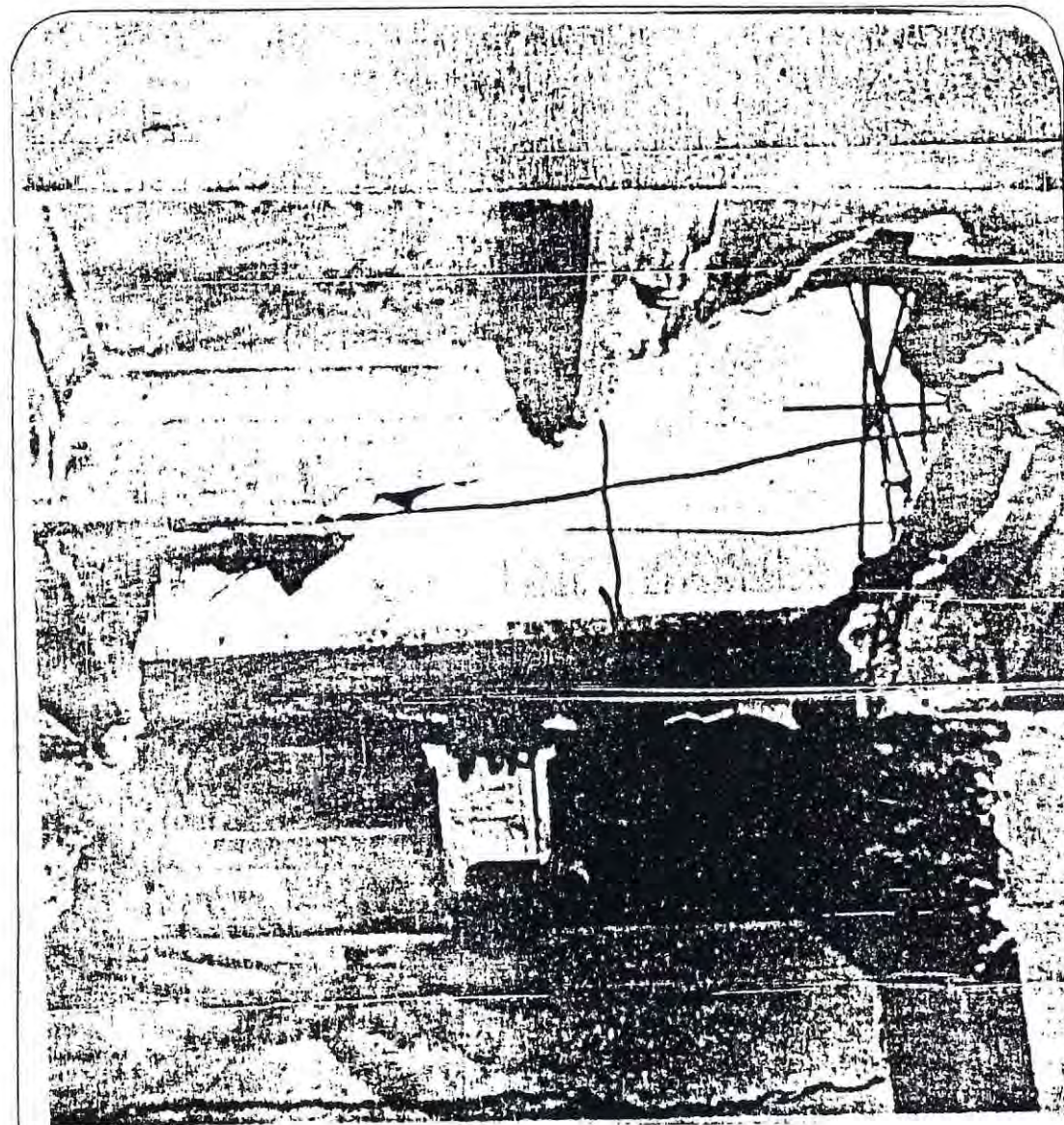
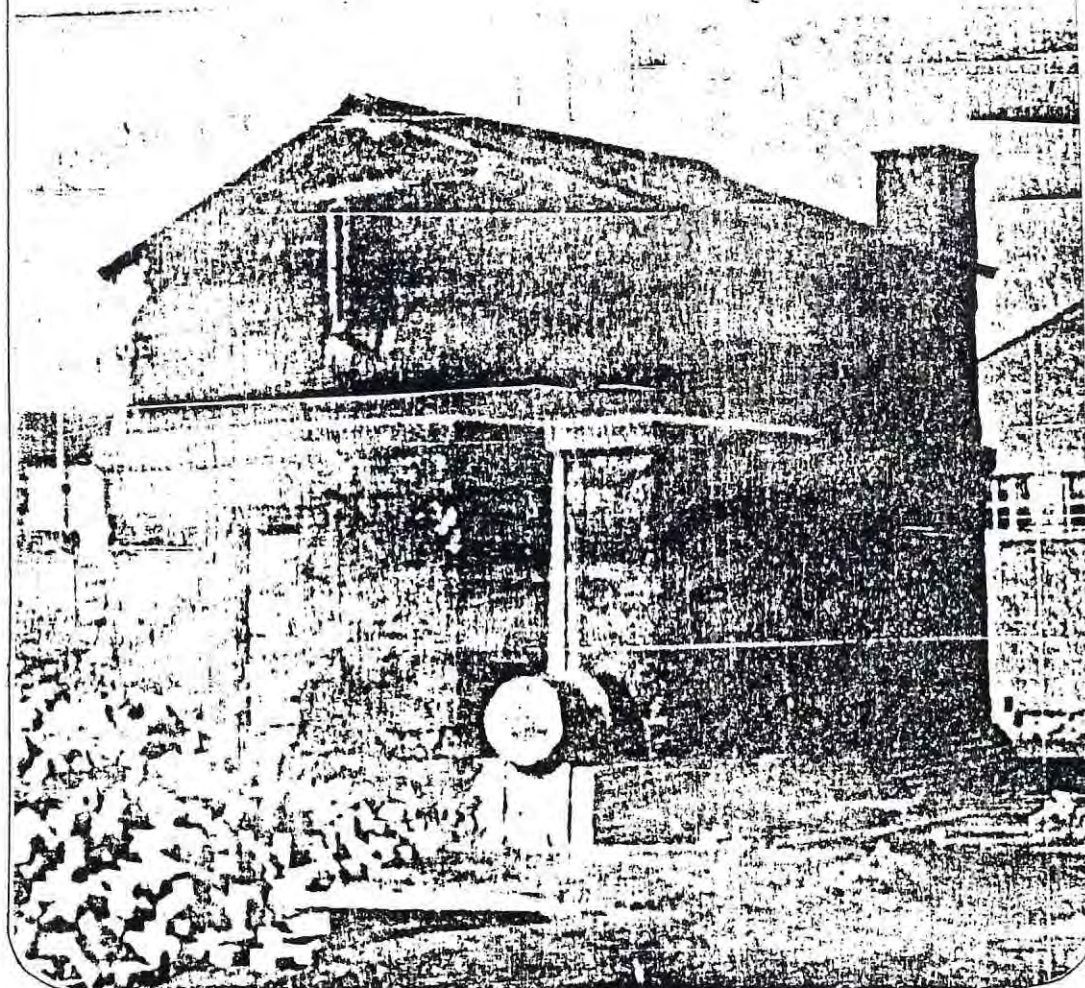
Los trabajos y aplicaciones de los conceptos elaborados por Wilkinson han sido demolidos o destruidos, el último demolido a principios de 1955 era una pequeña casa, fue la primera construcción en hormigón armado en Newcastle Upon-Tyne. Se construyó alrededor de 1865, sus principales características eran:

MUROS: Primer piso 30 cms.

Segundo piso 23 cms. realizado en hormigón.

Chimenea y escaleras en hormigón armado.

Vigas reforzadas en alambre.



CRONOLOGIA (1820 - 1879)

- 1844 DR. FOX , Inglés, patenta suelos de hormigón entre vigas metálicas.
- 1845 FAIRBAIN , Inglés, colocación de hormigón para pisos sobre láminas metálicas y recubrimiento de pilares.
- 1847 COIGNET , Francés, primeras experiencias con hormigón armado y encofrados.
- 1848 LAMBOT , Francés, construcción de un bote de hormigón armado con red rectangular de barras de fierro. Patenta el "FERCIMENT".
- 1849 MONIER , Francés, fabrica maceteros y tubos

de hormigón armado.

- 1854 WILKINSON , Inglés, patenta sistema de pisos, resuelve colocación de armaduras instiutivamente a los esfuerzos de flexión.
- 1855 COIGNET , patente inglesa para el uso del hormigón armado y de agregados de arena fina.
- 1861 COIGNET , publicación para el uso del hormigón armado.
- 1864 COIGNET , nueva publicación sobre disposición de enfierraduras en hormigón armado.
- 1867 MONIER , patentes para la aplicación en artículos agrícolas.

1868 MONIER , realiza un depósito hidráulico en
Fontainebleu.

1870 MONIER , patente para estanques, cañerías,
maceteros.

1872 MONIER , primer estanque de agua en hormi-
gón armado, en Bougival.

1873 MONIER , patente para la aplicación del hor-
migón armado en puentes.

1875 MONIER , realiza el primer puente de 16 mt.
de longitud.

1875 MONIER , patente para aplicación de hormi-
gón armado en escaleras.

1878 MONIER , patente para aplicación en vigas.

1879 MONIER , se ceden sus patentes a Alemania y
y Austria.

1880 MONIER , patente para la aplicación en cu-
biertas.

LA TEORIA (1880 - 1904)

La segunda mitad del siglo XIX está dedicada a la construcción experimental y el estudio teórico del material.

Los planteamientos de Monier no fueron respaldados ni por la teoría ni por la experimentación sistemática. En 1884 las firmas alemanas FREYTAG & HEIDSCHUCH, NEUSTADT y MARTENSTEIN & JOSSEAUX , OFFENSEBACH, compran las patentes a Monier y en 1855 ceden sus derechos al ingeniero G.A. WAYSS y FREITAG de Frankfurt-am Main.

Wayss realiza ensayos que los publica en 1887 referidos a resistencia mecánica, resistencia al fuego, durabilidad del hormigón armado. Posterior-

mente comisionó a MATIAS KÖENEN (1849-1924) para el estudio de un sistema de ensayo.

En 1886 Koenen publicó un procedimiento de cálculo de estructura de hormigón armado, que permitió una aproximación más segura en el diseño de las estructuras.

Además en sus estudios teóricos, situó el eje neutro de la viga a mitad de su profundidad. La importancia entre la relación del módulo de elasticidad del fierro y del hormigón y el efecto de esto en la posición del eje neutro.

Este hecho fue reconocido por primera vez por PAUL NEUMANN, profesor de la Escuela Técnica de Brunn, e incluido en una memoria de cálculo en las construcciones Monier en 1890.

T. MELAN, profesor en Brunn y en Praga (1890)

inventó y patentó en 1892 un sistema de construcción de pisos y cúpulas, usadas para la construcción de puentes.

Entre 1890 y 1900 J.BAUSCHINGER (1834-1893) y C.BACH realizan investigaciones sobre elasticidad del hormigón y forma de las deformaciones de acuerdo a las variaciones de carga.

En 1902, la firma Wayss y Freitag realiza una publicación a objeto de contra atacar métodos no científicos de uso del hormigón armado, escrito por el profesor MORSCH, Director de la Oficina Técnica de la firma, haciéndolo público el total de sus datos experimentales.

En 1903 normas oficiales basadas en recomendaciones de Morsch fueron introducidas en varias ciudades de Alemania, incluyendo Prusia.

Durante todo este período en Alemania se realizaron investigaciones hechas ya sea por particulares, como por laboratorios y firmas contratistas.

En 1894 el profesor DR. KELLER publica en el N 24 del "Tonindustriezeitung" para el cálculo de coeficiente de dilatación del hormigón por el calor.

1902, la casa Wayss y Freitag, realiza ensayos de extensibilidad del hormigón armado. En Francia CONSIDERE realiza trabajos de este tipo, que tienen por objeto la determinación de vigas sometidas a flexión.

1903, investigaciones sobre la "bóveda Monier" que databan de trece años sobre la vía férrea de Modling, por el profesor KLAUDY, de Viena.

1904, para determinar la resistencia del desgarramiento (esfuerzo de corte) del hormigón se

practicaron por primera vez, por encargo de la casa Wayss y Freitag, ensayos de torsión con cilindros de hormigón en los laboratorios de Materiales de Stuttgart.

1904 KLEINLOGEL, en el laboratorio de Ensayos de Materiales de Stuttgart realizó trabajos de ensayos de extensibilidad del hormigón, planteando discrepancias con resultados de Considere, quien repite su experiencia y obtiene ensayos que dan una limitación considerable a la extensibilidad del hormigón armado.

En Francia mientras tanto también se realizaban experiencias.

EDMOND COIGNET (1850-1915) hijo de Francois, es uno de los primeros que se esfuerza por establecer un modo racional para realizar los cálculos en

las obras de hormigón armado.

Coignet registró numerosas patentes para el uso del hormigón armado; en 1890 para la fabricación de cañerías, acueductos y túneles; en 1892 para vigas prefabricadas; en 1894 para pilotes.

El reconocimiento oficial de los méritos del hormigón armado fue la aceptación en 1892 de las propuestas de E. Coignet para el uso del nuevo material en reemplazo de las albañilerías en el nuevo sistema de drenaje de París. El espesor comparativo del propuesto en piedra y el de hormigón armado son mostrados en la figura (

Los muros proyectados por Coignet eran de 72 mm de espesor y reforzados por barras redondas de 15 mm formando una red con barras de 12.5 mm.

Coignet en colaboración con N. de TEDESCO rea-

lizaron experimentos y ensayos sobre el cálculo de los elementos del hormigón armado que sería similar al anterior trabajo realizado por Koenen y Waiss en Alemania.

Coignet y Tedesco supusieron que la teoría formulada por Coulomb y Navier para las deformaciones era aplicable al hormigón armado, esto es, que el material obedecía a la Ley de Hook. Estimaron que la razón del módulo de elasticidad del acero y hormigón podían ser tomados como constante, lo que llamaron "Razón Modular". Desde el momento en que el hormigón en la parte tensionada rompería antes que el acero desarrollara todo su trabajo tensor, las tensiones en el hormigón fueron ignoradas. Posteriormente se comprobó que el hormigón sometido a tracción no obedecía estrictamente la ley de Hook, y fue difícil de convencer que la resistencia a la

tracción del hormigón no era el asunto de importancia.

Al respecto es interesante la comparación entre las diversas teorías rivales en el período comprendido entre 1890-1900 sobre diagramas de compresión-tracción de un elemento sometido a flexión.

La precisión teórica, que se pretendió dar a una visión práctica estaba influenciada por una serie de factores propios de cada investigador y que hacían explicable mucho de los diferentes planteamientos, entre los cuales están:

El cemento empleado, era fabricado de materiales de composición variable por procesos que no eran controlados. Los agregados también variaban en sus propiedades físicas, dependiendo de la exactitud de medición de ellas, formas de mezclado, colocación y

consolidación.

La influencia de la razón agua/cemento en la resistencia no eran entonces sospechadas y la resistencia del hormigón armado al esfuerzo de corte era vagamente concebida en el período 1890-1900.

En 1895 ARMAND SABIELE CONSIDERE (1841-1914) ingeniero de puentes y caminos, e Inspector General de Caminos, se transforma en el primer teórico del hormigón armado. Investiga sobre la adherencia del metal-hormigón, recomienda colocación de "aros cerrados" para vigas y pilares la patente en 1900 en Francia y en 1902 en Inglaterra. Da recomendaciones respecto al doblado de las barras principales en los extremos.

FRANCOIS HENNEBIQUE en Francia es considerado el impulsor del hormigón armado, su prestigio se li-

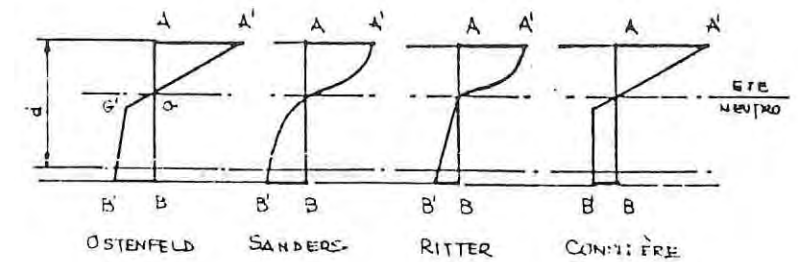
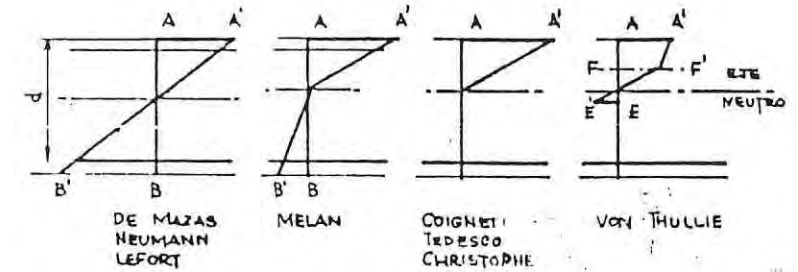
gó más a la idea de generar empresas que realizaban obras de hormigón armado, ya que el no fué un teórico, mas bién un realizador.

Hennebique nace en 1842 y siempre estuvo ligado a faenas de la construcción, como aparejados jefe de obra, contratista y empresario.

De cada una de sus obras el sacaba experiencias que pasaban a formar parte de sus libros de notas, que con el tiempo y el desarrollo que tomaron sus aplicaciones los publicó.

En 1888 registra sus primeras patentes, en 1892 introduce los estribos de aros planos en las vigas, detalles que fueron característicos de sus trabajos, permitiéndole registrar dichas patentes en casi todos los países del mundo y que explotó comercialmente a través de consecionarios.

TEORIAS DE LA DISTRIBUCION DE LOS ESFUERZOS EN UNA SECCION DE UNA VIGA DE HORMIGON ARMADO PERIODO 1890-1900



A A' = ESFUERZO MAXIMO DE COMPRESION EN HORMIGON.
B B' = ESFUERZO MAXIMO DE TRACCION EN HORMIGON.

En 1897 introduce las barras dobladas en forma de U, todavía de zunchos de fierro pero colgadas de la barra principal, usandolo incluso en losas de piso, el mismo año adapta las vigas en forma de Tee, siendo inventado este sistema según Mörsch en 1886 y aplicado en la construcción de la Biblioteca de Amsterdam.

Hennebique consideraba la unión heterogénea fierro-hormigón como un material en el cual el hormigón absorbía los esfuerzos de compresión y el fierro los de tracción, verificando sus hipótesis por medio de la experiencia.

Las soluciones constructivas logradas por Hennebique le permitieron lograr la unión entre pilares, vigas y pisos en estructuras completamente monolíticas.

En 1897, el sistema Hennebique fue introducido en Inglaterra por L.G. MONCHEL, reservando su exclusividad, hasta que en 1904, E. Coignet comienza a realizar trabajos en este país.

En 1897 el famoso ingeniero CHARLES RABOT, dictó el primer curso que se diera en el mundo a los estudiantes de la Escuela de Puentes y Caminos en Francia. Al terminar el curso lanzó esta frase, como un grito de alborada: "UNA NUEVA ARQUITECTURA DEBE NACER DEL HORMIGON ARMADO".

En 1903 los métodos de cálculo de Rabot son adoptados oficialmente por los ingenieros militares de Francia.

En Estados Unidos la teoría y las realizaciones en hormigón armado muestran un panorama bastante augurado en este período.

En 1878 THADDEUS HYATT (1816-1901) inscribe su primera patente para construcciones de hormigón armado.

Los estudios que realizó Hyatt se orientaron preferentemente a demostrar y destacar la importancia del coeficiente de dilatación del hormigón y el hierro al cual dio una razón modular como 20.

El pionero del hormigón armado en norteamérica fue E.L RANSOME (1844-1917), en 1870 en San Francisco dirige una firma comercial Patent Concrete Cia., que comerciaba para piedra silicosa, hecha el cemento junto al silicato de sodio, polvo de desgaste de piedra de molino.

En 1888 levanta su primer edificio con un sistema de barras cuadradas torsionadas lo cual permitía mejorar la adherencia acero-hormigón, patenta

este sistema en 1884 pero no supo explicar las causas que lo motivaban. Estas barras las aplicó en vigas y columnas de fierro. Al año siguiente introdujo un sistema de vigas tee con refuerzos en el fondo de ellas. Su preocupación principal era la continuidad estructural de vigas y losas.

En 1903 levanta su primer edificio completo en estructura de hormigón armado en Greenberg Penna.

En 1902 ORLANDO W. NORCROFT patenta un nuevo sistema de "losa plana sin viga" avance muy importante en la tecnología del hormigón armado y cuya generalización se puede establecer a partir de 1910.

En Inglaterra los estudios y uso del hormigón armado se inician en 1897 cuando L.G. MONCHEL se instala en Londres como concesionario de Hennebique, usando sus patentes.

Las realizaciones en hormigón armado estaban referidas hasta ese momento a pisos contra los incendios.

Hennebique en 1892 inscribió la patente N° 14530 para construcciones de pisos.

La figura (A) muestra un ejemplo de pisos con vigas tee, en ella se colocaban estribos de fierro con el objeto de "disminuir el esfuerzo de corte que es ejercido cuando las viguetas se flexionan". En la parte inferior del nervio se colocaba una madera sostenida por claves, alrededor del cual se vaciaba el hormigón, esto se hacía con el objeto de poder colocar cielo raso, soluciones semejantes se adoptaban para los estables de piso.

La figura (F) muestra una viga continua "sistema Hennebique". Las barras principales del

fondo de la viga fueron dejadas en dos niveles, la inferior-continua y recta, la superior dirigiéndose hacia arriba y doblada en el tope de la viga encima del apoyo. Los extremos de todas las barras terminaban en cola de pescado. Los estribos eran fabricados en zunchos de hierro doblados en forma de U, con perforaciones que permitía la colocación de pesadores y con ello mantener el estribo apretado y firmemente unido a la barra principal. Este sistema fue patentado por Hennebique en 1905 con el número 13671.

Este sistema se empleó en Inglaterra hasta que en 1904 entra a competir Edmond Coignet al inscribir la patente número 24371 cuyo diseño de vigas está en la figura (G).

Las barras longitudinales del sistema Coignet eran de acero redondo, los estribos eran amarrados

a las barras principales de columnas y vigas, de tal forma de establecer un conjunto reforzado que si se deseaba pudiera ser armado fuera de la obra y colocado posteriormente en ella como unidad rígida.

En 1906 según la patente N° 14693 de Coignet decía "que para la mayoría de las barras traccionadas de una viga, ellas deben ser dobladas en 45° y prolongada hacia los lados para empotrar el acero en el area comprimida según la figura ( H).

Los primeros edificios de Coignet en Inglaterra fueron un grupo de bodegas de Tabaco, construida en varios pisos en 1904 al lado del rio Avón bajo Bristol.

La Compañía Británica del Hormigón Armado, inscribió una patente en 1905 la N° 19403 para el uso de estribos doblados, dando vuelta alrededor de la

barra principal y apretándose y torciéndose como puede verse en la figura ( E).

Esta compañía construye su primer edificio en 1905 para una bodega de los señores Crosfields en Warrington.

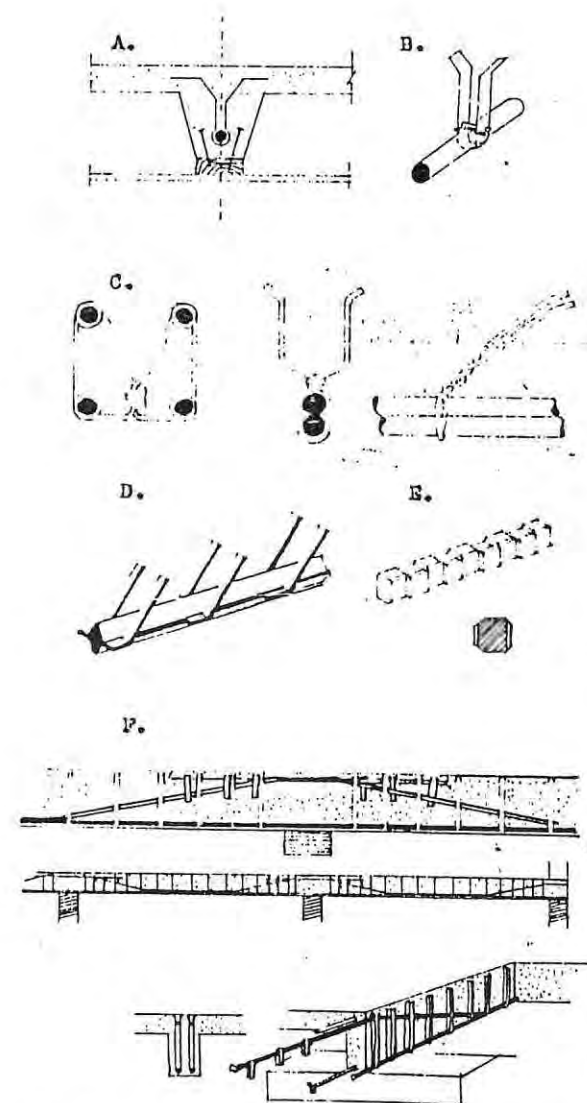
Considere en 1902 inscribe una patente inglesa N 14871 para el uso de aros en espiral, su primera aplicación fué para la construcción de un molo en Thames Haven en 1907.

Todas las patentes posteriores no difieren en mucho a los planteamientos de Hennebique y Coignet.

Como por ejemplo la Trussed Concrete Stael Company, en 1903 patenta el uso de la barra American Kahn para vigas reforzadas, llegando a ser de uso común una barra cuadrada con las diagonales del cuadrado vertical y horizontal. La diagonal horizontal

se prolongaba en aletas que podían ser cortadas y dobladas en 45° formando cortes estribos de una sola pieza según figura (D).

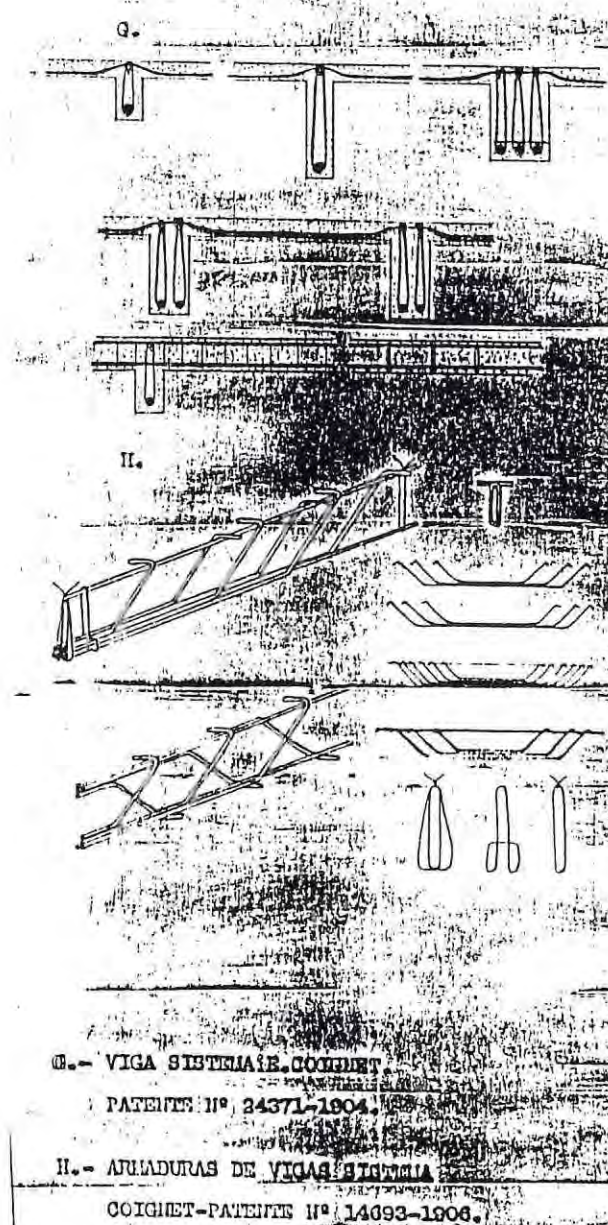
Su uso se generaliza en 1906 en la construcción de los embarcaderos de Rosyth.



A.-VIGA TEE-SIST. HENRIQUE - 1892.
 B.-SIST. HENRIQUE-SOPORTE ESTRIBOS-Pat.
 13671 - 1900.
 C.-PATENTE CIA. PORTUGUESA N. ARILADO 19403-1906
 D.-PATENTE TRUSSED CONCRETE STEEL COMPANY
 1903.
 E.-PATENTE L. JOHNSON-SISTEMA DE PARRAS-1904
 F.-VIGA CONCRETA SIST. HENRIQUE PATENTE
 30143 - 1897.

Otro sistema de barra fue la patentada por A.L. JOHNSON, en 1904, barra de sección rectangular produciendo salientes y entrantes como podemos apreciar en el diseño de la figura (E).

RICHARD JOHNSON, CLAPHAM y MORRIS, inscribieron en 1906 la patente N° 19949 para la fabricación de una malla de alambre, similar a la de gallinero pero conteniendo alambres rectos en una dirección para actuar como refuerzo principal de la losa. En 1903 habían realizado este sistema para la construcción de los pisos del Hotel Savay en Londres.



Durante todo este período la investigación del comportamiento del hormigón armado y su comprobación en realizaciones, prácticamente fue realizada al margen de ingenieros y arquitectos. Como resultado de esto es que las construcciones estén referidas a satisfacer y dar respuestas a requerimientos puntuales, ya sea de tipo estructural o constructivo, son prever aún las posibilidades del hormigón armado como material.

Esto se vio acentuado además, en que en los distintos países, en que se aplicó uso del hormigón armado y sus sistemas constructivos no eran avalados por los organismos estatales.

Las construcciones eran realizadas por contratistas que o poseían las patentes o eran cedidas por los creadores a concesión.

Es por esto que todavía hay un clima de desconfianza, pero ya muchos comienzan a vislumbrar su porvenir, como por lo que es realmente: UN NUEVO MATERIAL.

CRONOLOGIA

LA TEORIA 1880 - 1904

- 1877 MONIER , patente francesa N° 120989 viga en hormigón armado.
- 1878 THADDEUS HYATT , primera patente norteamericana para sistemas en hormigón armado.
- 1884 E.L. RANSOME , patente norteamericana N° 305.226 para un sistema de barras torcidas.
- 1884 MONIER , venta de sus patentes a firmas alemanas.
- 1886 Use de vigas tee en la construcción de la Biblioteca de Amsterdam.
- 1887 WAYYS , publicación del Sistema Monier, exponiendo su teoría.
- 1887 KOENEN , sitúa el eje neutro de una viga a mitad de su altura.
- 1888 FRANCOIS HENNEBIQUE , patente para colocación de estribos en vigas.
- 1889 RANSOME , sistema de vigas tee.
- 1890 PAUL NEUMANN , relación del módulo de elasticidad del fierro y hormigón su efecto en el eje neutro. Memoria de cálculo para sistema "Monier".
- 1890 J. BAUSCHINGER Y C. BACH , inician estudio de elasticidad del hormigón

armado forma de deformaciones con variaciones de carga.

- 1890 E. COIGNET , patentes para la construcción de cañerías, acueductos y túneles en hormigón armado.
- 1892 E. COIGNET , vigas prefabricadas en hormigón armado.
- 1892 E. COIGNET , uso del hormigón armado en el sistema de drenaje de Paris. Primer reconocimiento oficial del hormigón armado.
- 1892 F. HENNEBIQUE , patente N° 14530 para pisos
- 1892 T. MELAN , sistema de pisos y cúpulas usado en puentes- publicaciones teóricas sobre hormigón armado.

- 1894 E. COIGNET , patente para pilotes en hormigón armado.
- 1894 E. COIGNET Y N. DE TEDESCO , ensayo de cálculo de elementos estructurales de hormigón armado.
- 1897 HENNEBIQUE , introducción de barras dobladas patente N° 30143.
- 1897 L.G. MONCHEL , conecionario de Hennebique, quien introduce el hormigón armado en Inglaterra.
- 1897 CHARLES RABOT , primer curso del hormigón armado a los estudiantes de la Escuela de Puentes y Caminos en Francia.
- 1898 HENNEBIQUE , uso de estribos en forma de vi-

ga tee.

1899 PAUL CHRISTOPHE , publicación sobre el hormigón armado y sus aplicaciones. En él da a conocer todos los sistemas empleados y deriva fórmulas para la determinación del eje neutro.

1900 A.S. CONSIDERE , colocación de estribos en vigas y pilares.

1902 WAYSS-FREITAG , publicación del "Hormigón Armado" escrito por MORCH, datos experimentales.

1902 CONSIDERE , patente inglesa N° 14871 para estribos en vigas y losas de

hormigón armado.

1902 RANSOME , patente norteamericana N° 694.577 para un sistema "Ransome de construcción unitario".

1902 ORLANDO N. NORCRESS , patente sistema de losa plana sin viga.

1903 Primera Norma Oficial en Alemania y Prusia basadas en recomendaciones de Mörsch.

1903 RABOT , adopción de sus métodos de cálculo en Francia.

1904 C.T. MARSH , primera publicación del Hormigón Armado en Inglaterra.

1904 Primera reunión del Comité Americano del Hormigón.

INSTRUCTIONS DU 20 OCTOBRE 1906
RELATIVES A L'EMPLOI DU BÉTON ARMÉ

INSTRUCTIONS

CIRCULAIRE

I. — Données à admettre dans la préparation des projets.

A. — Surcharges.

ARTICLE PREMIER. — Les ponts en béton armé seront établis de manière à pouvoir supporter les surcharges verticales et les actions du vent imposées aux ponts métalliques de mêmes destinations par le règlement du 29 août 1891.

Art. 2. — Les combles en béton armé seront, sauf exception justifiée, soumis, au point de vue des surcharges, au règlement du 17 février 1903, relatif aux halles métalliques des chemins de fer.

Art. 3. — Les planchers et autres parties des bâtiments, les murs de soutènement, les murs de réservoirs, les conduites sous pression et tous autres ouvrages intéressant la sécurité publique seront calculés en vue des plus grandes surcharges qu'ils auront à supporter en service.

Art. 1, 2, 3. — De ces trois articles, les deux premiers se justifient d'eux-mêmes.

Le troisième qui prescrit que les ouvrages qu'il vise seront calculés en vue des plus grandes surcharges qu'ils auront à supporter en service, semble inutile, puisque tout ouvrage doit être établi et, par conséquent, calculé en vue de sa destination. C'est bien ce qui a lieu pour les ouvrages métalliques ou autres qui ont précédé le ciment armé. On les calcule en vue des charges effectives les plus grandes auxquelles on prévoit qu'ils pourront être soumis avec un coefficient de sécurité convenable, c'est-à-dire de façon telle que sous l'effort de ces charges, les forces élastiques n'atteignent qu'une fraction déterminée de celles qui seraient capables de produire la rupture.

Pour les constructions en béton armé, certains spécialistes préconisent une autre marche. Elle consisterait non pas à chercher les forces élastiques déterminées par les surcharges effectives, mais à chercher dans quelle proportion il faudrait amplifier fictivement ces surcharges pour provoquer la rupture, et c'est le coefficient qui serait, en ce cas, le coefficient de sécurité.

Cette procédure peut avoir son intérêt, semble pourtant ne pas devoir offrir de suffisantes garanties, parce que jamais un ouvrage ne périclité par amplification proportionnelle des charges qu'il a à supporter. La chute d'un ouvrage arrive, soit par une cause accidentelle, soit par quelque mal interne dont le développement finit par être fatal.

Dans ces conditions, il semble convenable de calculer les ouvrages en béton armé comme les autres pour les charges effectives les plus défavorables qu'ils pourront avoir à supporter et avec des coefficients de sécurité suffisants pour que ces charges ne puissent, à aucun degré, les mettre en danger.

PERIODO DEL PERFECCIONAMIENTO (1906 - 1980)

En el año 1906, con la elaboración del primer reglamento oficial aparecido en el mundo referente al uso del hormigón armado en Francia. Es es punto de partida a la fase de perfeccionamiento y queda cerrada la etapa histórica del material.

Entre las técnicas que han aparecido en el curso de los últimos años, la prefabricación y la precomprensión, son las que ofrecen las mayores perspectivas.

El uno y el otro son algo más que un simple elemento de ejecución y sus características contribuyen a determinar el esquema estático y el aspecto arquitectónico de una obra.

Por otro lado el Ferrocemento puede ser muy fecundo en particular en la construcción de estructuras laminares.

Otro aspecto que ha sido necesario revisar en esta etapa son las bases teóricas de los cálculos de estabilidad en lo que concierne a la verificación de las secciones resistentes y a la determinación de las incógnitas de las estructuras hiperestáticas.

El nuevo cálculo a la ruptura tiende a imponerse ya que él define mejor el margen de resistencia en las construcciones, teniendo en cuenta los fenómenos de adaptación y dispersión.

Con la aparición de hormigón, precomprimido creado por Freyssinet se ha mejorado el principal defecto de el material; su baja resistencia a la

tracción.

Las posibilidades del hormigón armado están limitadas por el problema de los encofrados que se pone a la concepción de una obra más audaz y frena la evolución por la imposición de formas basadas en superficies planas o de simple curvatura.

Como respuesta a esta "contradicción" es que Nervi ha estudiado y puesta al servicio de técnica el ferrocemento, mallas metálicas superpuestas y rodeadas de mortero, simplificando y en ciertos casos suprimiendo los encofrados.

"Hay limitaciones de las formas estructurales debidas a la fase de la técnica constructiva, que quede a la zaga de las posibilidades intrínsecas del hormigón armado, comprometiendo el pleno desarrollo de una verdadera arquitectura del Hormigón

, Armado" (P.L. Nervi).

Dentro de todo lo que se puede avanzar, tanto en la teoría como en la tecnología "la arquitectura del hormigón armado es la cuestión más importante. Es inútil de disponer de recursos técnicos más refinados si los arquitectos y proyectistas no poseen los conocimientos necesarios para poder aplicarlos y dirigirlos." (P.L. Nervi).

ALGUNAS VENTAJAS E INCONVENIENTES GENERALES DEL H.A.

El hormigón armado es un material que aparece dando grandes posibilidades técnicas y expresivas. Está conformado por un conglomerado de elementos en el que intervienen básicamente un árido inerte, cemento y agua. Al mezclar de manera uniforme e intensa con una cierta cantidad de agua se obtiene una mezcla desde húmeda hasta pastosa fluida, que al vertirse en moldes dando la gama deseada, de tal manera que al desmoldar su forma no cambia.

Esta característica de un conglomerado de elementos que endurece rápidamente, y que toma la forma del molde en forma definitiva con características resistentes que aumentan con el tiempo, es una de las propiedades esenciales del hormigón.

Sin embargo, el hormigón posee una escasa resistencia a los esfuerzos de tracción, de tal manera que su comportamiento es de un material frágil.

Con la colaboración del acero, se superan estas características tensionales agregándole propiedades de traccio-resistencia. El hormigón armado funciona como una piedra artificial o sólido compuesto sobre la base de dos materiales fundamentales hormigón y acero. El primero resiste los esfuerzos de compresión y el segundo los de tracción.

Con el recubrimiento de hormigón queda protegido el acero de los agentes atmosféricos y especialmente el fuego; que es uno de los principales enemigos.

"El hormigón armado es una piedra orgánica constituida dentro de cuya masa, el complejo tendinoso de la armadura se distribuye optimamente, se dosifica para prestar al hormigón la resistencia a la tracción que necesita en cada punto y se orienta y refuerza según las exigencias del plazo tensional previsto. Es por eso el material más técnico y el único al que puede aplicarse el título de material adecuado resistente" (Eduardo Torroja).

Otros principios que permiten que el hormigón y acero actúen notoriamente en su homogeneidad de los coeficientes de dilatación y de adherencia la cuantía mínima (K =relación entre fierro y hormigón y dosificación mínima de cemento, lo que hace que en conjunto aparezca el hormigón armado .

El hormigón armado al ser un material moldeable posee características tanto arquitectónicas como constructivas que se reflejan en una adaptabilidad al diseño como ningún otro material, podrá ejecutar estructuras de mas variadas y resistentes.

El inconveniente de los moldajes se ha resuelto que sea por la vía de prefabricación o por la creación de nuevas técnicas como el ferrocemento, el pretensado.

El hormigón armado es un material de una gran impermeabilidad con la ayuda de la alcalinidad ambiental en su entorno que permiten también su uso en construcciones de depósitos de líquidos, masas de contención de tierras y piletas de natación, como también asegura la inoxidabili-

dad del acero.

Su carácter monolítico, ya que todos los elementos que forman la estructura de una obra de hormigón armado (columnas, vigas y losas están sólidamente unidas entre sí, presentando una elevada estabilidad contra vibraciones y movimientos sísmicos.

Si bien es cierto que el hormigón armado es un material relativamente pesado, por vía de la prefabricación y la técnica de los precomprimidos se está trabajando para hacer unos esbeltos y livianos los elementos estructurales y de terminaciones (vigas, losas, columnas, paneles, paredes, entretechos, cortinas, muros) que incluso tienen su propio lenguaje.

Otro inconveniente que se ha manejado por la vía de la prefabricación es el tiempo de endurecimiento del hormigón en las obras, también se ha bajado este tiempo con aceleraciones de fraguado sobretudo en climas adversos extremos como ocurre en Chile (calor evaporación y frío congelación) se evapora o congela el

agua de amasado.

EL HORMIGON PRETENSADO

1- SU DESARROLLO

Con el término del primer período de desarrollo del hormigón armado, durante el cual las armaduras, en forma de redes y esqueletos, solamente servían para dar forma a los objetos a fabricar con hormigón, y a reforzarlos, hasta llegar a determinar mediante los ensayos, aplicaciones y cálculos, los conocimientos respecto a la naturaleza del hormigón armado.

Pero un principal problema no estaba resuelto, era el referido a las fisuras que resultaban al ser expuesto un mortero y acero ante un mismo esfuerzo a tracción.

El ingeniero alemán Doerhing, quién en 1886 hizo la primera proposición, para evitar estas fisuras "que consiste en el tesado previo del cuerpo elástico, para exponerlo después, simultáneamente con el cuerpo no elástico, a la misma acción tractora de modo que ambos cuerpos estén solicitados al mismo tiempo a una resis-

tencia absoluta de casi la misma intensidad". Sus aplicaciones no tuvieron éxito por la falta de hormigones y aceros adecuados.

Pero es realmente Eugene Freyssinet su realizador y creador, sin restar importancia a otros que se destacaron y contribuyeron a esta técnica como P.H. Jackson, J. Mandl, J. Lund, M.Koenen, K. Wettstein.

La tecnología del hormigón pretensado es relativamente nueva, está próxima a cumplir 50 años de su primera aplicación en postes para calles eléctricos en 1933 y los casi 56 años del planteamiento básico hecho por su real iniciador en una Edición el año 1928.

Freyssinet define el concepto de precompresión insistiendo en la necesidad de emplear materiales de alta calidad; da las directrices de la nueva técnica y realiza él mismo profundos estudios y experiencias que aclararon el comportamiento plástico del hormigón con el pretensado y sus deformaciones por contracción

aconsejando la utilización de hormigones de alta calidad y aceros de elevada resistencia. En su técnica él propugna el anclaje terminal de la armadura mediante alambres dispuestos dentro de una vaina, los cuales se mantienen junto a las paredes por medio de un resorte que va en la parte central. Una gata hidráulica permite bloquear los hilos que componen el cable sujetándolos mediante la interpenetración de los conos.

ASPECTOS TEORICOS Y TECNOLOGICOS

"Entre los materiales de construcción, el hormigón pretensado es, a la vez el más fino y el más complicado invento de nuestros días.

Definimos por hormigón pretensado "aquel hormigón que recibe la acción de precompresión a través de la adherencia que se genera al fraguar el hormigón sobre armaduras previamente puestas en tensión, y el postensado aquel hormigón en que para introducir el esfuerzo se evita la adherencia inicial con el acero (ya sea por vaina o por un recubrimiento que impide el contacto entre ambos materiales) para luego tensar usando como apoyo del tensado el elemento de hormigón ya fraguado.

Estas son las dos formas en que se realiza el tensado agregándose a ellas postes cuya concretadura puede preverse como incorporada a la sección desde un

un principio o después la cual a su vez permite el escalonamiento y selección de secuencias del tensado en la medida en que se agreguen o no elementos colaborantes adicionales como sobre losas o losas completas como sucede en el caso de puentes y vigas prefabricadas que se montan y diseñan con pesos limitados.

En todas estas formas debe existir una estrecha relación entre el proyectista y el ingeniero constructor ya que todo esto acarrea un resultado final óptimo en cuanto a ventajas y economías, aprovechamiento de equipos, personal y tiempo de construcción y montaje.

Respecto a la forma como se efectúa el tensado de la armadura y la adherencia de ésta con el hormigón, las normas distinguen:

- a) Hormigón pretensado con armadura pretesa: La armadura es tesada antes del endurecimiento del hormigón, las varillas se tesan entre unos soportes fijos

y se vierte el hormigón estando ellos en tensión. Una vez endurecido el hormigón, la armadura se suelta de su anclaje. Por la tendencia de la armadura a volver a su estado original, se producen en el hormigón tensiones de compresión.

- b) Hormigón pretensado con armadura postesa sin adherencia con el hormigón:

Aquí las barras de acero se encuentran dentro del hormigón, evitándose, sin embargo, mediante cualquier procedimiento, su adherencia al mismo. Las armaduras pueden colocarse también fuera de la masa del hormigón, y anclarse en los extremos de las piezas. En ambos casos se efectúa el tesado de las armaduras contra el hormigón endurecido.

- c) Hormigón pretensado con armadura postesa con adherencia con el hormigón:

Es el procedimiento que más se ha generalizado cuando los trabajos se efectúan (in situ) y se realiza según varios

métodos. El procedimiento consiste, en principio en colocar las armaduras en espacios vacíos dentro del hormigón, o en tubos metálicos hormigonados dentro de su masa, y tesarlas y anclarlas contra el hormigón después del suficiente endurecimiento del mismo. Después del tesado se establece la adherencia entre la armadura y el hormigón, llenándose con mortero de cemento el espacio vacío en que se han colocado las armaduras.

En el aspecto tecnológico y posibilidades a futuro, el pretensado tiene un futuro bastante promisorio

Se están realizando grandes aportes en lo que se refiere a hormigones con capacidad de dilatación, usándose ya en forma industrial en URSS (Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas).

También se ha avanzado en cuanto a los problemas de fisuración a través del empleo de fibras de acero cortadas para aumentar la resistencia a

tracción del hormigón.

Se ha avanzado en los ensayos con fibras de vidrio tratadas con resinas epóxicas, aún cuando queda un largo camino por investigar en cuanto a aspectos de envejecimientos y reacciones químicas, así también a los elementos de anclaje y tensado a usarse.

"En lo que se refiere a resistencias de hormigones ya en 1968 se alcanzaron resistencias de trabajo de 1.500 Kg/cm^2 , mediante procesos convencionales, habiéndose llegado con métodos más sofisticados de laboratorio a los 3.750 Kg/cm^2 a compresión y 400 Kg/cm^2 a tracción, lo cual naturalmente de alcanzarse tal vez, nos llevaría al final a un tipo de super hormigón reforzado con aceros especiales".

Respecto de los aceros, ya se están empleando en resistencias que superan los 22.000 Kg/cm^2 de tracción a la rotura con un diámetro de 2 a 2.5 mm.

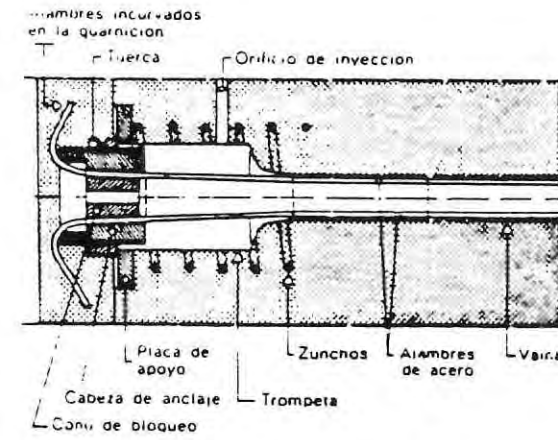
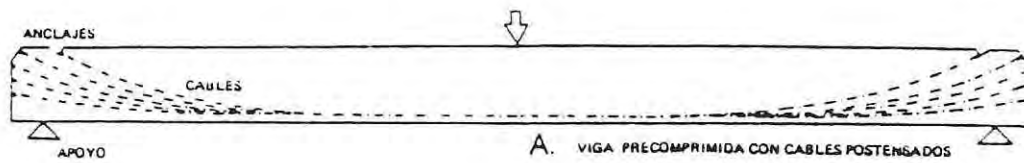
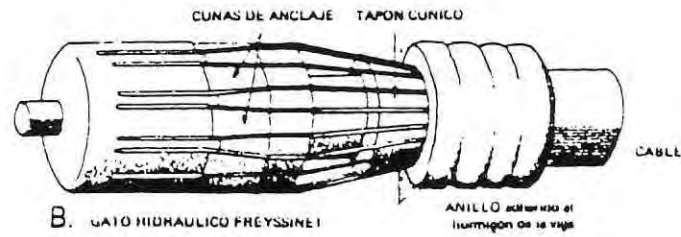
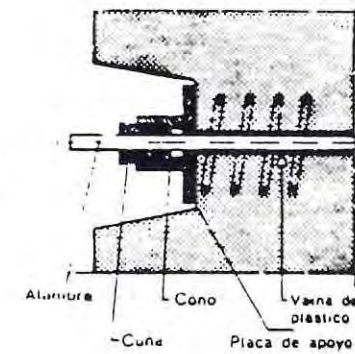


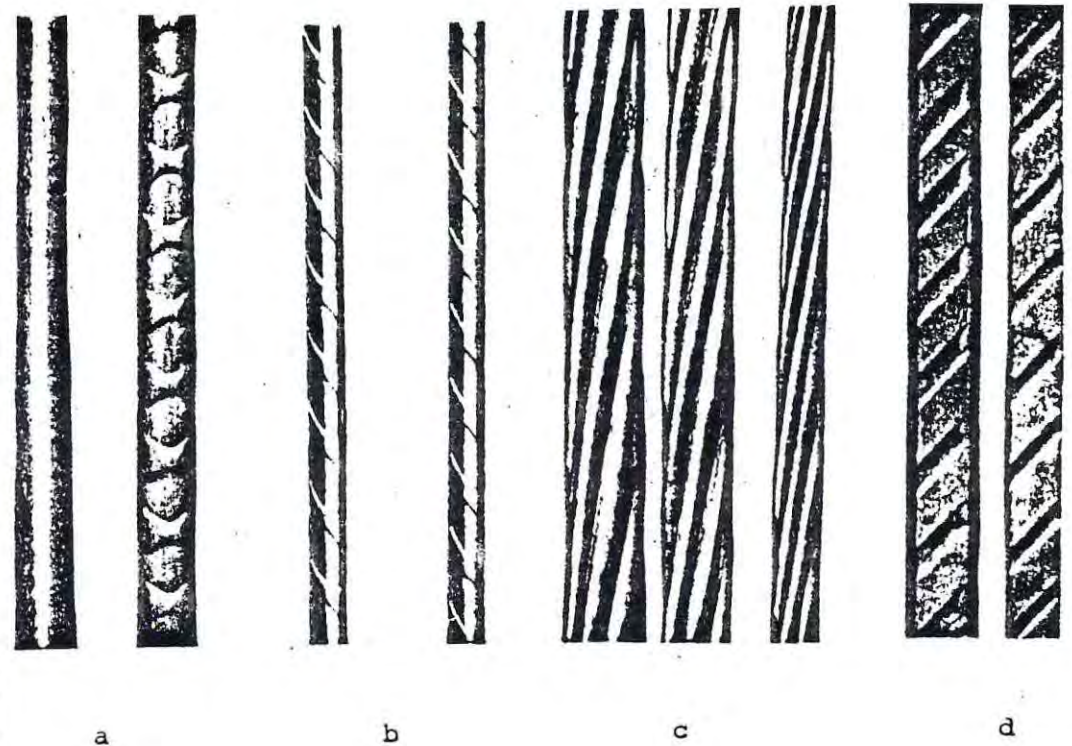
Fig. 77

Anclaje móvil del tipo V.S.L.

El sistema V.S.L. comprende cables en que la tracción soportada varía de 30 a 170 Tm. El primer tensado, del 30 al 40% del valor final, se completa al cabo de 3 a 7 días.

Fig. 78
Anclaje de los cables
de un solo alambre





· Armaduras de Pretensar.

- a. Alambre Neptun con huellas rómbicas.
- b. Alambre con huellas elípticas
- c. Cordones de 7 alambres
- d. Alambre SIGMA- Oval con nervios diagonales.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL HORMIGON PRETENSADO

Una de las ventajas que conlleva implícito el hormigón pretensado es el aprovechamiento total de la sección, ya sea que se trate de un tensado total o de un tensado parcial.

Las flechas resultan menores de las que se tienen en el caso del hormigón armado normal.

La altura de las vigas es del orden de $1/20$ avo de la luz. En el caso de estructuras de edificios se pueden cubrir con vigas luces de 40 a 50 metros con alturas de 2 a 2.5 metros.

En estructuras sometidas a un contacto permanente con el agua, su comportamiento es favorable ya que no presenta fisuraciones. Es lo indicado en obras tales como cascos de barcos, diques flotantes, pilotajes y espigones, en general en estructuras de obras hidráulicas.

licas.

Otra ventaja del pretensado deriva del mayor coeficiente económico-resistente de los alambres de acero especial que emplea y que alcanzan enormes resistencias gracias, en parte al trefilado en pequeños diámetros.

Una ventaja del hormigón pretensado es que aún cuando se le lleve a fisuración por efecto de una tracción algo excesiva, pero manteniendo la armadura en régimen todavía elástico, al descargar la pieza se cierra automáticamente la fisura sin que sea posible reconocerla después a simple vista.

El hecho de fabricarse las piezas y partes de una estructura pretensada en taller indudablemente que es una gran ventaja, se controla el proceso ya sea de dosificaciones, fabricación y curado de los hormigones, uso de vibradores y compactadores y el empleo de la moderna técnica del vacío.

Los encofrados realizados en taller aseguran una precisión en las dimensiones que no se pueden lograr en la obra.

Todo esto tiende a indicar que el pretensado es especialmente indicado para la prefabricación.

Los problemas de enlace, al hormigonar "in situ" se resuelven con el postensado fácilmente.

Aún cuando el hormigón postensado se puede realizar directamente "in situ", las dificultades y costos de los dispositivos necesarios para ello hacen que hoy se desarrolle más en el taller.

Dentro de los inconvenientes del hormigón pretensado tenemos también, que se emplean hormigones de alta resistencia sobre los 350 Kg/cm^2 resistencia cúbica en obras normales, lo cual exige condiciones de operación controlada.

Se requiere la presencia regular del autor del proyecto en la etapa de preparación de alzaprimas, recepción de moldajes, de enfierraduras y cables, concentradura y muy especialmente en la etapa de inyección.

Los equipos de tensado relativamente caros.

Lo anterior puede obviarse controlando en tensado de cables, lo cual evita tener que entrenar personal al controlar la operación de pretensado con personal ya adiestrado.

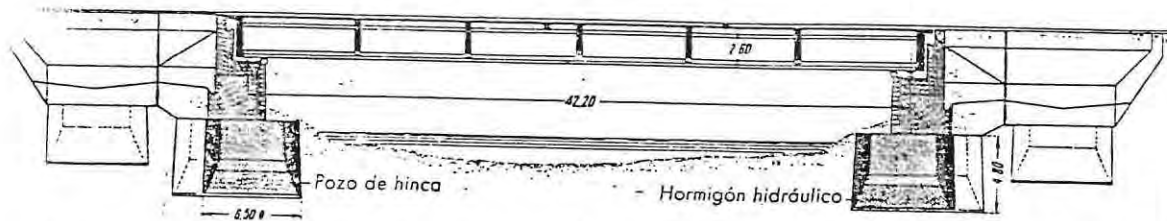
La mayoría de los fracasos y fallas observadas en las obras de hormigón pretensado tienen su origen en el exceso de entusiasmo puesto en el concepto de eficiencia y de eliminación total de las tensiones de tracción en el hormigón pretensado, el cual no es en absoluto una posición real sino una falta de evaluación en la verdadera magnitud de las tensiones secundarias.

Al ser una tecnología reciente, es indispensable que cada obra realizada, se analicen los logros, así también las fallas, detectar sus orígenes, corregir los errores cometidos en profundidad, tal que permitan lograr un panorama claro de causas, daños y remedios.

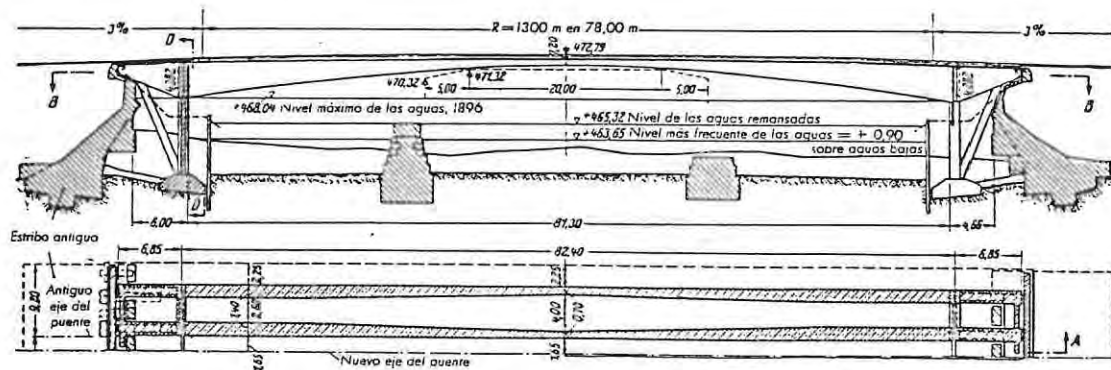
EL HORMIGON PRETENSADO Y SUS REALIZACIONES

Las primeras realizaciones a nivel mundial se refieren principalmente a la construcción de puentes, en el cual el hormigón pretensado tuvo un triunfo rotundo.

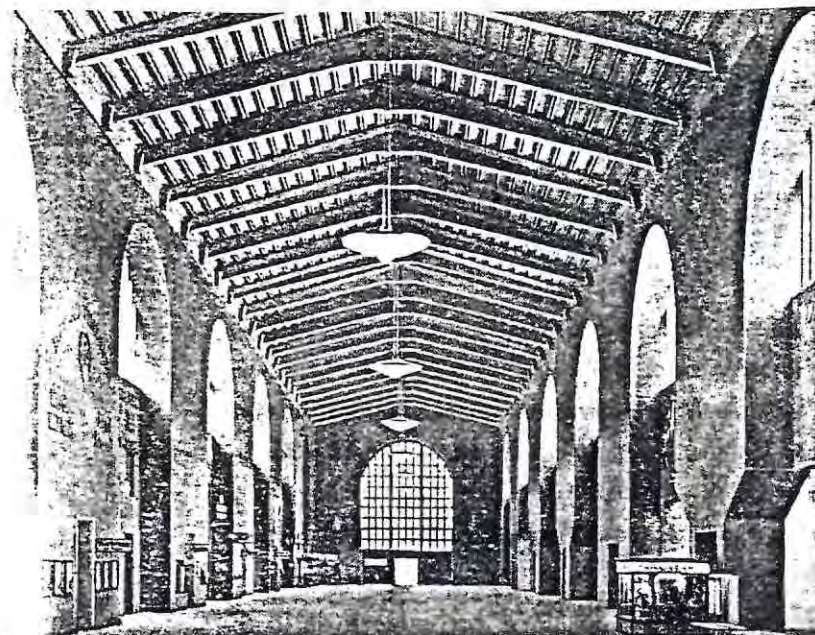
Se trabajó en base a aplicaciones de piezas prefabricadas de hormigón pretensado como el puente sobre el río Glatzer Neisse en Silesia en 1941 con una luz de 42.2 metros y un ancho de 24.5 metros; puentes de hormigón pretensado contruidos "in situ" como el puente sobre el Danubio cerca de la Gaenstor, en Ulm, construido en 1949 con una luz de 82.4 metros y un ancho de 18 metros, y de puentes de hormigón pretensado constituídos por lanzamiento, sin cimbra, como el puente sobre el río Malaba, cerca de Kongolo, en el Congo Belga en los años 1938 con una luz de 70.0 metros.



PUENTE SOBRE EL RIO GLATZER, VIENA en 1941

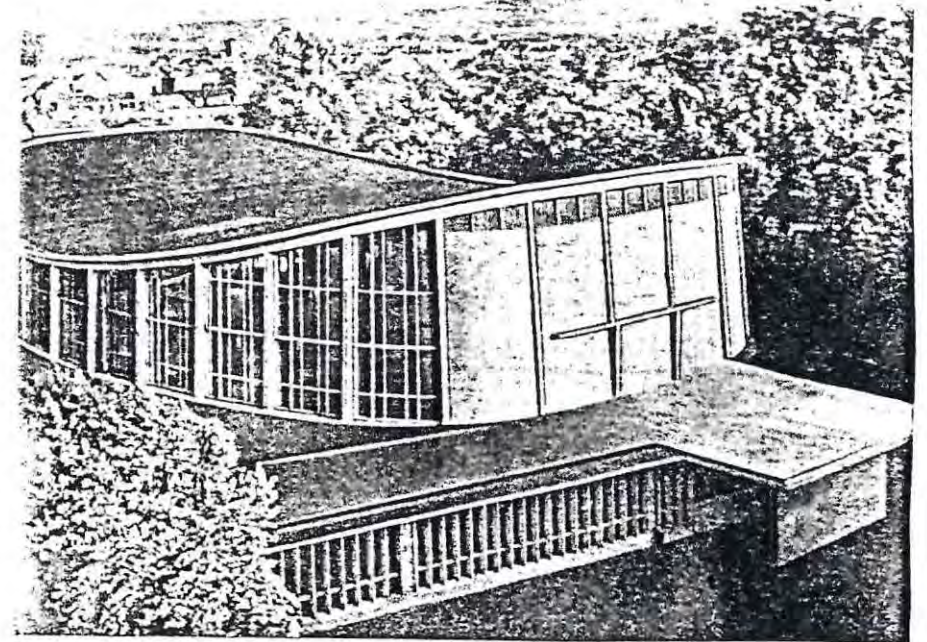
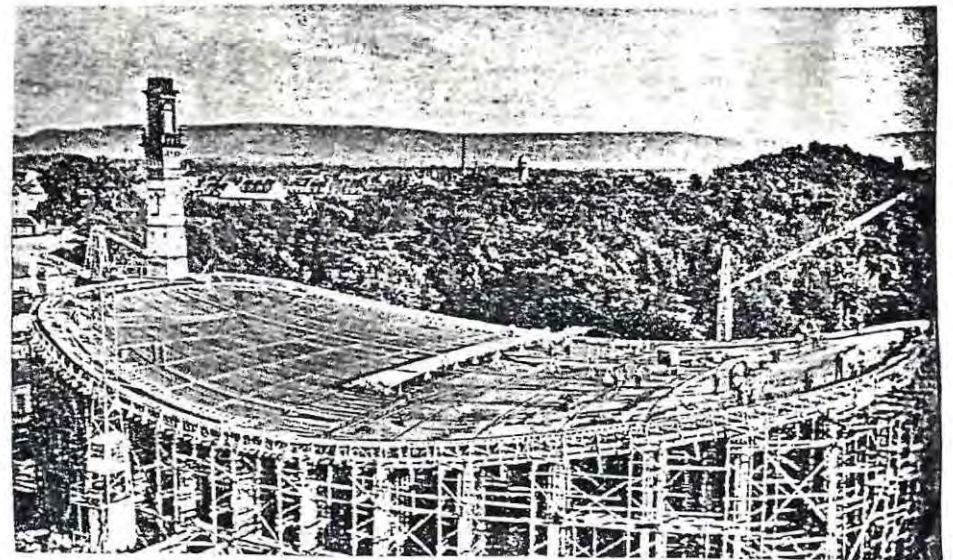
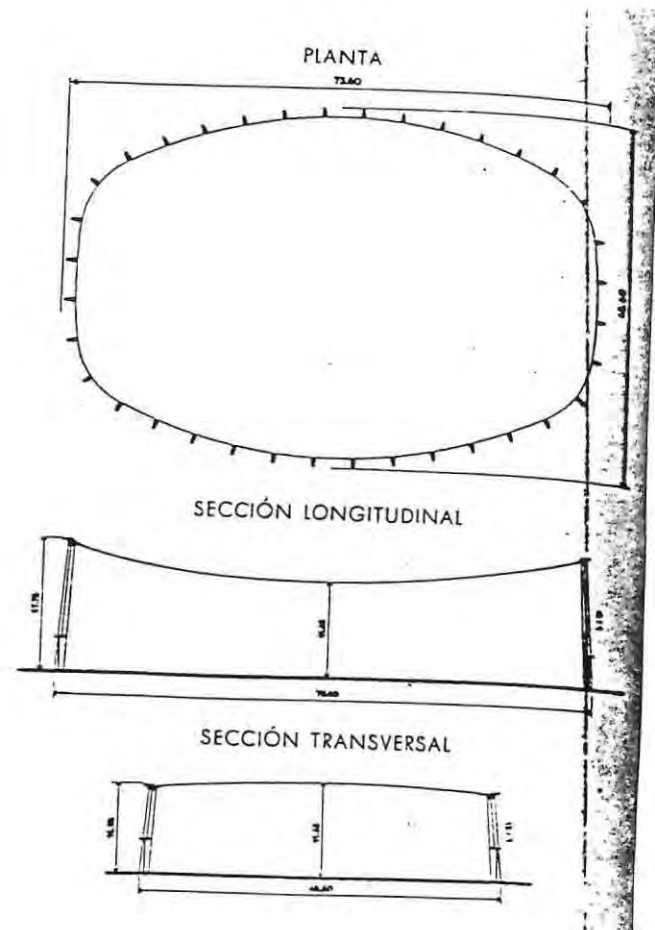


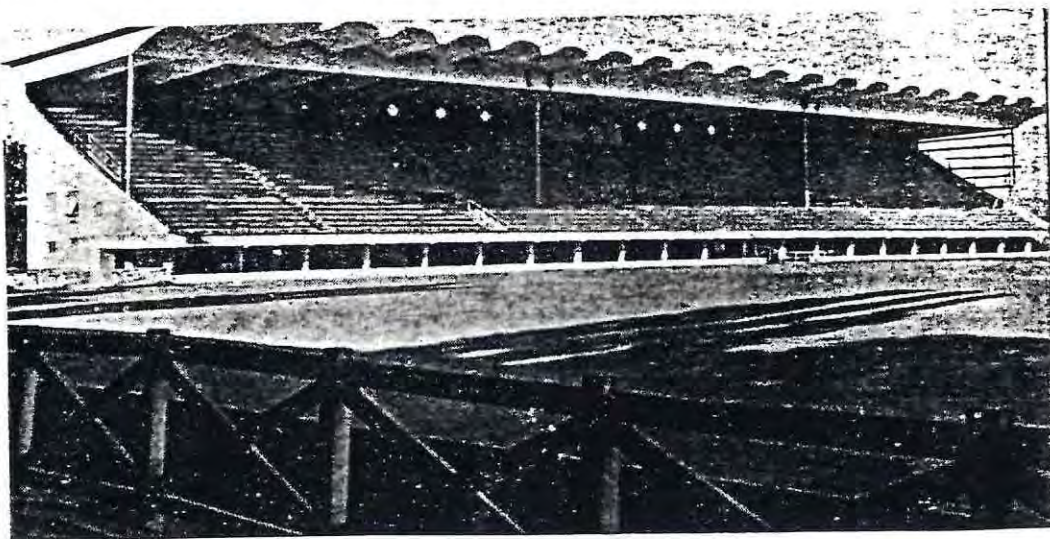
PUENTE SOBRE EL DANUBIO, ULM en 1949



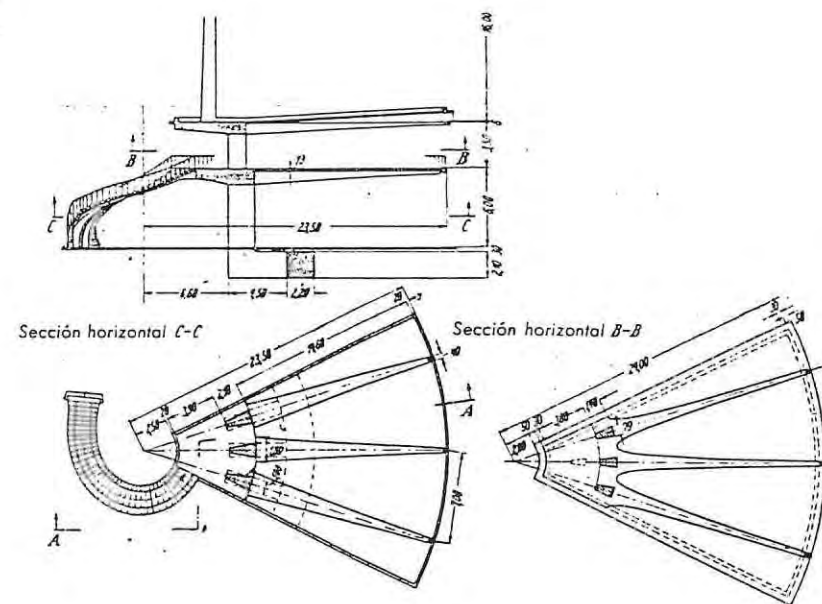
ESTACION TERMINAL, STUTTGART

SALA SCHWARZWALD en Karlsruhe, 1953





TRIBUNA DEL ESTADIO WANKDORF, BERNA
ING. Hartenbach y Wenger



PISTA DE BALLE, en Colombia

Las realizaciones arquitectónicas en hormigón pretensado comienzan poco a poco a hacerse notar, primero como una intensión netamente estructural, para llegar a constituirse como un todo arquitectónico.

Así las primeras aplicaciones se refieren a cubrir grandes luces en cubiertas, como la estación terminal en Stuttgart con una luz de 22 metros.

En 1953 se inaugura la Sala Schwarzwald en Karlsruhe, la sala tiene una planta ovalada, con una superficie de 3.200 m^2 , una longitud máxima de 73.50 m. y una anchura transversal máxima de 48.60 m. Sobre 36 esbeltos pies derechos de hormigón armado, dispuestos según el óvalo de la planta, descansa un anillo de hormigón armado, en el cual está anclado el techo, en forma de membrana colgante.

En la tribuna del estadio de Wankdorf, cerca de Berna en suiza, construída por los ingenieros Hartenbach y Wenger, la cubierta de la tribuna se compone de 21 membranas cilíndricas puestas en fila con un diámetro

de unos 4 metros y un espesor de 6 cm. Tienen una longitud de 21 metros y vuelan 7 metros sobre una viga longitudinal que tiene una sección transversal de 40 x 300 cm, esta viga longitudinal está compuesta de tres vigas parciales de 36 cm. de largo cada una pretensada, con doce cables de 85 t. de fuerza tensora cada uno.

Si bien en el campo de los edificios el avance no ha sido tan intenso pero en cambio sí lo ha sido en los elementos menores de recubrimiento de fachadas y elementos de viguetas. Especiales avances hay en vigas de gran luz en edificios suspendidos y sobre unidades rígidas a distancias mucho mayores que las usuales.

Especialmente se ha desarrollado algunos avances notables en sistemas de losas de grandes luces por las ventajas que representan su sencilla construcción y trazado de cables y la obtención de grandes espacios libres especialmente en el caso de estacionamientos.

CRONOLOGIA DEL HORMIGON PRE TENSADO

1886 DOEHRING: Ingeniero alemán, propone tesar el acero para evitar las fisuras del hormigón.

1886 JACKSON: en U.S.A. patenta un sistema de dovelas de piedra que para evitar tracciones los une con una barra de acero con hilo y tuerca para tensarla.

1888 LUND: en Berlín, Alemania, coloca tirantes en el interior bóvedas de piso.

1896 MANDEL: coloca la armadura en el hormigón a una temperatura elevada, hasta que el hormigón se ha endurecido.

1906 KOENEN: Preposición de precompresión con dispositivo tensor.

1908 STEINER: en norteamérica, patenta sistema de anclajes con roscas.

1917 WILSON: en Inglaterra, patenta para mejorar bloques, placas, vigas, mediante el tensado.

1920 WETTSTEIN: en Checoslovaquia, usa alambres de alta tensión.

1927 GLOESER: Dispositivo tensor.

1930 FREYSSINET: Ingeniero francés, vigas de hormigón post tensado mediante gatas hidráulicas y patenta sistema de anclaje.

- 1931 SCHAEFER: fabricación de placas huecas de hormigón pretensado de cualquier longitud.
- 1937 BACH: probó que las armaduras eran más débiles con el empleo de armaduras de pequeño diámetro.
- 1938 V. EMPERER: propuso tesar parte de las armaduras antes de hormigonar.
- 1945 SERASIN: ratificó los conceptos de Bach.

EL FERROCEMENTO

ORIGENES

Una de las técnicas del Hormigón armado que es quizás con la que se logra una mayor plasticidad y audacia en las estructuras es sin lugar a dudas el ferrocemento.

Todo lo anterior es ~~apacado~~ opacado por el uso masivo que ha tenido el hormigón armado por un lado y el desconocimiento del manejo de la tecnología por otro lado, sumando a esto las pocas aplicaciones que ha tenido en general a nivel mundial.

Sin embargo, el primer ejemplo conocida de hormigón armado fué un bate de ferrocemento construido en 1847 por el francés Joseph Lavis Lambot, compuesto de una malla de acero reforzado, poco después de la aparición del cemento Portland.

Este fue el nacimiento del hormigón armado, pero su desarrollo posterior defirió del concepto de Lambot.

La tecnología del momento no pudo acomodar el tiempo y el esfuerzo necesario para hacer grandes barras para hacer lo que hoy se llama hormigón armado Standar y el concepto de ferrocemento fué olvidado durante 100 años.

Fue Pier Luigi Nervi, ingeniero italiano, pionero de la investigación de el ferrocemento. Estableció diferencias claras entre el ferrocemento y la que llamamos ferroconcreto, ya que desde el punto de vista de sus usos, de sus cualidades y de su composición.

El ferrocemento es un mortero reforzado, muy rico en cemento, con él se pueden realizar placas muy delgadas, extraordinariamente flexibles y con características mecánicas de un material completamente homogéneo.

Las limitaciones de su espesor de placas depende del tamaño máximo del árido.

El mortero usado es de una alta resistencia y la armadura formada por capas sucesivas de mallas de alambre, de esta forma se logra una distribución más homogénea de la armadura resistente, dentro de la masa de hormigón.

Resulta entonces que en el ferracemento, se logra un aprovechamiento muy superior de la armadura, que en el hormigón tradicional. Esto es producto de que la teoría de la subdivisión de las armaduras, nos dice que la resistencia a la tracción (generalmente baja en el hormigón armado) a sección constante, crece con la subdivisión de ésta, es decir, una barra de 1 cm^2 de sección es menos resistente que 4 barras de 0.2 cm^2 de sección del mismo material. Por otra parte, el área de contacto entre Fe y hormigón es mayor para una misma sección.

Por último, la subdivisión de armaduras, permite una distribución mas homogénea de ésta, dentro del hormigón; una mayor densidad de fibras resistentes en las zonas más solicitadas, dentro de la masa de hormigón.

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

- 1.- Mortero: Se define como un esqueleto de arena aglutinada con pasta de cemento.

El mortero a utilizarse en la fabricación del ferracemento debe considerarse la calidad y granulometría de la arena, la razón agua-cemento, calidad y tipo del cemento y aditivos para controlar la calidad y plasticidad de la mezcla.

El mortero debe tener las siguientes características:

- Estabilidad Plástica: Esta asegura que el mortero no se desprenda o se corra al ser colocado sobre la malla.

- Alta Trabajabilidad: La propiedad de ser moldeable permitiendo que el mortero entre con facilidad en contacto con las mallas.

- Alta Resistencia Final e Impermeabilidad: Esto dependerá del estudio estructural al cual será sometido el elemento, así como a las inclemencias del tiempo y uso del elemento.

- 2.- Mallas de refuerzo: Las mallas de alambre permiten un aprovechamiento mejor de la armadura, muy superior que en el hormigón tradicional por la teoría de la subdivisión de las armaduras.

Nervi usó en sus obras de ferracemento son del tipo corriente de alambre negro, de un centímetro de abertura de onda simple y variando el diámetro del alambre de 0.5 a 1.5 mm..

Muchos tipos de mallas producirán estructuras de ferrocemento exitosas, Un requisito general es la flexibilidad , debido a que las formas con curvas cerradas necesitan mallas más flexibles.

Se pueden construir las mallas de alambre negro o alambre galvanizado, siendo mas conveniente la de alambre negro por tres razones:

- a) Su posible industrialización ya que resulta más económico la malla negra que la galvanizada.
- b) La adherencia entre mortero y alambre negro es superior a la que ocurre con el alambre recubierto.
- c) Es posible una reacción entre el alcalis del cemento y el zinc de recubrimiento, el metal galvanizado es atacado por

soluciones cáusticas.

La malla se especifica según la distancia o claro entre alambres, en pulgadas, más el número de dicho alambre que corresponde al diámetro, en milímetros y el ancho del tejido en metros, ciertamente el metal, el tipo de protección de la superficie.

10

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS:

- "Historia de la Arquitectura Moderna"
Leonardo Benévolo
- "Razón y ser de los tipos estructurales"
Eduardo Torroja
- "Diccionario ilustrado de la Arquitectura"
Giuseppe Varaldo - Giaw Pio Zuccotti
- "Origenes de la Arquitectura Moderna y del Diseño"
N. Preusner
- "La Construcción de la Arquitectura en Chile" 1500-1970"
R. Alfonso Mendez
- "El Hormigón Armado en la creación arquitectónica"
M. López Otero

- "Construcciones en Hormigón visto"
Max Bächer y Erwin Heinle
- "Historia universal de la Arquitectura contemporánea"
Manfredo Tafuri - Francesco Dalco
- "1930-1960 Trinta años de Arquitectura"
J. Joedicke
- "Nuevas estructuras"
Pier Luigi Nervi
- "Inventario de una arquitectura anónima"
Cristian Boza
- "Ordenanza general de la construcción en Chile"
- "Principios de la Construcción"
D.A.G. Reid

- "sistema de estructuras"

Heinrich Engel

- "Hormigón Pretensado"

Hans Moell

- "Hormigón Pretensado"

Leonhardt Fritz

- "Hormigón Prtensado"

Y. Guyon

- "Hormigón Armado"

Jimenes Montoya P.

- "Curso de edificación"

Euclides Guzmán

SEMINARIOS:

- "Ferrocemento"

Pedro Katowsky G. - Seminario U.S.M.

- "Solución de tabiques estructurales en base a ferrocemento"

Sergio Navarro O. - Seminario U. de Valpo.

- "Evolución histórica del Hormigón Armado en Santiago"

Cristian Arentsen - U.de Chile, Santiago

REVISTAS:

- "Revista Auca" Año 1965 - 1985

- REvista C.A. Año 1968' - 1987

- "Arquitectura y Construcción"

Año 1945 - 1950

- "Arquitectura y Arte DEcorativo"

Año 1930 - 1931

- "Arquitecturas del Sur"

CEDAC Concepción 1983 - 1987

- "Ars - Cedla"

Año 1977 - 1987

ENTREVISTAS:

- Rodolfo Hoffmann - Arquitecto (Ferrocemen-
to)

- H. Eliash - Arquitecto (Arquitectura post
modernista en H. A.)

- I. Egaña - Arquitecto calculista

- O. Depetris - Arquitecto calculista

BIBLIOTECAS:

- Facultad de Arquitectura - Universidad de Valpo.

- Facultad de Arquitectura - U. Católica de Santiago

- Facultad de Arquitectura - U. de Chile de Stgo.

- Universidad Técnica Federico Santa María - Valpo.

- Facultad de Arquitectura - U. Católica de Valpo.

- Colegio de Arquitectos - Quinta Región

- Colegio de Arquitectos - Santiago.

INDICE GENERAL

I-1

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA
 - 2.1. Corriente Arcaica
 - 2.2. Corriente Racionalista
 - 2.3. Corriente Constructivista
 - 2.4. Corriente Estructuralista
- 3.- ORIGENES DEL HORMIGON ARMADO EN CHILE
- 4.- EL HORMIGON ARMADO EN LA ARQUITECTURA CHILENA
 - 4.1. Primera Etapa
 - 4.2. Segunda Etapa
 - 4.3. Tercera Etapa
 - 4.4. Cuarta Etapa
 - 4.5. Quinta Etapa
 - 4.6. Sexta Etapa
- 5.- EL HORMIGON PRETENSADO EN CHILE
 - 5.1. Sus Aplicaciones
 - 5.2. Algunas Conclusiones de la Aplicación del Hormigón Pretensado en Chile
 - 5.3. Obras Ejecutadas en Chile en Hormigón Pre y Postensado.

I-2

- 6.- EL FERROCEMENTO
 - 6.1. Algunas Características del Ferrocemento
 - 6.2. Aplicaciones en el Mundo
 - 6.3. Aplicaciones en Chile
- 7.- EJEMPLOS DE APLICACION TECNOLÓGICA
 - 7.1. Edificio Oberpaur
 - 7.2. Escuela Militar
 - 7.3. Edificio de las Naciones Unidas
 - 7.4. Edificio Fundación
- 8.- CONCLUSIONES GENERALES
- 9.- ANEXOS
 - 9.1. El Hormigón Armado en la Historia-Orígenes
 - 9.1.1. El Cemento- Su evolución histórica
 - 9.1.2. El Acero
 - 9.2. El Hormigón Armado y su Desarrollo
 - 9.2.1. Etapa intuitiva
 - 9.2.2. La teoría
 - 9.2.3. Período del perfeccionamiento
 - 9.3. Algunas Ventajas e Inconvenientes del Hormigón Armado
 - 9.4. El Hormigón Pretensado
 - 9.4.1. Su desarrollo

9.4.2. Aspectos teóricos y tecnológicos.

9.4.3. Algunas ventajas e inconvenientes.

9.4.4. El Hormigón Pretensado y sus realizaciones

9.4.5. Cronología.

9.5. El Ferrocemento

9.5.1. Orígenes

9.5.2. Características de los componentes.

10.- BIBLIOGRAFIA

11.- INDICE GENERAL