

hormigón en obra

Forma resistente 6.1 Eyquem+Jolly Baixas+del Rio Izquierdo+Lehmann Radic+Correa



Juan Ignacio Baixas Figueras

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1968 y estudios de postítulo en París bajo la dirección de Jean Prouvé en 1969. Es profesor de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile a partir de 1970 y de la Universidad Católica de Valparaíso desde 1972. En 1998 forma la oficina Baixas & del Río arquitectos. Actualmente es director de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Marcela Correa Maturana

Licenciada en Arte con mención en escultura, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1990. Ha realizado numerosas exposiciones individuales entre las que destacan Natural Sintético, Punta Seca y Lleno de Aire. Entre los premios que ha obtenido se encuentra el Matisse, otorgado por el Instituto Chileno - Francés de Cultura en 1991. Actualmente se encuentra trabajando en una instalación en la isla de Rapa Nui.

Enrique del Río Ojeda

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1986. Trabajó en la oficina de Murtinho & Asociados entre 1985 y 1987; a partir de 1988 es socio, junto a Juan Ignacio Baixas, de la oficina Baixas & del Río arquitectos. Es profesor adjunto de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, de la cual es profesor de Taller desde 1989, miembro del Consejo Académico y jefe del ciclo de Formación.

Miguel Eyquem Astorga

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1950 y Doctor Honoris Causa, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2009. Entre 1958 y 1962 desarrolla su labor profesional en Francia junto a Jean Prouvé. Miembro fundador de la Ciudad Abierta de Ritoque desde 1969, trabaja en la comu del Ministerio de Vivienda y Urbanismo entre 1970 y 1980; desde 1952 es profesor de la Universidad Católica de Valparaíso, desarrollando estudios de proyectos y construcciones aeronáuticas.

Luis Izquierdo Washholtz

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1980 y estudios de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1973-1974. Premio Nacional de Arquitectura 2004. En 1984 forma junto a Antonia Lehmann la oficina Izquierdo Lehmann arquitectos asociados. Su obra ha sido premiada en bienales en Quito, México y Santiago, finalista para el II Premio Mies van der Rohe de arquitectura latinoamericana y expuesta en el MoMA de Nueva York. Ha sido profesor de Taller en la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

David Jolly Monge

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 1977 y candidato a Doctor por la ETSAB, Universitat Politècnica de Catalunya. Es miembro cofundador de la Ciudad Abierta de Amereida y sus obras desde 1972; desde 1978 es profesor de Taller de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la P.U.C.V., donde fue Director entre 1998 y 2003. Actualmente es Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Antonia Lehmann Scassi-Buffa

Arquitecta, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1980, Premio Nacional de Arquitectura 2004. En 1984 forma junto a Luis Izquierdo la oficina Izquierdo Lehmann arquitectos asociados. Su obra ha sido premiada en bienales en Quito, México y Santiago, finalista para el II Premio Mies van der Rohe de arquitectura latinoamericana y expuesta en el MoMA de Nueva York. En 1991 fue profesora de Taller en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Andrés Bello en Santiago y en 2000 del Taller de Titulación de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Sgijljan Radic Clarke

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1989. Estudios de Historia de la Arquitectura en el Istituto Universitario Di Architettura di Venecia y de Diseño de proyectos en el Istituto Andrea Palladio in Vicenza. Conferencista invitado en México, Argentina, España, Noruega, Austria y Estados Unidos, su obra ha sido ampliamente publicada en Europa, América y Asia. Ha sido profesor invitado en las escuelas de arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Andrés Bello, The University of Texas y Universidad Torcuato di Tella. Actualmente trabaja asociado con la escultora Marcela Correa.

Baixas + del Río	7
Eyquem + Jolly	23
Izquierdo + Lehmann	39
Radic + Correa	51

Eyquem + Jolly

A partir del proceso de construcción de la Casa en El Portezuelo en 1981, Miguel Eyquem emprende una exploración sobre técnicas de hormigonado basadas en la condición de material moldeable, que continúa junto a David Jolly en investigaciones sobre moldajes flexibles de la Escuela de Arquitectura de Pontificia Universidad Católica de Valparaíso durante los años 2000.

El hormigón arquitectónico

David Jolly y Miguel Eyquem

I. El hormigón, el gran material de nuestro tiempo; se sabe bien que su prestigio viene especialmente por la universalidad de empleos que ofrece, su potencialidad. La prodigiosa cualidad de ser multiuso, desde los más modestos y artesanales con métodos caseros, hasta los más sofisticados que hoy permite la más alta tecnología de las grandes obras de ingeniería.

Este prestigio está bien fundamentado en la arquitectura, no sólo por la magnitud y sus propiedades de estabilidad, también por su presencia como material rico y de buena terminación. Siguiendo la más antigua tradición se triunfó con la piedra y ahora la piedra artificial. El s. xx inició la presentación del hormigón bruto o a la vista.

Existen ejemplos en que aparece un material de terminación gruesa y moldajes poco cuidados, como en la Unidad de habitación de Le Corbusier en Marsella; un aspecto rudo que gustaba a su autor. Hoy día pueden verse edificios que muestran un material que puede alcanzar superficies brillantes como el mármol.

II. En otra dimensión de las conquistas del hormigón están las notables edificaciones donde su forma alcanza un esplendor que sorprende: bóvedas cáscaras, velos tendidos, copas de agua, puentes rigidizados por láminas hiperbólicas (Maillard en Suiza), bóvedas parabólicas variables (la catedral de Chillán), los puentes suspendidos más largos del mundo y las torres más altas. Los últimos ensayos con hormigones de alto rendimiento, asociados con el pretensado —cuyos resultados corresponden sorprendentemente a los de otro material, una materia nueva con un comportamiento imprevisible— acercan sus formas a las dimensiones estructurales del acero, más livianas que la madera en su aspecto (su inercia).

III. Los resultados más notables han sido logrados por equipos profesionales que han comprendido que arquitectos e ingenieros deben trabajar en equipo integrado: deben concebir juntos el diseño. Una de las mayores agencias de arquitectos modernos, Skidmore, Owings and Merrill, integraba como socio al genial ingeniero Fazlur Khan. Otro ejemplo notable es el de la prestigiosa firma inglesa de ingeniería Ove Arup and Partners, cuyo socio Peter Rice ha trabajado con arquitectos como Renzo Piano o Norman Foster.

IV. Sin embargo, independientemente de estos logros iluminantes, las estructuras urbanas de hormigón han caído en la estandarización para ser económicas. Se ha impuesto una estilística de volúmenes ortogonales que en algunos casos alcanza un valor y belleza, pero que en la gran masa resulta empobrecida. Esto ha impuesto la idea de que se trata de un material limitado en su capacidad de forma.

V. El hormigón no está agotado: es un material que ofrece una cantidad de posibilidades aún no exploradas.

VI. El arquitecto Mark West de la Universidad de Manitoba en Canadá ha mostrado su invención: trabajar el hormigón moldeándolo con telas. Apareció con toda su elocuencia la verdadera naturaleza del hormigón: un material plástico, como la greda, como el metal fundido, gobernable a voluntad. Es una revolución en el dominio de las formas.

VII. Se abre entonces un campo a experimentar. Esto es lo que se ha emprendido en Valparaíso desde



hace seis años¹, moldeando piezas y ensayando la ductilidad de la relación entre la tela y la argamasa del hormigón. Se han montado faenas de hormigón con los estudiantes en viajes donde la disponibilidad de tiempo y de medios es mínima.



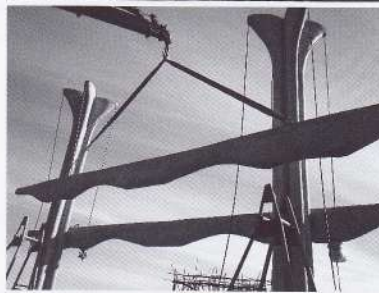
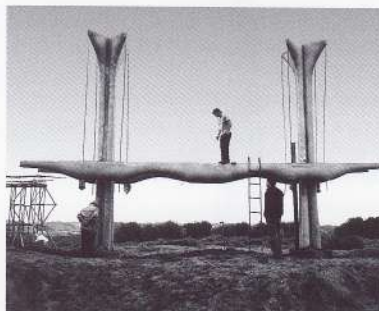
Para el proyecto del taller de obras en la Ciudad Abierta se está experimentando la forma de unas losas moldeadas con una malla textil. Una losa cáscara, que una vez fraguada se eleva hasta la cabeza de los pilares, operación facilitada por su ligereza, enseguida nivelada con mezcla aérea, aislante de hormigón. Demostraciones que muestran el territorio que abre esta suerte de libertad de ejecución y de modelación de la pasta del hormigón. Se han ensayado piezas sugeridas por Mark West; vigas de diez metros de largo con sección variable, siguiendo el gráfico de solicitaciones a flexión estando suspendida en sus quintos, con un volado a cada lado. Este es el inicio de un vasto territorio por descubrir.

VIII. Se trata de la libertad de moldear las formas deseadas, tocando una zona sensible de la arquitectura: la creatividad. Pierre Réverdy sostiene que el movimiento poético es esa tentativa temeraria de transformar las cosas del mundo exterior, que tales como son permanecerían extrañas para nosotros, en cosas más asimilables y que podemos, lo más íntimamente posible, integrar. Es el acto de transmutación de la realidad exterior en la realidad interior, sin el cual el hombre no hubiese podido superar nunca el obstáculo inconcebible que



la naturaleza levantaba frente a él. Esta suerte de visión es la que queremos se realice con esta elegante herramienta que hemos descrito, fruto del ojo y sensibilidad de arquitecto.

¹ Se refiere a la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (N. del Ed.).



Mark West y el seminario sobre moldajes flexibles

Miguel Eyquem

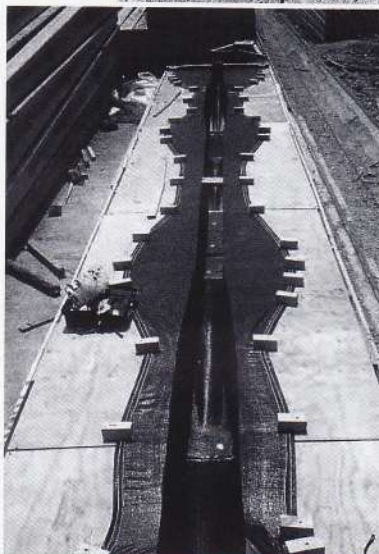
En septiembre de 2006 la Ciudad Abierta organizó un seminario sobre moldajes flexibles, dictado por Mark West, director del laboratorio de ensayo de materiales de The University of Manitoba en Winnipeg, Canadá, y quien es autor de esta tecnología.

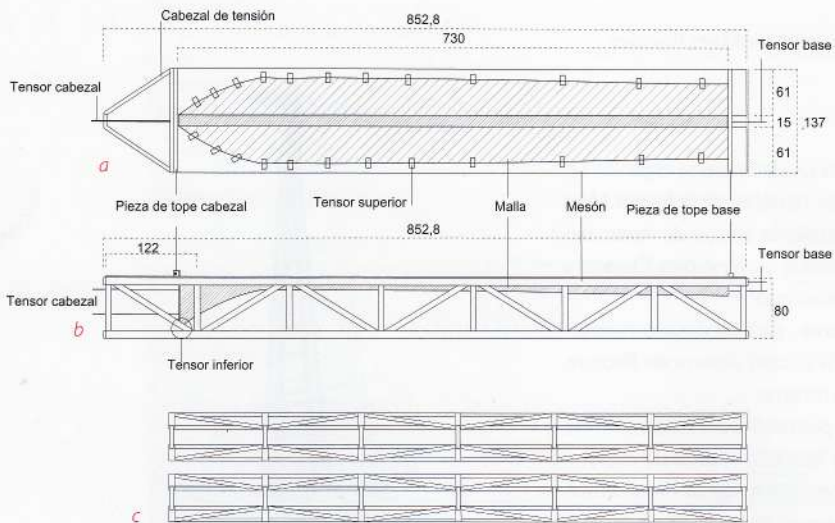
Mark vino una semana antes para preparar con nosotros, en los terrenos de la Ciudad Abierta en Ritoque, los objetos que él quería mostrar.

Es de interés describir la personalidad de West:

El primer día en Ritoque apareció vestido de maestro con un buzo gris muy hermético, regalo de un arquitecto japonés. Con su caja de herramientas fuimos al lugar previsto. Aquí inició la preparación de varios moldajes diferentes: unos modelos de vigas de tres metros para ser vaciados en posición horizontal; unos textiles rematados en una arista con una placa de terciado de 18 mm de 20 cm de ancho y 244 de largo, para un pilar. Además unos cuerpos de 15 cm de espesor para abrir unas ventanas en un muro de hormigón que habíamos propuesto. Con sus herramientas de precisión, su dedicación y su maestría nos dejó una demostración notable de cómo un arquitecto puede ser hombre de oficio. A continuación se hormigonaron dos pilares *in situ*, que mostraban una sección variable. Esto fue el resultado de montar placas de junta en forma cruzada, de tijera; era uno de los tantos recursos para moldear un pilar con una gran libertad de formas.

Después de esta preparación el seminario se realizó durante un día, incluido el almuerzo. Mark proyectó experiencias logradas en su laboratorio explicando las propiedades del textil y la facilidad para moldear una variedad de formas como demostración de su libertad de manejo. Un verdadero descubrimiento arquitectónico: abierta la posibilidad de descubrir nuevas formas no previstas hasta hoy día.





←
Moldaje de pilar

E 1: 100

a. Planta superior de encofrado

b. Elevación de encofrado

c. Planta inferior de encofrado

↙

Diseño del contorno de la viga según el diagrama de secciones mínimas requeridas a los esfuerzos de corte de una viga suspendida en dos puntos

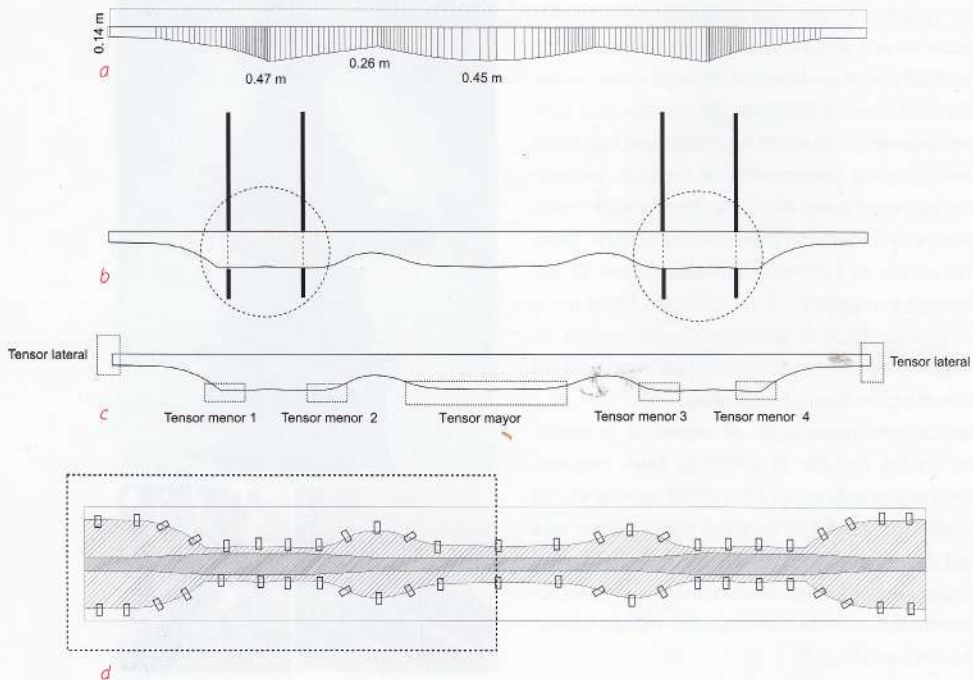
E 1: 100

a. Diagrama de corte

b. Elevación de viga

c. Posición de tensores inferiores

d. Posición de los tensores superiores de la malla sobre la mesa del encofrado



Miguel Eyquem

UNA CONSTRUCCIÓN POCO HABITUAL / Esta obra tiene una particularidad: ser un caso único en este país que intenta una estructura de hormigón laminar. Una estructura de planos laminares de 90 mm de espesor; no de láminas cerradas en curva, como en las copas de agua o en una bóveda o cúpula. Por esta razón propongo entrar a la obra por su construcción, tal como se presenta. Después asentaremos la obra en su lugar.

Se trata de edificar en hormigón con *planos libres* de 90 mm de espesor que requerían un moldaje muy preciso y una armadura de fierro redondo estriado de alta tensión A 63-42 H exigido y muy bien calibrado. Una buena enfierradura con un hormigón normal para un edificio de mediana altura, H-20, pero ejecutado con rigor. Un proceso muy cuidado desde los segundos del vibrado hasta el vaciado mismo, con todo el tiempo necesario.

Estas coordenadas llevaron a proponer esta fórmula no habitual en el dominio inmobiliario:

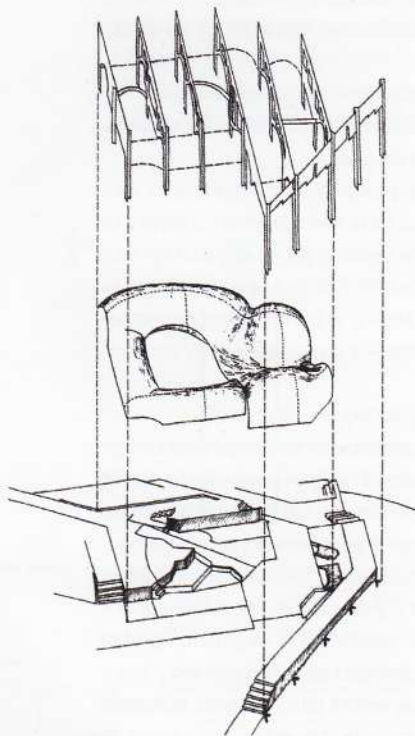
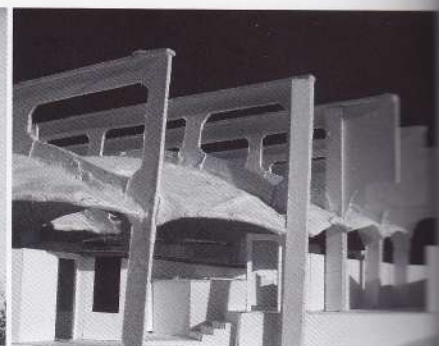
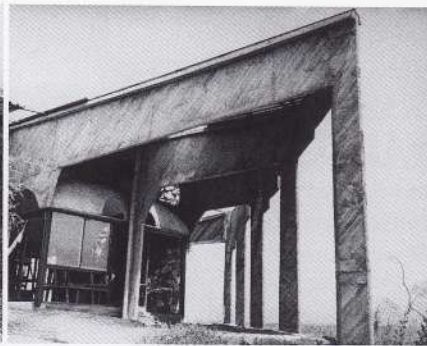
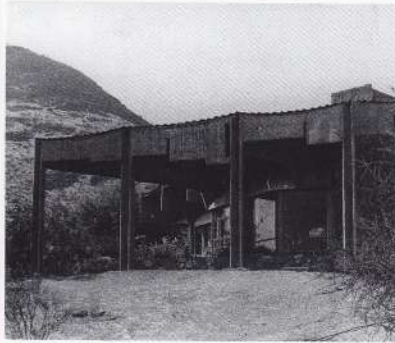
I. Esta casa particular debía contener un programa complejo. Por tanto, había que cumplir con ciertas superficies a partir de un mínimo, para contener los elementos del programa.

II. Los recursos disponibles y posibles para emprender este proyecto provenían únicamente de la venta de una casa de 140 m² situada en la calle Martín de Zamora, cerca de la Avenida Américo Vespucio; esto en el año 1979, cuando aún no se proponían las torres que se ven hoy día en el área. Con este presupuesto había que construir 250 m² para un programa muy ajustado, que incluía las instalaciones del laboratorio de un científico, la sede del Instituto Juan Ignacio Molina —primer científico naturalista reconocido en Chile; la ciudad de Molina por él lleva su nombre— y las habitaciones y servicios domésticos del científico residente.

¿Cuáles podrían ser los recursos de la sociedad cliente-arquitecto para lograr este récord?

Primero el ahorro de materia prima por las virtudes del proyecto; una arquitectura-ingeniería concebida con un criterio espacial muy riguroso que logra una espacialidad de gran rendimiento donde no existen pasillos ni halls de distribución. En la estructura una real disminución de la masa significa también ahorro de energía; requiere una invención. En segundo lugar la búsqueda del ahorro en ingeniería, incluida en el arquitecto. Tercero, el ahorro en empresa constructora; decir esto es fácil, cumplirlo significa realizar una auto-construcción: no hay lo que se llama un constructor. Puede haber algunos obreros no especializados, como jornaleros para la faena de los cimientos o un carpintero de obra gruesa para los moldajes. La albañilería debiera en lo posible ser ejecutada por el propietario y reducida a un mínimo, en forma de pandereta. Ninguna de estas faenas tendrá terminaciones, quedarán terminadas en obra gruesa. Cuarto, reducir los movimientos de tierra: esta obra está situada arriba de un cerro bajo, donde se produce cierta plataforma con poco declive; por tanto exigirá un mínimo de excavación. No hay rebajes ni muros de contención, aunque la planta tiene niveles. Los pilares poseen fundaciones autónomas. Ahorro de cimientos.

Quinto: un equipo de trabajo que no signifique un gasto agregado al presupuesto normal del labo-



Isométrica de esquema estructural

1. Estructura de pilares y vigas Vierendel
2. Membrana de cielo
3. Sistema de plataformas y rampas de suelo

ratorio. Esto significa que la *empresa* se improvisa con este equipo colaborador del científico. Son sus ayudantes en las labores prácticas: expediciones, recolección, selección de colecciones, envase en cajas y otros. Un equipo que ignora todo lo referido a la construcción, pero disciplinado. El equipo ejecutor: un propietario científico explorador, tres ayudantes, un carpintero de obra gruesa para los moldajes, un albañil del vecindario para el escaso trabajo de muro estándar, gáster para instalación de baños y cocina en una sola línea, el eléctrico forma parte de la instalación general del terreno (con otros socios vecinos) y un capataz: el arquitecto-ingeniero quien será el instructor de estos aprendices, dando el ejemplo con sus propias manos. Esta aventura riesgosa era posible de pensar, sólo sustentada por la valentía y la extraordinaria libertad de espíritu del científico explorador de sendas ocultas.



Con estos extraños parámetros se entiende que este proyecto, fuera de cualquier estándar, debía ser extraordinariamente simple tanto para comprender como para ejecutarlo con faenas elementales. Cumplir con estas coordenadas era ciertamente un *tour de force*. Aquí habría que aclarar a qué se va a llamar simple: ¿simple al ojo del proyectista, simple en sus elementos desplegados en el espacio, simple a primera vista, elemental en su materialidad o bien por sus partes muy distintas, con pocos elementos distinguidos, separados entre sí como un juego de armar que puede ejecutarse sucesivamente en una faena específica cada vez?

2011
 DIV 10

económicos ya banalizados, que jamás proporcionarían el fulgor que el caso exigía, sin recurrir a la calidad esplendente de los materiales. Al contrario, procediendo con los materiales más populares y económicos, desbanalizados utilizándolos de modo que muestren un diseño elaborado, estudiado con profundidad para alcanzar ese récord de economía de materia que se había propuesto desde el inicio. Volviendo a la escuela, el integrante del grupo de ayudantes más intelectual se convirtió en el gran enfierrador, curvando y amarrando largos fierros estriados sobre unos dibujos a escala 1: 1 de grandes vigas *vierendell* sobre la ladera muy lisa del cerro; estos dibujos se realizaban con el arquitecto clavando estacas de fierro de estribos (6 mm). Muy delicada era la colocación de estas pesadísimas armaduras dentro de moldajes tan angostos, 9 cm, y de mucha profundidad, dado el sistema de vigas que permitía este pequeño espesor; un ahorro de masa consistente como se verá más adelante.

DESCRIPCIÓN DE UNA FAENA DE HORMIGONADO EN AUTO-CONSTRUCCIÓN / Muchos se preguntarán: ¿cómo procede este *equipo* para organizarse y poder realizar faenas de gran responsabilidad y de dimensiones semejantes a un edificio de dos pisos? Para mostrar la realidad de estos hechos se muestra el procedimiento de una de las faenas más difíciles de ejecutar, al mismo tiempo la de mayor responsabilidad. En la cancha con conos de arena, gravilla y bolsas de cemento, estaba el científico entomólogo Luis Peña, al lado del pequeño trompo revolver, con dos de sus ayudantes, uno encargado de las cachadas de áridos y cemento, el otro encargado de operar el trompo. Don Lucho con la libreta de anotaciones en la mano, el lápiz en la oreja como los carpinteros, anotando y dictando las cantidades exactas de cada material medidas en tarros concreteros, aún el agua.

Él asumía la mayor responsabilidad de la operación. Una vez ejecutada la revoltura del hormigón, Juanito, un fornido araucano de Temuco, agarraba la carretilla y subía como tractor las carreras de tabloncillos hasta la altura del andamio superior de las vigas-marco, más o menos a 4,5 m. Arriba del andamio el enfierrador ayudando al vaciado con tarros concreteros. Junto a él, el arquitecto-constructor en esta operación, con un fierro largo de construcción en las manos (San Miguel con su lanza), chuceando las cachadas para rellenar al milímetro entre la apretada armadura dentro de moldajes tan ajustados y profundos. Al mismo tiempo nivelando el hormigón, cuidando que no nivelaran con el vibrador (para evitar disgregación). Abajo en la cancha, don Lucho con los ojos en el reloj medía el tiempo justo del vibrado. Ésta era la tarea más delicada para obtener una pieza de hormigón de 15 m de largo, impecable, terminada. Aquí no había correcciones posteriores posibles. Con estos cuidados se pudo llenar bien, sin nidos, estas grandes vigas *vierendell* junto con sus pilares, conjunto que definía esta obra. Se tenía el cuidado de completar una viga en una sola faena para obtener una pieza sin juntas a la vista.

Muchos se preguntarán cómo se puede hormigonar una membrana de doble curvatura, cóncava -convexa. Por ahora esto permanecerá en el secreto de la faena.

Estas bóvedas, constituidas por una *membrana* de 1" (2,5 cm) de espesor como ya se ha explicado, son en verdad falsas bóvedas pues no trabajan como tales: están suspendidas de las vigas desde cualquier sector de su curvatura ya que esta curva se adecua a la planta libre y sus destinos, entre los más públicos o los más privados, independiente de los intervalos matemáticos del sistema de vigas portantes. Éste consiste en 6 vigas-marco que atraviesan en una pieza de hormigón con un espesor de lámina

Casa en El Portezuelo

Arquitecto

Miguel Eyquem

Ubicación

Camino General San Martín, El Portezuelo, Colina, Chile

Ciente

Luis Peña

Construcción

Miguel Eyquem

Sistema constructivo

estructura integral de hormigón armado

Cerramientos

vidrio, carpintería metálica, ventanas de guillotina de madera, tabiques huecos de ladrillos de pandereta, cubierta de canoas de acero galvanizado

Terminaciones interiores

piso de hormigón afinado

Presupuesto

12 UF/ m³ (US\$ 400/ m³)

Superficie terreno

6.000 m²

Superficie construida

250 m²

Año proyecto

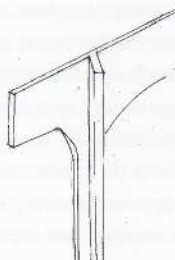
1979

Año construcción

1980



Membrana de bóvedas



Pilar compuesto por la prolongación de la viga laminar y el ala en 45°

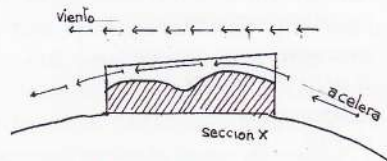
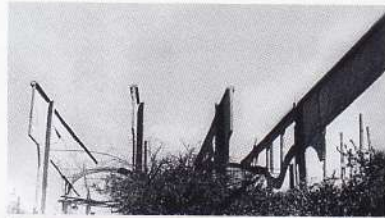
de 90 mm y 20 m de largo. En Chile este espesor es una trasgresión irrespetuosa a las normas de cálculo antisísmico. El cálculo de la enfierradura fue para una estructura elástica, no rígida.

Las vigas poseen una buena altura interna, de más o menos 2 m en la zona más alta, para aceptar las grandes ondulaciones de la membrana de curvas libres. Esta altura les permite ahuecarse con perforaciones según el sistema *vierendell*, muy similar a los largueros metálicos de los aviones; al tener este gran momento de inercia, puede reducir su espesor a una lámina muy delgada, al límite de lo posible constructivamente, buscando la ligereza como se ha propuesto. En verdad están hechas en sección T, con un solo pilar al interior del volumen; estos pilares son prolongaciones de la lámina. En una de sus aristas crece un ala a 45° que proporciona un momento lateral, equivalente a un pilar cuadrado del ancho del ala y del pilar: adquiere un buen momento de flexión que evita el pandeo.

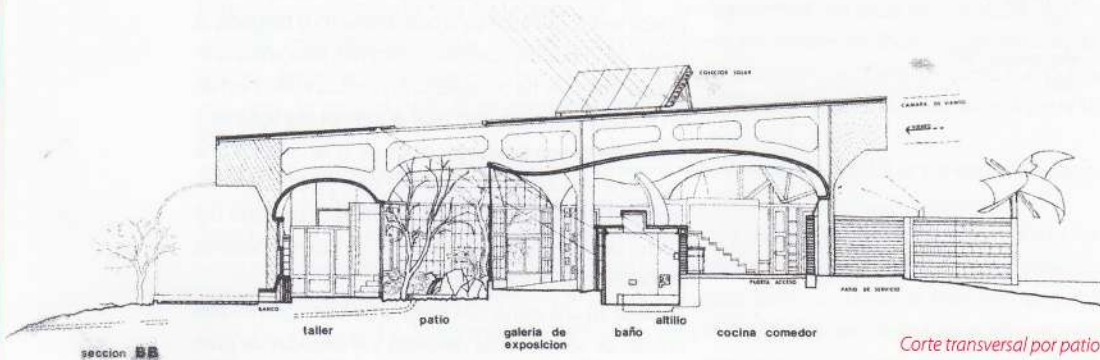
Se tiene así una estructura integral de hormigón en una unidad de sólo láminas delgadas y ahuecadas de gran rendimiento. Para ver esta estructura, habría que imagi-

narla como un trabajo del espacio, un *cuerpo* de papel o cartón forrado delgado; las vigas recortadas largas son demasiado flexibles. Tomamos un papel, una hoja de carta y le damos curvaturas con cortes y traslapos encolados, reproduciendo cáscaras esféricas cóncavas y convexas en la misma hoja. Si unimos dos vigas, lateralmente muy flexibles, pegándolas con estas bovedillas de papel de modo que queden paralelas, nos sorprenderá la rigidez y la resistencia de cuerpo que adquiere este conjunto. Se ha armado una *caja rígida*.
 Se genera tal rigidez que parece que el material hubiera cambiado de naturaleza. Es un problema de proporciones, un problema de momentos, lo que Arquímedes habría llamado una *palanca* y, nosotros, un *buen brazo de palanca*. Sabemos por experiencia con nuestro propio cuerpo que un brazo de palanca no tiene límites (un alicata): se puede hacer cualquier cosa hasta el límite de la materia.

Estas vigas flexibles, que así fueron durante la construcción, se transformaron en tapas de unas grandes cajas. ¿Cuáles eran los costados de estas cajas? Las curvaturas de la hoja de papel o las bovedillas de la membrana que ocupaban esa altura interior de la viga. Aquí aparecen dos fenómenos conjugados: uno es el momento de inercia entre viga y membrana (las alturas en la viga, que generan un gran momento, como un verdadero nudo rígido). Otro son las curvaturas bastante concen-



Esquema de circulación de aire entre la membrana y la cubierta



Corte transversal por patio
 E 1:250

tradas de las bovedillas positivas y negativas; estas nuevamente desarrollan grandes momentos de inercia (altura de clave). De este modo los órganos que unen las vigas entre sí, son en sí mismos de una elevada rigidez —momentos—; por esto entre viga y viga se produce un nudo rígido muy poderoso —proporciones—. Se ve cómo esta estructura trabaja como perfiles tubulares al cerrarse con el suelo: adquiere esa consistencia que conocemos en los tubos. Su coherencia la encuentra en su homogeneidad: todos sus espesores son proporcionados entre sí y con el trabajo que ejercen; no debe haber puntos fuertes y puntos débiles, todas sus partes trabajan proporcionadamente, no lejos de algunas formas de la naturaleza, como ocurre en las flores, las hojas, los coleópteros. No ofrecen un punto de quiebre. Analizada con esta óptica, esta estructura es una lección para *mirar* las estructuras tan masivas de este país, por ser calculadas después de concebidas en proyecciones, luego calculadas como correcciones, cuando deberían ser concebidas como *formas* de la materia en el espacio. No como proyecciones en planos conjugados: en el sitio de la faena, aparecen las geometrías que no se ven en los planos.

Lo descrito asemeja esta estructura a una *maquette* de cartón por la homogeneidad que se maneja con las manos. La losa equivalente, en esta casa, resultó menor que la de una albañilería reforzada de un piso según normas CORVI. Este ahorro del material más costoso demuestra que esta forma de concebir la obra va por el buen camino de lo económico y su ejemplo está en los sistemas de la naturaleza. Los túneles que resultan entre vigas están abiertos al viento del valle de Santiago; este viento fresco, que llega directo desde San Antonio soplando en verano entre los 30 y 40 km/hr, atraviesa este entretecho abierto después de haber subido el portezuelo, acelerándose. Esta corriente, al estrangularse en las ondas de las curvaturas del cielo, se vuelve a acelerar siguiendo el efecto Venturi¹. Al acelerarse, la presión atmosférica disminuye y por tanto se enfría, según el efecto Bernouilli²; así, por contacto, refresca el cielo interior. Las vigas están techadas por un plano de canoas galvanizadas que reflejan la radiación solar, funcionando de manera ambivalente como paraguas y parasol.


Hecha esta descripción de una obra de alta tecnología y de gran exigencia constructiva, realizada en forma artesanal, ella parece una contradicción sin sentido —a primera vista inexplicable— después de haber planteado la economía más extrema. ¿Por qué esta decisión aparentemente tan ilógica?


Una cosa que se poseía era la mano de obra regalada porque no se cargaba al presupuesto de la obra. Por tanto se tenía ganado el tiempo, quizás el vector más importante. Entonces se podía pensar una faena de verdad experimental, la cual podía adquirir el tiempo necesario para ensayar y corregir con todo el cuidado de no perder material. Más aún, explotar verdaderamente la economía o ahorro de materia que se planteó al inicio. Se había ganado una libertad. Otro factor fundamental era la economía del espacio en la concepción unitaria de éste; consecuencia de esta virtud se generaba una

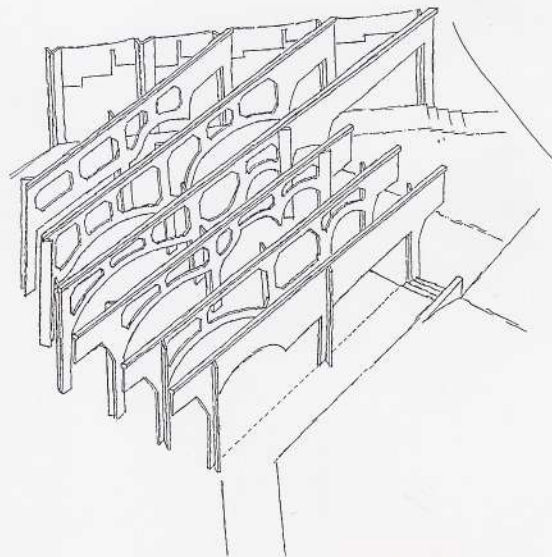
1. Demostrado en 1797 por el físico italiano Giovanni B. Venturi, este fenómeno consiste en la disminución de la presión de un fluido, dentro de un tubo cerrado, al aumentar la velocidad atravesando una zona de sección menor dentro del tubo. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto.

2. También denominado *ecuación de Bernoulli*, fue expuesto por Daniel Bernoulli en su *Hidrodinámica* (1738) y sostiene que, circulando por un conducto cerrado, la energía que posee un fluido —en estado ideal, sin viscosidad ni rozamiento— permanece constante a lo largo de su recorrido.

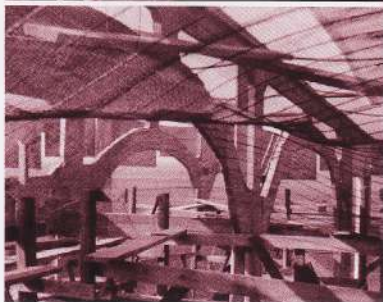


simplificación integral de los elementos y partes estructurales, reducidas sustancialmente de volumen con un ahorro de material estructural y masa. La economía también determinó la faena, procediendo con operaciones unitarias empleando la tecnología de un solo material: el hormigón, empleando una concepción industrial clásica — hoy en día los procedimientos electrónicos adquieren cualquier libertad— la automatización. También provienen de una concepción industrial el empleo de un material único, las acciones simples, repetitivas y las superficies continuas, sean planas o curvas. La estructura fue aligerada por la concepción de su propia forma, la cual contiene grandes momentos de inercia (altura interna; forma que permite diseñar con conceptos aéreos, con cámaras vacías y con ahuecamientos en las zonas neutras de la estructura. El criterio es *aéreo*, en el sentido de introducir aire donde había materia y también por la cercanías con las concepciones aeronáuticas. Se obtuvo una sorprendente reducción al límite constructivo del espesor en los elementos de hormigón. Esto es una reducción de volumen a la mitad: ahorro material en varios rubros de su ejecución 

¿Cuáles fueron los principios que gobernaron este territorio tan ajeno a las obras de estas dimensiones? Un cambio de escala: imaginemos un puente con sus grandes luces que ahorran apoyos y muestran una estructura tan elemental. Imaginemos un *zoom* sobre un plano, con un acercamiento que finalmente dejará muy pocas líneas en la pantalla, parecido a un cuadro abstracto donde las formas se escapan fuera del cuadro. Esta estructura resulta de una operación espacial, matemática, del mismo orden que aquella realizada por el italiano Cardano para resolver la raíz de 3. Primero eleva la cifra a la quinta potencia para desde aquí bajar a la raíz de tres. Estas vigas se elevaron por dentro y por fuera para salvar luces en forma económica y simplificada de elementos como en un puente. Con este mismo sistema, al adquirir el cielo formas abovedadas — un recurso arquitectónico para individualizar  los espacios de la planta— las vigas adquirieron un gran momento de inercia por su altura; esta forma de cielo ahorró tener otra estructura transversal fuera de la membrana de cielo de 1" de espesor. Al mismo tiempo, la altura de las vigas relacionadas en forma interactiva con el abovedado del cielo propuso los canales de circulación libre del viento del lugar. Esta circulación modificó el clima de modo



Isométrica de estructura



que redundó en economía de aislación térmica: ahorro de material aislante. Nuevamente vemos las grandes cualidades que una obra encuentra cuando el espíritu del arquitecto se ensambla con el espíritu del ingeniero para conformar una sola cabeza bajo el mismo casco; es decir, no hay discriminación entre oficios, son uno solo, un constructor edificador, un *bâtisseur* de la Edad Media. Tenemos un ejemplo brillante: Filippo Brunelleschi en Santa Maria dei Fiore: cincelador, dibujante, inventor, mecánico, calculista, constructor y arquitecto, un *capomastro*. El holandés Theo Jensen, artífice de las máquinas que caminan, dice: “*es insensato disociar al artista del ingeniero*”.

Este ejemplo de faena descrito, muestra que un taller de construcción con manos entusiastas, dedicadas a un trabajo con espiritualidad, desarrollando el concepto de máxima ligereza, liviandad y economía puede estar al servicio de la arquitectura. Arquitectura e ingeniería concibiendo juntas, reunidas en una misma espiritualidad para pensarlas, no propuestas como dos disciplinas aparte.

