

ENCOFRADOS FLEXIBLES

OTRA FORMA PARA EL HORMIGÓN



David Jolly

Profesor titular, Escuela de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Miguel Eyquem

Profesor titular, Escuela de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Victoria Jolly

Alumna del Magíster Náutico y marítimo, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Fotografías: **archivo de autores, Mark West**

Esta colaboración internacional aprovecha el estatus de laboratorio constructivo de la Ciudad Abierta en Ritoque y las exploraciones en torno a un encofrado que trabaja con el peso propio de la mezcla para generar formas continuas y complejas.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura en hormigón, prefabricación, hormigón armado, Ciudad Abierta, CAST

ENGLISH TEXT PAGE 65



Esta es una construcción creativa que comenzó en 2002 con la llegada a la Ciudad Abierta en Ritoque del arquitecto Mark West, quien residió por una temporada en ella junto a su familia. Las primeras experiencias de West en Ritoque fueron artísticas: utilizó telas como contenedoras de argamasa para constituir volúmenes escultóricos, que posteriormente fueron expuestos en la galería Storefront en Nueva York, Estados Unidos.

Durante su estadía en la Ciudad Abierta, West planteó la posibilidad de utilizar telas como contenedores del hormigón para obtener nuevas formas arquitectónicas; en ese momento nos encontramos realizando la Mesa del Entreacto, un lugar al aire libre para recibir a cien comensales. En el acto, levantamos junto a él dos columnas de siete pies de alto y un asiento a ras de suelo, todo realizado con encofrados flexibles. Con eso comenzó una relación creativa que continúa hasta el presente.

A su vuelta a la Universidad de Manitoba en Winnipeg, Canadá, West fundó CAST (*Center for Architectural Structures and Technology*), un laboratorio dedicado al estudio y experimentación de los encofrados flexibles, que dirige hasta hoy y con el cual iniciamos una fecunda colaboración.

MOLDAJES FLEXIBLES: LOS MÉTODOS EMPLEADOS

El empleo de membranas flexibles como encofrados para el hormigón es una metodología nueva que no tiene antecedentes notables en Chile. Tradicionalmente, los contenedores para argamasas líquidas o semilíquidas –yeso, barro, hormigón– han sido fabricados con materiales rígidos; desde los complejos moldes para metal fundido usados en escultura, hasta los encofrados rectilíneos usuales para el hormigón armado. Todos ellos gobiernan la forma definitiva de la argamasa por medio de un material que minimiza las deformaciones.

En los encofrados flexibles, la argamasa del hormigón es contenida por una combinación de elementos rígidos soportantes y una membrana que solo resiste tracciones. De este modo, al recibir la masa del hormigón, la membrana la contiene y adopta automáticamente una forma gravitacional. Este es un hecho mecánico que, en igualdad de condiciones, genera la misma forma y, por tanto, es gobernable.

La investigación en el laboratorio CAST comenzó por indagar cuáles son las formas posibles de obtener en esta combinación de

argamasa pesada y una membrana soportante que la contiene. La experimentación se ha centrado en la búsqueda formal a partir de la adecuada combinación de membranas y elementos rígidos. Lo novedoso aquí implica a lo menos dos dimensiones. La primera es una nueva figura, su perfil y la continuidad de las superficies que necesariamente tiene, dado que se trata de cuerpos tridimensionales. La segunda es que estos cuerpos complejos se obtienen por medio de operaciones constructivas de relativa simplicidad. En otras palabras, el armado del encofrado y su llenado se realizan en un breve periodo de tiempo, lo que se puede sintetizar en una dimensión: bajo costo del encofrado y eficiente operabilidad en relación con la forma compleja que se obtiene.

Estas operaciones constructivas se pueden aplicar en dos campos. Uno es el modo artesanal, donde cada pieza se realiza in situ y puede constituir un ejemplar único. El otro es el de fabricación industrial, donde cada elemento se repite un gran número de veces, con lo que se logra una calidad garantizada, al mismo tiempo que un menor costo. A partir de la experiencia realizada con el arquitecto West, en Valparaíso hemos experimentado en ambos campos. El acento ha estado puesto en la realización de prototipos a escala natural, verificables en un uso habitable, a diferencia del laboratorio CAST donde los modelos se cumplen en sí mismos. Esto lo advertimos ya que la Ciudad Abierta brinda la posibilidad de realizar obras experimentales en verdadera magnitud. Además, con la experimentación se comprueba la factibilidad de esta tecnología en nuestro medio.

Así, la experimentación se inició con un decurso básico para concebir el encofrado para una forma deseada. Esto suponía un periodo de indagación, donde se trabajó en el taller ensayando posibilidades con el método de acierto y error, acumulando las condicionantes que conducían a una forma y corrigiendo lo que no se deseaba; un trabajo con la forma que incluye el hallazgo. Una vez obtenido un modelo satisfactorio, a escala y realizado en yeso, se realizó uno en hormigón y luego el prototipo a escala natural. Este último también puede ser verificado antes de realizar una prueba con hormigón, llenando el encofrado definitivo con arena. Ella se comporta de un modo muy similar al hormigón y permite confirmar la exactitud de la forma proyectada.

El postulado básico que está detrás de esta investigación en conjunto entre la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV y CAST es que los modelos a escala realizados con encofrados flexibles mantienen con variaciones mínimas su comportamiento a escala natural; es decir, es posible construir la forma que se obtiene en un pequeño modelo de yeso en una escala mayor con hormigón.

PRIMERA EXPERIENCIA COLABORATIVA

Lo que empezó como un gesto de hospitalidad hacia el arquitecto West en 2002, con los primeros ensayos, se ha transformado en campo de investigación para este grupo de arquitectos de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, PUCV. La investigación partió con la propuesta de un edificio que estuviera básicamente construido con hormigones realizados con encofrados flexibles. Se trataba del edificio para un *atelier* que tiene su origen en un acto poético en las dunas de la Ciudad Abierta. El partido arquitectónico que se tomó fue el de suspender el edificio para lograr dos objetivos simultáneos: apenas tocar la arena para no arrasar con su ser una extensión natural –que es un bien en sí mismo– y obtener luego una favorable respuesta ante los sismos, minimizando la energía que el edificio colgante recibiría desde el suelo.

Mark West trabajó en su laboratorio CAST en Canadá unos modelos a escala, mientras el equipo de la Ciudad Abierta construyó también modelos a escala en yeso y en hormigón para dominar y ajustar la tecnología del encofrado flexible, que se recibía por medio de dibujos y fotos desde Canadá. Luego se construyeron prototipos de tamaño natural en una industria local.

El postulado básico que está detrás de esta investigación en conjunto, entre la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV y CAST, es que los modelos a escala realizados con encofrados flexibles mantienen con variaciones mínimas su comportamiento a escala natural; es decir, es posible construir la forma que se obtiene en un pequeño modelo de yeso en una escala mayor con hormigón. La primera forma obtenida sobre ese supuesto fue una columna compuesta por cuatro elementos prefabricados en la industria, que en 2003 se montaron en la duna, hormigonando su fundación y el centro que las vincula para constituir un elemento solidario.

SEGUNDA EXPERIENCIA COLABORATIVA

Para el proyecto del *atelier* se requerían vigas que cubrieran las luces que conformarían una plataforma sobre la cual se levantarían los interiores. En 2004, West y su equipo diseñaron una viga de sección variable y fabricaron un prototipo en una planta industrial en Canadá. Nuestro equipo, con la colaboración de los ingenieros especialistas Luis Della Valle y Jorge Carvallo, calculó una viga de 12 m de largo con una sección variable, capaz de seguir el diagra-

ma de momento de flexión. De este modo, el elemento estructural responde a las solicitaciones previstas, pero no tiene más sección que la que se requiere, por lo que resulta un elemento más liviano y económico. Por su parte, la sección variable se obtuvo con un trazado a partir de un paño rectangular de geotextil, que se fijó a un par de mesas, combinando de modo conveniente una estructura rígida con la tela deformable. Esta operación constructiva simple y de bajo costo permite obtener una forma compleja.

TERCERA EXPERIENCIA COLABORATIVA

Con la obtención de la columna y la viga ya se estaba en condiciones de levantar un elemento más complejo: un pórtico, un par de vigas suspendidas entre dos columnas compuestas. Se confeccionaron los ocho componentes de las columnas y las dos vigas de sección variable en la planta INDHERCO. En esta ocasión, los encofrados flexibles probaron su capacidad de ser usados repetidas veces; de hecho, se utilizó solo una pieza textil para los ocho elementos verticales y otra para las dos vigas, ya que el vaciado sobre el encofrado dispuesto en posición horizontal permite despegar fácilmente la tela tras el fragüe.

En la operación de montaje de estos elementos se utilizó un cable de acero cuyas dimensiones y especificaciones fueron entregadas por el equipo de ingenieros. Luego se diseñó y construyó un elemento de unión y regulación entre la viga y el cable de acero para soportar las vigas. Estas fueron suspendidas con éxito desde el par de columnas, situación en la que se encuentran desde el año 2005.

Para la construcción de un edificio con estructura de hormigón suspendida se espera encontrar un cable compuesto por fibras artificiales que no se vean afectadas por la corrosión del aire salino de la costa. La solución técnica aún no se ha encontrado, lo que ha detenido la marcha de la obra por este camino.

NUEVAS EXPERIENCIAS COLABORATIVAS

En 2006, en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV, se llevó a cabo un seminario-taller donde el arquitecto Mark West, junto al equipo docente, realizó experiencias demostrativas de la variedad de aplicaciones que los encofrados flexibles pueden aportar a la forma arquitectónica.

Ese año también se levantó un muro-combado (*bulge wall*) que es parte de la obra de las Calzadas del Agua en Ciudad Abierta. Este da forma a un elemento tridimensional que incluye volúmenes y vacíos dentro del plano del muro, conseguidos en una sola operación de colado del hormigón. Con esta experiencia se diversifican las posibilidades de forma de los encofrados flexibles, al combinarlos con planos rígidos.

PROYECCIONES DEL HORMIGÓN CON ENCOFRADOS FLEXIBLES

Este equipo de investigación ha realizado elementos monolíticos de hormigón que se inscriben dentro del ámbito del mobiliario urbano, tanto en obras civiles como en donaciones realizadas en las travesías por América que emprende una vez al año la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

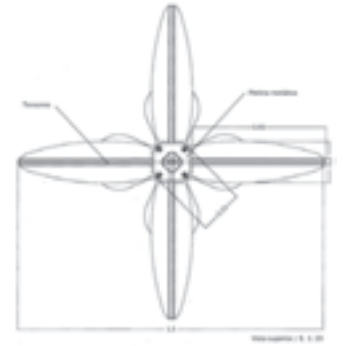
Al respecto, lo específico y destacable de esta tecnología es el empleo de una tela que resiste la argamasa del hormigón hasta que completa su curado. Hoy se encuentran en el mercado de la construcción los llamados geotextiles, de alta resistencia y bajo costo, que resultan óptimos para ser usados como encofrados flexibles. Estos textiles además se caracterizan por su liviandad y poco volumen, lo que los hace apropiados para ser utilizados en una empresa como la travesía que consulta largos desplazamientos.

En cuanto a la posibilidad de construcción en lugares distantes,

Pressure Buildings and Blackouts. Instalación de Mark West sobre la fachada de la galería Storefront, Nueva York, 1992. Fotografía de Mark West
Pressure Buildings and Blackouts. Installation by Mark West on the façade of the Storefront Gallery, New York, 1992. Photography by Mark West

Asiento para anfiteatro en Ciudad Abierta, 2002.
 Hormigón y encofrados flexibles.
 Seat for the amphitheater in Ciudad Abierta, 2002.
 Concrete and flexible framework.

Modelo a escala en yeso: elemento prefabricado para columna compuesta. Fotografía de Mark West
 Scale model in plaster: prefabricated element for a composed column. Photo by Mark West



Columna compuesta –cuatro piezas prefabricadas– en Ciudad Abierta, 2003. Primera colaboración
 Composed columns (four prefabricated pieces) in Open City, 2003. First collaboration



Montaje de pórtico en Ciudad Abierta, Ritoque, 2005
 Portico mounting in Ciudad Abierta, Ritoque, 2005



Corte de patrón en geotextil para encofrado de mesas en São Miguel das Missoes. Pattern cut in geotextile for table framework in São Miguel das Missoes



Jardín en Garupá, Argentina, 2003. Garden in Garupá, Argentina, 2003



Obra en travesía: mesas en una Plaza en São Miguel das Missoes, Brasil, 2006. *Travesía* work: tables in the Plaza of São Miguel das Missoes, Brazil, 2006



Obra en travesía, Parque Nacional Pan de Azúcar, Chile, 2009. *Travesía* work, Pan de Azúcar National Park, Chile, 2009

hemos contado con la colaboración del Laboratorio de Ensayos de la PUCV, a través de la ingeniera Gabriela Palma Rojas, quien ha calculado las dosificaciones para cada obra, tanto en Chile como en el extranjero, y ha garantizado la calidad del hormigón.

Mobiliario para un jardín en Garupá. Posadas Misiones, Argentina, 2003
Se trata de unos volúmenes monolíticos verticales y horizontales que constituyen el mobiliario para el jardín de un comedor de niños en riesgo social. Corresponde al diseño y construcción de elementos que permiten apoyar el cuerpo en medio de un jardín; son detenciones y lugares para el recreo de los niños, de formas orgánicas. Esta es una obra de travesía realizada por el Taller de 11 año, con la colaboración de los arquitectos Fernando Espósito y Claudio Villavicencio.

Mesa para una plaza en Sao Miguel das Missoes, Brasil, 2006
Es la construcción de un espacio público que permite reunir a los habitantes de Misión con los turistas culturales que visitan el lugar. Se acordó con el alcalde y los gestores turísticos que una mesa pública podría dar inicio a una relación que hasta ese entonces no había tenido posibilidad ni espacio propio. Así, en una semana de trabajo se construyó una mesa en forma de cruz, empleando los encofrados flexibles. Cada tramo de la mesa es un elemento monolítico, realizado con un solo vaciado de hormigón. Obra de travesía realizada con el Taller de 14 año de Arquitectura, con la participación de los arquitectos Patricio Cáraves y David Jolly.

Lugar de detención en el desierto de Atacama, Chile, 2009
En el Parque Nacional Pan de Azúcar se diseñaron in situ y se levantaron unos volúmenes que, sin interrumpir lo agreste del paisaje del desierto, dan lugar a una detención que acoge a los cuerpos para la contemplación de esta singular extensión. Se utilizaron los áridos del lugar para obtener texturas y colores que no contrastaran con el entorno natural.

Plaza de Gualliguaica en el Valle de Elqui, Chile, 2010
El recientemente trasladado y refundado poblado de Gualliguaica –a raíz de la construcción del embalse Puclaro– tenía destinado un sitio para su plaza que aún no adquiriría el carácter de lugar habitable. La travesía que allí se realizó levantó los primeros elementos que permitían detenerse y permanecer en su plaza pública. Se diseñaron y construyeron unos asientos en hormigón armado, cuya forma se obtuvo con encofrados flexibles. En una operación constructiva de una semana, el Taller de 5 año de Arquitectura, con la colaboración del titular Néstor López, levantó seis elementos que dieron inicio a este espacio ciudadano; elementos que, con su forma, se posan en el plano inclinado de la plaza dándole una primera habitabilidad en su dimensión útil –un lugar para sentarse– y en su dimensión visual –la presencia de una forma en el espacio–.

Anfiteatro del Centro Cívico de Loncura, Chile, 2010
Obra concebida y realizada con elementos monolíticos de hormigón. Su forma y acabado obtenido con encofrados flexibles, en un proceso de fabricación industrial, garantiza una calidad homogénea y economías de escala en su producción. La concepción de un mobiliario urbano en hormigón con estas características tiene especial interés en varios sentidos: durabilidad material, no presenta la fragilidad de la madera o los plásticos, es incombustible y, debido a su masa, no es susceptible de ser empleado en actos vandálicos. Su forma tiende a un todo armónico con el medio ambiente al aire libre.

Borde costero Loncura-Quintero, Chile, 2011
En un espacio urbano del litoral central se encuentra en etapa de proyecto un mobiliario urbano concebido con encofrados flexibles, realizado con la colaboración de los titulantes Valeria Valenzuela y Felipe Gaymor para el proyecto de borde costero entre Quintero y Loncura. En él se diseñaron elementos que dan forma al límite entre el paseo y la playa de la bahía de Quintero. Estos elementos monolíticos revisten el carácter de mobiliario urbano, permiten la proximidad de los cuerpos con su acabada superficie y a la vez constituyen una defensa en el borde. Cada uno es un volumen de hormigón que no requiere de armadura de acero, lo que garantiza su durabilidad en un medio de alta corrosión por la humedad salina del mar. Se diseñaron seis módulos distintos que se pueden ubicar uno a continuación del otro, de modo de generar variaciones en la figura continua de este elemento de límite entre la playa y la calzada.

CONCLUSIONES Y CERTEZAS

DE ESTA INVESTIGACIÓN EN COLABORACIÓN

La indagación y experimentación con los encofrados flexibles, tanto en la atmósfera cuidada del laboratorio CAST, como en sitios urbanos y en lugares más remotos como parques y extensiones naturales, permiten tener algunas certezas respecto de ellos.

Apoyados en la correspondencia entre los pequeños modelos en yeso y las formas obtenidas con los encofrados flexibles a escala natural con el hormigón, hemos constatado lo siguiente:

- En cuanto a la forma, es posible lograr figuras que con encofrados rígidos tradicionales resultarían de un alto costo.
- Es posible obtener una superficie acabada de muy buena calidad en cuanto a su textura y a la continuidad de ella, aun en superficies de doble curvatura.
- El empleo de un textil permeable tiende a mejorar la calidad del hormigón, ya que este encofrado deja escurrir el posible exceso de agua de la argamasa, sin arrastrar el cemento.
- En cuanto a una propiedad formal –que se puede calificar de subjetiva, pero aun siendo así no deja de tener cierto valor–, los cuerpos formados por planos de doble curvatura se asocian fácilmente a una estructura de orden orgánica, es decir, se vinculan visualmente como partes de un organismo. Este hecho hace que la forma se perciba como menos invasiva, menos agresiva y, por lo tanto, más armónica con los entornos naturales y artificiales de los espacios urbanos.
- Obtener con operaciones constructivas simples una nueva forma para la arquitectura nos parece una abertura para el empleo de esta tecnología, cuando la ocasión lo permite y requiere.
- La simplicidad del diseño del encofrado y la posibilidad de emplearlo muchas veces, permite constatar que se está ante una tecnología de bajo costo en relación con la calidad formal del objeto que se obtiene.

Cabe destacar la fecundidad que ha generado esta colaboración, donde han concurrido las ventajas de dos centros de estudio: el laboratorio CAST de Canadá y la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV, con el auspicio de la Corporación Amereida, que da lugar a las obras en la Ciudad Abierta. Ha sido, finalmente, la obra la que ha permitido la real vinculación interdisciplinaria. **ARQ**

Bibliografía sugerida

PALMER, Montserrat y Patricio MARDONES (eds.). *Hormigón en obra*. Ediciones ARQ, Santiago, 2009.
Storefront for art and architecture. Recuperado de http://www.storefrontnews.org/exhibitions_events/all?t=445
CAST: http://www.umanitoba.ca/cast_building/

David Jolly

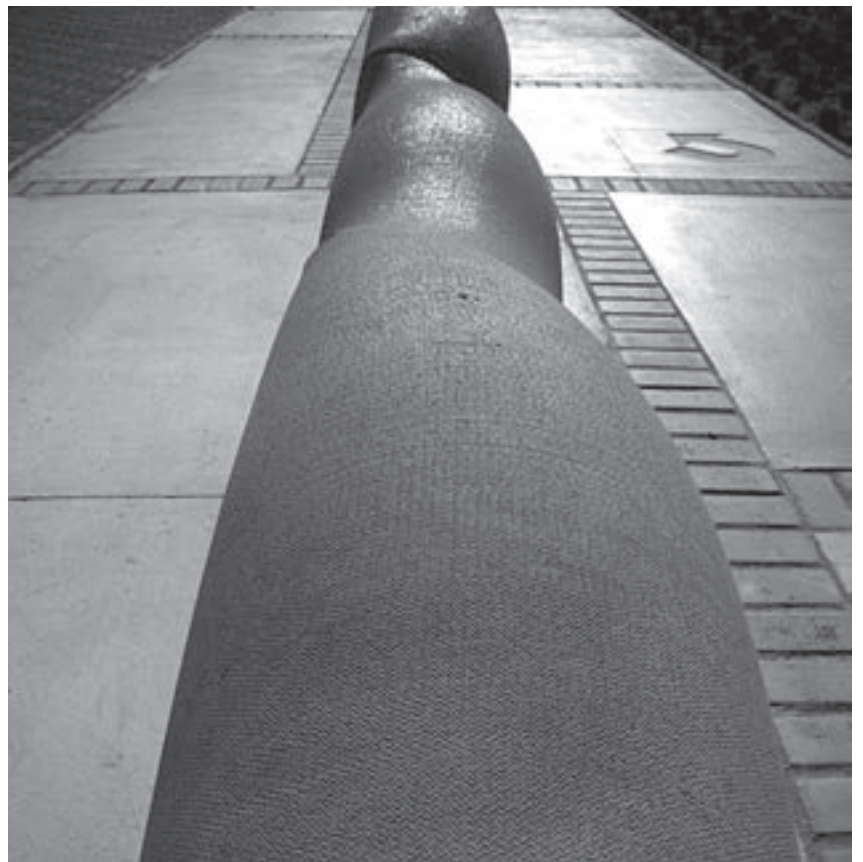
Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 1977 y candidato al grado de doctor por la Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya. Es miembro y cofundador de la Ciudad Abierta de Amereida en Ritoque y coautor de Travesías por América desde 1984 hasta hoy. Fue director de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV entre 1998 y 2003 y decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la misma universidad desde 2006 hasta 2009. Actualmente es profesor titular en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Miguel Eyquem

Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1950 y Doctor Honoris Causa, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2009. Es miembro y cofundador de la Ciudad Abierta de Amereida en Ritoque y coautor de Travesías por América desde 1984 hasta hoy. Su línea de investigación incluye el ámbito de los sistemas constructivos, además de proyectos y construcciones aeronáuticas. Actualmente es profesor titular en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Victoria Jolly

Arquitecta, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2007. Es miembro de la Ciudad Abierta de Amereida en Ritoque; entre 2007 y 2008 fue profesora asistente de Taller Arquitectónico en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la pucv. Actualmente es alumna del Magíster Náutico y Marítimo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.



Anfiteatro del Centro Cívico de Loncura, Chile, 2010. Amphitheater of the Loncura Civic Center, Chile, 2010

FLEXIBLE FRAMEWORKS

David Jolly

Professor, School of Architecture and Design, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Miguel Eyquem

Professor, School of Architecture and Design, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Victoria Jolly

Student of Masters in Nautical and Maritime Studies, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Photography: Author's archive, **Mark West**

Taking advantage of the Open City laboratory-condition and an ongoing research on flexible formworks, this international collaboration explores working with mortar weight to create complex, continuous bodies in concrete.

KEYWORDS Concrete architecture, prefabrication, reinforced concrete, Open City, CAST

This is a creative construction that begins in 2002 with the arrival of the architect Mark West to *Ciudad Abierta* (Open City) in Ritoque, who resides there for a season together with his family. West's first experiences in Ritoque are artistic: he utilizes fabrics as mortar containers to build sculptural volumes that were later exhibited in the Storefront Gallery in New York. During his stay in the Open City West proposed the possibility of using fabrics as containers of concrete to obtain new architectonic forms. In that moment we were building the *IntervalTable*, an open-air place to receive 100 guests. In the act, we raised two 7-foot columns and a seat at floor level, all realized with flexible framework: with this achievement a creative relationship began that continues up to the present.

With his return to the University of Manitoba in Winnipeg, Canada, West founded CAST (*Center for Architectural Structures and Technology*) a laboratory dedicated to the study and experimentation of the flexible frameworks that he continues to direct today and with which we began a prolific collaboration.

FLEXIBLE MOLDS: THE EMPLOYED METHODS

The employment of flexible membranes as concrete framework is a new methodology that has no notable precedents in Chile. Traditionally the containers for liquid or semi-liquid mortars (plaster, earth, concrete) have been fabricated with rigid materials, from the complex molds for molten metal used in sculpture to the usual rectilinear molds for reinforced concrete. All of these govern the final form of the mortar by means of a material that minimizes deformations. In flexible framework, the wet concrete is contained by a combination of rigid, supporting elements and a membrane that only resists traction. This way, upon receiving the mass of concrete the membrane automatically adopts a gravitational force. This is a mechanical fact that, under similar conditions, generates the same form and is, as such, governable.

The investigation begins by testing what are the possible forms in this combination of heavy mortar and supporting membrane that contains it. The experimentation in the CAST laboratory has centered on the formal search for the appropriate combination of membranes and rigid elements; the new element here implies at least two key elements. The first is a new figure, its profile and the continuity of the surfaces it has, given that they are three-dimensional bodies. The second is that these complex bodies are obtained by means of constructive operations of relative simplicity. In other words, the reinforcement of the framework and its filling are made in a brief period of time, that which can be synthesized in one dimension:

low cost framework and efficient operability in relation to the complex form obtained. These constructive operations can be applied in two fields. One is that of an artisanal fashion, where each piece is realized on site and is constitutes a single copy. The other is that of industrial fabrication where each element is repeated a large number of times, achieving a guaranteed quality while simultaneously low-cost. Beginning with the experience with the architect West, in Valparaíso, we have experimented with both methods, with the accent placed on the realization of full-scale prototypes, verifiable with habitable use, differing from the CAST laboratory where they are only models. Open City offers the possibility of realizing experimental works of real magnitude: with this experimentation we can confirm the feasibility of this technology in our means.

Thus, the experimentation is initiated with a basic course for conceiving the framework for a desired form. This supposes a test period, working in the studio to try possibilities through trial and error, accumulating the conditions that drive a form and correcting undesirables; it is work with the form that includes discovery. Once a satisfactory scale-model is obtained in plaster, a scale model in concrete is made, and later the full-scale prototype. This last step also has a moment of possible verification before realizing a concrete test, filling the definitive framework with sand: it behaves very similarly to concrete and verifies the accuracy of the designed form.

FIRST COLLABORATIVE EXPERIENCE

What began as a gesture of hospitality to West in 2002 with the first tests was transformed in a field of investigation for this group of architects of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso School of Architecture and Design. The investigation begins by proposing a building that is basically built using concrete with flexible framework: the program is an *atelier* that has its origin in a poetic act in the dunes of the Open City. The architectural idea is to suspend the building to achieve two simultaneous objectives: to barely touch sand so as to not destroy its natural extension (a plus in itself) and to obtain a favorable resistance to earthquakes, minimizing the energy that the hanging building would receive from the ground.

Mark West developed some scale models in his CAST laboratory in Canada, while the Open City team also built plaster and concrete scale-models to master and adjust the technology of the flexible framework that was received by means of drawings and photos from Canada. Later the construction of full-scale prototypes was tackled in a local industry. The basic premise behind this investigation together with the School of Architecture and Design of the PUCV and CAST is that the scale models realized with flexible framework maintain their form with minimal variations at full-scale; that is, it is possible to build that form obtained in a small plaster model at a larger scale in concrete. The first form obtained is a column composed of four industrial prefabricated elements that in 2003 was mounted on the dune, establishing its foundation and the center that joins them to create a unified element.

SECOND COLLABORATIVE EXPERIENCE

For the Atelier project we needed beams to cover spans that would make a platform over which the interiors would be raised. West and his team designed a beam in 2004 with a variable section and made a prototype in an industrial plant in Canada. Our team, with the collaboration of engineering specialists Luis Della Valle and Jorge Carvallo, calculated a 12 m long beam with a variable section following the flexion diagram; this way the structural element responds to the foreseen demands but does not have more section

than the required, resulting in lighter and more economical element. The variable section is obtained with a rectangle of geotextile fixed on a pair of tables, conveniently combining a rigid structure with the deformable fabric. This simple, low-cost building method obtains a complex form.

THIRD COLLABORATIVE EXPERIENCE

After obtaining the column and the beam, we can now raise a more complex element, a portico: a pair of beams suspended between two composed columns. The company INHERCO facilitated its installations and experience to obtain elements with industrial quality: 8 components of the columns and the two variable-section beams were made at its plant. On this occasion, the flexible framework proved its capacity for reuse: only one textile piece was used for the 8 vertical elements and another for the two beams since casting over the framework –if laid horizontally– allows for the fabric to be easily removed after setting.

For the mounting operation of these elements, the engineering team made specifications and defined the corresponding steel cable; later a joint for regulating between the beam and the steel cable was designed and built, to support the beams. They were successfully suspended from the pair of columns, the situation in which the portico has been since 2005. For the construction of a building with a suspended concrete structure, an artificial fiber cable unaffected by the corrosion of the salty air of the coast must be found: the technical solution has not yet been found and has detained the progress of the work.

NEW COLLABORATIVE EXPERIENCES

In 2006, the School of Architecture and Design of the PUCV held a lecture-seminar where Mark West and the local docent team conducted demonstrative experiences of the variety of applications for the flexible frameworks and their contribution to architectonic form. That year a bulge wall was built forming part of the work of the *Calzadas del Agua* in Open City, giving form to a three-dimensional element that includes volumes and forms within the wall plan, achieved in a single pouring of concrete; with this experience the possibilities for flexible frameworks combined with rigid planes were diversified.

PROJECTIONS OF CONCRETE WITH FLEXIBLE FRAMEWORKS

This research team has made several monolithic elements in concrete: urban furniture, civil works and donated works in the context of the *Travesías*, trips around America given once a year by the School of Architecture and Design of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, a moment when students and faculty members undertake design-build collaborations on site. It is also fitting to highlight a virtue of this technology: specific to this is the use of a fabric that resists the liquid concrete until it sets. Today there are high-resistance, low cost geotextiles on the construction market optimal for use as flexible frames. These textiles are characterized by their lightness making them appropriate for use in a business like the *Travesía*, usually related to long-distance travel.

And at the possibility of construction in different places we have counted on the collaboration of the Test Laboratory of the PUCV by means of the engineer Gabriela Palma Rojas, who had calculated the doses for each work in both Chile and abroad, guarantying the quality of the concrete.

Furniture for a garden in Garupá. Posadas Misiones, Argentina, 2003

This project consists of horizontal and monolithic volumes that constitute the furniture of the garden for a cafeteria for children

at risk. The design and construction of elements support the body in the middle of the garden: they are pauses and places for child recreation, of organic forms. This work was made during a *Travesía* by the second year studio with the collaboration of the architects, Fernando Espósito and Claudio Villavicencio.

Table for a Plaza in São Miguel das Missoes, Brazil, 2006

It is the construction of a public space that allows the gathering of the inhabitants of the former Mission with those who arrive, cultural tourists that visit the place. The mayor and the tourist agents agree that a public table could initiate a relationship that up until now has not had its own space. So, a cross-form table was built using flexible framework in a week of work with the architecture studio. Each section of the table is a monolithic element made with a single concrete pouring. This work was made during a *Travesía* done by the fourth year architecture studio with the participation of the architects Patricio Cárvaves and David Jolly.

Place for a pause in the desert of Atacama, Chile, 2009

This is an in situ design in the Pan de Azúcar National Park consisting of volumes that, without interrupting the wildness of the desert landscape, create a place to stop and receive the bodies for the contemplation of this singular extension. Due to the use of dry aggregates available on site, resulting textures and colors do not contrast with the natural environment.

Plaza de Gualliguaica in the Valle de Elqui, Chile, 2010

The recently moved and refounded the village of Gualliguaica (after the construction of the Puclaro reservoir) has a site designated for a plaza that still lacks the character of an inhabitable place. The *Travesía* that is done here raises the first elements that allow for pausing and remaining in the public plaza. Concrete seats are designed and built with a form obtained by flexible framework. During one week, the fifth year architecture studio with the collaboration of the diploma project student Néstor López raises six elements that initiate the civil space; elements that, with its form, are posed on a sloped plan in the plaza giving it a first habitability in its useful dimension (a place to sit) as well as its visual dimension (the presence of a form in the space).

Coastal border Loncura Quintero, Chile, 2011

Located in the urban space of the central coast, between Quintero and Loncura, this urban fixture – in project stage– was conceived with flexible frameworks realized with the collaboration of the diploma project students Valeria Valenzuela and Felipe Gaymor. In it elements were designed to give form to the limit between path and the beach of the Quintero bay; these monolithic elements cover the character of the urban fixture allowing for the proximity of the bodies with its finished surface and at the same time make up a defense on the border. Each one is a concrete volume that does not require steel reinforcement, guaranteeing its durability in high-corrosion environment due to the presence of the salty humidity of the sea. Six different modules were designed that could be placed one after another, generating variations in the continuous figure of the limit between the beach and the path.

Loncura Civic Center Amphitheater, Chile, 2010

A work conceived and realized with monolithic concrete elements: its form and finishes obtained with flexible framework in an industrial fabrication process, guaranteeing a homogenous quality and economy of scale in its production. The conception of a concrete, urban fixture

with these characteristics has special interest in many ways: material durability, it does not present the fragility of wood or plastic, it is fireproof and due to its mass it is unsusceptible to vandalism. Its form tends toward a harmonic whole with the open-air environment.

COLLABORATIVE RESEARCH: CONCLUSIONS AND CERTAINTIES

The investigation and experimentation with the flexible frameworks, in both the controlled atmosphere of the CAST laboratory, urban sites and more remote places such as parks and natural extensions, allow us to ascertain some things about them.

Supported in the correspondence between the small plaster models and the full-scale form in concrete we have verified the following ideas related to the flexible framework:

- With regards to the form, it is possible to create figures that with traditional rigid framework would be incredibly high cost.
- It is possible to obtain a high quality finished surface with regards to its texture and continuity even in double-curved surfaces.
- The use of permeable textile tends to improve the quality of the concrete: this framework allows possible excesses of water in the mixture to drain while leaving the cement.
- With regards to a formal property (that can be qualified as subjective, but nonetheless it has a clear value): the bodies formed by double-curved planes are easily associated with organic structures and are visually joined as parts of an organism. This means that the form is perceived as less invasive, less aggressive and therefore more harmonious with the natural surroundings and even with the artificial environments of urban spaces.
- To obtain with simple constructive processes a new form for architecture is for us an opening for the use of this technology when the occasion permits or requires.
- The simplicity of the design of the framework and the possibility for reuse verifies it as a low-cost technology in relation to the formal quality of the object that can be obtained.

Finally, it is fitting to highlight the fertility that a collaboration of this nature has generated where two centers of studies have coincided: the CAST laboratory in Canada and the School of Architecture and Design of the PUCV in Chile, with the sponsorship of the Amereida Corporation that gives space for the works in the Open City. It is the built work that permits a real interdisciplinary connection. **ARQ**

Suggested bibliography

PALMER, Montserrat y Patricio MARDONES (eds.). *Hormigón en obra*. Ediciones ARQ, Santiago, 2009. Storefront for art and architecture: http://www.storefrontnews.org/exhibitions_events/all?t=445 CAST: http://www.umanitoba.ca/cast_building/

David Jolly

Architect, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 1977 and Doctoral candidate for the Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya. He is a member and co-founder of the Amereida's Ciudad Abierta in Ritoque and co-author of *Travesías por América* from 1984 to present. He was director of the School of Architecture and Design of the PUCV from 1998 to 2003 and dean of the Faculty of Architecture and Urbanism of the same university from 2006 to 2009. He is currently professor in the School of Architecture and Design of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Miguel Eyquem

Architect, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1950 and Doctor Honoris Causa, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2009. He is member and co-founder of the Amereida Ciudad Abierta in Ritoque and co-author of *Travesías por América* from 1984 to present; his research includes the area of constructive systems besides projects and aeronautical constructions. He is currently professor in the School of Architecture and Design in the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Victoria Jolly

Architect, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2007. She is member of the Amereida Ciudad Abierta in Ritoque; between 2007 and 2008 she was assistant professor for architecture studios in the School of Architecture and Design of the PUCV. Currently she is a student of the Masters in Nautical and Maritime studies at the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.



Montaje de la columna compuesta en la duna antes del hormigonado del centro
Mounting of a composed column in the dune before the pouring of the center

Desenfofrado de un componente, columna compuesta
Removing component from framework, composed column

Desenfofrado de viga de sección variable para pórtico en planta INDHERCO, tercera colaboración
Removing beam from framework with variable section for portico in INDHERCO plant, third collaboration

Montaje de pórtico en Ciudad Abierta, Ritoque, 2005
Portico mounting in Ciudad Abierta, Ritoque, 2005