

ENCOFRADOS FLEXIBLES

OTRA FORMA PARA EL HORMIGÓN

LECTURA CONTROLADA 1
IVANNA BADILLA MARISCAL
AGOSTO 26, 2021

El texto "Encofrados flexibles, otra forma para el hormigón" nos muestra un novedoso sistema constructivo de carácter creativo y novedoso, que demuestra diversas ventajas en su uso a partir, principalmente del uso de telas permeables y contenedoras, permitiendo un ecofrado flexible. En este método, se utiliza una combinación de elementos rígidos y membrana flexible, adoptando así, una forma gravitacional.

Estas operaciones constructivas suponen un **periodo de experimentación** que incluye aciertos y errores, para llegar a una forma deseada, donde obteniendo el modelo ideal a escala, se sigue una serie de pasos a escala para llegar a la escala natural. Es el continuo trabajo de ensayo el que permite lograr un dominio del método constructivo,, donde es importante saber que los modelos a escala **mantienen con variaciones mínimas** su comportamiento a una escala natural.

Llegar a esta escala natural, permite un progreso sobre la obtención de algo más complejo y que a la vez cree o **amplíe la capacidad habitable de un lugar**, donde los volúmenes construídos dan espacio a la detención o permanencia del cuerpo. A su vez, sus formas orgánicas o texturas y/o colores utilizados en ellas permiten **no contrastar con el entorno**, percibiendo armoniosamente estas estructuras de orden orgánico con el entorno, ya sea natural o artificial.

La **simplicidad de los encofrados** flexibles no solo implican un bajo costo económico donde podría pensarse un resultado proporcional al gasto, sino que **permiten formas complejas y de alta calidad**, donde un encofrado rígido tradicional resultaría más costoso, reflejando una eficiencia en la operación constructiva. Además, el trabajo con textiles de bajo costo, flexibles y resistentes y a la vez livianas y de poco volumen la vuelven una tecnología destacable, apropiada para la construcción en lugares distantes debido ser apropiados para el desplazamiento.

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 encontrábamos 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.

Encofrados flexibles, una técnica constructiva creativa instaurada en Ciudad Abierta por el arquitecto Mark West, utilizando telas como contenedoras.

Telas contenedoras

A partir de esta construcción creativa con hormigón mediante encofrados flexibles, se obtienen nuevas formas arquitectónicas, como columnas de dos metros.

Encofrados flexibles

Luego, en Canadá, West funda un laboratorio para estudio y trabajo de encofrados flexibles, donde junto a Ciudad Abierta, mantiene una colaboración.

Colaboración

En Chile, el método de membranas flexibles como encofrado para hormigón es algo sin antecedentes, que se diferencia de los contenedores tradicionales y rígidos que minimizan las deformaciones.

Innovación

En encofrados flexibles se utiliza una combinación de elementos rígidos y membrana, la cual contiene al hormigón, adoptando una forma gravitacional.

Forma gravitacional

Indagación por las posibles formas a obtener a partir de la combinación membrana-elemento rígido, implicando dos dimensiones como, el perfil y continuidad del cuerpo, como también la simplicidad de la operación, traducido en bajo costo y eficiencia en relación a la forma compleja.

Eficiencia

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

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.

Artesanal e industrial, son dos modos aplicables a esta operación constructiva, donde el segundo permite mayor fabricación repetitiva y a menor costo. A partir de la experimentación de obras en C.A. se comprueba la factibilidad de la técnica.

Magnitud

La experimentación para llegar a una forma deseada supone un periodo de acierto y errores, donde obtenido el modelo ideal, se sigue una serie de pasos a escala para llegar a la escala natural.

Ensayo

El comienzo de primeros en primeros ensayos de moldajes flexibles siguió su curso como un campo de investigación para la Ead.

Encaminar

Trabajo en conjunto de West en Canadá con equipo de C.A., en la construcción de modelos a escala para lograr dominar el método constructivo.

Dominio

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 diagrama 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 despejar 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.

Los modelos a escala realizados con encofrados flexibles, mantienen con variaciones mínimas su comportamiento a escala natural.

Replicable

La operación constructiva para lograr una forma compleja, como una viga con sección variable capaz de responder a solicitaciones previstas, es simple y de bajo costo.

Experiencia

La obtención de columna y viga permite la construcción de algo más complejo. Vigas y columnas para un pórtico, donde los encofrados pudieron ser usados repetidas veces.

Progreso

Para el montaje de los elementos se necesitó un cable de acero y la construcción de elementos de unión, suspendiendo exitosamente las vigas en las columnas.

Montaje

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, 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.

La detención de construcción de un edificio en estructura de hormigón es debido a no encontrarse aún, la solución técnica que implica un cable que no sea afectado por la corrosión.

Detención

West realiza en la Ead un taller de experiencias demostrativas sobre el aporte a la forma arquitectónica a través de la variedad de aplicaciones en los encofrados flexibles.

Aporte

Diversificación de las posibilidades de forma de encofrados flexibles al combinarse con planos rígidos, como el muro-combado en C.A.

Combinación

Construcción de elementos monolíticos de hormigón, inscritos en el ámbito mobiliario urbano, ya sea de obras civiles o donaciones.

Mobiliario urbano

Tecnología destacable: una tela que resista la argamasa de hormigón hasta su curado, siendo además, livianas y de poco volumen.

Cualidades

Colaboración desde la ingeniería para el cálculo de dosificaciones para cada obra, en caso de construcción en lugares distantes.

Garantizar

Mobiliario para un jardín en Garuzpá. 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 ii año, con la colaboración de los arquitectos Fernando Espósito y Claudio Villavicencio.

Diseño y construcción de elementos de formas orgánicas para el apoyo del cuerpo para el jardín de un comedor de niños, realizado en una obra de travesía.

Forma orgánica

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 iv año de Arquitectura, con la participación de los arquitectos Patricio Cáraves y David Jolly.

Construcción de un espacio público para la reunión, a través de una mesa pública en forma de cruz, empleando los encofrados flexibles.

Lo público

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.

Volúmenes construidos que dan lugar a una detención que acoge al cuerpo para la contemplación de la extensión, utilizando áridos del lugar para no contrastar con el entorno.

Acoger

Plaza de Gulliguaica en el Valle de Elqui, Chile, 2010

El recientemente trasladado y refundado poblado de Gulliguaica –a raíz de la construcción del embalse Puclaro– tenía destinado un sitio para su plaza que aún no adquiría 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 v 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–.

Construcción de seis elementos (asientos en hormigón armado obtenidos de encofrados flexibles) que se posan en el plano inclinado de la plaza para permitir detenerse y permanecer, para adquirir carácter habitable.

Permanencia

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.

Obra con elementos monolíticos de hormigón, en un proceso de fabricación industrial, garantizando calidad y economía en su producción, donde su forma tiende a una armonía con el medio ambiente al aire libre.

Medioambiente

Proyecto de mobiliario urbano concebido en encofrado flexible, en un espacio urbano del litoral central, con elementos que dan forma al límite ente paseo y playa.

Límite

Cada elemento monolítico es un volumen de hormigón que no requiere armadura de acero, garantizando durabilidad en un ambiente costero, y ubicados en continuidad, generando variaciones en el límite playa-calzada.

Durabilidad

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.

Conclusiones sobre el trabajo de encofrados textiles realizado en distintos ambientes, desde cerrados a abiertos, como también en las distintas escalas logradas.

Certezas

Los encofrados flexibles permiten formas de manera más económica.

Alternativa

Superficies de doble curvatura no son impedimento de buena calidad.

Calidad

Una tela permeable mejora la calidad del hormigón, dejando escurrir el exceso de agua.

Permeabilidad

Cuerpos formados por planos de doble curvatura se asocian a una forma orgánica, percibiéndola como menos invasiva con los entornos.

Amigable

Obtener con operaciones constructivas simples una nueva forma para la arquitectura, es una abertura para su empleo.

Oportunidad

Es una tecnología de bajo costo en relación a la calidad formal del objeto.

Conveniente

La obra ha permitido una real vinculación interdisciplinaria.

Colaboración