

# Sistema Constructivo Assemblock: Estudio experimental para la viabilidad técnica y ejecución en una obra

*Assemblock Building System: An experimental study for technical feasibility and a building execution.*

---

Natalia Rudeli<sup>1</sup>, Adrián Santilli,<sup>2</sup> Alberto Rodríguez Carassus<sup>3</sup>

Recibido: junio 2016

Aceptado: agosto 2016

---

**Resumen.-** En este artículo se presenta el estudio técnico de un sistema constructivo denominado Assemblock que propone la realización de paredes portantes mediante piezas auto encastrables. Para la validación técnica del sistema constructivo Assemblock se ha llevado a cabo una campaña experimental para la obtención de las resistencias promedio de las piezas básicas del sistema y un estudio adicional de la unión de tres piezas.

De este estudio se desprenden resultados que avalan la viabilidad técnica del sistema para una construcción de muros portantes. Finalmente, este artículo incluye evidencias de una obra de más de 700 m<sup>2</sup> de muros portantes construidos a través del sistema Assemblock.

**Palabras clave:** *Assemblock; Elementos finitos; Muro portante; Autotrabante.*

**Summary.-** *This article discusses a technical study for Assemblock construction system. This system proposed the construction of load-bearing wall using self-lock pieces. It was carried out an experimental campaign to obtain the average resistance of the basic pieces and further more a study of the union of three parts was implemented.*

*The results of this study support the technical feasibility of the system for construction of load-bearing wall. Finally, this article includes evidence of a work of more than 700 m<sup>2</sup> of bearing walls built through Assemblock system.*

**Keywords:** *Assemblock; Finite Elements; load-bearing wall; self-lock.*

**1. Introducción.-** Con el creciente aumento de los costos de la mano de obra de la construcción en la mayor parte de los países de Latinoamérica se hace cada vez más necesaria la búsqueda de mayores rendimientos de la mano de obra. A modo de ejemplo el cuarto aumento consecutivo del Laudo de la construcción vigente desde el 1 de Octubre del 2015 impuesto por el convenio entre el Ministerio de Trabajo y seguridad Social (MTSS) y el Sindicato Único de la Construcción y anexos (SUNCA). Este aumento conlleva un incremento de casi un 34,6% en los sueldos de los trabajadores de la construcción en Uruguay medido desde el 2013 [0], otros ejemplos son el aumento en un 18% del costo de la mano de obra impuesto por las escalas salariales de la Unión Obrera de la construcción en Argentina entre junio del 2014 y junio del 2015 [2] entre otros.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, nrudeli@correo.um.edu.uy

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, asantilli@um.edu.uy

<sup>3</sup> Ingeniero. Assemblock System, assemblock@vera.com.uy

En la industria se buscan nuevas maneras de obtener muros portantes con el uso de piezas prefabricadas que proporcionan facilidad de construcción, ahorro de tiempo y la posibilidad de construir viviendas a un costo controlado [3]. Uruguay ha venido avanzando en lo referente a sistemas constructivos alternativos que buscan disminuir el uso de la mano de obra. Ejemplos claros del uso de los mismos los encontramos en:

1. EmmeDue: Sistema compuesto por placas de espuma poliestireno, con mallas de acero en cada una de las caras que se encuentran vinculadas entre sí, a través del poliestireno, por conectores de acero electro soldados y que posteriormente se proyecta con mortero. [0]
2. Nox: Se basa en una estructura de perfiles de aluminio y paneles livianos para los muros, con cubierta liviana en forma de sándwich. El revestimiento interior en muros se realiza en base a placas de yeso y los demás elementos complementarios para los cerramientos exteriores según se describen en el documento de aptitud técnica. [0]
3. Royal Building: Mediante el proceso de extrusión del PVC, se obtienen paneles y conectores, de diferentes secciones y de altura regulable, y a través de su ensamble machihembrado se conforman los distintos tipos de cerramientos. Dependiendo de las características y requerimientos de cada proyecto, los muros se pueden rellenar con hormigón, hormigón liviano, poliestireno, poliuretano, arena, gravillín, etc. [0]
4. Crupe System: Basado en perfilería de acero galvanizado cortada a medida, enumerada, perforada y con pliegues, hacen que el armado y montaje de la panelería sea un trabajo más simple y rápido. Posteriormente es proyectado un mortero alivianado. [0]
5. Sistema De Florencia: Desarrolla un prefabricado pesado para cerramientos de viviendas realizados en fábrica o a pie de obra. Las piezas se producen con moldes flexibles en sus dimensiones, en mesas batientes. Los elementos prefabricados empleados son paneles del tamaño total de la pared o techo de cada ambiente, los primeros están constituidos por una capa de ladrillo al interior, polietileno 100 micras como barrera de vapor, poliuretano expandido como aislante térmico y hormigón armado al exterior siendo ésta la capa estructural portante. [0]

Desafortunadamente, las soluciones de pequeños prefabricados que actualmente se encuentran en el mercado (ticholos, bloques y ladrillos) y los sistemas alternativos descritos anteriormente requieren de la utilización de mortero de liga, morteros proyectados y/o mano de obra especializada (oficiales, capataces entre otros) para el levantamiento de la pared lo que aumenta los costos de la construcción.

El sistema Asseblock propone una alternativa a estos problemas, porque incluye un bloque prefabricado [0,0] y bloques complementarios que permiten al usuario construir pilares y paredes sin necesidad de usar mortero de unión, uniendo las piezas únicamente mediante un encastramiento mecánico.

**2. Sistema constructivo Asseblock.-** El bloque Asseblock se encuentra en proceso de ser patentado tanto en Uruguay, mediante la Solicitud N° 30.955, Rodríguez Carassus [0] y ha sido patentado en Estados Unidos N° US 9.187.895 B2, Rodríguez Carassus [0] por el Ing. Alberto Rodríguez Carassus.

En la Figura II, se puede ver la pieza básica de este sistema, cuyas dimensiones son 15x30x10 cm, con dos torres huecas ubicadas simétricamente en la parte superior del bloque. La Figura I.a muestra la vista superior de la pieza básica, mientras que Figura I.b muestra la pieza vista en perspectiva.

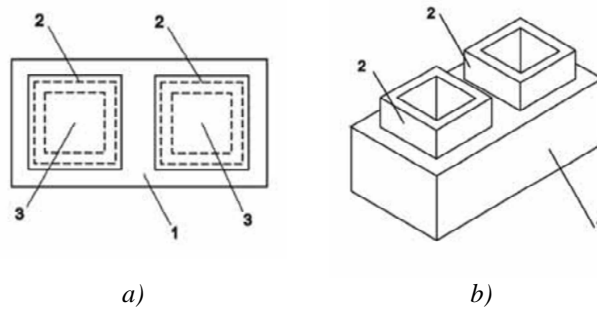


Figura I.- Pieza básica del sistema Assemblack, (1) Lateral de la pieza, (2) Torre de encastre, (3) Huevo de encastre

Adicionalmente al bloque, se introduce un semi-bloque cuya dimensión es la mitad del primero, aunque tiene la misma sección transversal. A efectos de proporcionar una pieza bajo puertas y ventanas se introduce una viga dintel con el mismo encastre que la pieza básica. Finalmente el sistema cuenta con una pieza de cierre que proporciona un hueco para el encastre de la pieza inferior y en la parte superior cuenta con una terminación lisa con el fin de coronar la pared. Las dimensiones de la pieza básica son detalladas en la Figura .

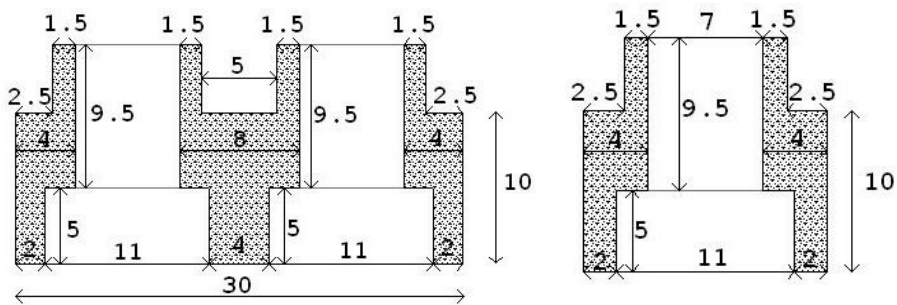


Figura II.- Dimensiones de la pieza básica del Sistema Assemblack, cm.

Para el levantamiento de una pared mediante el sistema Assemblack se requiere de una platea de fundación o de vigas de fundación horizontales. A diferencia de las paredes de bloques y ticholos, los bloques Assemblack por su alta resistencia funcionan como muros portantes, por lo que no requiere la utilización de estructura de hormigón para la transferencia de cargas. Una vez colocada la primera hilera de bloques las demás hiladas se colocan medio bloque corrido para lograr trabar la pared sin necesidad de colocación de ningún tipo de material en la junta.

Por otro lado los métodos tradicionales requieren de terminación mediante revoque grueso y posteriormente revoque fino, pero el sistema Assemblack debido a su composición puede quedar visto con una mano de pintura impermeabilizante.

Todas las piezas están constituidas por Hormigón reforzado con fibra (HRF). Según la norma ACI 116R-00 [0] referente a la terminología del cemento y concreto en general, el HRF es una combinación de cemento hidráulico, agua, áridos finos y/o gruesos, aditivos, adiciones y fibras dispersas aleatoriamente. Las fibras agregadas son metálicas conocidas como Wirand (FS3N) [0] con el fin de lograr el aumento de la resistencia a la tracción.

**2.1 Hormigón Reforzado con Fibra (HRF).**- Los hormigones y morteros de cemento tienen como característica principal su elevada resistencia a la compresión, pero su escasa resistencia a tracción. Dichos hormigones y morteros son reforzados con armaduras convencionales de acero

para soportar esfuerzos de tracción, generando un refuerzo continuo de gran efectividad y de utilidad en la construcción de estructuras para edificación y obra civil.

Las fibras según la naturaleza pueden ser naturales o artificiales y tienen como fin reforzar la masa de hormigón incrementando la resistencia a la tracción y disminuyendo la fisuración, aumentando la tenacidad mediante la transmisión de esfuerzos a través de la sección fisurada. Por otro lado la adición de fibras disminuye los efectos de la retracción por fraguado y aumenta la resistencia al impacto y la resistencia a la fatiga.

La norma ASTM C1166 [0] referente a las especificaciones del hormigón reforzado con fibra, define a la fibra como:

*“Filamentos finos y alargados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de hormigón fresco.”*

La adición de fibras de acero en la masa de hormigón influye sobre las propiedades mecánicas de los mismos, en todos los modos de agotamiento descritos en la ACI 544 [0]. Resulta especialmente afectadas las resistencias a cortante, a tracción, a flexión, al impacto y a la fatiga. Otros factores que se modifican son: la tenacidad, módulo de rotura y sirve como control de la fisuración.

En cuanto al HRF sometido a compresión, el diagrama de tensión-deformación del hormigón con fibras no se modifica respecto al del articulado en la norma EHE-08 [0] ya que se puede considerar que la adición de fibras no varía de forma significativa el comportamiento del hormigón a compresión.

No obstante el comité ACI 544 [0] asegura también que la adición de fibras de acero en el hormigón suele producir incrementos o descensos poco significativos de la resistencia a compresión del material.

En cuanto a la resistencia a tracción, cabe destacar que la adición de fibras de acero convencional modifica el diagrama tensión-deformación de HRF, provocando una caída brusca de la carga al fisurarse pero presentando una pendiente mucho menor donde la resistencia residual es aportada por las fibras ancladas a los laterales de las fisuras.

Por último el modelo de cortante es similar entre vigas con armadura transversal y vigas reforzadas con fibras. Aunque las fibras aumentan el efecto de armadura longitudinal y la resistencia a tracción generada a través de las fisuras oblicuas. El aumento de dicha resistencia a la tracción y del efecto de “coser” las fisuras, provoca un incremento de la resistencia al esfuerzo cortante.

Algunos autores como Aguado et al. [0] y Molins et al. [0] destacan como ventajas de los HRF las que se enumeran a continuación:

1. Importante aumento de la resistencia a tracción (30 % para una distribución al azar). Si al menos un 5% de las fibras están orientadas en la dirección de la tensión, el hormigón puede aumentar su resistencia a tracción hasta en un 130 %
2. La resistencia a flexión del hormigón con fibras respecto al hormigón sin fibras también aumenta.
3. Alta resistencia al agrietamiento y al impacto.
4. Incremento de la tenacidad. Del orden de 40 veces mayor.

A partir de lo anterior, se puede concluir que la adición de fibras como refuerzo de hormigones puede incrementar muchas de sus propiedades en el rango post – agrietamiento.

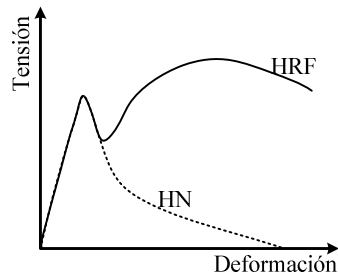


Figura III.- Diagrama tensión deformación para Hormigón normal (HN) y Hormigón reforzado con fibra (HRF)

Como se puede ver en la Figura , donde se muestran curvas tensión - deformación de vigas de hormigones con y sin refuerzos de fibras, en el régimen pre – fisuración (pre – máximo) el comportamiento del material está regido por la matriz cementicia y no se observan diferencias significativas entre los diferentes materiales. El efecto beneficioso de las fibras en el incremento de ductilidad del hormigón sometido a flexión, ha sido ampliamente estudiado en los últimos años por Carmona et al. [0].

La principal ventaja de la adición de fibras viene dada porque la falla se produce en forma gradual, incrementando la ductilidad del material. Generalmente, mientras más dúctiles sean las fibras, más dúctil y gradual es la falla de elemento de hormigón.

**3. Campaña experimental.-** Con el fin de validar técnicamente este sistema constructivo se diseñó una campaña experimental para determinar las resistencias máximas de una pieza básica y poder determinar los mecanismos de falla correspondientes a cada situación de carga.

Para esta campaña los bloques fueron realizados a partir de una mezcla similar a un mortero con agregados de fibras metálicas:  $\frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} \left( \frac{m^3}{m^3} \right) = \frac{4}{1}$ ,  $\frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} \left( \frac{lt}{kg} \right) = 0,35$ ,  $\frac{\text{Fibra}}{\text{Cemento}} \left( \frac{kg}{kg} \right) = \frac{1}{15}$ .

El cemento utilizado es Cemento Portland Normal de 40 MPa a los 28 días (CEMI 42.5 N según EN197-1 [0], la arena es terciada y se agregan fibras de acero Wirand (FS3N) [0].

El estudio experimental se basa en series experimentos para cada una de las siguientes situaciones de carga:

- Cargas verticales distribuidas sobre la cara superior (actuando como muro portante)
- Cargas laterales (actuando de muro de contención)
- Corte de las torres de encastre (en caso de movimiento del muro y que sea necesario transmitir cargas por las mismas).

Cabe mencionar que la longitud y esbeltez de las fibras influye en la dosificación del HRF. Ambas características determinan el tamaño medio y máximo del árido conjunto empleado en el hormigón.

En una distribución uniforme de fibras en 3 dimensiones, el número de fibras medio por unidad de superficie que atraviesan un plano cualquiera con cualquier inclinación (n) es:

$$(1) \quad n = \frac{V_f}{2 \times A_f}$$

Dónde:  $A_f$  es la sección transversal de una fibra en mm y  $V_f$  es el volumen de las fibras en porcentaje del total.

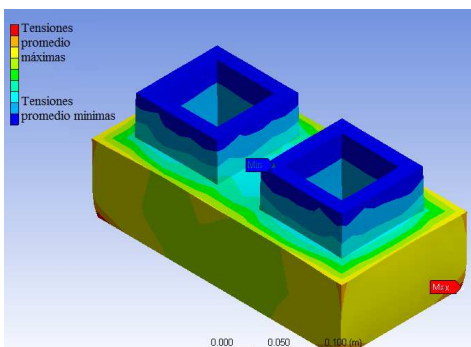
Aunque este valor variará con la disposición relativa que adopten las fibras en el plano de corte. Esta separación media entre fibras está relacionada con el tamaño medio de los granos del árido que pueden introducirse en la mezcla sin que afecten a la distribución aleatoria de las fibras.

La libertad de posición y orientación relativa entre ellas, así como la variabilidad en la separación media permite que el tamaño máximo admisible sea del orden del doble de la separación media entre fibras. Por lo que esta relación ha sido chequeada al momento de determinar los tamaños máximos de árido para la dosificación de la campaña experimental, con el fin de asegurar una distribución uniforme y aleatoria de las fibras en la masa cementicia.

**3.1 Análisis de un bloque sometido a compresión.-** En este apartado se analizarán las tensiones a la que es sometido un bloque cuando se lo comprime en su cara superior. Para la realización del ensayo de un bloque sometido a compresión, fueron retiradas las torres de los mismos. Con esto se busca una buena distribución de cargas entre el panel de compresión de la prensa y la cara superior del bloque.

Como se muestra en la

Figura IV.a, una vez sometido un bloque a compresión la falla se produce por tensiones de tracción en la zona inferior del bloque. El mecanismo de falla que se puede ver en la Figura III.b muestra la importancia del contenido de fibras metálicas en la masa de hormigón del bloque; dado que no solo “cose” las fisuras generadas por estas tensiones de tracción, sino que mejora el comportamiento general de la masa de hormigón, redistribuyendo las fisuras generadas y evitando la fractura frágil.



a) Máximas tensiones – bloque sometido a compresión



b) Mecanismo de falla – bloque sometido a compresión

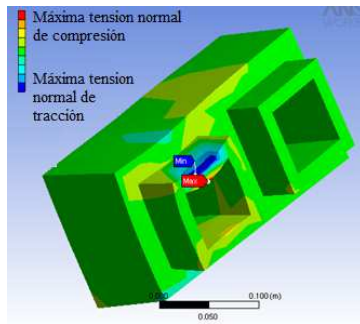
Figura IV.- Bloque sometido a compresión vertical

**3.2 Análisis de una torre sometido a compresión lateral.-** En este apartado se analizarán las tensiones a la que es sometida una torre del bloque cuando se la comprime en su cara lateral. Como se puede apreciar en la

Figura V.a, las máximas tensiones de compresión y de tracción se producen en la zona media de la cara cargada. Este estado tensorial es intuitivo y se puede explicar por la flexión de una placa apoyada en sus bordes y empotrada en la zona inferior.

La

Figura V.b muestra el mecanismo de falla, que coincide con lo anteriormente descrito y que se explica debido a las tracciones generadas por la flexión de la cara que está siendo comprimida.



a) Máximas tensiones – torre sometida a compresión lateral

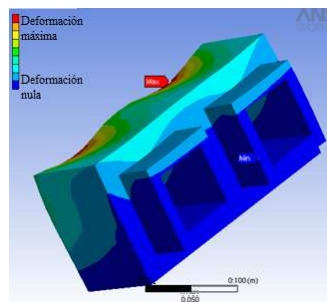


b) Mecanismo de falla – torre sometida a compresión lateral

Figura V.- Torre sometida a compresión lateral

**3.3 Análisis de un bloque sometido a compresión lateral.-** En este apartado se analizarán las tensiones a la que es sometido un bloque cuando se lo comprime en una de sus caras laterales de mayores dimensiones. Las máximas deformaciones de un bloque sometido a compresión lateral (Figura VI.a) se pueden explicar análogamente a la compresión lateral de una torre. Esto determina un mecanismo de falla mediante tracción similar al anteriormente descrito.

A pesar de la modelización del mecanismo de falla, en la práctica un bloque sometido a compresión lateral falla a través de la rotura de sus paredes verticales, y no por las deformaciones de las caras horizontales (siempre referido al plano de carga). Por lo que inicialmente fallan las paredes exteriores (de menor espesor), para darse la rotura final mediante la falla de la pared central (de mayor espesor), como muestra la Figura VI/VI.b.



a) Máximas tensiones – bloque sometida a compresión lateral



b) Mecanismo de falla – bloque sometida a compresión lateral

Figura VI.- Bloque sometido a compresión lateral

Más datos acerca del estudio técnico se pueden encontrar en la Tesis de Grado de Rudeli [0], titulada “Desarrollo de un sistema constructivo para el levantamiento de muros portantes sin necesidad de Mano de Obra especializada: Estudio experimental y análisis de costos”.

Para la dosificación anteriormente mencionada en la

Tabla I se muestran las resistencias promedio obtenidas mediante las 8 series de ensayos para cada tipo de rotura (24 muestras para la obtención de cada promedio).

Ensayo	Resistencia promedio (T) para el colapso	Desviación
Compresión vertical (muro portante)	19,00	0,85
Corte de una torre	0,12	0,74
Compresión lateral (muro de contención)	15,84	0,69

Tabla I.- Resistencias promedio para la mezcla estudiada

Como se puede ver en la

Tabla I para cada serie de 24 ensayos realizada se han obtenido desviaciones estándar para los ensayos de compresión vertical, corte de una torre y compresión lateral de 0,85, 0,74 y 0,69 respectivamente. Las dispersiones en estos ensayos se pueden deber a dos grandes factores: (1) la dificultad de confección de los bloques, y (2) la dispersión de las fibras en la masa cementicia.

(1) La dificultad en la confección de las muestras de bloques: éstos fueron confeccionados con moldes manuales y en tandas de producción espaciadas en el tiempo, lo que puede explicar la desviación en los resultados de los ensayos. Su producción posterior (que se muestra en el Capítulo 5) será realizada con una maquina bloquera y una plancha vibratoria, lo que disminuirá estas variaciones.

(2) Aun así, la resistencias promedios obtenidas son representativas de las resistencias para cada uno de los ensayos realizados.

Adicionalmente a esta serie de ensayos para conocer el comportamiento y resistencia experimental de la unión de tres bloques se diseñó una serie de ocho nuevos ensayos con la configuración que se muestra en la Figura VII.



a)



b)

Figura VII.- ensayo de unión de tres bloques

Los resultados de este ensayo arrojan una resistencia promedio de 16 toneladas en la unión de tres bloques. Si se considera una habitación construida mediante el sistema constructivo Assembled y con una losa superior que contempla las siguientes capas de arriba hacia abajo: cubierta de aislación térmica, impermeabilización, alisado de arena y portland, contrapiso y losa de hormigón con una carga permanente de 480 kg/m<sup>2</sup>, sobrecargas de uso y coeficientes de



seguridad según la EHE- 08 [0], se concluye que es posible construir una habitación con este sistema constructivo.

**5. Experiencias de uso de Assembled en obra.-** El sistema constructivo Assembled se encuentra en vías de industrialización, por lo que se han realizado diversas pruebas y ensayos para medir su resistencia y eficacia en el levantamiento de paredes. En este artículo se muestran evidencias de dos muros que contemplan más de 700 m<sup>2</sup> de construcción con éste sistema de bloques auto encastrables. La obra en cuestión se encuentra ubicada en la calle Hilario Cabrera, Montevideo, Uruguay, e incluye al menos 70 m lineales de muro de 7 metros de altura y al menos 125 metros lineales de muro de 2,20 metros, totalizando más de 24.000 bloques.



a)



b)

*Figura VIII.- Muros construidos con bloques Assembled, obra calle Hilario Cabrera, Montevideo, Uruguay*

Los bloques fueron construidos con las dosificaciones mencionadas y mediante la utilización de una máquina bloquera manual que se muestra

Figura IX. Ésta máquina permite mediante vibración y compresión la confección de los bloques del sistema Assembled en tandas de a 4 bloques, pudiendo los mismos realizarse a pie de obra.



*Figura IX.- Máquina bloquera manual invertida para la producción de bloques Assembled.*

Cabe destacar que estudios de viabilidad económica, de aceptación en el mercado Uruguayo y de rendimientos del sistema Assembled fueron llevados adelante por Rudeli y Santilli [18], que concluyen la viabilidad de este sistema en nuestro país.

**7. Conclusiones.-** Se puede concluir que el sistema Assembled es técnicamente viable. En la campaña experimental se determinaron los mecanismos de falla de la pieza básica del sistema para la compresión vertical de una pieza compresión lateral de una torre y compresión lateral de un bloque. Asimismo en este artículo se resumieron los mecanismos de falla, que fueron validados a través de un estudio por elementos finitos del comportamiento del bloque en las diferentes situaciones.

Se ha presentado una experiencia de construcción con bloques Assembled de muros con más de 700 m<sup>2</sup> de muros construidos que totalizan aproximadamente 200 metros lineales de muros de alturas variables, mostrando prácticamente la viabilidad del sistema.

## Referencias

- [1] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, laudo de la construcción al 1 de octubre del 2015, Acta de acuerdo entre partes.
- [2] Convenio Colectivo de Trabajo 76/75 - Jornales de salarios básicos con vigencia a partir del 01 de abril de 2015
- [3] D. Fernández Ordoñez, J. Fernández Gómez, “Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón,” *Informes de la Construcción*, vol. 61, no. 514, pp. 71-79, 2009.
- [4] EmmeDue, Documento de aptitud técnica, DAT, para el sistema EmmeDue, Dat G\_Serie 1: SC 001/2012.
- [5] Nox, Documento de aptitud técnica, DAT, para el sistema Nox, Dat G\_Serie 1: 2013:SC 007.
- [6] Royal Building, Documento de aptitud técnica, DAT, para el sistema Royal Building, Dat G\_Serie 1: 2013:SC 003.
- [7] Crupe System, Documento de aptitud técnica, DAT, para el sistema Crupe, Dat G\_Serie 2: SC 004.
- [8] Sistema De Florencia, Documento de aptitud técnica, DAT, para el sistema De Florencia, Dat G\_Serie 1: 2013\_SC 006.
- [9] Rodríguez Carassus, Solicitud de patente de Invención N° 30.955 “Bloque autotrabante y piezas complementarias para el levantamiento de pilares y paredes autoportantes”, Dirección Nacional de Propiedad Intelectual, Uruguay, 2008.
- [10] Rodríguez Carassus, Patent numero US 9.187.895 BD, United States Patent Publication. “Selflocking block and complementary pieces for the raising of pillars and free-standing walls”, 2011.
- [11] ACI 116R-00 (2000): Cement and Concrete Terminology, American Concrete Institute.
- [12] Wirand FS3N, Ficha técnica para la Fibra de acero para el refuerzo de concreto, Edición 2110201101, No. 103917
- [13] ACI 544.3R(1993): Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing. Steel Fiber Reinforced Concrete, American Concrete Institute.
- [14] EHE -08 (2008): Instrucción para el hormigón estructural, Gobierno de España, Ministerio de Fomento.
- [15] A. Aguado, A. Mari y C. Moline, “Estudio de viabilidad del ensayo Barcelona,” en III Congreso de ACHE de Puentes y Estructuras, Zaragoza, vol. 1, pp. 275–288, 2005.
- [16] C. Molins, A. Aguado, S. Saludes, T. Garcia. “New test to control tension properties of FRC,” In: ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Tunnelling (EURO:TUN 2007), Vienna, Austria, August 27–29, 2007.
- [17] S. M. Carmona, M. J. Mussatto y R. Fernández R., “Evaluation of Shear Behaviour of Fibre Reinforced Concrete,” in Proceedings of the International Conference Harnessing Fibres for Concrete Construction, Dundee, Scotland, UK, 2008, pp. 423 – 430.
- [18] EN197-1 (2000): Composition, specifications and conformity criteria for common cements, European Standard.
- [19] N. Rudeli, “Desarrollo de un sistema constructivo para el levantamiento de muros portantes sin necesidad de mano de obra especializada: estudio experimental y análisis de costos,” Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, 2013.
- [20] N. Rudeli y A. Santilli, “Sistema constructivo assembled: viabilidad económica, aceptación y estudio de rendimientos en Uruguay,” *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, no. 11, 2013.