

ROMPIENDO PARADIGMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE MACHALA

BREAKING CONSTRUCTIVE HOUSING PARADIGMS IN THE CITY OF MACHALA

CÉSAR SOLANO DE LA SALA MONTEROS¹, MARCO TACURI², EDUARDO TUSA³, JUAN CARLOS BERRÚ CABRERA⁴

1 Universidad Técnica de Machala, Ecuador. csolano@utmachala.edu.ec

2 Universidad Técnica de Machala, Ecuador. mtacuri@utmachala.edu.ec

3 Universidad Técnica de Machala, Ecuador. etusa@utmachala.edu.ec

4 Universidad Técnica de Machala, Ecuador. jberru@utmachala.edu.ec

RESUMEN

En Machala, actualmente las ofertas habitacionales privadas, no están al alcance de gran parte del sector de clase media debido al alto costo de las mismas y las viviendas del sector público (MIDUVI) no cumplen con las expectativas de comodidad que esperan sus beneficiarios (viviendas de 36 m²), soluciones habitacionales que confunden el concepto de económicas con "baratas". Ante esta brecha entre las ofertas habitacionales y las preferencias de los beneficiarios, esta investigación plantea como objetivo presentar un sistema constructivo alternativo que permita reducir el costo final de las viviendas sin sacrificar su integridad estructural ni el confort higrotérmico (Puede definirse confort higrotérmico, o más propiamente comodidad higrotérmica (en adelante CH), como la ausencia de malestar térmico. En fisiología se dice que hay confort higrotérmico cuando no tienen que intervenir los mecanismos termorreguladores del cuerpo para una actividad sedentaria y con una indumentaria ligera. Con los resultados obtenidos, se plantearon distintos sistemas constructivos apoyados en materiales alternativos que pueden adaptarse a las condiciones climáticas y económicas de la ciudad de Machala y a través de un análisis comparativo de debilidades y fortalezas de los mismos, se planteó el sistema más efectivo y eficiente para competir con el tradicional, sistema que utiliza paneles de microhormigón de alta resistencia con un núcleo de poliestireno expandido "HORMYPOL", con lo que se pretende dar una opción tanto al constructor como al beneficiario.

PALABRAS CLAVE: Sistemas constructivos, microhormigón, Poliestireno expandido, confort higrotérmico

ABSTRACT

In Machala, private housing offers, are not currently available to much of the sector of the middle class due to the high cost of the same and dwellings of the public sector (Corporation) do not meet the expectations of comfort await their beneficiaries (homes of 36 m²), housing solutions that confuse the concept of economic with "cheap". Before this gap between housing vacancies and the preferences of the beneficiaries, this research raises aimed at presenting a constructive alternative system that allows to reduce the final cost of dwellings without sacrificing his integrity structural or thermal them comfort, so through literature review on materials and alternative construction systems are implemented at local and regional level in environments similar to our economic partner and a work of field where interviewed the most representative builders, obtaining information about building systems that are applying and interviews to certain sector of the population which allowed to identify their needs and preferences. With the results, raised various construction systems supported by alternative materials that can be adapted to the climatic and economic conditions of the city of Machala and through a comparative analysis of strengths and weaknesses of them, arose the system more effective and efficient to compete with the traditional system that uses panels of micro concrete of high strength with a core of polystyrene expanded "HORMYPOL", which is intended to give one option both to the constructor as the beneficiary.

KEYWORDS: construction systems, micro-concrete, poly styrene foam, thermal comfort.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v19i2.232>

RECIBIDO: 27/10/2017

ACEPTADO: 17/7/2018

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en varios países del mundo se están desarrollando alternativas constructivas que permitan disminuir los costos de construcción en viviendas, muchos de los cuales se han enfocado en la reducción de tiempos de construcción y el uso de nuevos materiales con propiedades higrotérmicas. En Ecuador son pocas las soluciones habitacionales que se apartan del sistema constructivo tradicional, sin embargo, existen excepciones a nivel privado que han apostado por la implementación de procesos constructivos alternativos con muy buenos resultados (Armisen, 2014). En la ciudad de Machala el predominio del uso del sistema tradicional ha sido total, tanto a nivel privado como público y sólo a partir del año 2016 aparece una alternativa constructiva en el conjunto residencial “Las Palmas”, que utiliza el sistema de muros portantes con lo que pretende reducir costos de construcción y mejorar las condiciones de confort.

A pesar de su importancia, la industria de la construcción es incomprensiblemente, uno de los sectores que menor grado de desarrollo presenta en la mayoría de los países latinoamericanos, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad lo que se traduce en la poca competitividad y coloca a las empresas constructoras en desventaja frente a los mercados de la economía internacional (Botero & Villa, 2004). La importancia de la presente investigación radica en la necesidad de incorporar un sistema constructivo alternativo en la ciudad de Machala que permita reducir costos en la construcción sin sacrificar ni la integridad estructural ni el confort de la vivienda y cumpliendo con las más altas expectativas del consumidor final y convirtiéndose así en una opción viable en el desarrollo habitacional de la ciudad. Partiendo del concepto de que un sistema constructivo es el conjunto de pasos o de procedimientos que se utilizan para optimizar materiales, mano de obra, rendimiento y equipo, para edificar una vivienda, vemos que la elección del mismo representa un aspecto muy importante en el desarrollo de la construcción, ya que, de la elección correcta del sistema constructivo, se pueden disminuir y hasta eliminar actividades dentro del proceso constructivo reduciendo así el costo final de la edificación, y además si este sistema se apoya en materiales alternativos con propiedades que ayuden a mejorar el confort higrotérmico (sensación de comodidad que sienten las personas en un ambiente, incluyendo factores como la humedad y temperatura),

la seguridad estructural y el medio ambiente, se estaría ante un sistema que ofrece grandes ventajas frente al sistema tradicional que es el que se está utilizando actualmente en la ciudad de Machala.

Los métodos de construcción que podemos nombrar como “tradicionales”, son perfectamente identificables por el usuario en cualquier zona urbana de nuestro país. Estos métodos han creado “un paradigma constructivo” que no ha permitido la incorporación de materiales alternativos con mejores propiedades que los tradicionales y que han tenido excelentes resultados en otras ciudades del país y el mundo, tal vez por temor al uso de lo novedoso o también por el desconocimiento de su existencia o de sus ventajas como propuestas alternativas de construcción (Sosa Pedroza, 1999).

Con la finalidad de innovar y superar las expectativas que ofrece actualmente el sistema tradicional, se propone un sistema constructivo alternativo en la ciudad de Machala para generar viviendas de calidad, bajo costo y confort higrotérmico. Para lograr este propósito, se analizaron los sistemas constructivos que se utilizan en la ciudad de Machala, se identificaron distintos materiales alternativos con características que permitan generar viviendas de calidad, bajo costo y propiedades higrotérmicas y a partir de esto se planteó un sistema constructivo alternativo que pueda ser aplicado en la ciudad de Machala y que permita obtener viviendas de calidad y bajo costo.

Actualmente las empresas constructoras dedicadas a desarrollar proyectos habitacionales han logrado reducir al máximo los tiempos de construcción en el sistema constructivo tradicional, por lo que bajo esta modalidad, no se puede reducir el costo de las viviendas, sin afectar su calidad o confort, es por eso que se hace imprescindible la incorporación de un sistema que a más de reducir los tiempos de construcción, ofrezcan otras ventajas como la disminución del peso de los elementos constructivos que ayudarán a reducir las etapas en el proceso constructivo sin sacrificar su integridad estructural y si además presentan propiedades termo acústicas, resistentes a la humedad y son de bajo impacto ambiental, tendríamos una alternativa muy interesante frente al actual sistema tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se contextualiza en la modalidad bibliográfica y de campo, ya que

parte de la información recolectada, que se hizo a través de revisión bibliográfica y documental sobre materiales y sistemas constructivos alternativos y además se realizaron visitas *in situ* a 5 de las principales empresas de proyectos inmobiliarios, y entrevistas a sus gerentes de donde se obtuvo información relevante sobre los sistemas constructivos utilizados, sus costos, materiales utilizados, rendimientos, entre otros; además se encuestó a una muestra representativa de la clase media de la ciudad de Machala que según el INEC en el último censo realizado en el año 2011, corresponde al 22.8% de la población total de 245 972 habitantes de la ciudad de Machala, a la cual se encuestó obteniéndose información sobre sus preferencias habitacionales en cuanto a espacio y confort (INEC, 2010) lo que ayudó a obtener elementos de juicio para la configuración de esta investigación.

Considerando lo importante que es determinar el tamaño de la muestra para esta investigación, se estimó un nivel de confiabilidad del 95% y un error de muestreo de 5%, y considerando que se trata de una población finita superior a los 100 elementos se obtuvo una muestra representativa de beneficiarios a encuestar de 377 (Benjamin & Allin Cornell, 2014).

De la investigación bibliográfica se obtuvo información de distintos materiales con sus sistemas constructivos que pueden aplicarse en la ciudad de Machala y se los contrastó entre ellos y con el sistema tradicional utilizado en la ciudad, para de esta manera determinar cuál es el más adecuado que se puede implementar en base a cumplir con las expectativas de los beneficiarios y constructores.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De la encuesta realizada a la muestra de la población de clase media de la ciudad de Machala, se pudieron determinar sus preferencias en cuanto a área de construcción (120 m^2), confort (acústico, térmico, humedad), costo por metro cuadrado ($> \$200/\text{m}^2$), de la misma manera se recogió información de las entrevistas a los promotores inmobiliarios como el sistema constructivo que utilizan (tradicional: estructuras de hormigón y mampostería de bloque o ladrillo), rendimiento ($1.93 \text{ m}^2/\text{día}$), área promedio de construcción ($> 126.2 \text{ m}^2$), costos de construcción (de $\$270$ a $\$450 \text{ m}^2$)

CONCLUSIONES

De los resultados de la investigación realizada se infiere que, entre las preferencias del usuario y

la oferta de los promotores inmobiliarios, existe una brecha que no se puede flanquear con los actuales materiales y sistemas constructivos que se están utilizando. Esta diferencia entre las necesidades y las ofertas habitacionales, dio la pauta para investigar sobre distintos materiales y sistemas constructivos que pueden aplicarse en la ciudad de Machala.

La investigación nos llevó a colocar como los más factibles, al sistema WTF (del inglés Wall Ties & Forms) que se basa en el empleo de muros portantes a partir de utilizar encofrados de aluminio. El sistema consiste en el uso de encofrados de aluminio para conformar las paredes de la vivienda, en la cual se coloca una malla de acero electro soldada, para posteriormente colocar una mezcla de hormigón que se funde monolíticamente con el piso, lográndose una resistencia integral que permite eliminar las estructuras tradicionales de hormigón armado, reduciendo así sustancialmente los tiempos de ejecución, mano de obra y costos y que para su montaje el sistema WTF no requiere mano de obra calificada ni maquinarias pesadas o grúas. El panel de formaleta (encofrado) más pesado solo alcanza 32 Kg. (70 Libras). Esto permite que un solo trabajador pueda manejar los componentes del sistema WTF. Las formaletas son armadas y aseguradas con pernos de acero, cuñas y separadores (Wall-Ties & Forms, s/f). Entre las ventajas de este sistema está la rapidez de trabajo, se puede fundir una casa de 70 m^2 en un día, otra ventaja es la sismo resistencia, la calidad del acabado de las paredes, lo que reduce el tiempo de terminación, presenta grandes propiedades de aislamiento térmico, acústico y a la humedad, los encofrados de aluminio son ligeros y fáciles de manejar, con una capacitación rápida y simple, los obreros no calificados, se transforman en mano de obra eficiente y productiva. Dentro de todas estas ventajas que ofrece este sistema tenemos un problema como es el costo elevado de los encofrados WTF que se necesitan para una sola vivienda, por lo que este sistema sería recomendable solo en proyectos inmobiliarios de gran magnitud y no para soluciones habitacionales moderadas o individuales, otra desventaja de este sistema es que no permite remodelación o cambio en la arquitectura de la vivienda una vez fundida.

Otro sistema constructivo que se está utilizando en nuestro país y que presenta grandes bondades respecto al sistema tradicional es el sistema HORMYPOL® (ver Figura 1) que combina las altas resistencias y densidades obtenidas

del Microhormigón con un alivianamiento de EPS (poliestireno expandido) (González Mada-riaga, 2008) que logra obtener en su conjunto un sistema que cumple ampliamente las mismas funciones que la mampostería tradicional y que a la vez brinda la oportunidad de disminuir sustancialmente costos y tiempos de construcción y presentan propiedades termo acústicas que mejoran el ambiente en las viviendas (Wall-Ties & Forms, s/f).



Figura 1. Estructura del sistema constructivo HORMYPOL.

Fuente: Elaborado por ("Hormypol: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibroprensado, Encofrado, Prensado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Cerramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, impermeabilizacion, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador," s/f)

Con esta información se pudo contrastar las variables que caracterizan las bondades y debilidades de estos sistemas que son factibles aplicarlos en la ciudad de Machala como son la integridad estructural (seguridad), confort climático, reducción de tiempo de construcción y costo por m², obteniéndose los siguientes resultados.

TABLA 1. COMPARACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

SISTEMA CONSTRUCTIVO	SEGURIDAD	CONFORT CLIMÁTICO	REDUCCIÓN TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN	COSTO <\$300/M2
WTF	X	X	X	-----
TRADICIONAL	X	-----	-----	-----
HORMYPOL	X	X	X	X

Nota: Contraste de bondades y debilidades.

El sistema propuesto HORMYPOL® que actualmente se comercializa en Ecuador, a más de cumplir con las expectativas de los beneficiarios en cuanto a confort y seguridad, disminuye sustancialmente los tiempos de construcción, lo que hace que el costo por metro cuadrado

este por debajo de los \$300. Además del costo, el sistema ofrece un plus adicional sobre los otros sistemas y es la aislación térmica y acústica (Del Rey, Alba, Ramis, & Sanchís, 2011; Sarmiento & Hormazábal, 2003) que este ofrece, lo que para el clima de la ciudad de Machala, especialmente en época de invierno, representa además del confort una eficiente manera de reducir costos de energía eléctrica por climatización artificial de los hogares y a diferencia del sistema WTF, este permite con relativa facilidad, realizar modificaciones y cambios en su diseño. El sistema planteado (ver Figura 2), utiliza paneles de HORMYPOL® 1.3 m² y 74 mm de espesor, los mismos que constan de dos capas externas de 12 mm de espesor conformadas por un microhormigón de 400 - 450 kg/cm² de resistencia a la compresión y de 90 - 95 kg/cm² a la tracción, en las cuales se encuentra embebida una malla hexagonal de acero de 0.5 mm de diámetro con un paso de 19 mm y una capa central de poliestireno de 150 mm con una conductividad térmica de 0.039 W/(m*K) y pudiendo incluir o no una armadura de refuerzo dentro del microhormigón en una o en ambas caras la cual consiste en una malla electro soldada de 4.5 a 5 mm de diámetro y con una paso de 150 mm en cada sentido cuando se van a ubicar en áreas de alto riesgo de penetración de personas (delincuentes). ("Hormypol: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibroprensado, Encofrado, Prensado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Cerramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, impermeabilizacion, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador," s/f).

Debido al poco peso de los paneles (68.75 kg/m²) comparado con el peso de mampostería de ladrillo (250 kg/m²), la cimentación requerida para una vivienda de una planta, es una loseta de hormigón simple con malla electro soldada sobre un suelo mejorado y compactado manualmente y en lugar de vigas y columnas en viviendas como elementos estructurales, se utilizan pilaretes de 10x20 y canales de acero de 80 mm, lo que reduce sustancialmente costo de manos de obra, materiales y tiempos de ejecución ("Hormypol: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibroprensado, Encofrado, Prensado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Cerramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, imper-

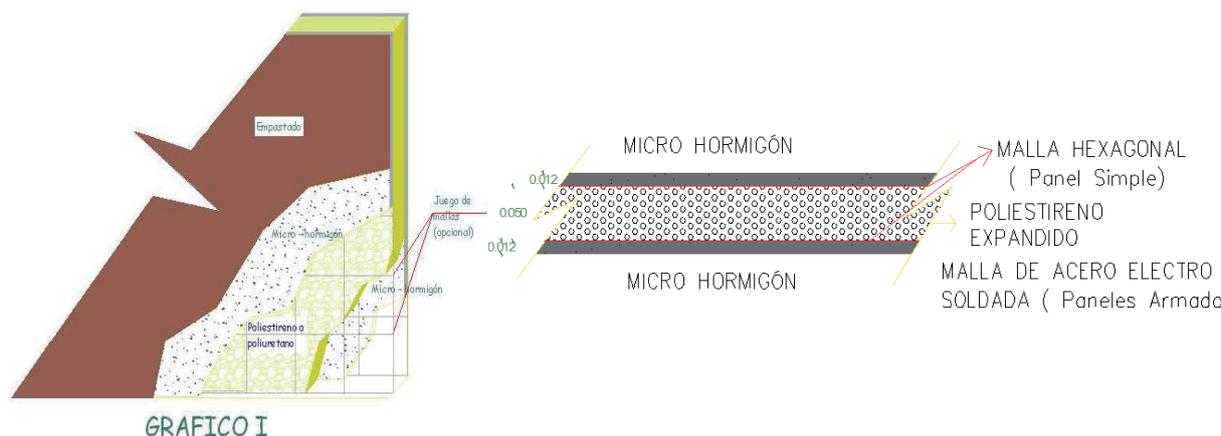


Figura 2. Estructura Celular del Panel Vista en Planta 2D.

meabilización, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador,” s/f).

La innovación propuesta consiste en la implementación de un sistema constructivo alternativo que apoyado en el uso de un producto como el HORMYPOL®, permite reducir los procesos constructivos que se utilizan actualmente con el sistema tradicional, logrando con esto reducción significativa de tiempos de ejecución y mano de obra, lo que al final se traduce en disminución de costos en la construcción de viviendas, lo que permite una mayor accesibilidad para la población y a los constructores volverse más competitivos en el campo de soluciones inmobiliarias en nuestra ciudad, todo esto sin sacrificar ni el confort ni la integridad estructural de las viviendas y al mismo tiempo, gracias a las bondades del HORMYPOL® (aislante térmico-acústico-humedad) mejorar las condiciones de vida de sus ocupantes y reducir significativamente los gastos ocasionados por el consumo de energía eléctrica por climatización artificial de las mismas.

Otra de las bondades de este sistema es la protección al Medio Ambiente comparado con el sistema tradicional como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2. CUADRO COMPARATIVO DE HUELLA ECOLÓGICA

MATERIAL	HUELLA DE CARBONO K/M2 CO2	HUELLA DE AGUA l/M2 H2O
Ladrillo panelón de filo	56	348
Bloque de 10 cm revestido	49	898
Panel HORMYPOL	14	196

Nota: Tomado de (“Hormypol: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibroprensado, Encofrado, Prensado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Cerramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, impermeabilizacion, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador,” s/f).

Uno de los principales factores que afectan el confort de las viviendas es el factor climático regional, particularmente en época de invierno con una duración de 6 a 7 meses en la ciudad de Machala, alcanzando altas temperaturas y valores de humedad relativa, los cuales ocasionan incomodidad en los usuarios. La solución más frecuente que utiliza la mayoría de la población, es la incorporación de quipos de climatización, que, a más de costosos, implica un consumo importante de energía eléctrica. La problemática de habitabilidad se agrava más aún si no se toman las debidas precauciones para evitar las fuentes acústicas perturbadoras externas e internas de la vivienda. Por este motivo es importante un mejoramiento sustancial de las condiciones aislantes de las envolventes constructivas perimetrales e internas de la vivienda (Balangero, Jacobo, & Alías, s/f). El HORMYPOL debido a sus características termo acústicas como se indican en la Tabla 3, ayudan a mejorar la habitabilidad de su entorno.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Panel HORMYPOL	0,02 W/m °C
Ladrillo	0,87 W/m °C
Bloque de Hormigón ligero	0,56 W/m °C

Nota: Tomado de (“Hormypol: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibroprensado, Encofrado, Prensado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Cerramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, impermeabilizacion, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador,” s/f).

En cuanto al aislamiento acústico estos paneles son capaces de amortiguar 30 decibeles, recordando que aproximadamente el sonido que emanan en las zonas urbanas por el tráfico es de 65 decibeles.

Por lo tanto, podemos concluir que, en función de costos, confort, seguridad y protección al medio ambiente, el sistema HORMYPOL sería la alternativa más adecuada para competir con el sistema tradicional de construcción que impera en la ciudad de Machala y permitir a familias de clase media adquirir vivienda propia que cumpla con todas sus aspiraciones de comodidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMISÉN, J. M. (2014). Innovación en la construcción. *Fabrikart*, 0(10). Recuperado de <http://www.ehu.eus/ojs/index.php/Fabrikart/article/view/12509>
- BALANGERO, C. N., JACOBO, G. J., & ALÍAS, H. M. (s/f.). Estudio de materiales aislantes termoacústicos e higrotérmicos del mercado de la construcción del NEA y su utilización en el diseño tecnológico. Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-078.pdf>
- BENJAMIN, J. R., & ALLIN CORNELL, C. (2014). *Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers*. Courier Corporation.
- BOTERO, L. F. B., & VILLA, M. E. Á. (2004). Guía de mejoramiento continuo. *Revista Universidad EAFIT*, 40(136), 50-64.
- INEC (2010). Población y Demografía. Recuperado el 8 de Julio de 2018, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- DEL REY, R., ALBA, J., RAMIS, J., & SANCHÍS, V. J. (2011). Nuevos materiales absorbentes acústicos obtenidos a partir de restos de botellas de plástico. *Materiales de Construcción*, (304), 547-558.
- GONZALEZ MADARIAGA, F. J., & MACIA, J. L. (2008). EPS (expanded poliestyrene) recycled bends mixed with plaster or stucco, some applications in building industry. *Informes de La Construcción*, 60(509), 35-43.
- HORMYPOL: Hormigon, Armado, Microhormigon, Vibropresado, Encofrado, Presado, Sintetico, Construccion, Viviendas, Infraestructura, Paneles, Estructuras, Mamposteria, Loza, Ceramientos, Paredes, Entrepisos, Cimentacion, Montaje, Mallas, Marcos, Apuntalamiento, Dosificacion, Curado, impermeabilizacion, Cubiertas, Quito, Guayaquil, Cuenca, Ecuador (s/f). Recuperado el 8 de Julio de 2018, de <http://www.hormypol.com/>
- SARMIENTO, P., & HORMAZÁBAL, N. (2003). Habitabilidad térmica en las viviendas básicas de la zona central de Chile, a la luz de los resultados preliminares del proyecto FONDEF D0011039. *Revista INVI*, 18(46). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/258/25804603/>
- SOSA PEDROZA, T. E. (1999). La aplicación de sistemas constructivos alternativos en vivienda de bajo costo y su impacto en el usuario. Recuperado de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/243>
- WALL-TIES, & FORMS. (n.d.). *Formaletas | Sistema de Formaletas de Aluminio para Concreto*. Recuperado el 8 de Julio de 2018, de <http://www.formaletas.com>