



Edificios de vivienda con Sistema Cubano de Moldes Metálicos. Fuente: Autores 2020.

El Sistema Cubano de Moldes Metálicos: una alternativa para nuevos edificios de vivienda

The Cuban System of Metal Molds: An Alternative for New Residential Buildings

Carmen J. Leyva-Fontes, Aymeé Alonso-Gatell, María L. Álvarez-Llanes,
María de los Á. Arnaiz Ramos y Derby R. Núñez Olazábal

RESUMEN: La necesidad de satisfacer la demanda de viviendas requiere de soluciones que permitan mayor rapidez de ejecución. Actualmente se aplican en Cuba proyectos típicos de vivienda de mediano estándar que emplean moldes metálicos FORSA, pero es necesario diversificar la oferta, con viviendas económicas, y a la vez, lograr urbanizaciones con mayor calidad estética y ambiental. Este trabajo explora las posibilidades que brinda el Sistema Cubano de Moldes Metálicos para conformar diversas variantes espaciales y volumétricas en nuevos edificios de vivienda. Se definieron las características de los elementos componentes del sistema constructivo y se exploraron las posibilidades para su empleo en soluciones de vivienda, mediante la combinación de métodos teóricos y empíricos. El trabajo aporta variantes de edificios de vivienda con variada expresión volumétrica y crecimiento en altura con el empleo de dicho sistema. Se concluye que el sistema constructivo constituye una alternativa viable para nuevas soluciones de edificios de vivienda para urbanizaciones en diferentes entornos.

PALABRAS CLAVE: Sistemas constructivos, sistemas de moldes metálicos, soluciones arquitectónicas, urbanizaciones

ABSTRACT: The need to satisfy the demand for housing requires solutions that allow for faster execution. Currently, typical medium-standard housing projects that use FORSA metal molds are applied in Cuba, but it is necessary to diversify the offer, with affordable housing, and at the same time, achieve urbanizations with greater aesthetic and environmental quality. This work explores the possibilities offered by the Cuban System of Metal Molds to form various spatial and volumetric variants in new residential buildings. The characteristics of the component elements of the construction system were defined and the possibilities for their use in housing solutions were explored, through the combination of theoretical and empirical methods. The work provides variants of residential buildings with varied volumetric expression and growth in height with the use of said system. It is concluded that the construction system constitutes a viable alternative for new solutions for residential buildings for urbanizations in different environments.

KEYWORDS: Construction systems, metal molds systems, architectural solutions, urbanizations.

RECIBIDO: 30 mayo 2024 ACEPTADO: 30 junio 2024

Introducción

Durante el transcurso histórico de la arquitectura, la vivienda, a pesar de su pequeña escala comparada con otros programas arquitectónicos, figura inmensa en imaginación e importancia cultural. Ha sido y continúa siendo un espacio creado por el hombre como respuesta a la más esencial de las necesidades humanas: cobijo o protección del entorno natural.

El déficit de la vivienda está directamente relacionado con los aspectos económicos, sociales, culturales y administrativos de un país. En Cuba, antes de 1959, predominaban las técnicas constructivas tradicionales, pero la elaboración de planes de viviendas económicas, permitió en los primeros años de la Revolución, que se formaran las bases para la aplicación posterior de sistemas prefabricados a gran escala, tales como: Gran Panel IV, Moldes Deslizantes, IMS y SP- 72, que diversificaron las soluciones y permitieron alternar los edificios altos, de 12, 18 y hasta más de 20 plantas.

En la actualidad, las necesidades de confort y seguridad son cada vez más exigentes en las nuevas soluciones de vivienda, de manera que el empleo de materiales de mayor calidad, pero a su vez económicos, constituyen una premisa para los nuevos sistemas constructivos que se aplican en el país para resolver el déficit habitacional. En correspondencia, se hace necesario incorporar sistemáticamente los adelantos de las técnicas a soluciones constructivas de mayor calidad, que abaraten el costo de las construcciones y permitan lograr combinaciones diversas; todas con el fin de promover el desarrollo tecnológico apropiado, la integridad del medio ambiente, la eficiencia económica, y el bienestar de la población.

En este sentido, la utilización de moldes metálicos (acero o aluminio), hace de la construcción de infraestructuras un proceso completamente industrializado, en las que se reduce la cantidad de desperdicios y escombros, donde se impone un ritmo planificado diario de construcción, dado que las tareas que se ejecutan son mecánicas y repetitivas, por lo que el control de los tiempos de ejecución es prácticamente total. Con este tipo de sistema se puede lograr una vivienda completa en solo un día, lo que contribuye a la satisfacción de las necesidades sociales en menor tiempo.

El Sistema Cubano de Moldes Metálicos para la construcción (SCMM) se origina al adoptar la tecnología del FORSA y adaptarla a las condiciones de producción de los elementos componentes del sistema existentes en Cuba. Ambos sistemas están conformados principalmente por distintos tipos de moldes de aluminio o formaletas de gran maniobrabilidad y duración dada las características del material que los conforman.

La tarea del diseño de este sistema se presentó en junio de 2008, por parte de la dirección de Unión de Industrias Militares (UIM) con el objetivo de diseñar y fabricar un prototipo de molde metálico que permitiera la construcción de las viviendas de forma monolítica según el diseño establecido para las mismas, sobre la base de un estudio de los sistemas importados, con la intención de sustituir la adquisición en el exterior del FORSA, y adaptarlo a la industria cubana. Es así que surge el Sistema Cubano de Moldes Metálicos para la construcción, elaborado por el Centro de Estudios de Explotación, Fabricación, Recuperación de Equipos y Piezas (CEEFREP) de la Universidad de Camagüey.

Como antecedentes del empleo de este sistema constructivo en Cuba se encuentran los edificios construidos en "100 y Aldabó" en La Habana, con más de cien usos de las formaletas propuestas por el CEEFREP, lo que

demuestra el cumplimiento de los parámetros de calidad y durabilidad especificados en las normas internacionales.

Las soluciones arquitectónicas que se han diseñado en Cuba, parten del uso de los moldes de FORSA importados, adaptados para proyectos típicos de edificios de vivienda multifamiliar, compuestos por células habitacionales de dos o tres dormitorios de mediano estándar. Con el surgimiento del referido sistema se crea la posibilidad de variar estas soluciones típicas en función de los elementos que se puedan producir en Cuba.

En este sentido, la dificultad que este sistema resuelve está, por una parte, en el logro de la diversificación del diseño de los edificios de viviendas, particularizando el mismo en la tipología de viviendas económicas, sobre la base de lograr urbanizaciones con mayor calidad estética, ambiental y formal, y por otra, radica en la factibilidad económica, al reducir importaciones, lo que propicia mayor utilidad al SCMM en el proceso de inversión.

Por tal motivo se considera que el empleo de este sistema resulta novedoso y económicamente viable para la construcción de edificios multifamiliares. Entre sus ventajas se encuentran las posibilidades de producción nacional de los moldes y el empleo de materiales existentes en el país, lo que lo acredita como un excelente sistema para explotar en obras para nuevas urbanizaciones, aspecto que resulta de gran importancia en Cuba para satisfacer las necesidades habitacionales de la población. En este contexto, constituye objetivo de este trabajo, explorar las posibilidades que brinda el Sistema Cubano de Moldes Metálicos para conformar diversas variantes espaciales y volumétricas para nuevos edificios de vivienda.

Materiales y métodos

En la construcción de la propuesta que se presenta en este trabajo, se realizó un análisis de la literatura existente, que incluye desde estudios teóricos, hasta la elaboración de las soluciones arquitectónicas. Para ello se siguió un procedimiento que abarcó tres aspectos principales:

- a) El análisis de contenidos relacionados con el sistema de construcción que utiliza formaletas metálicas de aluminio y su empleo en soluciones de vivienda.
- b) Estudio sobre las características y elementos componentes del Sistema Cubano de Moldes Metálicos y sus posibilidades y ventajas.
- c) Exploración de las posibilidades que brinda el SCMM para obtener diversas conformaciones espaciales y volumétricas de utilidad en el diseño de nuevos edificios de vivienda, particularizando en la tipología de viviendas económicas.

Para cumplir el objetivo propuesto, se utilizaron en la investigación métodos teóricos y empíricos. Del nivel teórico los métodos utilizados fueron:

- Investigación documental, con el propósito de analizar y utilizar la información recogida en las fuentes bibliográficas consultadas, para la búsqueda de antecedentes, así como regularidades de la temática abordada.
- Análisis y síntesis, que permitió el estudio de cada uno de los elementos componentes del SCMM, así como sus posibilidades y ventajas, con vistas a utilizarlo en la elaboración de variantes de diseño, tales como las que se proponen.

Del nivel empírico, se utilizó el estudio de documentos existentes relacionados con el catálogo técnico del sistema constructivo, así como las

normativas vigentes, entre estas, la Norma Cubana 4-2014 que hace referencia a las indicaciones técnicas sobre vivienda económica a partir de tres principios básicos [1].

- Cambio en la composición habitacional de las edificaciones a construir.
- Disminución de la superficie o área útil de las viviendas.
- Terminación progresiva en el interior de las viviendas, garantizando las condiciones mínimas de habitabilidad y funcionalidad.

Para elaborar las propuestas de variantes de edificio multifamiliar con utilización del SCMM se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de vivienda económica (Tabla 1).

Tabla 1. Indicaciones técnicas sobre vivienda económica.

ÁREAS ÚTILES TOTALES SEGÚN TIPO DE VIVIENDAS	m²
Viviendas de un dormitorio (D)	35,00
Viviendas de dos dormitorios (Dd)	45,00
Viviendas de tres dormitorios (D2d)	54,00
ÁREAS MÍNIMAS EN LOCALES	m²
Dormitorio matrimonial (D)	10,50
Dormitorio para una persona (d)	6,50
Servicio sanitario	2,50
Patio de servicio	1,80
LADO MÍNIMO EN LOCALES	m
Dormitorio matrimonial (D)	2,60
Dormitorio para una persona (d)	2,10
Servicio sanitario	1,20
Patio de servicio	1,20
Estar-Cocina-Comedor	2,40
PUNTALES	m
Bajo losa en todos los espacios interiores	2,40
Bajo cualquier soporte secundario	2,10
Puntal mínimo cuando se trata de cubierta inclinada	2,20
Puntal mínimo bajo dintel	2,10

Fuente: NC: 4 2014. [1]

Resultados

Sistema de construcción que utiliza formaletas metálicas de aluminio y su empleo en soluciones de vivienda

El empleo de formaletas metálicas de aluminio en América Latina, tuvo sus inicios en Colombia en el año de 1995, en busca de reducir costos y aumentar productividad de la construcción. Este sistema constructivo presenta una solución alternativa para la construcción de conjuntos habitacionales unifamiliares y multifamiliares, lo que permite la reducción del tiempo de ejecución en relación con la construcción tradicional [2].

[1] ONN [Oficina Nacional de Normalización]. NC 4:2014. Indicaciones técnicas sobre vivienda económica. La Habana: ONN; 2014.

[2] Jaramillo WA. Análisis del proceso constructivo de edificaciones a base de formaletas [tesis]. Cuenca (Ecuador): Universidad Católica de la Cuenca; 2015. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166139272>.

A este sistema de construcción también se le conoce como sistema modular, y se fabrica con medidas estándares y uniformes. Para la armazón, se hacen conexiones en los módulos de la formaleta, con el empleo de algunos accesorios complementarios. Con este tipo de encofrado se elaboran muros de concreto muy resistentes en el ámbito estructural, lo que convierte al sistema en uno de los más utilizados para la edificación de proyectos de gran magnitud, debido a la cualidad que tiene de vaciar el hormigón una vez armados los muros y losa de manera simultánea, a partir de lo cual se forma una estructura monolítica sismorresistente que garantiza la seguridad de sus ocupantes [3].

Desde el punto de vista económico, Saldívar señala que el encofrado metálico resulta mucho más eficiente y eficaz respecto a costos ya que se puede optimizar equipo y personal en obra, y el tiempo de ejecución del proyecto se acorta, en comparación con el encofrado de madera [4].

Por su parte Aguilar, Barreto y Berrio, refieren que con el uso del encofrado modular de aluminio, las obras de construcción son rentables, y normalmente se pueden conseguir componentes de concreto con una buena calidad superficial. Estos autores señalan también la facilidad de montaje y desmontaje, y la fabricación de componentes curvos de concreto, lo cual contribuye a lograr en los edificios expresiones formales con mayor estética [5].

Otra fuente señala que, aparte de la facilidad y rapidez tanto en la colocación, así como en el momento de retirarlos, su duración resulta casi ilimitada, ya que su deterioro con el uso es mínimo [6].

Gracias al tamaño estandarizado de las formaletas, cuyos moldes se puedan armar y desarmar, con este sistema se logran diferentes geometrías, que facilitan la realización de distintos proyectos [7].

Según Flórez y Hernández, existen dos sistemas de formaletas para la construcción con sistemas industrializados: las mano-portables y las de túnel. En ambos sistemas, los paneles unidos forman una estructura temporal auto portante, capaz de soportar presiones sin deformarse demasiado. Señalan además, que el sistema mano-portable está concebido y diseñado para incrementar la producción en la construcción de una vivienda en serie [8].

Otras ventajas que se reportan en la literatura consultada, son que el tamaño y el peso de sus piezas permiten manejarlas de forma manual, sin ayuda de grúa, lo que representa ahorros en la inversión de equipos de producción; se adaptan a cualquier topografía, y pueden producir el 100% de una vivienda con un grupo reducido de operarios, ya que la complejidad del diseño

- [3] Manual de Construcción de Viviendas Sociales. La Paz: Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda; 2020. [Consultado: 12 de enero de 2021]. Disponible en: [https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/2a804ae20fc329b4f1f1a0b896d85d68MANUAL_MCVS_2020_FINAL_30.10.2020_impresion_w_\(1\).pdf](https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/2a804ae20fc329b4f1f1a0b896d85d68MANUAL_MCVS_2020_FINAL_30.10.2020_impresion_w_(1).pdf)
- [4] Saldívar JL. Diseño de los sistemas de encofrado en una edificación multifamiliar "Today", San Isidro, Lima [tesis]. Lima: Universidad César Vallejo; 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104668>.
- [5] Aguilar JR, Barreto U, Berrio L. Encofrados de madera y metálicos en muros de corte y su desempeño respecto al número de usos y costo. Universidad, Ciencia y Tecnología [Internet]. 2023 [consultado: 12 de enero de 2021]; 27(119): 89-98. Disponible en: <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.710>.
- [6] Chunga JR, Ramírez KP. Aplicación del sistema de encofrado autotrepante y análisis comparativo de la productividad con el sistema de encofrado metálico convencional en edificaciones de gran altura [tesis]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14222>.
- [7] Aguirre S. Lo que debe saber sobre el uso de las formaletas. A la obra maestros [Internet]. 2019 [consultado: 12 de enero de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3Pf8Cjq>.
- [8] Flórez E, Hernández É. Estudio de factibilidad técnica y financiera de una empresa de construcción dedicada a la comercialización de formaleta en aluminio, para la construcción de edificios de muros portantes reforzados en hormigón [tesis]. Bogotá: Universidad de Santo Tomás, Bogotá; 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/18599>.
- [9] Martínez A, Díaz JF, Duque R. Diseño del encofrado para muros usando encofrados modulares. TecnoLógicas [Internet]. 2019 [consultado: 12 de enero de 2021]; 22: 3-20. Disponible en: <https://doi.org/10.22430/22565337.1509>.
- [10] Arapa VN, Maldonado F. Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco [tesis]. Cusco (Perú): Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3751>.
- [11] Carrillo J, Alcocer S. Revisión de criterios de sostenibilidad en muros de concreto para viviendas sismorresistentes. Ingeniería Investigación y Tecnología [Internet]. 2012 [consultado: 12 de enero de 2021]; 13(4): 479-487. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2012.13n4.047>.

del encofrado radica solamente en cómo se disponen las formaletas y los *fillers* de ajuste para crear el molde de una estructura de hormigón [9].

Estos encofrados permiten dar forma a la estructura modulada según el requerimiento del proyecto, así como proteger el hormigón de los golpes y variaciones de temperatura [10]. El sistema resulta también muy eficiente, ya que satisface los requisitos sismorresistentes y al mismo tiempo, constituye una solución amigable con el medio ambiente, ya que su impacto ambiental es mínimo [11, p.480], lo que contribuye en la sostenibilidad.

En relación con su implementación, Mendoza, Morán y Luque [12] consideran que su viabilidad económica radica en la ejecución en masa de proyectos habitacionales, y que, para lograrlo, es necesario tener: a) una buena planificación durante la etapa del proyecto; b) un buen diseño arquitectónico que gestione los módulos de formaletas; y c) cronogramas que permitan cumplir la ejecución de la obra en los tiempos establecidos.

Características y elementos componentes del Sistema Cubano de Moldes Metálicos

El Sistema Cubano de Moldes Metálicos (SCMM), se considera como el más avanzado que se utiliza en el país para la construcción de viviendas de concreto. Está compuesto por un catálogo de formaletas o moldes de gran maniobrabilidad y duración, lo que permite construir a gran velocidad con adecuada seguridad y adaptación a múltiples diseños. Es un sistema monolítico hormigonado *in situ*, formado por muros portantes y losas de hormigón armado cuyas cargas son distribuidas a través de los muros. Estos, en su concepción actual, tienen un espesor de 100 mm para edificios de hasta cinco niveles, con la excepción de los muros laterales de escaleras cuyo espesor es de 150 mm. Ambos están reforzados con malla electro-soldada que se coloca en el centro de la sección de los elementos.

Este sistema, al tener su basamento en la tecnología del FORSA, mantiene las mismas características, con algunas adaptaciones realizadas para la producción nacional por especialistas del CEEFREP. Entre ellas, se encuentra que la forma de encofrado que se realiza en Cuba es la de tableros mano-portables, de tamaños modulares, que pueden ser trasladados por un solo individuo, facilitando la colocación y retiro en cada vaciado. Los moldes producidos hasta el momento han alcanzado hasta 120 veces su uso, y se han logrado mínimas terminaciones en el elemento de hormigón, con una mejor apariencia. De manera general, el sistema resulta simple, con componentes manipulables, ligeros y sin requerimientos de alta calificación.

Según Vargas, la formaleta metálica tipo mano-portable es un sistema industrializado modular manual, especial para moldeado de hormigón, de fácil manejo, multiusos, con medidas estandarizadas, que proporcionan uniformidad en superficies a la vista y seguridad de hormigones estructurales. Las conexiones entre módulos se realizan rápidamente con accesorios complementarios. Por su versatilidad, puede ser usado en todo tipo de proyectos y está especialmente diseñada para satisfacer las necesidades de la construcción moderna y las de la sociedad actual. Con este sistema constructivo, se disminuyen costos por el menor tiempo de construcción de la estructura, mayor seguridad en los encofrados, y un buen acabado [13].

Los moldes del SCMM en Cuba son fabricados con láminas de aleación de aluminio de la serie aluminio-magnesio (6061), de espesor 1/8", con tratamiento de temple de endurecimiento por deformación para incrementar sus propiedades y llevarlo a su condición de dureza total, con la cual soporta presiones de vaciado de 60 Kpa.

Al respecto, Peñaranda asevera que este encofrado de aluminio resulta ser más eficiente ya que sus componentes le brindan durabilidad, fácil manipulación y una rentabilidad adecuada [14]. En este sentido, Kaireh y Pérez refieren que este supera en calidad y economía al FORSA en viviendas de hasta cinco niveles, y puede utilizarse sin problemas en zonas sísmicas de Cuba, con niveles de hasta seis y siete plantas, con espesores de muros de hasta 100 mm [15].

[12] Mendoza DA, Morán SV, Luque DS. Análisis del Sistema Constructivo con Formaletas en el Conjunto Habitacional Villas del Valle para Atender el Déficit de Viviendas en Portoviejo [tesis]. Portoviejo (Ecuador): Universidad San Gregorio de Portoviejo; 2022. Disponible en: <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/2869>.

[13] Vargas FA. Formaletería para la construcción de sistemas industrializados [tesis]. Pamplona (Colombia): Universidad de Pamplona; 2016. Disponible en: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1632/1/Vargas_2016_TG.pdf.

[14] Peñaranda E. Implementación de encofrado modular de aluminio para la construcción de las edificaciones [tesis]. Medellín: Universidad de Antioquia; 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/24574>.

[15] Kaireh A, Pérez E. Análisis estructural de edificio de cinco niveles con una adaptación cubana del sistema FORSA. Hatun Yachay Wasi [Internet]. 2023 [consultado: 14 de enero de 2021]; 2(1): 66-78. Disponible en: <https://doi.org/10.57107/hyw.v2i1.36>.

El sistema consta de una amplia variedad de formaletas que posibilita la construcción de diseños complejos. Se utilizan paneles estándares en anchos que varían entre 60 y 90 cm, con alturas de 210 y 240 cm. No obstante, de acuerdo con el diseño, se pueden manejar anchos desde 10 hasta 90 cm; y alturas desde 30 hasta 300 cm con diferentes combinaciones. El ancho del riel lateral es de 54 mm. La mayor eficiencia en el diseño sólo se logra cuando la formaleta es empleada como elemento modular para definir el tamaño y la forma de los espacios. Es decir, obtener paneles estándar, recomendándose modular los espacios interiores, tanto muros como losas, en múltiplos de 5 centímetros. Las alturas de los paneles de muros estándar son de 210, 240 y 270 cm para que puedan ser usados por ambos lados en cualquier posición.

Presenta además diversos tipos de componentes, cada uno de ellos posee características propias para las funciones que realizan dentro de la obra y a su vez, estos crean diversos subsistemas por funciones, empleados para la construcción según las exigencias del diseño, entre ellos, el sistema de muros, el sistema de losas y las columnas, vigas y accesorios. Permite el uso de tableros texturizados que reproducen el aspecto de acabado de la mampostería, así como tableros lisos que generan superficies similares a las revocadas.

En cuanto a las soluciones de confort térmico, la tecnología permite incorporar materiales dentro del hormigón, que constituyen aislantes térmicos, tanto en paredes como cubiertas, como es el caso del poliestireno expandido, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia energética dentro de la vivienda.

Para lograr mayor disponibilidad de paneles, se trata que las dimensiones internas de las viviendas se adapten a las modulaciones de la mayor cantidad de elementos estándar del sistema, de modo que se incremente la productividad y la rentabilidad del proyecto. Con esta tecnología, se puede terminar una vivienda por día, con el consiguiente ahorro de recursos materiales y humanos, así como de tiempo de ejecución, por tanto, de reducción de los costos indirectos.

Una de las ventajas fundamentales que permite el sistema de moldes metálicos es su gran versatilidad, a partir de lo cual puede adaptarse a las necesidades arquitectónicas del proyecto, evitando limitaciones de diseño y creatividad. Las formaletas se fabrican a la medida de cada proyecto y son fácilmente transformables a otro, brindan la posibilidad de utilizar cualquier elemento de fachada, por muy complejo que parezca (elementos curvos, remates y cornisas, arcos, columnas), lo que permite al proyectista, retomar elementos de la arquitectura que se encuentran en

el contexto, e incorporarlos a la nueva obra, imprimiéndoles a estos elementos una contemporaneidad que los identifique.

Propuestas de soluciones arquitectónicas con el empleo del Sistema Cubano de Moldes Metálicos

En el presente estudio, se exploraron cuatro variantes de edificios multifamiliares en las que se utilizó el SCMM, con la finalidad de comprobar la posibilidad que tiene este sistema constructivo para adaptarse a múltiples diseños de viviendas de espacios reducidos. Los edificios de viviendas propuestos son de cinco niveles y constan de tres células habitacionales por planta, las cuales fueron proyectadas para dos, tres y cuatro personas. Cada una de estas variantes cuenta con un área construida aproximada de: 35,00 m², 45,00 m² y 54,00 m² respectivamente. El acceso principal se realiza a través de un balcón o portal. En el caso de los apartamentos de las plantas superiores, se accede por una escalera de dos ramas.

Estas variantes, en su composición espacial, están formadas por los siguientes locales: sala, cocina-comedor, patio de servicio, servicio sanitario, balcón y un dormitorio matrimonial (D). En algunos casos se adicionan uno o dos dormitorios para una persona (d) según el diseño. En estos proyectos no se consideraron pasillos de circulación, sirviendo los espacios de sala y cocina-comedor, para la comunicación con el resto de los locales. El diseño cumple con las condiciones mínimas de habitabilidad y funcionalidad.

Los proyectos se realizaron sobre la base de modulaciones, con formaletas mano-portables en los que se pueden intercambiar los mismos tipos, tanto en fachadas, como en interiores, logrando, no obstante, variedad en las soluciones arquitectónicas. Se consideraron, además, muros levantados sobre una cimentación en balsa de hormigón armado, y puntales (distancia entre niveles) de 2,55 m. Se tuvieron en cuenta paneles estándar en anchos que varían entre 60 y 90 cm, con alturas de 210 y 240 cm. Para las diferentes combinaciones de formaletas de muros se asumieron alturas desde 30 hasta 300 cm, que permitan cumplir con los requerimientos de la tipología de vivienda económica (Figura 1). En la cubierta se propone pretil y bajante pluvial que se encuentran dentro de falsas columnas, ubicados en la zona del patio de servicio, para no afectar la expresión formal del edificio.

Los diseños consideran ventanas (tipo “Miami”) y puertas de aluminio, para lograr uniformidad en el uso de este material, las primeras con dimensiones de 0,69 m de ancho y de 1,20 m de alto, en el caso de las puertas estas se proponen de 0,89 m de ancho y 2,09m de alto, con un ancho efectivo de 0,82 m.

Para lograr confort interior, se recomiendan orientaciones para los dormitorios que aprovechen el viento predominante en la zona donde se localicen, mientras que el núcleo húmedo (baño, patio de servicio y cocina) puede ubicarse en fachadas que reciban más sol, de manera que también sirvan para proteger otros locales interiores. Los diseños consideran el uso de elementos de protección solar, tanto vertical como horizontal, tales como los aleros y quiebrasoles verticales de 500 mm de ancho.

La expresión formal de los edificios se caracteriza por la presencia de volúmenes con entrantes y salientes, y el uso de balcones, aleros y elementos de protección solar, creando contrastes de luz y sombra, que pueden favorecer la eficiencia energética y contribuir con la variedad formal. Predominan en ellos, la línea recta y la simplicidad en las formas, aprovechándose los elementos estructurales como parte del diseño arquitectónico.

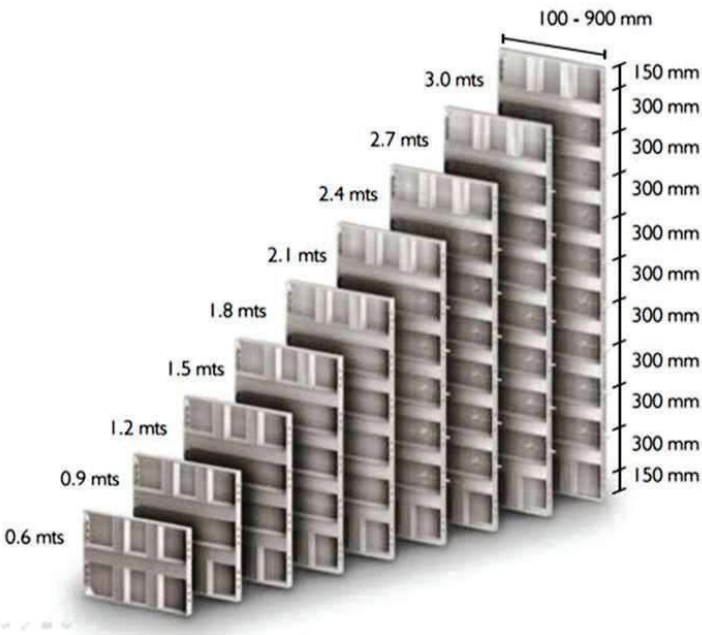


Figura 1. Combinaciones existentes de formaletas de muros del Sistema Cubano de Moldes Metálicos. Fuente: Catálogo Técnico EMPIFAR, 2002.

Variantes de edificios multifamiliares de vivienda con empleo del SCMM

Variente I

Esta variante está conformada por tres células habitacionales por planta, de uno y dos dormitorios respectivamente. El edificio cuenta con 15 apartamentos, distribuidos en cinco niveles. (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Variante I. Planta arquitectónica. Fuente: Autores, 2020.



Figura 3. Variante I. Volumetría del edificio. Fuente: Autores, 2020.

Variante II

Esta variante está conformada por tres células habitacionales por planta, de uno, dos y tres dormitorios respectivamente. El edificio cuenta con 15 apartamentos, distribuidos en cinco niveles. (Figuras 4 y 5).

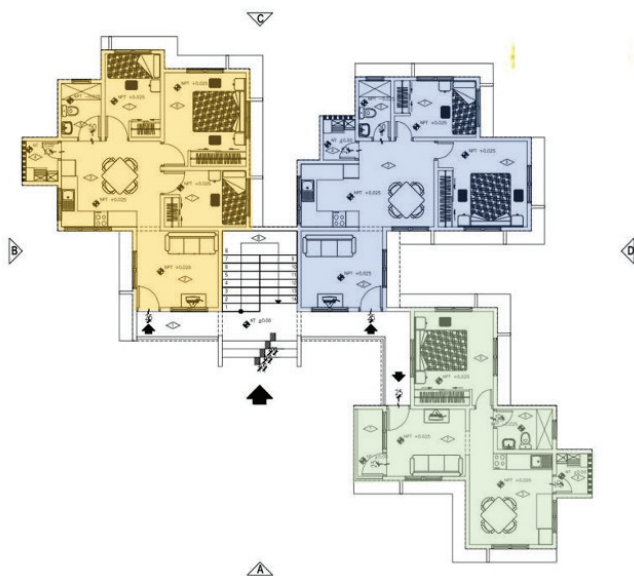


Figura 4. Variante II. Planta arquitectónica.
Fuente: Autores, 2020.



Figura 5. Variante II. Volumetría del edificio. Fuente: Autores, 2020.

Variante III

Esta variante está conformada por tres células habitacionales por planta, de uno, dos y tres dormitorios respectivamente. El edificio cuenta con 15 apartamentos, distribuidos en cinco niveles. (Figuras 6 y 7).

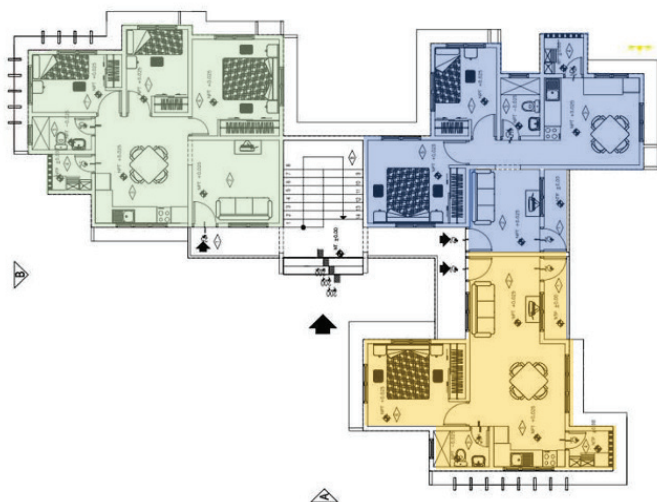


Figura 6. Variante III. Planta arquitectónica.
Fuente: Autores, 2020.



Figura 7. Variante III. Volumetría del edificio.
Fuente: Autores, 2020.

Variante IV

Esta variante está conformada por tres células habitacionales por planta, todas de dos dormitorios. El edificio cuenta con 15 apartamentos, distribuidos en cinco niveles (Figuras 8 y 9).

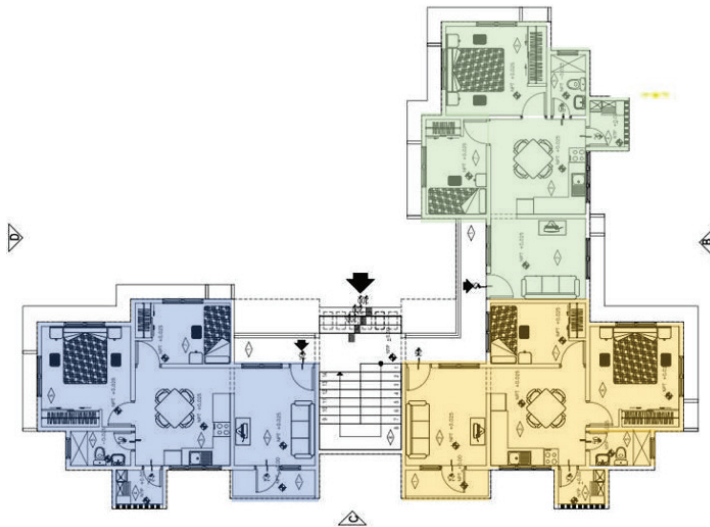


Figura 8. Variante IV. Planta arquitectónica.
Fuente: Autores, 2020.



Figura 9. Variante IV. Volumetría del edificio.
Fuente: Autores, 2020.

Discusión

El Sistema Cubano de Moldes Metálicos posee un amplio catálogo de formaleas, con dimensiones en ancho y altura que permiten la adaptación a todo tipo de perímetro, lo que facilita el ensamblaje de cualquier muro, sin restricciones de dimensión y vanos que presente. La variabilidad de las formaleas contribuye al diseño de soluciones interiores óptimas con lo que se logra una estrecha relación con el exterior, garantizando de esta manera, la iluminación, la ventilación natural, las visuales al exterior y la privacidad.

El empleo de esta tecnología ofrece garantía técnico- constructiva, basada en las ventajas del hormigón armado y del propio sistema constructivo, que posibilita el diseño de células habitacionales que cumplen los requisitos de habitabilidad, cuyo estándar mínimo lo define la norma cubana, a la vez que permiten conformar diversas variantes espaciales y volumétricas para nuevos edificios de vivienda. Los resultados indican que pueden alcanzarse niveles de cinco plantas utilizando los muros de 100 mm de espesor y la malla mínima que se fabrica con acero de grado A500T. Para lograr estas variantes se consideraron la influencia del espacio, la volumetría, los vanos y los cierres.

Con respecto a las relaciones espaciales, no se consideró la existencia de un patrón, debido a que estas varían de acuerdo a gustos, preferencias, costumbres y tradiciones de los diferentes grupos sociales. No obstante, sí se tuvo en cuenta la relación entre las dimensiones del espacio y la

iluminación, debido a que de ellas depende el área de vanos que se da en función de la superficie útil, la cual está condicionada por las proporciones del local de manera directamente proporcional.

En relación con las propuestas de soluciones volumétricas, se verifica que pueden lograrse diferentes asociaciones entre las células habitacionales, y diversas disposiciones entre los edificios, que pudieran contribuir a evitar la monotonía que se observa en urbanizaciones construidas hasta el momento. Por otra parte, las fachadas escalonadas, que sugieren espacios exteriores más privados y diversos, unido a la presencia de elementos tales como balcones, terrazas, aleros y dispositivos de protección, ofrecen contrastes de luz y sombra, al mismo tiempo que constituyen elementos que enriquecen la solución formal.

Se comprueba asimismo, que el sistema posee una amplia versatilidad para la selección de las formas, proporciones, dimensiones y ubicación de los vanos, lo cual influye positivamente sobre la variedad formal que se obtiene en la composición de las fachadas.

Las variantes propuestas con el empleo de este sistema de moldes posibilitan la construcción de estas edificaciones *in situ* de forma continua, y a diferencia de otros sistemas prefabricados, el refuerzo de acero de las paredes, la losa y el hormigonado de los mismos se ejecutan con la edificación, y no en el patio de una industria, lo que contribuye a disminuir los costos de transportación.

El sistema en cuestión posee potencialidades que influyen en la viabilidad económica y técnica de su empleo en edificios de viviendas multifamiliares, entre los cuales se pueden mencionar: a) la ligereza de los paneles facilita cada uno de los pasos de encofre y desencofre, ya que un solo hombre puede sostener un panel; b) es muy simple en su uso y utiliza pocos accesorios; c) no se requiere el empleo de equipos de izaje. Estas ventajas podrían contribuir al incremento del fondo habitacional, debido a su reducido tiempo de ejecución.

Se ha comprobado en este trabajo, que el empleo del SCMM permite diseñar variantes de edificios que contribuyen al bienestar de la población, con soluciones que se adaptan a diferentes composiciones de núcleos familiares, lo que podría contribuir a dar respuesta al problema de vivienda en nuevas urbanizaciones.

La aplicación de las variantes propuestas para la diversificación de las nuevas urbanizaciones, así como para las existentes que requieran de un proceso de rehabilitación, puede ser una alternativa para lograr múltiples diseños con un impacto positivo, tanto en lo social, como en el entorno urbano.

Como se ha expresado, el sistema resulta muy competitivo para el desarrollo de viviendas en urbanizaciones ubicadas en diversos contextos, ya que constructivamente no es complejo, ni requiere mano de obra muy especializada. No obstante, debe tenerse en cuenta que la fabricación del molde metálico es costosa, y en eso radica una de las pocas limitantes del sistema, por lo que se debe garantizar la producción en serie de los elementos para que la tecnología sea rentable.

Conclusiones

Las formaletas metálicas constituyen un sistema de encofrado innovador para la construcción de todo tipo de obra, que comprende varios accesorios que al unirse, logran un encofrado resistente y seguro con el que se obtienen acabados de buena calidad.

La versatilidad y facilidad que otorga el Sistema Cubano de Moldes Metálicos permite reducir tiempos de ejecución entre un 20 % y un 30 % comparado con métodos tradicionales de construcción, lo que posibilita evitar costosos retrasos y optimizar la mano de obra.

El Sistema Cubano de Moldes Metálicos constituye una alternativa viable en la conformación de diversas variantes espaciales y volumétricas para nuevas propuestas de diseño de edificios de vivienda adaptables acualquier entorno para satisfacer las necesidades sociales.

Las variantes de edificios de viviendas propuestas con el Sistema Cubano de Moldes Metálicos cumplen con los requisitos establecidos por Norma Cubana 4-2014 que hace referencia a las indicaciones técnicas sobre vivienda económica. Se logran propuestas de edificaciones con distintas células habitacionales, con comodidades mínimas de habitabilidad, variada expresión formal y crecimiento en altura.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que pudieran representar un riesgo para la publicación del artículo.

DECLARACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Carmen Julia Leyva-Fontes: Conceptualización, investigación, metodología, curación de datos, administración del proyecto, propuestas de diseño, redacción, revisión y edición del manuscrito.

Aymeé Alonso-Gatell: Conceptualización, investigación, metodología, curación de datos, propuestas de diseño, redacción, revisión y edición del manuscrito.

María Luz Álvarez-Llanes: Curación de datos por medios digitales, validación, redacción, revisión y edición del manuscrito.

María de los Ángeles Arnaiz-Ramos: Investigación, curación de datos, revisión y edición del manuscrito

Derby Ramón Núñez-Olazábal: Investigación, curación de datos por medios digitales, validación, revisión y edición del manuscrito.



Carmen Julia Leyva-Fontes

MSc. Arquitecta, Profesora Auxiliar.
Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.
Email: carmen.leyva@reduc.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-9786-490X>



Aymeé Alonso-Gatell

DrC. Arquitecta, Profesora Titular.
Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.
Email: aymee.alonso@reduc.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0001-8966-8821>



María Luz Álvarez-Llanes

MSc. Arquitecta, Profesora Auxiliar.
Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.
Email: maria.alvarez@reduc.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-8257-3122>



María de los Ángeles Arnaiz-Ramos

MSc. Ingeniera Civil, Profesora Auxiliar.
Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.
Email: maria.arnaiz@reduc.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-4132-7128>



Derby Ramón Núñez-Olazábal

MSc. Ingeniero Civil, Profesor Asistente.
Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.
Email: derby.nunez@reduc.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-8858-8851>



[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)