

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIO DE CINCO NIVELES CON UNA ADAPTACIÓN CUBANA DEL SISTEMA FORSA

### STRUCTURAL ANALYSIS OF BUILDING OF FIVE LEVELS WITH A CUBAN ADAPTATION OF THE SYSTEM FORSA

Awaleh Kaireh Youssouf<sup>1</sup>  Ernesto Pérez Cerezáles<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de La Habana-Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Camagüey-Cuba.

#### Correspondencia:

Ernesto Pérez Cerezáles  
[ernesto.cerezalez@reduc.edu.cu](mailto:ernesto.cerezalez@reduc.edu.cu)

**Como citar este artículo:** Kaireh, A., & Pérez, E. (2023). Análisis estructural de edificio de cinco niveles con una adaptación cubana del sistema FORSA. *Hatun Yachay Wasi*, 2 (1), 66 - 78. <https://doi.org/10.57107/hyw.v2i1.36>

#### RESUMEN

El sistema constructivo de moldes metálicos para la construcción que se desarrolla en Cuba usando la tecnología del Sistema FORSA se adapta perfectamente a las posibilidades tecnológicas de la industria del prefabricado cubano. Se evaluó la sismo-resistencia a partir de una propuesta arquitectónica existente, basada en las células tipo. Se utilizó el Software especializado STAAD.Pro-2008. Se desarrollaron dos variantes estructurales sismo-resistente con el Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos para edificios de varios niveles evaluando su factibilidad estructural para cargas laterales, incluyendo sismo. Se obtuvo un modelo estructural tridimensional indicando las máximas tensiones y desplazamientos para las principales combinaciones de cargas, incluyendo carga sísmica que actúan en edificios de cinco plantas multifamiliares en las dos variantes, basado en el predimensionamiento estructural de los componentes, según geometría, cargas, condiciones de apoyo y propiedades del material. Se comprobó que, tanto el dimensionamiento de los muros, como la conformación de la estructura resisten tensiones y desplazamientos que impone el sistema de cargas propuesto. Las ventajas del sistema lo pueden convertir en una alternativa viable para la construcción de edificios altos teniendo en cuenta la escasez de sistemas constructivos en el país y la garantía de poder lograr gran variedad en los diseños arquitectónicos.

**Palabras clave:** modelo estructural, moldes metálicos, desplazamiento, sistema FORSA, sismo-resistencia

#### ABSTRACT

The construction system of metal molds for construction that is developed in Cuba using the FORSA System technology is perfectly adapted to the technological possibilities of the Cuban precast industry. The seismic resistance was evaluated from an existing architectural



proposal, based on the type cells. The specialized software STAAD.Pro-2008 was used. Two earthquake-resistant structural variants were developed with the Cuban Constructive System of Metal Molds for multi-level buildings, evaluating their structural feasibility for lateral loads, including earthquakes. A three-dimensional structural model was obtained indicating the maximum stresses and displacements for the main load combinations, including seismic loads that act on multi-family five-story buildings in the two variants, based on the structural pre-dimensioning of the components, according to geometry, loads, conditions support and material properties. It was found that both the sizing of the walls and the conformation of the structure resist stresses and displacements imposed by the proposed load system. The advantages of the system can make it a viable alternative for the construction of tall buildings, considering the scarcity of construction systems in the country and the guarantee of being able to achieve a great variety in architectural designs.

**Keywords:** structural model, metal molds, displacement, FORSA system, earthquake resistance

## INTRODUCCIÓN

Los países en vías de desarrollo deben dar soluciones adecuadas que permitan la construcción de edificaciones con la finalidad de satisfacer la demanda de viviendas. Para esto necesitan el uso de nuevas tecnologías que se adapten a sus posibilidades financieras y nivel de desarrollo (Medina & Rodríguez, 1986). Los sistemas constructivos de hormigón armado, con el alcance y desarrollo que ha tenido este material en los últimos años, hacen posible que las estructuras se comporten estables ante las cargas gravitatoria y sísmica (Ambrose & Vergun, 2000). Un aspecto significativo y que ha contribuido al desarrollo de estas construcciones es la innovación en la fabricación de formaletas con nuevos materiales y componentes cuyo uso es servir de encofrados para los elementos de hormigón.

El Sistema FORSA pertenece a una empresa colombiana que con innovación, tecnología y economía ha desarrollado un sistema de formaletas que se adapta a las exigencias arquitectónicas requeridas para el hormigonado monolítico de estructuras de hormigón armado (Ruiz & Calderín, 2011).

El sistema constructivo de moldes metálicos para la construcción que se desarrolla en Cuba toma como punto de partida la tecnología del Sistema FORSA y la adapta a las posibilidades tecnológicas de la industria cubana.

Las soluciones arquitectónicas que se han diseñado para su uso en viviendas utilizan los elementos metálicos configurados en el país, lográndose dos variantes de células habitacionales de dos y tres dormitorios limitados en la actualidad a edificios de cinco niveles de altura (Ruiz & Calderín, 2011).

Para realizar la evaluación sismo-resistente del Sistema para edificios de varios niveles se ha tomado como base una propuesta arquitectónica existente, basada en las células tipo, que está muy avanzada y cuyo desarrollo tiene un interés especial para el país. Existe una pretensión, en Cuba, de crecer en altura que está relacionada en cierta medida con la búsqueda de una alternativa viable y económica que sustituya a sistemas como el IMS o el de Moldes Deslizantes, cuyos moldes y tecnologías ya no existen en el país.

El objetivo general consiste en evaluar estructuralmente dos variantes estructurales en etapa de ideas conceptuales para edificios de hasta cinco niveles con el Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos (SCCMM) para carga sísmica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se utiliza la modelación estructural como método fundamental para simular digitalmente la estructura y las acciones que enfrenta, se usa el Programa STAAD- Pro, (2008) para modelar y cualificar el análisis de la carga sísmica y las combinaciones de cargas.

Los hormigones utilizados presentan una resistencia característica a la compresión ( $f'c$ ) de 30 MPa, con la utilización de cemento Portland *P-350*.

El acero principal que se empleará para la construcción de los elementos componentes del sistema será de grado **A500T** para la malla electro soldada y los demás aceros utilizados deberán ser del tipo **G-40**.

Las formaletas de los encofrados, de aluminio son adaptadas para Cuba y algunas rediseñadas, del Sistema colombiano FORSA.

### RESULTADOS

#### Generalidades

Con la introducción en Cuba, en la década del 60 del siglo XX, de la prefabricación a gran escala, se instalaron en todo el país las plantas de prefabricado. Esto se tradujo en un vuelco notable para el sector de la construcción, ya que impulsó notoriamente la edificación de urbanizaciones de nuevo tipo en todas las provincias con el fin de satisfacer las demandas de vivienda para una creciente población urbana y rural. La época de máximo esplendor se alcanzó en los años 80 del pasado siglo.

Después de la crisis de los 90, el paso por diferentes etapas y la reanimación económica

han permitido en la actualidad entrar en una nueva fase en el desarrollo habitacional, que se basa en el aprovechamiento de todo lo realizado anteriormente ajustándolo no sólo a las nuevas situaciones económicas sino a la expansión de todas sus potencialidades. Esta política se basa en el aprovechamiento de todo lo local, pero incluye también la importación de tecnologías que disminuyen el consumo material, la cantidad de mano de obra y los plazos de ejecución.

En este contexto y con los objetivos antes mencionados es introducido el Sistema de Formaletas S.A. (FORSA) en el país.

El Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos se origina al adoptar la tecnología del Sistema 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 versatilidad y durabilidad.

El Sistema FORSA con variantes de moldes cubanos se ha utilizado en La Habana y en Holguín, Cuba donde se ha empleado en la construcción de edificios multifamiliares con buenos resultados.

#### Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos.

El Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos es un sistema monolítico hormigonado in situ. Está compuesto por muros portantes y losas de hormigón armado por lo que las cargas son distribuidas a través de los muros.

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 a lo anterior, de acuerdo con el diseño, se pueden manejar anchos desde 10 hasta 90 cm; y alturas desde 30 hasta 300 cm con

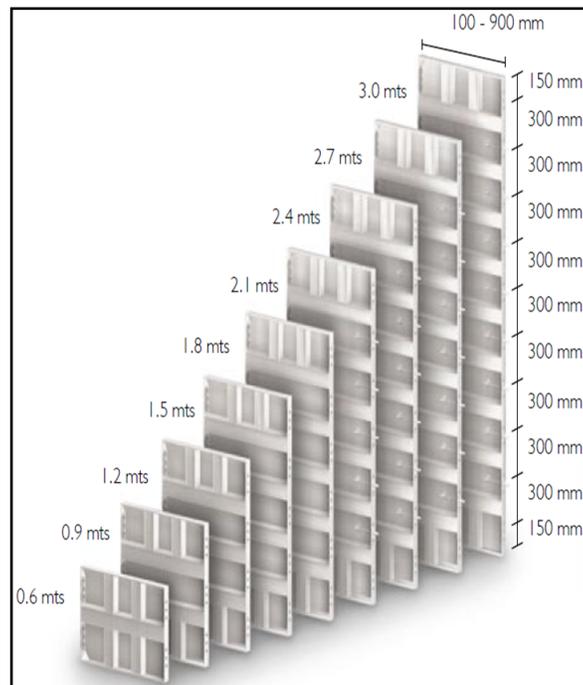
diferentes combinaciones. El ancho del riel lateral es de 54 mm (Fig. 1).

El encofrado de elementos de aluminio necesita los puntales para sostenerse. Estos son elementos estructurales resistentes, delgados y pueden ser ajustables por roscado interior. Los puntales

telescopicos metálicos están diseñados para soportar grandes cargas, son de montaje rápido y simple, y tienen la posibilidad de ser arriostrados (colocados de forma oblicua para dar estabilidad y que no se deforme la armazón), lo que amplía aún más su capacidad de carga.

**FIGURA 1**

*Paneles del sistema*



Nota: Catálogo EMPIFAR, (2002)

**TABLA 1**

*Dimensiones de las formaletas estándares*

Ancho (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	
	90	5.13	5.41	5.68	5.95	6.22	7.56	8.44	9.09
Altura (cm)	120	6.84	7.20	7.55	7.91	8.27	10.06	11.02	11.88
	150	8.55	8.99	9.43	9.87	10.31	12.55	13.60	14.68
	180	10.25	10.78	11.31	11.83	12.36	15.05	16.18	17.47
	210	11.96	12.57	13.79	13.79	14.40	17.54	18.76	20.26
	240	13.67	14.36	15.75	15.75	16.45	20.04	21.34	23.06
									Peso (kg)

Nota: Catálogo EMPIFAR, (2012)

**TABLA 2***Dimensiones de formaletas*

Ancho (cm)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
90	10.05	10.70	11.56	12.53	13.57	14.22	15.18	15.83	16.90
120	13.17	14.03	15.11	16.39	17.64	18.51	19.79	20.65	21.94
150	16.28	17.36	18.65	20.25	21.72	22.80	24.40	25.48	26.98
180	19.40	20.69	22.19	24.12	25.80	27.09	29.02	30.31	32.02
210	22.51	24.02	25.73	27.98	29.88	31.38	33.63	35.13	37.06
240	25.63	27.34	29.27	31.84	33.95	35.67	38.24	39.96	42.10

Nota: Catálogo EMPIFAR, (2012)

Las formaletas para culatas se aseguran a las formaletas de muro con pin-grapa en el borde inferior y pasadores y cuñas en los bordes laterales. Existen varios tipos de esquineros que

se corresponden con el tipo de esquina a utilizar, pudiéndose presentar estas esquinas en forma de L, X o en T (Fig. 2).

**FIGURA 2***Formaletas de culata*

Nota: Catálogo EMPIFAR, (2012)

Los muros del sistema en su concepción actual hasta cinco niveles tienen un espesor de 100 mm con la excepción de los muros laterales de escaleras cuyo espesor es de 150 mm. Ambos están reforzados con malla electrosoldada ubicada en el centro de la sección de los elementos.

Los esquineros construidos de aluminio se presentan con dimensiones de 10 x 10 cm y 15 x 15 cm, en dependencia de las especificaciones y la modulación arquitectónica del proyecto. Para lograr rapidez y facilidad en el desencofre de las formaletas de los muros y la unión formada por

muro y losa, la altura total del esquinero es dividida en dos secciones, de manera que la porción inferior pueda ser desencofrada cuando sean retiradas las formaletas de muro lo que permite que las mismas sean utilizadas en el próximo armado. La porción superior es retirada al ser sacada la unión muro-losa.

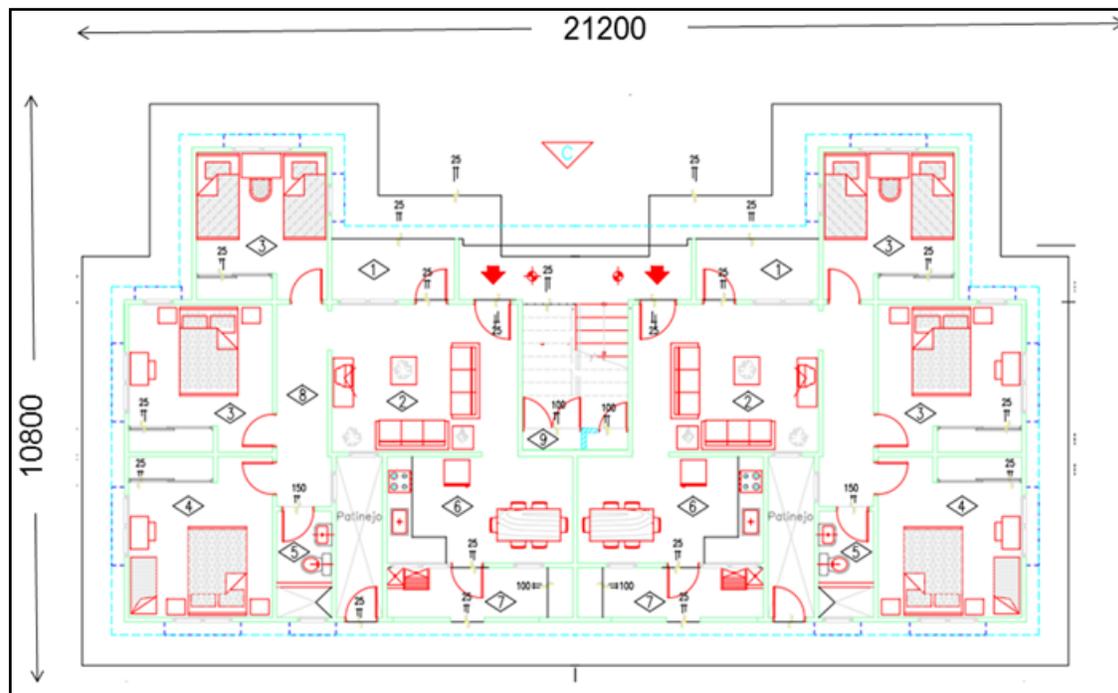
### Consideraciones generales sobre el proyecto

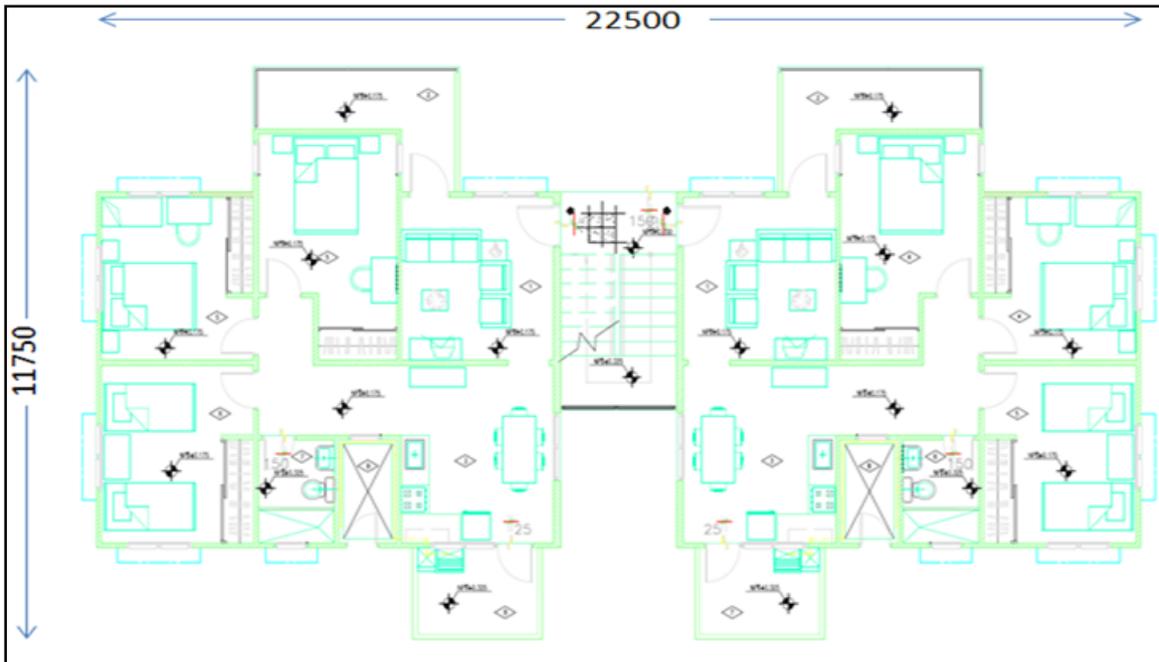
El proyecto arquitectónico propuesto consiste en dos edificaciones de cinco niveles para ser ubicada en cualquier zona del país, la cual forma parte del programa de construcciones de viviendas a desarrollar con el Sistema Constructivo Cubano de

Moldes Metálicos. Las áreas que ocupan son de 228,96 m<sup>2</sup> y 264,38 m<sup>2</sup> cuenta con dos apartamentos por piso, para un total de 10 apartamentos. La entrada principal está ubicada por la escalera en la planta baja como se muestra en la Figura 3. Los apartamentos están compuestos de sala, cocina-comedor, patio de servicio, baño, dos habitaciones matrimoniales y una habitación doble (ambas con sus closets), balcón y un área de circulación interior. La caja de escalera está ubicada hacia el centro del edificio. Los pisos poseen un puntal de 2.65 m.

**FIGURA 3**

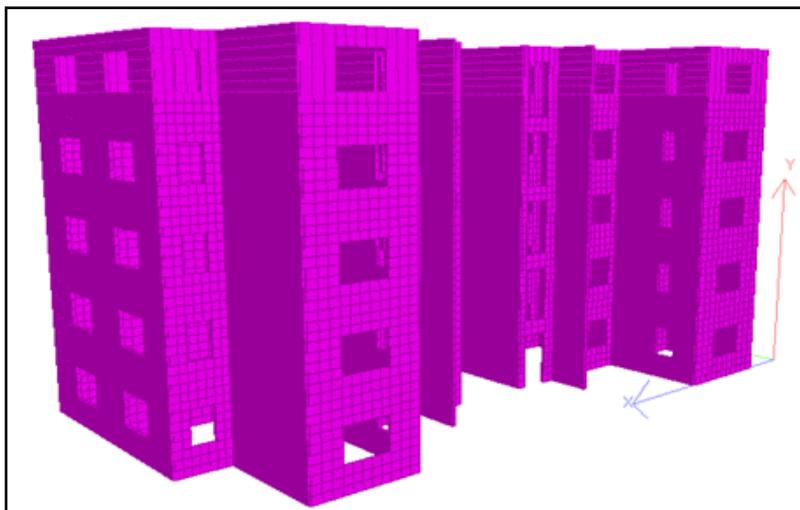
*Planta del edificio de cinco niveles (variante II)*



**FIGURA 4***Planta del edificio de cinco niveles (variante II)*

Modelo estructural. Para la concepción geométrica del modelo estructural, teniendo en cuenta las soluciones de paredes y entrepisos, resulta evidente la factibilidad de usar el Método de los Elementos Finitos (MEF). Con este método es posible modelar el problema en condiciones muy cercanas a las reales y obtener resultados

que permitan realizar una correcta evaluación. La modelación se ejecutó en el software profesional STAAD PRO-2008. Para las cargas que se introducen al software y sus combinaciones se usan las normas de cargas cubanas NC 207,(2003), NC 283,(2003), NC 284,(2003), NC 450,(2006) y NC 46,(2017) referenciadas en este trabajo.

**FIGURA 4***Modelo geométrico del edificio (variante II)*

Los modelos geométricos resultado de la aplicación del software Staad Pro-2008 se muestran en las Figuras 5 y 6

### Variantes analizadas

Se tiene en cuenta la geometría en planta de la estructura, se revisan las regulaciones geométricas horizontales y verticales registradas en la NC-46:2017, obteniendo los siguientes resultados:

Los edificios poseen una forma geométrica simétrica con respecto a sus dos direcciones ortogonales a lo largo de las que se orientan los elementos estructurales sismo-resistentes.

La relación Largo (L) – Ancho (A) de las plantas cumplen con lo normado al dar un valor menor que 3:

$$L/A = 21,2\text{m} / 10,8\text{m} = 1,96 < 3 \text{ (variante II).}$$

$$L/A = 22.50\text{m}/10.50\text{m} = 1.91 < 3 \text{ (variante III).}$$

Los elementos correspondientes al sistema resistente vertical, en este caso los muros estructurales, se orientaron paralelos y simétricos respecto a las direcciones ortogonales del sistema resistente a la carga vertical.

Las plantas poseen entrantes y salientes en las dos direcciones y cumplen con el 20 % normado de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se está considerando entrante o saliente: :

$$b/B = 1,6\text{m}/21,2\text{m} = 0,075 \times 100\% = 7,5\% < 20\% \text{ (variante II).}$$

$$b/B = 1.3\text{m}/11.75\text{m} = 0.11 \times 100\% = 11\% < 20\% \text{ (variante III).}$$

La configuración vertical de las edificaciones no presentan irregularidades, ya que los edificios mantienen el mismo espesor de muro en toda su altura, menos la pared de la escalera. Además

presenta una distribución de rigidez y de masa a lo alto del edificio que es aproximadamente uniforme, manteniendo la misma configuración en toda la estructura. La relación de su altura con respecto a la dimensión menor de su base debe ser menor que 4:

$$H/B = 13.25\text{m}/10.8\text{m} = 1.23 < 4 \text{ (variante II).}$$

$$H/B = 13.25\text{m}/10.50\text{m} = 1.26 < 4 \text{ (variante III).}$$

Evaluación de resultados del Sistema Constructivo Cubano de Moldes Metálicos (SCCMM).

Para todas las variantes se determina el cortante basal y la distribución en altura por niveles obteniéndose como resultado de la aplicación del software profesional Staad Pro-2008, todos los desplazamientos y estados tensionales.

En las Tablas 3 y 4 se muestran los cortantes basales máximos calculados para las zona sísmica 2B y 3 que serán distribuidos verticalmente por la fórmula:

$$F_x = \frac{(V - F_t) W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (\text{kN})$$

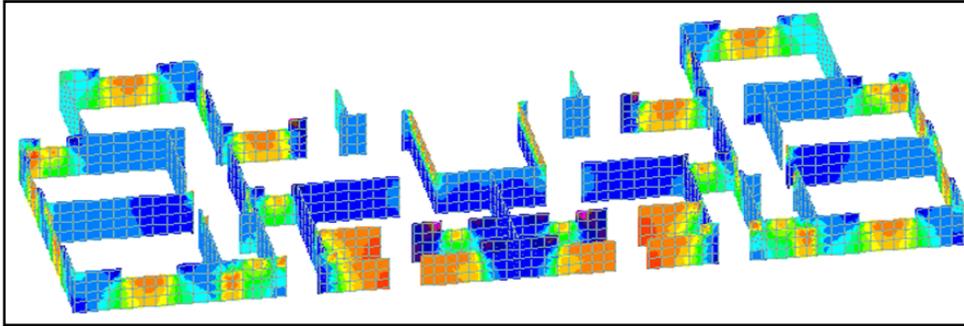
**TABLA 3***Cortantes basales máximos (variante II)*

Zona	suelos	Coeficientes sísmicos				Peso de la estructura	Cortantes basales (KN)
		C	A	I	Rd		
1B	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,10	1	4	9633,448	602,09
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9633,448	481,67
2A	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,15	1	4	9633,448	903,14
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9633,448	722,51
2B	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,20	1	4	9633,448	1204,18
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9633,448	963,34
3	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,30	1	4	9633,448	1806,27
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9633,448	1445,02

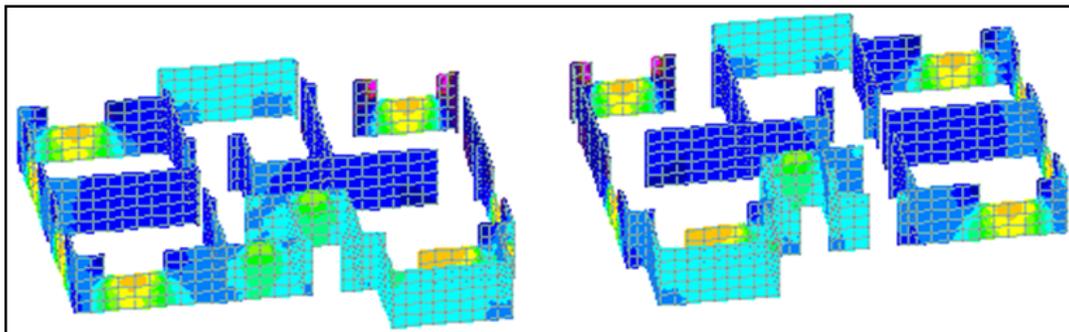
**TABLA 4***Valores de cortantes basales (variante III)*

Zona	suelos	Coeficientes sísmicos				Peso de la estructura	Cortantes basales (KN)
		C	A	I	Rd		
1B	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,10	1	4	9569.16	598.072
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9569.16	478.458
2A	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,15	1	4	9569.16	897.108
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9569.16	717.686
2B	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,20	1	4	9569.16	1196.144
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9569.16	956.915
3	S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub>	2,5	0,30	1	4	9569.16	1794.216
	S <sub>3</sub> y S <sub>4</sub>	2,0		1	4	9569.16	1435.373

Se realizaron las comprobaciones de diseño en cada caso. En las Figuras 7 y 8 se puede ver un ejemplo de la distribución tensional para ambas variantes estudiadas.

**FIGURA 7***Distribución de tensiones (variante II)*

Nota: Sttd Pro, (2008)

**FIGURA 8***Distribución de tensiones (variante III)*

Nota: Sttd Pro, (2008)

En las Tablas 5 y 6 se ejemplifican los resultados obtenidos para las dos variantes analizadas. Para las tensiones SX y SY se exponen los valores máximos de tracción. Se exponen además la comparación de los desplazamientos relativos y totales contra los permisibles. Como se aprecia se cumplen ampliamente tensiones contra permisibles

establecido en las normas. Además, se realiza el chequeo de la sección de hormigón a tracción y a cortante. El muro de 100 mm con el acero correspondiente resiste unas cuatro veces la carga impuesta.

**TABLA 5***Comparación de Tensiones máximas en los ejes x e y con las permisibles*

Variantes	SX (actuantes)	SX (permisibles)	SY (actuantes)	SY (permisibles)
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 3) Variante II	1.942	5.98	0,452	1,523
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 2B) Variante II	1,763	5.98	0,741	1,608
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 3) Variante III	1,879	5.98	0,526	1,666
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 2B) Variante III	1,976	5.98	0,698	1,577

**TABLA 6***Comparación de desplazamientos máximos y relativos con los permisibles*

Variantes	Desplazamiento máximo en la estructura $\Delta$ (mm)	Desplazamiento límite $\delta=H/600$ (mm)	Desplazamiento relativo $\Delta_i$ (mm)	Desplazamiento relativo permisible $\Delta=0,015h/4$ (mm)
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 3) Variante II	1,973	22,10	0,404	1,973
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 2B) Variante II	1,769	22,10	0.283	1,769
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 3) Variante III	2,220	22,10	0,396	2,220
Edificio de SCCMM de cinco niveles (zona 2B) Variante III	1,621	22,10	0,246	1,621

## DISCUSIÓN

Para las dos variantes analizadas, con la configuración que presenta, utilizando el Sistema Cubano de Moldes Metálicos, se observa que es factible su implementación en cualquier zona sísmica del país. Los resultados alcanzados indican que pueden alcanzarse niveles de seis y siete plantas utilizando los mismos muros de 100 mm de espesor y la malla mínima que se fabrica.

Este resultado va más allá de lo obtenido por Ruiz & Calderín, (2011) en su estudio de factibilidad para vivienda con el sistema FORSA en Santiago de Cuba, pues el SCMM mejora en calidad y economía al FORSA en viviendas de hasta cinco niveles, por lo que pudiera utilizarse sin problemas de acuerdo con los resultados obtenidos en países como Perú, Ecuador, Chile, o en Norteamérica con zonas sísmicas más intensas que Cuba.

En todos los casos las mayores tensiones de tracción se alcanzan en paneles del primer nivel, en las zonas de intersección de paneles en esquinas, en zonas de salientes y alrededor de las puertas y ventanas. Precisamente, en estas zonas las diferentes normativas antisísmicas exigen la colocación de refuerzo adicional, lo que indica que la forma de la planta y la configuración de la elevación cumplen con las indicaciones de las diferentes normativas antisísmicas que hoy rigen en el Mundo.

La utilización de este sistema constructivo, aunque requiere de la inversión de los moldes permite su utilización en múltiples ocasiones, lo que facilita su uso en comunidades donde se requieran varios edificios de viviendas y ratifica lo planteado por Iraola & Awaleh, (2014) cuando sustentan que el SMMC constructivamente no es complejo, ni requiere mano de obra muy especializada lo que lo hace muy competitivo para el desarrollo de viviendas en zonas de desarrollo

## CONCLUSIONES

Se detallaron los aspectos fundamentales relacionados con la conformación de la variante autóctona cubana SCMM a partir del Sistema FORSA, permitiendo ganar en claridad sobre las posibilidades que brinda el mismo, en la conformación de células constructivas y edificaciones en planta y elevación.

Se modeló estructuralmente la variante arquitectónica de un edificio tipo con el SCMM.

Se evaluó la resistencia y rigidez de las variantes propuestas para las normas de cargas vigentes en Cuba en la actualidad, incluyendo el sismo en etapa de ideas conceptuales para edificios de hasta cinco niveles.

Se obtuvieron estados tensionales y desplazamientos para estas cargas muy por debajo de lo permisible, para las variantes propuestas, lo que indica que el sistema puede ser utilizado con los mismos moldes para edificaciones con mayor altura.

La valoración estructural se califica como satisfactoria, por lo que este estudio sirve de base a la evaluación antisísmica de edificios de más altura hasta 12 niveles (unos 36 m) utilizando el SCMM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI (2008). ACI 318S-08. Reglamento para las construcciones de concreto estructural. ACI 318S – 251 Capítulo 14. USA: Comité ACI 318.
- Ambrose, J., & Vergun, D. (2000). *Diseño simplificado de edificios para carga de viento y sismo*, Editorial Limusa, S.A, de CV.
- Catálogo de producto para la comercialización de formaletas. (2012) La Habana: EMPIFAR.

- Cuba, Comité Estatal de Normalización. (2003). NC 207. Requisitos Generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón.
- Cuba, Comité Estatal de Normalización. (2003). NC 283. Densidad de materiales naturales, artificiales y de elementos de construcción como carga de diseño. La Habana: Comité Estatal de Normalización.
- Cuba, Comité Estatal de Normalización. (2003). NC 284. Edificaciones. Cargas de Uso. La Habana: Comité Nacional de Normalización.
- Cuba, Comité Estatal de Normalización (2006). NC 450 Edificaciones-Factores de Carga o Ponderación-Combinaciones. La Habana: Comité Nacional de Normalización.
- Cuba, Comité Estatal de Normalización. (2017). NC 46. Construcciones sismo-resistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción. La Habana
- Iraola, N., & Awaleh, K. (2014). Evaluación estructural del sistema cubano de moldes metálicos. [Tesis de Maestría. Universidad de Camagüey].
- Medina, L., & Rodríguez, R. (1986) *Sistemas constructivos utilizados en Cuba. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales.* <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNI.5308>
- Ruiz, J., & Calderín, F. (2011). Estudio de Factibilidad del proyecto de vivienda con el sistema constructivo FORSA en zonas de alta peligrosidad sísmica. Santiago de Cuba: Facultad de Construcciones Universidad de Oriente.
- STAAD/Pro (2008). Software Avanzado de Análisis y Diseño Estructural, ESII Estudios y Soluciones Informáticas de Ingeniería, SL. Madrid, España. <https://pccadla.com/programas/staad-pro/>