

opci3n

Revista de Antropologfa, Ciencias de la Comunicaci3n y de la Informaci3n, Filosoffa,
Lingüística y Semiótica, Problemas del Desarrollo, la Ciencia y la Tecnología

Año 38, agosto 2022 N°

98

Revista de Ciencias Humanas y Sociales

ISSN 1012-1587/ ISSNe: 2477-9385

Depósito Legal pp 198402ZU45



Universidad del Zulia
Facultad Experimental de Ciencias
Departamento de Ciencias Humanas
Maracaibo - Venezuela

opción

Revista de Ciencias Humanas y Sociales

© 2022. Universidad del Zulia

ISSN 1012-1587/ ISSNe: 2477-9385

Depósito legal pp. 198402ZU45

Portada: Ya basta, cierra la ventana

Artista: Rodrigo Pirela

Medidas: 120 x 140 cm

Técnica: Mixta sobre tela

Año: 2011

Validación con el método Delphi de ítems para evaluar daños sísmicos potenciales

Yamila Concepción Socarrás Cordoví

Universidad de Oriente, Cuba

ORCID: 0000-0002-3198-3543

ysocarrascordovi@gmail.com

Eduardo Rafael Álvarez Deulofeu

Universidad de Oriente, Cuba

ORCID: 0000-0003-1819-263X

ealvarez@gmail.com

Liliana González Díaz

Universidad de Oriente, Cuba

ORCID: 0000-0002-5606-982X

lily@gmail.com

Resumen

El método Delphi permitió validar un conjunto de ítems para conformar un procedimiento de evaluación de daños sísmicos potenciales en el sistema prefabricado Gran Panel Soviético. Los ítems de la encuesta presentada a los expertos, se definen teniendo en cuenta el diagnóstico realizado a una muestra de 200 edificios, así como de una exhaustiva búsqueda bibliográfica. Algunos ítems, se formulan como respuestas categorizadas o en términos porcentuales y preguntas abiertas. El procesamiento estadístico muestra que existe concordancia entre los expertos, y este consenso confirma la pertinencia de la aplicación del procedimiento.

Palabras clave: Daños sísmicos potenciales; daños patológicos; método Delphi; kendall; Cochram.

Validation with the Delphi method of items to evaluate potential seismic damage

Abstract

The Delphi method allowed validating a set of items to form an evaluation procedure for potential seismic damage in the prefabricated Great Soviet Panel system. The items of the survey presented to the experts are defined taking into account the diagnosis made to a sample of 200 buildings, as well as an exhaustive bibliographic search. Some items

are formulated as categorized answers or in percentage terms and open questions. The statistical processing shows that there is agreement among the experts, and this consensus confirms the relevance of the application of the procedure.

Keywords: Potential seismic damage; pathological damage; Delphi method; kendall; Cochram.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema prefabricado Gran Panel Soviético (GPS) se convirtió en el principal recurso para resolver los problemas de viviendas en la provincia de Santiago de Cuba. En un período de 26 años se erigieron solo en el municipio de Santiago de Cuba, 665 edificios, para un total de 769 en la provincia de igual nombre. Se construyeron edificios acordes a dos tipologías (con balcón y sin balcón) y de 4 o 5 niveles fundamentalmente. Ver figura 1.



4 niveles sin balcón



4 niveles con balcón



5 niveles sin balcón



5 niveles con balcón

Figura 1. Tipologías de edificaciones construidas con el GPS

Fuente: Autores

Aunque las edificaciones construidas, fueron diseñadas teniendo en cuenta el peligro sísmico de la zona oriental, este sistema prefabricado muestra vulnerabilidades intrínsecas a su concepción, ya que no cumple con todos los requerimientos actuales del diseño sismorresistente (SOCARRÁS y ÁLVAREZ, 2021a). Igualmente, en un diagnóstico realizado a una muestra de 200 edificaciones, se encontraron daños patológicos en elementos y juntas estructurales, así como modificaciones estructurales (SOCARRÁS y ÁLVAREZ, 2019). Por eso, los especialistas del territorio muestran preocupación por la respuesta sísmica de estas edificaciones.

En años recientes se han realizado investigaciones, que abarcan desde la caracterización de los materiales en las condiciones actuales de explotación hasta la predicción del comportamiento sísmico partiendo de la medición de los períodos de oscilación a través de las vibraciones ambientales (TVA). En los elementos con deterioro patológico se obtuvo una calidad pobre del hormigón y la resistencia a la compresión disminuye un 25.78% en relación a la prescrita en el proyecto original (SOCARRÁS et. al., 2020a; SOCARRÁS et. al. 2020b). Igualmente existe una considerable reducción de los diámetros de las barras corroídas, en relación con los altos niveles de corrosión que existen a causa de los elevados porcentos de humedad que incide indudablemente en una reducción apreciable del esfuerzo de fluencia de esas barras (SOCARRÁS et. al., 2022a).

Del mismo modo, se ha analiza la repercusión de algunas transformaciones estructurales (SOCARRÁS et. al., 2020c). En tres edificios instrumentados, los valores de TVA se corresponden con períodos en el rango de los esperados ante la acción sísmica de diseño, por el deterioro de la rigidez (SOCARRÁS et. al., 2021a). Así como por vía analítica, se corroboran los resultados anteriores (SOCARRÁS et. al. 2021b). Cuando se valoran 16 variantes hipotéticas, se concluye que los aspectos conducentes a daños sísmicos potenciales, tienen más repercusión en el cambio de los períodos de oscilación que en la demanda sísmica (SOCARRÁS et. al., 2021c). Por lo tanto, se precisa definir urgentemente el probable desempeño estructural de estas edificaciones de forma rápida en la mayor cantidad de ellas.

A nivel internacional existen diversas metodologías que se usan para evaluar la vulnerabilidad sísmica, que pudieran servir para estos propósitos. Sin embargo, al compararse algunos métodos empíricos se concluye que no integran una detallada y precisa evaluación de daños

patológicos como punto de partida de la evaluación de los daños sísmicos potenciales. Por otro lado, las metodologías que se usan en Cuba para evaluar el estado técnico-constructivo, no se ajustan para evaluar edificaciones enclavadas en una zona de peligro sísmico (SOCARRÁS y ÁLVAREZ, 2018).

En este contexto, este artículo define la estructura de variables e indicadores que se somete al juicio de expertos, para conformar el procedimiento de evaluación de daños sísmicos potenciales en las edificaciones construidas con el sistema prefabricado Gran Panel Soviético. Para su validación se empleó el Método Delphi, respetando sus características esenciales (GORINA et al. ,2014; REGUANT y TORRADO, 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se precisan los ítems que conforman la encuesta. Entre ellos se encuentran los daños patológicos y sus niveles de afectación, así como otros aspectos causantes de daños sísmicos potenciales. En el caso de los daños patológicos y sus niveles de afectación, se establecen a partir de la búsqueda bibliográfica y los resultados del diagnóstico a una muestra de 200 edificios. (HELENE y PEREIRA, 2007; CARREÑO et al., 2012; TEJERA y ÁLVAREZ,2013; MÁRQUEZ,2015; SOCARRÁS y SOCARRÁS, 2016; SOCARRÁS y ÁLVAREZ, 2019; SOCARRÁS, 2021).También se tuvieron en cuenta los métodos de evaluación de estructuras post sismo de Applied Technology Council de Estados Unidos (ATC), específicamente (ATC-20-1, 2005); The Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 2001), Manual de Evaluación Post - Sísmica de Edificaciones de El Salvador (CER, 2008), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, 2009), Gaceta Oficial del Distrito Federal de México (NTC, 2017), Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP, 2014) y del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (MDUV, 2016), así como los índices de daño (HURTADO, 2014).

La definición de los aspectos que condicionan vulnerabilidad sísmica o daños sísmicos potenciales, se sostiene en referentes como los reportes de la Federal Emergency Management Agency (FEMA-273 y FEMA -310) y de la American Society of Civil Engineers (ASCE/SEI 7-05,2013). Igual se consideran otros aspectos que se ajustan a estructuras de grandes paneles (CARREÑO et al, 2012; LANG, 2012; MORENO,

2014; SOCARRÁS y VIDAUD, 2017; SOCARRÁS y ÁLVAREZ, 2021b). Estos aspectos que condicionan vulnerabilidad sísmica, se organizan en dos grupos: condiciones de suelo y condiciones preexistentes.

Luego se somete al criterio de expertos la precisión de los factores de ponderación, para evaluar el daño patológico y los daños sísmicos potenciales. Algunos ítems de la encuesta, son formulados como respuestas categorizadas (sí/no) o como respuestas en términos porcentuales y preguntas abiertas.

Los criterios que se tuvieron en cuenta en las diferentes fases de aplicación del método Delphi, se explican a continuación.

2.1. Selección del número óptimo de expertos

La primera encuesta con 92 ítems, es aplicada a 7 expertos y los medios de comunicación empleados fueron el correo electrónico o la entrevista directa. Se calculó la cantidad de expertos necesarios, usando las expresiones según (MARTÍN et al., 2006):

$$m = p (1-p) \times k / i^2 \quad (I)$$

$$p = \sum X_i / X \quad (II)$$

$$X = R \times n \quad (III)$$

Donde: m: número de expertos

p: proporción estimada del error (Valor entre 0 y 1)

i: nivel de exactitud deseado (0,08 y 0,14)

K: constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido

X: posibles éxitos en total

X_i : cantidad de respuestas (No) en cada encuesta piloto

n: número de encuestas pilotos realizadas

R: éxitos posibles por encuestas

2.2. Conformación del panel de expertos

Para la selección de los expertos, se determinó su coeficiente de competencia (C) (ZARTHA, 2014). Para el cálculo de este, se tiene en cuenta la opinión de otros expertos y la propia, sobre su nivel de conocimiento del problema analizado, así como las fuentes que le han

servido para adquirir ese conocimiento. Se calcula según la expresión (IV):

$$C = \frac{1}{2} (C_c + C_a) \quad (IV)$$

Donde:

C_c : Coeficiente de conocimiento que consideran otros expertos que posee el evaluado acerca del problema, así como su propia opinión, calculado seleccionando en una escala de 0 al 10 y multiplicado por 0.1. La evaluación 0 indica ningún conocimiento y 10 significa pleno conocimiento.

C_a : Coeficiente de argumentación de los criterios del experto evaluado, obtenido como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón. (Tabla 1).

Tabla 1. Grado de influencia de las fuentes. Tabla patrón.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de las fuentes		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

Fuente: Zartha ,2014.

Si $0.8 < C < 1.0$: coeficiente de competencia alto.

Si $0.5 < C < 0.8$: coeficiente de competencia medio.

Si $C < 0.5$: coeficiente de competencia bajo.

2.3. Procesamiento estadístico de las encuestas

Se tiene en cuenta el criterio generalizado (\bar{f}_i) y el grado de concordancia de los expertos para cada ítem, a partir de la varianza (σ^2), la desviación típica (σ) y el coeficiente de variación (V_i) de los puntajes obtenidos en cada ítem. Las expresiones V-VIII se usan para esto:

$$\bar{f}_i = \frac{\sum_{i=1}^{m_i} f_{im}}{m_i} \quad (\text{V}) \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{m_i} (f_{im} - \bar{f}_i)^2}{m_i - 1} \quad (\text{VI})$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (\text{VII}) \quad V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{f}_i} \quad (\text{VIII})$$

Donde: f_{im} : evaluación en puntos del ítem por el experto m

Para contrastar si existe concordancia en relación a todos los ítems, se recurre al test Q de Cochran, a través de la construcción de una tabla de dos clasificaciones formada por N hileras (ítems) y m columnas (expertos). Cuando la respuesta del experto al ítem sea favorable, se asignará 1, en caso contrario 0. El total de “éxitos” en la columna j se denotará por C_j y el de la hilera i por f_{im} .

El estadístico de contraste se determina por la expresión IX:

$$Q = \frac{(m-1)[m \sum_{m=0}^n (C_j)^2 - (\sum C_j)^2]}{m(\sum f_{im}) - \sum f_{im}^2} \quad (\text{IX})$$

Para valorar el acuerdo entre los expertos en relación a los niveles de importancia de los subindicadores se determinó el coeficiente de Kendall (W) por la expresión X:

$$W = \frac{12S}{m^2(N^3 - N)} \quad (\text{X})$$

Donde:

S : suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de la media de R_j

R_j : suma de los rangos asignados

N : número de subindicadores por cada indicador

Para la precisión de los factores de ponderación por elemento y junta, que permiten evaluar el daño patológico y de los factores de ponderación de las variables e indicadores para evaluar el daño sísmico potencial, se determina la media muestral y la desviación típica.

Para decidir la continuidad de las rondas de encuestas, se procede a analizar la evolución de la variación del coeficiente de variación (VV_i), que se determina por la expresión (XI):

$$VV_i = V_{ir} - V_{ir-1} \quad (\text{XI})$$

Donde:

V_{ir} y V_{ir-1} son los coeficientes de variación de dos rondas consecutivas.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Selección del número óptimo de expertos

Se asumió: $K = 3.8416$, para un nivel de confianza del 95 % y grado relativamente homogéneo. Para una mayor exactitud se seleccionó: $i = 0.09$. Para: $n = 7$; $R = 92$; $\Sigma X_i = 11$; $X = 644$ y $p = 0.017$, se obtiene un número de expertos $m = 7.92$; que se aproxima a 8. En base a los señalamientos emitidos por ellos, se perfecciona la primera encuesta, quedando como número de ítems 91 ($R = 91$) y se valora someter al proceso de autoevaluación a 20 expertos.

3.2. Conformación del panel de expertos

A partir de la autoevaluación realizada por los 20 expertos, se seleccionaron 15. El criterio de selección estuvo regido por el coeficiente C, que se fijó mayor a 0.75; para obtener una buena idoneidad. De los expertos seleccionados, todos son ingenieros civiles, 6 (40%) ostentan el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, 6 (40 %) son máster y 2 (13.33%) son diplomados en Ingeniería Sísmica. Ver tabla 2. A estos expertos se les envió la encuesta perfeccionada.

Tabla 2. Filiaciones de los expertos integrantes del panel

Institución	País	Cantidad
Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente	Cuba	4
Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de La Habana	Cuba	1
Centro de Investigaciones Sismológicas de Cuba (CENASIS)	Cuba	2
Empresa de Proyectos de Matanzas (EMPAI)	Cuba	1
Empresa de Proyectos # 15 de Santiago de Cuba (EMPROY-15)	Cuba	2
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA)	Cuba	1
Consultores Asociados CONAS	Cuba	1
Universidad de Berkeley	EUA	1
Universidad de Cruceiro-Do Sur	Brasil	1
REM+E INGENIERÍA WTC	Ciudad de México	1

Fuente: Autores

3.3. Procesamiento estadístico de la segunda encuesta

En la determinación del criterio generalizado (\bar{f}_i) y grado de concordancia de los expertos para cada ítem, se asumió como valor estimable de V_i , para aceptar una adecuada concordancia de los expertos a 0.40 (ORTEGA, 2008). Para el criterio generalizado (\bar{f}_i) el valor debe ser mayor de 0.80 (REGUANT y TORRADO, 2016). No se eliminó ningún aspecto, ya que en todos los casos el criterio generalizado (\bar{f}_i), es mayor que 0.86 y el coeficiente de variación (V_i) es menor que 0.40.

En la valoración de la concordancia entre los expertos en relación a todos los ítems, para $m=15$ (número de expertos) y $N=91$ (número de ítems para cada experto), 8 expertos (53.33%) votaron a favor en 91 ítems, 2 expertos en 90 ítems, 3 en 88 ítems y 1 en 88 y 86 ítems respectivamente. Para $\alpha=0.01$, el valor del estadístico de contraste es $Q=30.47$. Entonces conforme a la hipótesis de nulidad, Q está distribuida aproximadamente como chi cuadrado con $gl=14$ para una probabilidad $p<0.001$ como $\chi^2=36.12$ (SIEGEL, 1974). Como $\chi^2 > Q$, no se rechaza la hipótesis H_0 de igualdad de las preguntas o ítem. Entonces se puede afirmar que existe concordancia entre los expertos, en relación a la elección de las variables, indicadores y subindicadores, así como con las clasificaciones del daño patológico en la superestructura.

En el acuerdo entre los expertos en relación a los niveles de importancia de los subindicadores, para $m=15$ y $N=4, 3$ o 2 (número de subindicadores), el valor del coeficiente de Kendall siempre estuvo en un rango entre 0.75 y 1.00. Los valores de S calculada, en todos los casos, son mayores que el valor de S (SIEGEL, 1974), para un nivel de significación 0.01. Entonces la hipótesis H_0 de que los expertos no están relacionados puede rechazarse. Existe, por tanto, acuerdo entre los expertos al evaluar el nivel de importancia de los subindicadores. También en la definición de los niveles de importancia de los subindicadores para evaluar el daño sísmico potencial, se calcula el coeficiente de variación (V_i). Sólo en tres subindicadores $V_i=0.40$, en el resto son valores menores.

Luego se definieron los factores de ponderación. En la tabla 3 se observa en cuanto a los factores de ponderación por elementos y juntas, que permiten evaluar el daño patológico, que un experto tuvo estimaciones alejadas de la media muestral ($E-9$) y en los factores de ponderación para las losas y los paneles, los coeficientes de variación fueron mayores a 0.40. En la tabla 4 se observa que en el caso de los

factores de ponderación de las variables e indicadores que permiten evaluar el daño sísmico potencial, fueron dos expertos los que se alejaron de la media muestral y en 8 ítems los coeficientes de variación fueron mayores a 0.40. El 93.33% de los expertos le dieron mayor importancia dentro de las variables, a las condiciones preexistentes en relación a las condiciones de suelo y el 6.66% (1 experto) las valoró con el mismo nivel de importancia. En cuanto a los indicadores dentro de las condiciones de suelo, el 99.33% coincidieron que el tipo de suelo es lo que más repercusión tiene en la respuesta sísmica. En las condiciones preexistentes, el 66.66% considera que el mayor peso lo tienen los daños patológicos en las juntas estructurales, el 13.33% los daños patológicos en los elementos y el 20 % ambos a la vez.

Tabla 3. Procesamiento estadístico de los factores de ponderación que permiten evaluar el daño patológico.

Expertos	Factores de ponderación en elementos o juntas				
	Losas de entrepiso y/ o cubierta	Paneles	Juntas horizontales	Juntas verticales	Cimentación
E-1	20	15	25	25	15
E-2	19	19	22	22	18
E-3	10	10	30	30	20
E-4	20	15	25	25	15
E-5	10	30	25	25	10
E-6	10	20	25	25	20
E-7	10	10	30	30	20
E-8	20	20	20	20	20
E-9	40	40	7.5	7.5	5
E-10	15	15	25	25	20
E-11	20	20	20	20	20
E-12	19	19	22	22	18
E-13	10	50	15	10	15
E-14	20	20	20	20	20
E-15	15	15	20	20	30
Media	17.2	21.20	22.10	21.76	17.73
(σ)	7.45	10.58	5.46	6.01	5.35
V _i	0.43	0.49	0.25	0.28	0.30

Legenda

 Valores que se someten a una próxima ronda

Fuente: Autores

Tabla 4. Procesamiento estadístico de los factores de ponderación de las variables e indicadores que permiten evaluar el daño sísmico potencial

Expertos	Factores de ponderación de variables		Factores de ponderación de los indicadores														
	I-30	I-31	I-32	I-33	I-34	I-35	I-36	I-37	I-38	I-39	I-40	I-41	I-42	I-43	I-44	I-45	I-46
E-1	45	55	10	20	15	10	10	5	4	4	3	2	2	5	5	2	3
E-2	45	55	10	25	10	15	10	6	2	2	2	2	2	5	3	3	3
E-3	20	80	5	15	0	5	20	22	5	4	4	3	3	4	5	3	2
E-4	10	90	2,5	5	2,5	15	25	10	5	5	5	3	5	7	5	5	0
E-5	45	55	15	25	5	10	10	10	3	3	2	3	5	2	2	3	2
E-6	40	60	10	20	10	10	0	10	4	4	4	3	5	5	5	5	5
E-7	40	60	10	20	10	15	5	0	5	5	4	3	5	5	5	5	3
E-8	40	60	10	20	10	15	10	4	7	5	5	0	2	2	5	3	2
E-9	40	60	10	20	10	20	10	4	2	3	5	0	4	3	5	2	2
E-10	45	55	15	20	10	10	10	5	3	4	3	3	5	4	4	2	2
E-11	40	60	10	20	10	17	10	4	2	3	2	3	4	2	5	8	0
E-12	30	70	5	20	5	25	15	5	2	2	2	2	8	2	3	2	2
E-13	50	50	10	20	20	15	7	3	2	2	2	1	8	1	4	3	2
E-14	45	55	15	25	5	20	5	4	2	2	2	2	6	2	4	4	2
E-15	45	55	10	20	15	15	10	4	3	2	2	2	6	2	4	2	2
Media	38.6	61.33	10.35	19.66	9.64	14.46	10.46	6.40	3.40	3.40	3.13	2.13	4.86	3.26	4.26	3.46	2.06
(σ)	10.76	10.76	3.99	4.8	5.41	4.99	6.01	5.13	1.55	1.12	1.24	1.06	1.76	1.66	0.96	1.68	1.16
Vi	0.27	0.17	0.38	0.24	0.56	0.34	0.57	0.80	0.45	0.32	0.39	0.49	0.36	0.50	0.22	0.48	0.56

Leyenda:

I-30: Condiciones de suelo	I-39: Tipo de Juntas forma de realización
I-31: Condiciones preexistentes	I-40: Tipo de Juntas trabajo estructural
I-32: Susceptibilidad a fenómenos físicos-geológicos inducidos (deslizamiento y licuefacción)	I-41: Tipo de posición juntas continuas
I-33: Tipo de suelo	I-42: Configuración geométrica
I-34: Posibilidad de la resonancia	I-43: Transformación en el peso y la rigidez
I-35: Daños patológicos en juntas estructurales	I-44: Transformación en la rigidez
I-36: Daños patológicos en elementos estructurales	I-45: Transformación en el peso
I-37: Calidad de los elementos y de la ejecución	I-46: Posibilidad de golpeteo
I-38: Tipo de Estructuración	

 Valores que se someten a una próxima ronda

Fuente: Autores

Hasta aquí se aprecia en base a los resultados del procesamiento de la segunda encuesta, que hubo consenso entre los expertos, y fueron validados todas las variables, indicadores y subindicadores. También se asume consenso en los niveles de importancia de los subindicadores para evaluar los daños sísmicos potenciales. Sin embargo, fue conveniente aplicar una tercera encuesta individualizada sólo a los expertos cuyas estimaciones estuvieron alejadas de la media muestral, en relación a los factores de ponderación por elementos y juntas, que permiten evaluar el daño patológico y los factores de ponderación de las variables e indicadores que permiten evaluar el daño sísmico potencial. Con esta nueva ronda se persiguió lograr además coeficientes de variación iguales o inferiores a 0.40.

3.4. Procesamiento estadístico de la tercera encuesta

En las tablas 5 y 6, se aprecia la información facilitada a los expertos en esta encuesta. El proporcionar a los expertos la media de la segunda ronda, tuvo como objetivo favorecer el proceso de reflexión de las opiniones. Aunque cuando el experto observa que su opinión individual se encuentra alejada de la mayoría del consenso, puede tomar dos acciones en función de la confianza que otorgue a su primera opinión, mantenerla o acercarse a la tendencia central de consenso del grupo (ORTEGA, 2008).

Tabla 5. Factores de ponderación para evaluar el daño patológico.

Elemento Estructural	Factor de ponderación propuesto por usted	Media muestral del grupo	Desviación típica del grupo	¿Concuerda con la opinión grupal?	Nueva propuesta
Paneles		21.2%	10.58		
Losas de entepiso y/ o cubierta		17.2%	7.45		
Juntas horizontales		22.10%	5.46		
Juntas verticales		21.76%	6.01		
Cimentación		17.73%	5.35		
Puntuación máxima	100%	100%			

Fuente: Autores

Tabla 6. Factores de ponderación para evaluar el daño sísmico potencial

Factores de ponderación de variables	Factores de ponderación de los indicadores														
	I-30	I-31	I-32	I-33	I-34I-35	I-36	I-37I-38I-39I-40I-41I-42I-43I-44I-45I-46								
Factor de ponderación propuesto por usted															
Media muestral del grupo	38.6	61.33	10.35	19.669	64.14	46.10	466.403	403.132	134.863	264.263	462.06				
Desviación típica del grupo	10.76	10.76	3.99	4.8	5.414	9.601	5.131	551.121	241.061	761.660	961.681	16			
¿Concuerda con la opinión grupal?															
Nueva propuesta															
Leyenda:															
I-30: Condiciones de suelo								I-39: Tipo de Juntas forma de realización							
I-31: Condiciones preexistentes								I-40: Tipo de Juntas trabajo estructural							
I-32: Susceptibilidad de deslizamiento licuefacción								I-41: Tipo de posición junta continua							
I-33: Tipo de Suelo								I-42: Configuración geométrica							
I-34: Posibilidad de resonancia								I-43: Transformación en el peso y la rigidez							
I-35: Daños patológicos en juntas estructurales								I-44: Transformación en la rigidez							
I-36: Daños patológicos en elementos estructurales								I-45: Transformación en el peso							
I-37: Calidad de los elementos y de la ejecución								I-46: Posibilidad de golpeteo							
I-38: Tipo de Estructuración															

Fuente: Autores

Se vuelven a procesar estadísticamente los resultados, lográndose mayor consenso en relación a los factores de ponderación, como se aprecia en las tablas 7 y 8. Los valores de la desviación en la tercera encuesta fueron menores que los de la segunda, en todos los casos. Sin embargo, los coeficientes de variación no todos fueron menores que 0.40, para los factores de ponderación que permiten evaluar el daño sísmico potencial y si para los factores de ponderación en elementos o juntas que permiten evaluar el daño patológico. Pero al analizar la evolución de la variación del coeficiente de variación (VVi), se aprecia la estabilidad alcanzada tras la tercera ronda, lo que nos permite detener en este punto el proceso, entendiendo que una cuarta ronda no aportaría variaciones significativas en los resultados. Los (VVi) oscilan entre -0.18 y 0. La figura 2 ilustra la posición de consenso.

Tabla 7. Procesamiento estadístico de los factores de ponderación que permiten evaluar el daño patológico

Expertos	Factores de ponderación en elementos o juntas				
	Losas de entrespiso y/o cubierta	Paneles	Juntas horizontales	Juntas verticales	Cimentación
E-1	20	15	25	25	15
E-2	19	19	22	22	18
E-3	10	10	30	30	20
E-4	20	15	25	25	15
E-5	10	30	25	25	10
E-6	10	20	25	25	20
E-7	10	10	30	30	20
E-8	20	20	20	20	20
E-9	25	35	15	15	10
E-10	15	15	25	25	20
E-11	20	20	20	20	20
E-12	19	19	22	22	18
E-13	20	30	15	15	20
E-14	20	20	20	20	20
E-15	15	15	20	20	30
Media	16.86	19.53	22.60	22.60	17.57
(σ)	4.68	6.94	4.33	4.33	4.61
Vi	0.28	0.35	0.19	0.19	0.26
VVi	-0.15	-0.14	-0.06	-0.09	-0.04

Leyenda



Valores nuevos

Fuente: Autores

Tabla 8. Procesamiento estadístico de los factores de ponderación que permiten evaluar el daño sísmico potencial.

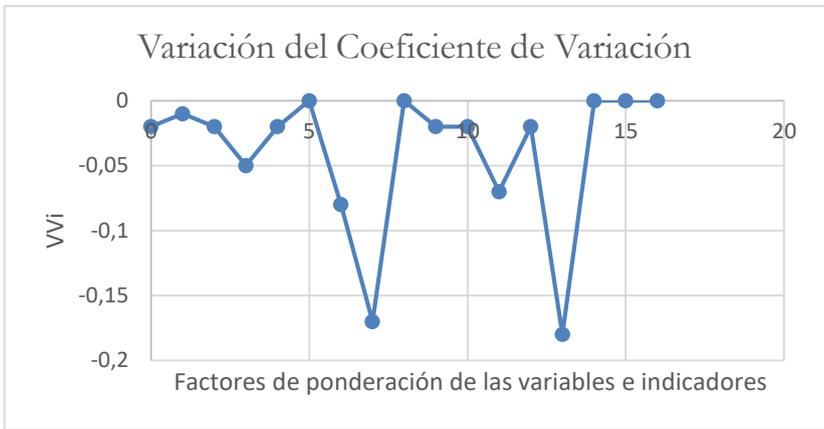
Expertos	Factores de ponderación de variables		Factores de ponderación de los indicadores														
	I-30	I-31	I-32	I-33	I-34	I-35	I-36	I-37	I-38	I-39	I-40	I-41	I-42	I-43	I-44	I-45	I-46
E-1	45	55	10	20	15	10	10	5	4	4	3	2	2	5	5	2	3
E-2	45	55	10	25	10	15	10	6	2	2	2	2	5	3	3	3	2
E-3	20	80	5	15	0	5	20	15	5	5	5	5	5	5	5	3	2
E-4	15	85	2.5	10	2.5	15	20	10	5	5	5	3	5	7	5	5	0
E-5	45	55	15	25	5	10	10	10	3	3	2	3	5	2	2	3	2
E-6	40	60	10	20	10	10	0	10	4	4	4	3	5	5	5	5	5
E-7	40	60	10	20	10	15	5	0	5	5	4	3	5	5	5	5	3
E-8	40	60	10	20	10	15	10	4	7	5	5	0	2	2	5	3	2
E-9	40	60	10	20	10	20	10	4	2	3	5	0	4	3	5	2	2
E-10	45	55	15	20	10	10	10	5	3	4	3	3	5	4	4	2	2
E-11	40	60	10	20	10	17	10	4	2	3	2	3	4	2	5	8	0
E-12	30	70	5	20	5	25	15	5	2	2	2	2	8	2	3	2	2
E-13	50	50	10	20	20	15	7	3	2	2	2	1	8	1	4	3	2
E-14	45	55	15	25	5	20	5	4	2	2	2	2	6	2	4	4	2
E-15	45	55	10	20	15	15	10	4	3	3	2	2	6	2	4	2	2
Media	39	61	9.83	20	9.16	14.46	10.135	9.93	3.4	3.63	2.2	2.265	5.33	4.263	4.62	0.6	
(σ)	9.85	9.85	3.59	3.775	1.44	9.9	5.23	3.751	5.51	1.181	3.21	2.271	6.91	7.10	9.61	6.81	1.6
Vi	0.25	0.16	0.36	0.190	0.56	0.34	0.51	0.630	0.450	0.340	0.410	0.560	0.340	0.320	0.220	0.480	0.56
VVi	-0.02	-0.01	0.020	0.050	0.020	0.00	-0.08	0.017	0.000	0.020	0.020	0.070	0.020	0.180	0.000	0.000	0.00

Leyenda:

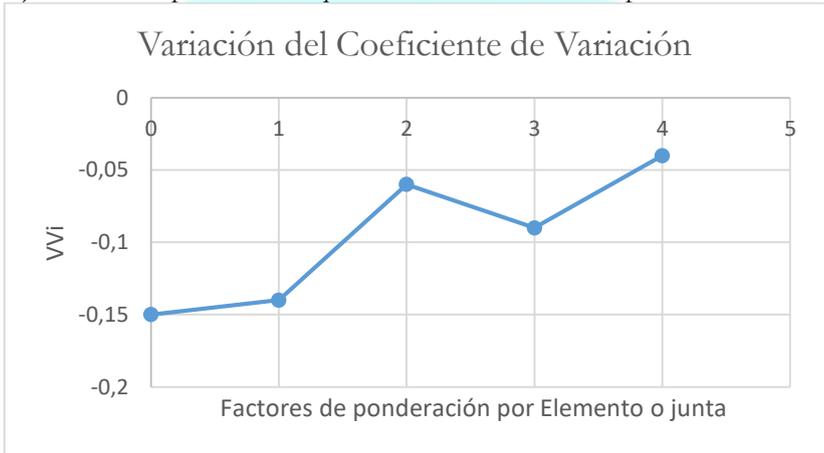
- I-30: Condiciones de suelo
- I-31: Condiciones preexistentes
- I-32: Susceptibilidad de deslizamiento o licuefacción
- I-33: Tipo de suelo
- I-34: Posibilidad de la resonancia
- I-35: Daños patológicos en juntas estructurales
- I-36: Daños patológicos en elementos estructurales
- I-37: Calidad de los elementos y de la ejecución
- I-38: Tipo de Estructuración
- I-39: Tipo de Juntas forma de realización
- I-40: Tipo de Juntas trabajo estructural
- I-41: Tipo de posición junta continua
- I-42: Configuración geométrica
- I-43: Transformación en el peso y la rigidez
- I-44: Transformación en la rigidez
- I-45: Transformación en el peso
- I-46: Posibilidad de golpeteo

Valores nuevos

Fuente: Autores



A) Factores de ponderación que evalúan el daño sísmico potencial



B) Factores de ponderación que evalúan los daños patológicos

Figura 2. Variación del coeficiente de variación entre la tercera y segunda ronda.

Fuente: Autores

3.5. Procedimiento de evaluación de daños sísmicos potenciales en el GPS

La validación con los expertos, permitieron lograr un procedimiento para evaluar los daños sísmicos potenciales en el sistema prefabricado GPS (SOCARRÁS, 2020; SOCARRÁS et. al. 2022b). En

dicho procedimiento se involucran varios aspectos conducentes a daños sísmicos potenciales en las estructuras prefabricadas incluidos los daños patológicos en los componentes estructurales, los que se evalúan de acuerdo a su importancia en la respuesta estructural de la edificación. De manera, que aún sin realizar un análisis aplicando la modelación estructural, es posible obtener una evaluación que refleje el probable desempeño estructural de la edificación.

El procedimiento, se conforma de dos etapas, como se aprecia en la figura 3.

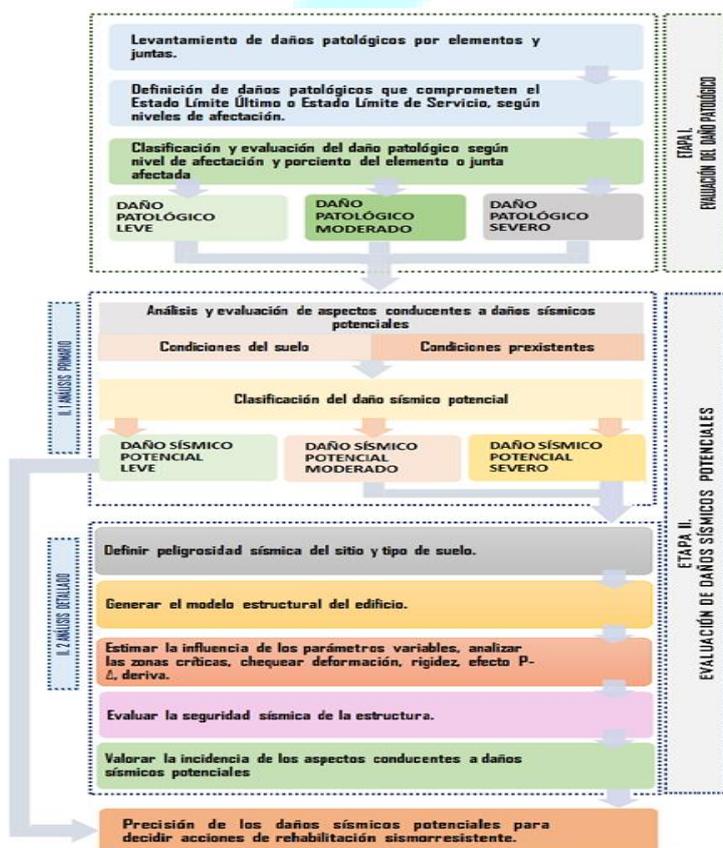


Figura 3. Estructura del Procedimiento de evaluación de daños sísmicos potenciales en el GPS
Fuente: Socarrás, 2020.

4. CONCLUSIONES

1- El método Delphi permitió validar el conjunto de ítems que contempla el procedimiento de evaluación de daños sísmicos potenciales en el sistema prefabricado Gran Panel Soviético. Entre los ítems se encuentran las clasificaciones de los daños patológicos; los factores de ponderación por componente estructural para evaluar el daño patológico y, de los aspectos que condicionan daños sísmicos potenciales.

2- La encuesta elaborada se sometió al criterio de 15 expertos, pertenecientes a varias instituciones de países como Cuba, Brasil, México y Estados Unidos. En esta investigación, sólo fue necesario aplicar tres encuestas para la obtención del consenso entre los expertos.

3- Como resultado del procesamiento estadístico se aprecia la concordancia entre los expertos, y este consenso confirma la pertinencia de la aplicación del procedimiento. Al mismo tiempo se evidencia la necesidad de incorporar la evaluación de los daños patológicos en los elementos y juntas estructurales, en el proceso de evaluación de los daños sísmicos potenciales. Arribándose al consentimiento general que las juntas estructurales tanto verticales como horizontales, son los componentes más importantes en el desempeño sísmico de estas edificaciones.

4- El procedimiento puede aplicarse de forma rápida a una muestra grande de edificaciones, para definir el probable desempeño sísmico y poder acometer en un breve tiempo las acciones de rehabilitación que correspondan.

5- Se puede considerar la adecuación del procedimiento para la evaluación de daños sísmicos potenciales en otros sistemas prefabricados basados en grandes paneles. La modificación debe enfocarse fundamentalmente en redefinir los factores de ponderación según la importancia del componente estructural en la respuesta sísmica de la estructura.

5. AGRADECIMIENTOS

Se les agradece a los expertos que amablemente accedieron a participar en el panel. Igualmente, a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, Cuba, que participaron en

el diagnóstico a la muestra de 200 edificios construido con el sistema prefabricado Gran Panel Soviético

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Civil Engineers. 2013. Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 7-05).
- Applied Technology Council and Federal Emergency Management Agency. 1997. NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 273).
- Applied Technology Council. 2005. Field manual: Postearthquake safety evaluation of buildings (ATC 20-1).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2009. Requisitos Sísmicos para Edificaciones (Norma AIS 100-09).
- CARREÑO, Martha Liliana. LANTADA, Nieves. IRIZARRY, Janira. VALCARCELL, Jairo. BARBAT, Alex. y GOULA, Xavier. 2012. “Comportamiento sísmico de los edificios de Lorca”. **Física de la Tierra**. Vol. 24: 289-314. Universidad Complutense de Madrid. Madrid (España)
- Dirección General de Protección Civil – Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano. 2008. **Manual de Evaluación Post - Sísmica de Edificaciones de El Salvador**.
- Federal Emergency Management Agency. 1998. Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings (FEMA 310). Washington, DC: U.S
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2017. Normas para la Rehabilitación Sísmica de edificios de concreto dañados por el Sismo del 19 de septiembre de 2017. <https://www.cmiccdmx.org/.../normas-de-rehabilitación-sísmica-de-edificios-04-12-17>
- GORINA, Alexander; ALONSO, Isabel y SALGADO, Antonio. 2014. “La gestión de la información científica proporcionada por el criterio de expertos”. **Ciencias de la Información**. Vol. 45 No.: 2: 39 – 47. Instituto de Información Científica y Tecnológica. La Habana (Cuba)
- HELENE, Paulo y PEREIRA, Fernanda. 2007. Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Ed. SP Brasil. Sao Paulo (Brasil)
- HURTADO, Eduardo. 2014. Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles. Chile

- arquitectura.mop.cl/Patrimonio/Documents/FICHAS_DE_LESIONES_2014.pdf
- Instituto Nacional de la Vivienda. 1991. Procedimiento para determinar el estado técnico de la vivienda. La Habana, Cuba.
- Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA). 2001. Guideline for Post-Earthquake Damage Evaluation and Rehabilitation.
- LANG, Dominik. 2012. Earthquake Damage and Loss Assessment – Predicting the Unpredictable. (Tesis de doctorado, University of Bergen). Disponible en: uib.no/bitstream/.../48136%20Lang%20main_thesis.pdf? Consultado el: 04.04.2020
- MÁRQUEZ, Fernando. 2015. Mecanismos de Biodeterioro del Concreto Reforzado. En: II Semana Internacional. X Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación. Santander, Colombia.
- MARTÍN, Wilfredo Francisco; LÓPEZ, Eduardo; CASTELLANOS, Juan. y GIL, Silvia. 2006. Metodología de la Investigación. Ed. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. (Cuba)
- Ministerio de Obras Públicas. 2014. Ficha de evaluación de daños para inspección rápida de edificios públicos. Versión 2 Sub Departamento de Ingeniería y Construcción. Chile.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. 2016. Inspección y Evaluación Rápida de Estructuras Post-Evento Sísmico. Primera edición, Quito (Ecuador)
- MORENO, Carmen. 2014. Análisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas públicas de República Dominicana. (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona) Recuperado de <https://docplayer.es/17646102>
- ORTEGA, Félix. 2008. “El Método Delphi. Prospectiva en Ciencias Sociales”. Revista Escuela de Administración de Negocios, Vol. 64, No.:3: 31-54. Universidad EAN. Bogotá (Colombia)
- REGUANT, Mercedes. y TORRADO, Mercedes. 2016. “El método Delphi. REIRE”. **Revista d’Innovació i Recerca en Educació**. Vol. 9, No.:1: 87-102. Universitat de Barcelona. Institut de Ciències de l’Educació (España). DOI: 10.1344/reire2016.9.1916
- SIEGEL, Sidney. 1974. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Ed. Trillas. (México)

- SOCARRÁS, Yamila Concepción y SOCARRÁS, Miguel Darío. 2016. Patologías en Edificios construidos con el Gran Panel IV en Caimanera. En: Segunda Convención Internacional de Ciencias Técnicas de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, junio 21-24.
- SOCARRÁS, Yamila Concepción y VIDAUD, Ingrid. 2017. “Desde la tecnología del prefabricado actual hasta la prefabricación contra pedido”. *Ciencia en su PC*, enero-marzo, 104-115. <http://www.redalyc.org/html/1813/181351125008/>. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba (Cuba)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción y ÁLVAREZ, Eduardo. 2018. Problemática actual de los edificios Gran Panel Soviético en Santiago de Cuba. En: VI Evento La prefabricación en las Construcciones. Cienfuegos, Cuba, noviembre 15-17. ISBN: 978-959-247-176-4
- SOCARRÁS, Yamila Concepción y ÁLVAREZ, Eduardo. 2019. Factores causantes de daños potenciales en el Gran Panel Soviético. En: VI Jornada Internacional de Ingeniería Civil, Holguín, Cuba. ISBN: 978-959-247-183-2
- SOCARRÁS, Yamila Concepción. 2020. Procedimiento para la evaluación de daños sísmicos potenciales en el sistema prefabricado Gran Panel Soviético. (Tesis de Doctorado, Universidad de Oriente. Cuba)
- SOCARRÁS-CORDOVÍ, Yamila Concepción; GONZÁLEZ-DIAZ, Liliana; ALVAREZ-DEULOFEU, Eduardo; GONZÁLEZ - FERNÁNDEZ, Mayra Mónica; ROCA-FERNÁNDEZ, Estrella. & TORRES-SHOEMBERT, Raul. 2020a. “Valuation of the Durability of the Concrete Used in the Precast Great Soviet Panel System”. **Revista Facultad de Ingeniería**, Vol. 29: No.:54: e10486, <https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.10486>. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Colombia)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; GONZÁLEZ, Liliana; ALVAREZ, Eduardo. GONZÁLEZ, Mayra Mónica; y ROCA, Estrella. 2020b. “Evaluación de la calidad del hormigón en edificaciones construidas con el sistema prefabricado gran panel soviético”. **Tecnología Química.**, Vol. 40: No.: 2:264-277. Santiago de Cuba (Cuba)

- SOCARRÁS, Yamila Concepción; ÁLVAREZ, Eduardo. y MORENO, Eiler. 2020c. “Repercusiones de las contravenciones estructurales e incremento de peso en el Sistema Gran Panel Soviético en Santiago de Cuba”. **Revista de Obras Públicas**, Vol. 3623: 74-82. Madrid (España)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción. 2021. Nuevo enfoque para evaluar daños patológicos en estructuras de grandes paneles prefabricados. Gran Panel Soviético. En: III Convención Científica Internacional 202. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Las Villas, Cuba. ISBN 978-959-312-479-9
- SOCARRÁS, Yamila Concepción. y ÁLVAREZ, Eduardo. 2021a. “Vulnerabilidad sísmica del sistema estructural prefabricado gran panel Soviético en edificios deteriorados y transformados”. **Obras y Proyectos**. Vol.30: 60-73. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción y ÁLVAREZ, Eduardo. 2021b. Pautas ineludibles para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones prefabricadas. En: VI Evento Nacional La Prefabricación en las Construcciones. Cienfuegos (Cuba)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; ÁLVAREZ, Eduardo y LORA, Fidel. 2021a. “Forecasts on the seismic behavior of buildings constructed with the Great Soviet Panel”. **Revista DYNA**. Vol.88, No.:216:145-151. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; ÁLVAREZ, Eduardo y LORA, Fidel. 2021b. “Changes in the seismic behavior of buildings built with the great soviet panel”. ESTOA. Vol.10, No.:19: 139-147. **Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca**. (Ecuador)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; ÁLVAREZ, Eduardo y PUPO, Nereyda. 2021c. “Structural behavior of construction typologies of the Great Soviet Panel in an area of high seismic danger”. **Revista DYNA**. Vol.88, No.:219: 155-161. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; GONZÁLEZ, Liliana y ALVAREZ, Eduardo. 2022a. “Significant Reductions in the Area in Corroded Steel and its Repercussion in Prefabricated Large-Panel Buildings”. **Revista Facultad de Ingeniería**, Vol. 31: No.:59: ee13110,

-
- <https://doi.org/10.19053/01211129.v31.n59.2022.13110>.
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Colombia)
- SOCARRÁS, Yamila Concepción; GONZÁLEZ, Liliana y ALVAREZ, Eduardo. 2022b. “Evaluation of potential seismic damage in the Great Soviet Panel precast system”. INGE CUC. En edición, Universidad de la Costa, Baranquilla (Colombia)
- TEJERA, Pedro. y ÁLVAREZ, Odalis. 2013. Conservación de Edificaciones. Ed. Universitaria. Félix Varela, La Habana (Cuba)
- ZARTHA, Jhon Wilder. MONTES, Juan Manuel. TORO, Iván Darío. VILLADA, Héctor Samuel. 2014. “Método Delphi Propuesta para el cálculo del número de expertos en un estudio Delphi sobre empaques biodegradables al 2032”. **Espacios**. Vol. 35, No.: 13:10

BIODATA DE AUTORES

Yamila Concepción Socarrás Cordoví: Egresada de Ingeniería Civil en 1992, Maestría en Ciencias en 2010 y Doctora en Ciencias Técnicas en 2020, todas ellas de la Universidad de Oriente, Cuba. De 1992 a 2001 trabajó en la Empresa de Proyectos de Obras Varias, inicialmente adscrita al Comité Estatal de Colaboración Económica y posteriormente al Ministerio de la Construcción. Desde 2001 a la fecha es profesora de la Universidad de Oriente. Actualmente pertenece a la Facultad de Construcción. Sus intereses de investigación incluyen: estructuras prefabricadas, resistentes a terremotos y patología de la construcción.

Eduardo Rafael Álvarez Deulofeu: Se graduó como Ingeniero Estructural. Profesor de la Facultad de Construcción de la Universidad de Oriente. Obtuvo el título de Doctor en Ciencias Técnicas en 1995 en la Universidad de Weimar, Alemania. Sus intereses de investigación incluyen: albañilería, cimentaciones, estructuras sismorresistentes, dinámica estructural y modelado estructural.

Liliana González Díaz: Egresada de Ingeniería Civil en 1990, Doctora en Ciencias Técnicas en 2010, todas ellas de la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba. Sus intereses de investigación incluyen: albañilería confinada, materiales de construcción, diseño sísmico.



**UNIVERSIDAD
DEL ZULIA**

opción

Revista de Ciencias Humanas y Sociales

Año 38, N° 98 (2022)

Esta revista fue editada en formato digital por el personal de la Oficina de Publicaciones Científicas de la Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo - Venezuela

www.luz.edu.ve

www.serbi.luz.edu.ve

produccioncientifica.luz.edu.ve