

Evaluación Rápida de vulnerabilidad Sísmica en Ciudad Victoria

*Structural evaluation of housing of Social interest Ciudad
Victoria in the city of Loja*

Maza Bolívar Hernán

Universidad Técnica Particular de Loja / bhmaza@utpl.edu.ec

Loja - Ecuador

Versión electrónica

<https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/issue/view/3>

RESUMEN

Evaluación estructural en categoría vivienda de interés social (VIS) en Ciudad Victoria, altura 2214 msnm. Se evaluó configuración estructural, secciones resistentes, armaduras de refuerzo, se evaluaron 143 viviendas de 932, se utilizó Excel, análisis estadístico, herramientas check list, estrategias comparativas. Existen fallas constructivas relacionadas a carencia de mano obra calificada, armaduras de refuerzo inadecuadas, discontinuidad estructural, nudos deficientes, daños leves, moderados y severos, las construcciones en promedio 12 años, 19 MPa en promedio de resistencia a compresión simple del concreto, 2664 Hb aproximadamente expuestos a impactos sísmicos, la NEC-SE-DS establece que “Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta”, 37 de 143 viviendas están abandonadas, 76,94% de viviendas no tienen mantenimiento, las calles tienen capa de rodadura de lastre, precipitaciones constantes, El espesor de losas de entrepiso es 8,5 cm con varillas de 10 mm y nudos no estructurales, Se tiene valores de S altamente preocupantes. Aunque se construyó después del 2001 no se cumplió con la NEC. Se evidenció tendencia al abandono de la vivienda, el 45% de viviendas tienen grietas moderadas. Es prudente plantear la interrogante ¿están preparados los habitantes de Ciudad Victoria para enfrentar un sismo de magnitud mayor a 7 Mw?

Palabras clave: Vivienda social, vulnerabilidad, evaluación estructural.

ABSTRACT

Structural evaluation in category housing of social interest in Victoria's City, height 2214 masl. There was evaluated structural configuration, resistant sections, armors of reinforcement, 143 housings of 932 were evaluated using Excel, statistical analysis, check list tools, comparative strategies. Constructive flaws related to hand lack exist qualified work, inadequate armors of reinforcement, structural discontinuity, deficient knots, minor, moderate and severe damage, constructions on average 12 years, 19 MPa in resistance average to simple compression of the concrete, 2664 Hb approximately exposed to seismic impacts, the norm NEC-SE-DS establishes that “ The whole Ecuadorian territory is catalogued as of high seismic threat” [1]. 37 of 143 homes are abandoned, 76.94% of homes have no maintenance, the streets have layer of rolling of ballast. The thickness of mezzanine slabs is 8.5 cm with 10 mm rods and non-structural knots; it has values of S highly disturbing. Even though it was built after, 2001 was not met with the NEC. Tendency was demonstrated to the abandonment of the housing, 45 % of housings has moderate cracks. It is prudent to raise the question: Are the inhabitants of Victoria's City prepared to face an earthquake of magnitude bigger than 7 Mw?

Keywords: Social housing, vulnerability, structural evaluation.

Introducción

El objetivo principal es evaluar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de Ciudad Victoria urbanización de Vivienda de Interés Social (VIS), se busca conocer las causas del estado vulnerable que se aprecia, sus habitantes tienen ingresos entre 300 y 400 dólares americanos, dejando ver la precaria capacidad de respuestas para enfrentar un evento sísmico de magnitud e intensidad suficiente para producir daños físicos y pérdidas humanas, su ubicación está en una región considerada de alto peligro sísmico, En promedio la resistencia a la compresión simple del hormigón de columnas y vigas es $f'_c=19\text{MPa}$, reflejado mediante el ensayo de esclerometría e identificación de las armaduras de acero de refuerzo. Se evalúa los estados estructurales de las columnas, vigas, nudos, encontrando grietas que ponen en peligro de colapso total a la estructura, se encuentran viviendas abandonadas en estado de inminente colapso, se puede ver la deficiente capacidad de gestión institucional para levantar conciencia sobre el peligro que acecha a los habitantes de Ciudad Victoria, se registra asentamientos de viviendas por humedad proveniente de una quebrada embaulada y colapsada. Se registra viviendas abandonadas por la peligrosidad de colapso y en proceso de destrucción, otras construcciones con remodelación horizontal y/o vertical con inversiones cuantiosas. La fig. 1 muestra el número de viviendas según su uso y remodelación.

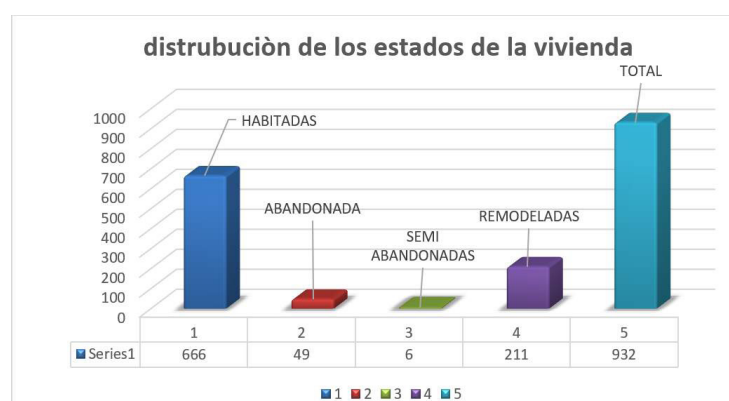


Fig. 1. Muestra el uso de viviendas y remodelaciones aplicadas.

La calidad de las construcciones de la zona de estudio no refleja diseño sismoresistente, 10 años atrás la ciudad de Loja no contemplaba normativa de rigor para construir, no obstante en el 2001 ya se referencia con post-código, sobre todo para vivienda social, lo que se corrobora en la evaluación estructural practicada. Se aplica observación directa de, nudos estructurales, vigas, columnas, losas ampliaciones horizontales y verticales, irregularidad en planta y vertical, tipo de suelo, rubros necesarios para obtener un diagnóstico de la realidad estructural de viviendas de Ciudad Victoria, (Rochel. R., 2012), sostiene que la estructura debe tener resistencia, rigidez y ductilidad, así los nuevos emprendimientos de vivienda serán eficientes y eficaces en la modelación sismo resistente y otros recursos pertinentes.

(Aguiar, R, Palacios, J., García, L., Menéndez Edgar., 2017), afirman que no se ha incentivado la cultura de la seguridad estructural sismo resistente, el reforzamiento estructural de las estructuras existentes en Ecuador, lo que conduce al incremento de vulnerabilidad estructural de edificaciones y con ello impactos de todo tipo en los sectores más desprotegidos con incidencia nacional y regional. El deterioro económico de las

familias no facilita el mantenimiento de la obra y la carrera de destrucción es imparabable, (Carcaño, Moreno, 2008) sostienen que “de ahí que sus propietarios se limiten a observar como se reduce el valor de sus vivienda”

Materiales y Métodos

Se utiliza la herramienta checklist como metodología de observación, siguiendo las recomendaciones del método Evaluación Sísmica Simplificada de Estructuras (Plan de Acción DIPECHO-NEC 2015-2016), se clasifica las viviendas afectadas en tres categorías de vulnerabilidad baja, media y alta, sometiéndolas a valoración del sistema estructural de altura, irregularidad estructural de la edificación, código de edificación y tipo de suelo, luego se aplica la valoración y análisis numérico obteniendo valores S (grado de vulnerabilidad sísmica). Se realiza verificación de resistencia a compresión simple del hormigón (f^c) de las viviendas analizadas a través de ensayo no destructivo, e identificación de armaduras de refuerzo, La información se recopila in situ. La tabla 1, muestra rubros de entrada que exige el método. Además se obtiene información de interés.

Rubros de información recopilada		
Estructural	Gestión del mantenimiento	Diseños
Columnas	Reforzamiento	Planos arquitectónicos
Vigas	Extensión vertical, horizontal	Planos estructurales
Losas	Mantenimiento	
muros	Abandono	
Mamposterías	Colapso	
Nudos	Proceso de colapso	
Número de pisos		

Tabla1. Rubros de interés investigados. Fuente: Plan de Acción DIPECHO-NEC 2015-2016

El método establece tipologías para madera, pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo, pórticos de acero laminado con diagonales, la Tabla 2 muestra las tipologías básicas. La discusión de resultados aporta recursos para concluir, se utiliza esclerómetro y scanner. El trabajo muestra indicadores de vulnerabilidad en aplicación rápida, mismo que sirve para tomar precauciones y evitar impactos negativos en el sector desprotegido. La información registra mediciones y observaciones de los elementos estructurales como columnas cortas, columnas esbeltas, unión viga columna, tipos de mampostería, y otros rubros de interés.

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL		
Madera W_1	Pórtico hormigón armado C^1	Pórtico acero laminado S_1
Mampostería sin refuerzo URM	Pórtico H armado con muros estructurales C_2	Pórtico acero laminado con diagonales S_2
Mampostería reforzada RM	Pórtico H armado con mampostería confinada sin refuerzo C_3	Pórtico acero doblado en frío S_3 Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado S_4
Mixta acero-hormigón Mixta madera-hormigón MX	Hormigón armado prefabricado PC	Pórtico Acero con paredes mampostería S_5

Tabla 2. Tipologías estructurales

El método considera trece tipologías, mismas que son comunes en el Ecuador, se trata de un plan de vivienda social, donde el modelo estructural es seriado en dos variantes de uno y dos pisos, la tabla 3 muestra las tipologías más comunes usadas en Ecuador.

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre código (construido antes de 1977)o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8

Tabla 3, muestra modificadores de las tipologías más usadas

Resultados

La Fig. 2 muestra los refuerzos longitudinal y transversal de vigas y la calidad del concreto en diseño. Este modelo es en serie para viviendas construidas en Ciudad Victoria de una y dos plantas, la fig. 3, presenta el armado de columna y cimentación con losa de espesor 8,5 cm.

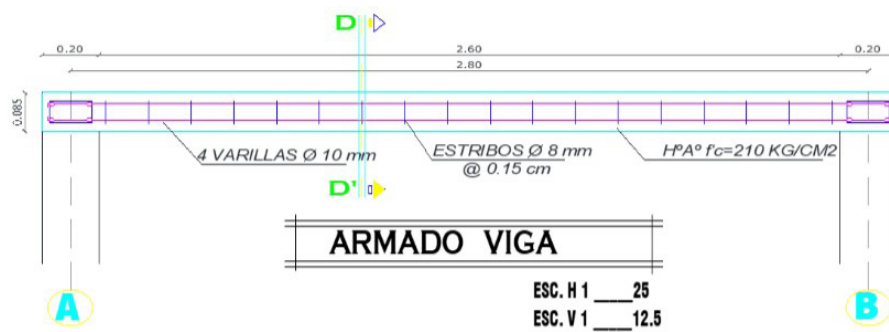


Fig. 2. Muestra el armado de las vigas.
Fuente: Plan de Vivienda Ciudad Victoria

El espesor de la losa es 8,5 cm (no cumple), el acero de refuerzo longitudinal es 10 mm (no cumple), el recubrimiento mínimo del acero longitudinal es 4 cm con barras de 12 mm y los espaciamiento entre varillas mayor a 25 mm, así el recubrimiento es 8 cm, no existe espacio para instalar las barras de refuerzo longitudinal, lo mismo para el refuerzo transversal, el (ACI 318S-05, 2004), afirma que el recubrimiento mínimo es 37,5 mm (no se cumple), la distancia mínima entre barras paralelas de una capa debe ser 1 db pero no menor a 25 mm, y no se cumple. No existen zonas de confinamiento..

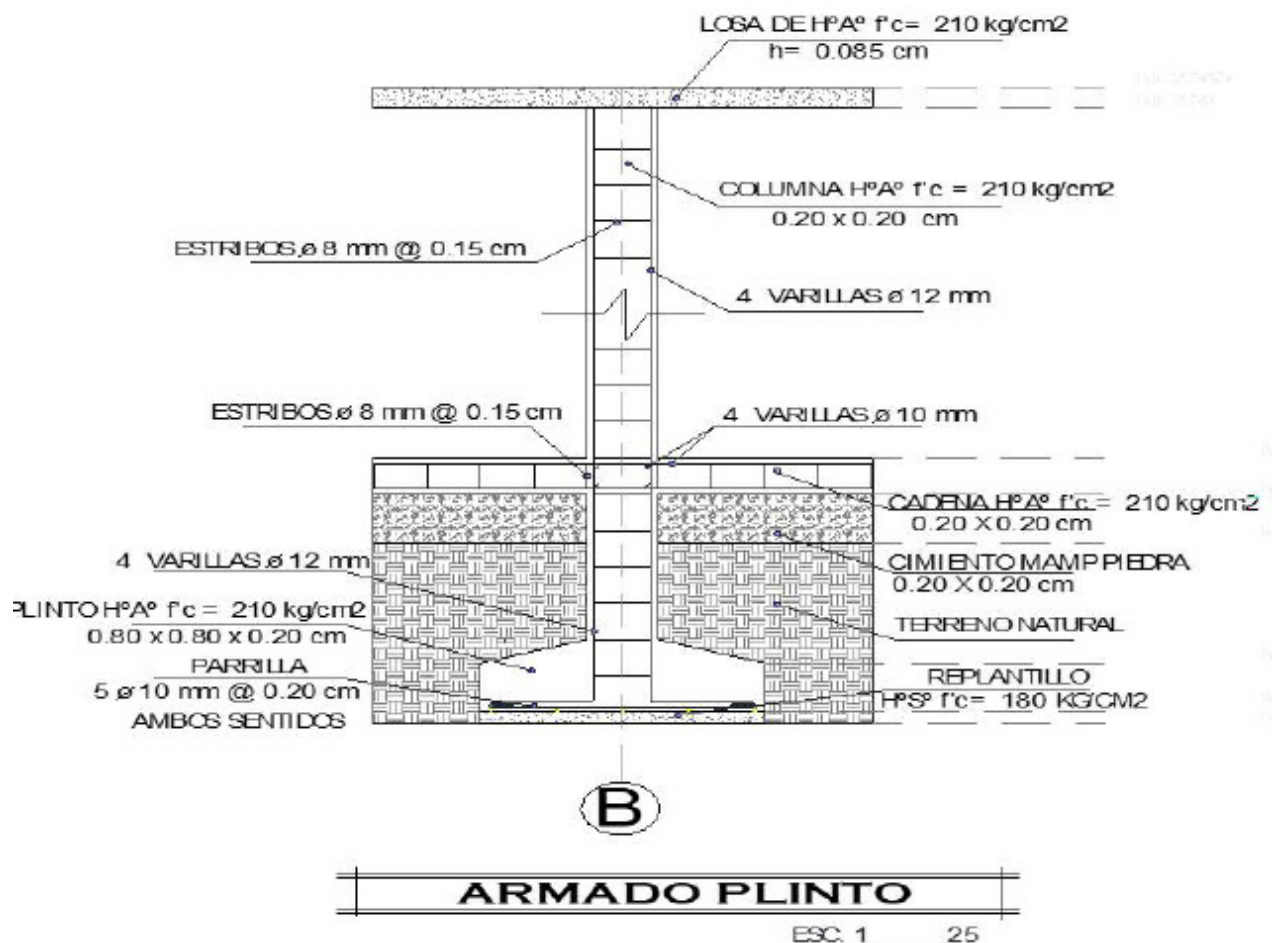


Fig. 3. Muestra el armado de las vigas
Fuente: Plan de Vivienda Ciudad Victoria

La Fig. 3 muestra el diseño de cimentación y columnas para Ciudad Victoria, se observa que no existe definición de zonas de confinamiento de refuerzo, las dimensiones de 0,80 m x 0,80 m para zapatas, no guarda relación con el tipo de suelo (C, D, E) se tiene viviendas hasta de 4 plantas en ampliación posterior. La hoya de Loja, no escapa al peligro sísmico, se tiene registros de la actividad sísmica preocupantes, la Fig. 4, muestra la actividad sísmica en la región. La Tabla 4. Muestra el tipo de suelo de cimentación de las viviendas de Ciudad Victoria.

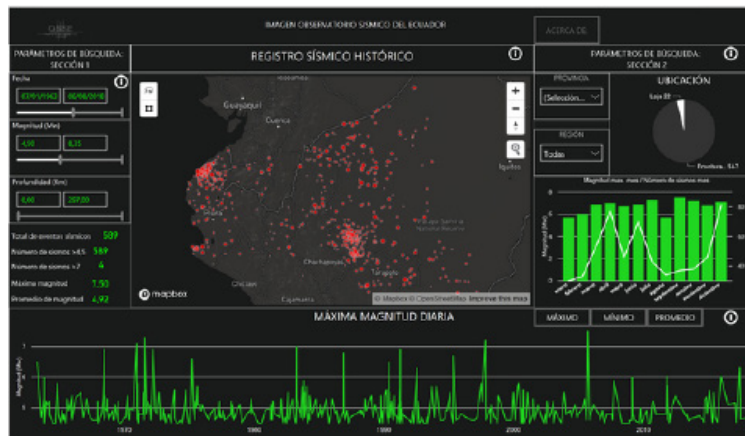


Figura 4, imagen del OBSE, Registro Sísmico
Fuente: Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica UTPL: VLEE-UTPL

Profundidad (m)	Cota o Nivel(m.s.n.m)	Nivel Freático	Perfil del suelo	Descripción	Muestra	Humedad (%)	límites			Granulometría			Nº Golpes SPT/m					SPT en función de la profundidad	Tipos de perfil		
							líquido	plástico	plasticidad	arena	finos	15	15	15	N	N ₆₀					
0	2214.7			Arcilla orgánica de alta plasticidad media, consistencia blanda, muy humada, color negro, código Munsell N 2.5/1	PMA																
1	2213.7				SPT/MA PMA	48%	87	21	66	7	6	87	CH	2	2	5	7	4		E	
2	2212.7			Arcilla inorgánica de alta plasticidad, consistencia blanda, muy húmedo, color marrón muy pálido, código Munsell 10YR7/3	SPT/MA	42%	77	27	50	0	7	93	CH	2	2	5	7	4		E	
					SPT/MA	26%	45	22	23	0	17	83	CL	11	21	24	45	28		D	
3	2211.7			Arcilla inorgánica de alta plasticidad media, consistencia dura, húmeda, color gris parduzco claro, código 2.5Y 6/2	SPT/MINC	28%	49	24	25	0	17	83	CL	10	15	23	38	27		D	
					SPT/MINC	34%	48	27	21	4	18	78	CL								
4	2210.7													19	36	R	R	35		C	
5	2209.7				SP									29	R	R	R	35		C	

Tabla 4. Muestra los tipos de suelo en el sector

Se presenta un ejemplo del método de evaluación estructural rápida en la Tabla 5. Donde se muestra el resultado del valor S (vulnerabilidad) Alta, Baja o Media.

Tabla 5. Ejemplo de aplicación de Evaluación Rápida de Vulnerabilidad Estructural.
Fuente: Plan de Acción DIPECHO-NEC 2015-2016
Utilidad: El autor, Evaluación de vulnerabilidad estructural rápida.

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES													
DATOS DE LA EDIFICACIÓN													
Dirección: Ciudad Alegría													
Nombre de la edificación: 737178													
Sitio de referencia: manzana 233													
Tipo de uso: vivienda							Fecha de evaluación : Agosto 2008						
Año de construcción: 2008							Año de remodelación:						
Área construida: 142 m ²							Número de pisos: 4						
DATOS DEL PROFESIONAL													
Nombre del evaluador: Bolívar Maza													
C.I. 1102295761													
Registro SENESCYT.													
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado					C1	Pórtico Acero Laminado					S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico. Armado con muros estructurales					C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales					S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo					C3	Pórtico Acero Doblado en frío					S3
Mixta acero – hormigón o mixta madera – hormigón	MX	H. Armado prefabricado					PC	Pórtico acero laminados con muros estructurales de hormigón armado					S4
PUNTAJES BASICOS, MODIFICACIONES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1		-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5			-0.5		-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1997) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1		-0.8		-0.2
Construcción en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (a partir del 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4			-0.4		-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6			-0.6		-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2			-1.2		-0.8
PUNTAJE FINAL, S													

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA			
S < 2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	1,4	
2.0 > 5 > 2.5	Media vulnerabilidad		
S > 2.5	Bajo vulnerabilidad		
OBSERVACIONES:			

El sector requiere que el comportamiento estructural de las viviendas responda al peligro sísmico. La Tabla 6 enseña en resumen la vulnerabilidad de evaluación rápida.

Tabla 6, Resumen de resultados de vulnerabilidad estructural

RESUMEN: EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL, 143 VIVIENDAS ANALIZADAS						
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad media	Viviendas abandonadas	Estado bueno	Estado peligro	Promedio Esclerometría vigas	Promedio Esclerometría columnas
69	74	37	74	69	19,18 MPa	19,85 MPa
	Peligro	Agrietamiento Progresivo y colapso	Habitadas			

Fuente: El autor

La estructura de las viviendas no tienen nudos estructurales fuertes, las vigas no son peraltadas, se han practicado ampliaciones horizontales y verticales no previstas estructuralmente. El 48,25% de la muestra analizada mantiene vulnerabilidad alta, 51,75% tiene vulnerabilidad media, 25,87% de las viviendas se encuentran abandonadas debido al manifiesto del riesgo progresivo, sumándole micro actividad en el concreto, las posibilidades del valor de esclerometría tienen relación directa con las patologías adquiridas en el tramo de la vida útil. Se evidencia la falta de diseño estructural sismo resistente en las viviendas, (Reinoso. E, 2012) concluye que “Nuestra conclusión principal es que el Reglamento de Construcciones es adecuado y moderno, pero existe poca ética profesional e impunidad en su aplicación.” La evaluación practicada se vincula a la configuración estructural en función de la altura, tipo de materiales, cumplimiento de normas y la parte de amenaza sísmica no se considera, y se encuentra el incumplimiento de la NEC. (Valbuena P., S.G., García-Ubaque, C.A. y Granados S., M.A., 2017). Afirman que los procesos de urbanización en las últimas seis décadas se han incrementado, en los tugurios asciende a más del 50% el número de habitantes y se asientan en zonas de riesgo no mitigable, está realidad no es ajena en la ciudad de Loja. Gama. G., Juárez. H., Arroyo. R., (2012), sostiene que el propósito debe ser mejorar la normativa de las construcciones, para mitigar y prevenir los efectos en las construcciones. Este trabajo mantiene la filosofía de la prevención, así atenuar y mitigar la pérdida de vidas humanas y materiales.

Conclusiones


- 69 viviendas de 143 evaluadas tienen alta vulnerabilidad, equivale a 48,25%, y 51,75% vulnerabilidad media, lo que es lo mismo se tiene vulnerabilidad total, esto es preocupante ya que la tendencia es vulnerabilidad alta.
- Las grietas y colapsos de viviendas se deben al tipo de suelo abonado por la humedad, además las dimensiones de las zapatas de cimentación en suelos de alta plasticidad dejan la duda de asentamientos y desplazamientos.

- Considerando que los diseños y construcción son en serie, la vulnerabilidad no es diversa y se centra en dos formas, vulnerabilidad media y alta, en los resultados no se tiene vulnerabilidad baja.
- La valoración por código es 1,4 considerando la construcción después del 2001, y asumiendo que se aplicó la normativa NEC, más las figuras 2 y 3 dicen lo contrario.
- La valoración de f' mediante esclerometría, debe ser comparada con el método de extracción de núcleos (ensayo destructivo).
- La falta de mantenimiento es otro factor fundamental que incrementa la vulnerabilidad general de las edificaciones.
- Los Habitantes de Ciudad Victoria no están preparados para enfrentar un sismo mayor a 7Mw.

Referencias Bibliográficas

- NEC-SE-DS, 2015, Quito –Ecuador.
- Rochel, R., Análisis y diseño sísmico de edificios, Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012, 388 p, Medellín-Colombia
- Aguiar, R, Palacios, J., García, L., Menéndez Edgar. (2017).
SEISMIC REINFORCEMENT OF BUILDING BANCO CENTRAL DE MANTA. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, Vol. 22, 4, 479-501 (2017)
- Carcaño, R. S., Moreno, E., Torres, F. J., & Pérez, V. R. (2008). EVALUACIÓN DE DAÑOS POR AGRESIÓN AMBIENTAL EN VIVIENDAS DE CONCRETO REFORZADO. Ingeniería, 18(1/2), 45-55
- Plan de Acción DIPECHO-NEC 2015-2016, ECHO/-SM/BUD/2015/91020, ISBN.9942-951-49, Primera edición, Quito, septiembre 2016
- (ACI 318S-05, 2004), Requisitos de reglamento para Concreto Estructural y Comentario
- Reinoso Eduardo, (2012), EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE MÉXICO, Instituto de Ingeniería UNAM.
- Valbuena Porras, S. G., Augusto García-Ubaque, C., & Granados Soler, M. A. (2017). Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos. Tecnura, 21(52), 79-87. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a06
- Gama. G., Juárez. H., Arroyo. R., (2012), AVANCES RECIENTES EN LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES TÍPICAS, XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco, Guerrero, 2012

CURRÍCULUM DE LOS AUTORES

	<p>1 Bolívar Hernán Maza. Loja - Ecuador Ing. Civil, graduado en la UTPL-Ecuador, Magíster en Construcción Civil y Desarrollo Sustentable por la UNL – Ecuador y la CUJAE- Cuba. Docente Investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja, Publicaciones: actualización del laboratorio virtual de ingeniería sísmica (VLEE), Miembro de la Sociedad Sudamericana de Ingeniería Estructural (ASAE), Temas de interés, Vivienda de Interés social Sismo Resistente, Seguridad Sísmica y Sismología.</p>
---	--