



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2660>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

Evaluation of the structural vulnerability of buildings in construction stages

Avaliação da vulnerabilidade estrutural de edifícios em fase de construção

Jaime Enrique López-Olson ^I
jelopez01@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5135-1172>

Freddy Fernando Cañizares-Ortega ^{II}
fer.canizares.ortega@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3070-8734>

Correspondencia: jelopez01@est.ucacue.edu.ec

***Recibido:** 27 de febrero del 2022 ***Aceptado:** 24 de marzo de 2022 ***Publicado:** 04 de abril de 2022

- I. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Sismo Resistentes, Unidad Académica de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca, Azuay, Ecuador.
- II. Profesor de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Sismo Resistentes, Unidad Académica de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca, Azuay, Ecuador.

Resumen

En la presente investigación se presenta la evaluación de vulnerabilidad estructural en procesos de construcción en una edificación de hormigón armado de dos o tres sótanos construido en la ciudad de Cuenca, se determina el nivel de desempeño de cada una de las estructuras modeladas dentro del proceso ejecutado, Para determinar el nivel de desempeño se aplicó el método MEC (Método de Espectro de Capacidad), este incorpora el espectro de capacidad y demanda sísmica, y el Método de coeficientes, en este se modifica el amortiguamiento, ductilidad hasta que la curva de demanda interseque la del espectro de diseño. En la estructura completa se aplicó los dos métodos y se demostró que ambos métodos presentan similares resultados con diferencias mínimas, donde se aplicó el método MEC para cada uno de los bloques. El espectro de capacidad se construye a partir de la curva de capacidad estructural de cada estructura la cual se obtiene mediante un análisis estático no lineal pushover. Para el análisis pushover se obtienen sus patrones de carga y se aplica un pushover en X y Y. Los espectros de demanda sísmica considerados se obtienen según movimientos sísmicos de diseño establecidos ATC y FEMA. Finalmente, el nivel de desempeño varía de acuerdo a como se ejecuta el proceso de construcción para este tipo de edificaciones.

Palabras clave: Vulnerabilidad; Nivel de Desempeño; Bloques; Proceso de Construcción.

Abstract

In the present investigation, the evaluation of structural vulnerability in construction processes is presented in a reinforced concrete building with two or three basements built in the city of Cuenca, the level of performance of each of the structures modeled within the executed process is determined. , To determine the level of performance, the MEC method (Capacity Spectrum Method) was applied, this superimposes the spectrum of capacity and seismic demand, and the Method of coefficients, in which the damping, ductility is modified until the demand curve intersect that of the design spectrum. In the complete structure, the two methods were applied and it was shown that both methods present similar results with minimal differences, where the MEC method was applied for each of the blocks. The capacity spectrum is constructed from the structural capacity curve of each structure, which is obtained through a nonlinear static pushover analysis. For the pushover analysis, their load patterns are obtained and a pushover is applied in X and Y. The seismic demand spectra considered are obtained according to established ATC and FEMA design seismic movements. Finally, the level of performance varies according to how the construction process is carried out for this type of building.

Key words: Vulnerability; Performance Level; Blocks; Construction Process.

Resumo

Na presente investigação, apresenta-se a avaliação da vulnerabilidade estrutural em processos construtivos em um edifício de concreto armado com dois ou três subsolos construído na cidade de Cuenca, determina-se o nível de desempenho de cada uma das estruturas modeladas dentro do processo executado. , Para determinar o nível de desempenho, aplicou-se o método MEC (Capacity Spectrum Method), que sobrepõe o espectro de capacidade e demanda sísmica, e o Método dos coeficientes, no qual o amortecimento, ductilidade é modificado até que a curva de demanda intercepte a do espectro de projeto. Na estrutura completa, os dois métodos foram aplicados e foi demonstrado que ambos os métodos apresentam resultados semelhantes com diferenças mínimas, onde o método MEC foi aplicado para cada um dos blocos. O espectro de capacidade é construído a partir da curva de capacidade estrutural de cada estrutura, que é obtida através de uma análise pushover estática não linear. Para a análise de pushover, seus padrões de carga são obtidos e um pushover é aplicado em X e Y. Os espectros de demanda sísmica considerados são obtidos de acordo com movimentos sísmicos de projeto ATC e FEMA estabelecidos. Por fim, o nível de desempenho varia de acordo com a forma como o processo construtivo é realizado para esse tipo de edifício.

Palavras chave: Vulnerabilidade; Nível de Desempenho; Blocos; Processo Construtivo.

Introducción

Esta investigación presenta la evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras en etapas de construcción, en esta se recoge la información del seguimiento de la edificación en estudio desde el inicio de su ejecución hasta su final, determinando parámetros para este tipo de edificaciones en la Ciudad de Cuenca con dos o tres sótanos, se evidencia la construcción por bloques o etapas, modelando cada uno de estos bloques, representando estos procesos dentro del programa y determinando el comportamiento y el estado estructural de cada bloque, determinando algunos aspectos destacables de estos procesos.

A partir del estudio y discusión en la elaboración de esta investigación se ha logrado desarrollar una metodología de trabajo que puede ser aplicada a cualquier estructura con características similares.

Antecedentes

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

La ciudad de Cuenca, ubicada en la provincia del Azuay, esta ciudad se encuentra a 2530 m.s.n.m. con una superficie aproximada de 15000 hectáreas, debido al seguimiento de las estructuras en seguimiento de dos o tres subsuelos se presenta similares características de los suelos, ocasionando el sistema analizado en la investigación, e identificando la vulnerabilidad a la que se presenta en sus etapas.

Análisis sísmico

El análisis sísmico, se ejecutó mediante el software ETABS y considerando la normativa vigente en nuestro país, es decir, aplicando NEC.

Las combinaciones de carga consideradas en el análisis del edificio, corresponden a las de un análisis dinámico de superposición modal espectral, establecidos en la norma NEC (2010), en donde la torsión accidental se considera desplazando la ubicación del centro de masa en un 5%, para cada una de las direcciones de análisis. Los estados de cargas considerados e ingresados al software ETABS se señalan en la Tabla 1.

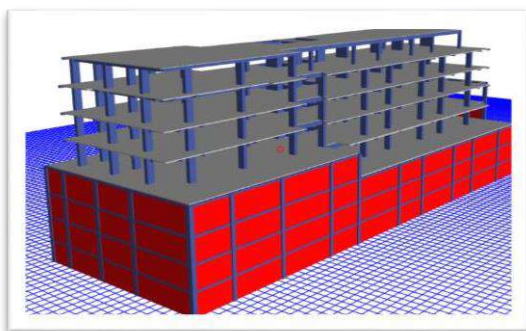


Ilustración 1 Estructura Completa (Frontal)

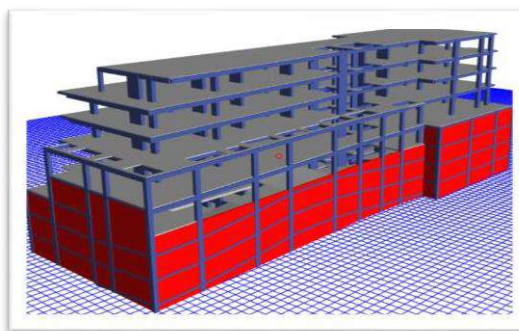


Ilustración 2 Estructura Completa (Posterior)

Tabla 1 Combinaciones de Carga Ingresadas en el Software ETABS

Nombre entrada Etabs	Estados de Carga Según NEC-SE-CG	Nombre entrada Etabs	Estados de Carga Según NEC-SE-CG
Com1	1.4 D	Com5	1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
Com2	1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[Lr ; S ; R]	Com6	0.9 D + 1.0 W
Com3	1.2 D + 1.6 max[Lr ; S ; R] + max[L ; 0.5W]	Com7	0.9 D + 1.0 E
Com4	1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[Lr ; S ; R]		

Bloque 1

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

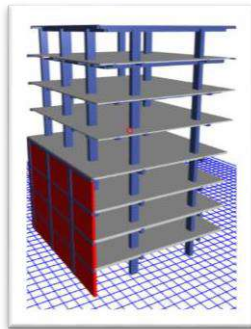


Ilustración 3 Bloque 1-1

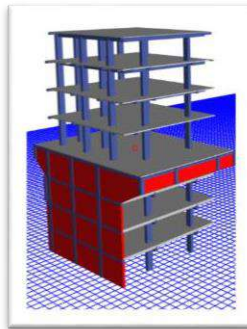


Ilustración 4 Bloque 1-2

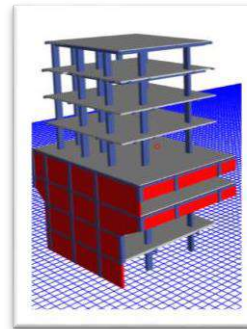


Ilustración 4 Bloque 1-3

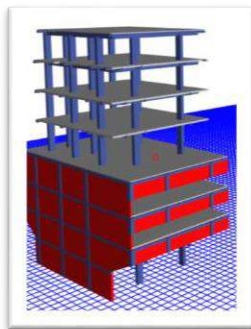


Ilustración 5 Bloque 1-4

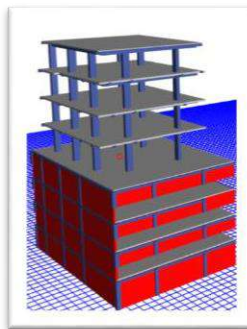


Ilustración 6 Bloque 1-5

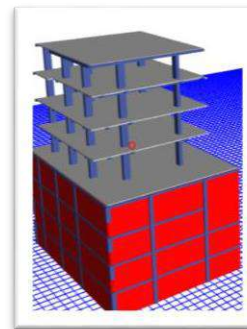


Ilustración 7 Bloque 1-6

Bloque 2

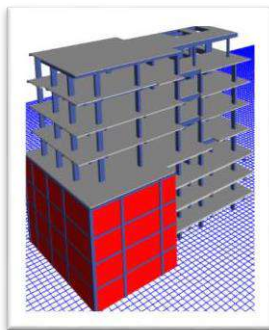


Ilustración 8 Bloque 2-1(F)

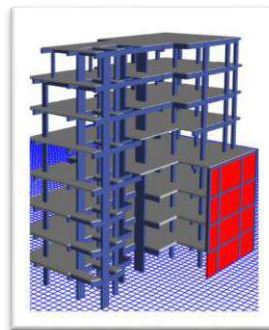


Ilustración 9 Bloque 2-1(P)

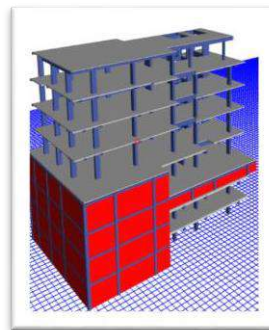


Ilustración 10 Bloque 2-2(F)

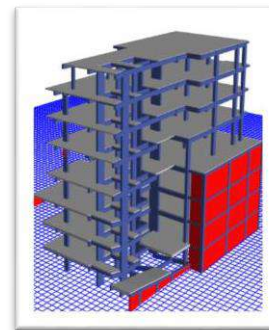


Ilustración 11 Bloque 2-2(P)

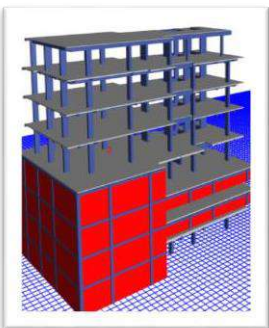


Ilustración 12 Bloque 2-3(F)

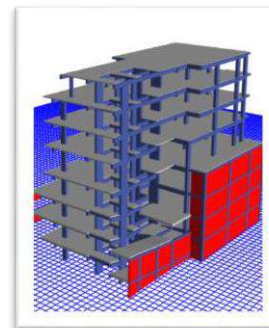


Ilustración 13 Bloque 2-3(P)

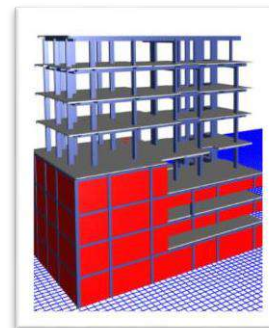


Ilustración 14 Bloque 2-4(F)

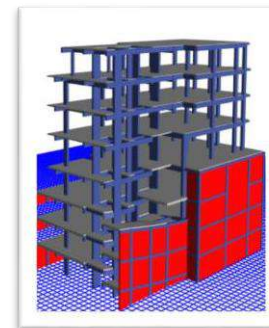


Ilustración 15 Bloque 2-4(P)

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

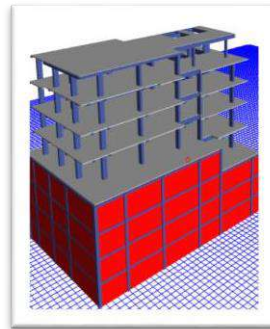


Ilustración 16 Bloque 2-5(F)

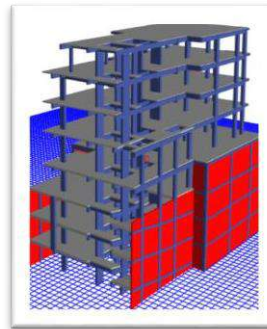


Ilustración 17 Bloque 2-5(P)

Bloque 3

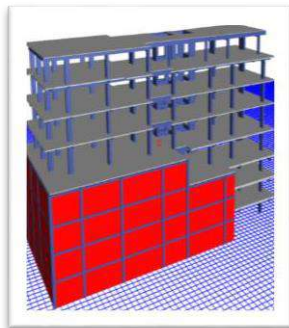


Ilustración 18 Bloque 3-1(F)

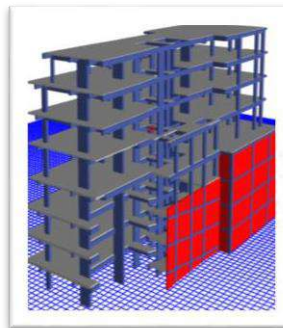


Ilustración 19 Bloque 3-1(P)

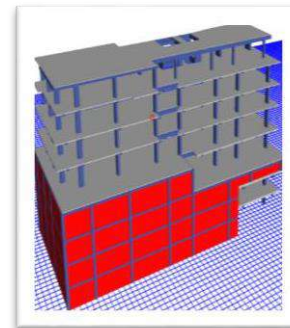


Ilustración 20 Bloque 3-2(F)

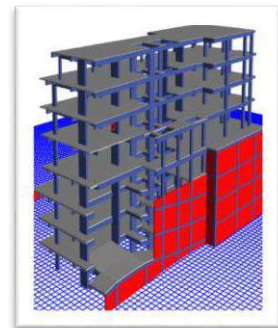


Ilustración 21 Bloque 3-2(P)

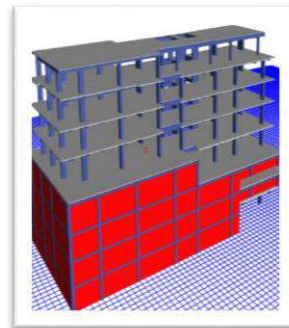


Ilustración 22 Bloque 3-3(F)

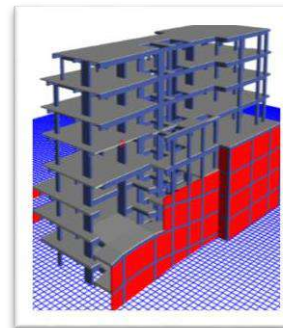


Ilustración 23 Bloque 3-3(P)

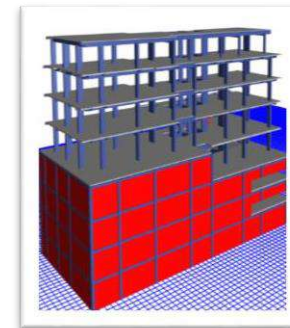


Ilustración 24 Bloque 3-4(F)

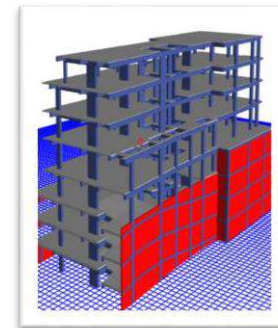


Ilustración 25 Bloque 3-4(P)

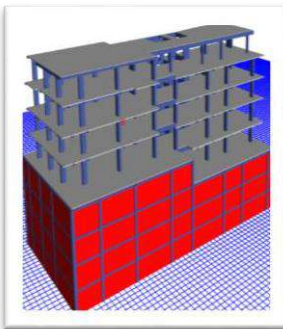


Ilustración 26 Bloque 3-5(F)

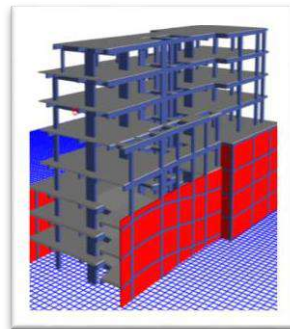


Ilustración 27 Bloque 3-5(P)

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

Bloque 4

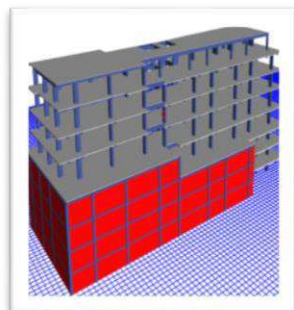


Ilustración 28 Bloque 4-1(F)

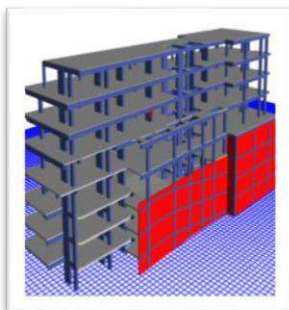


Ilustración 29 Bloque 4-1(P)

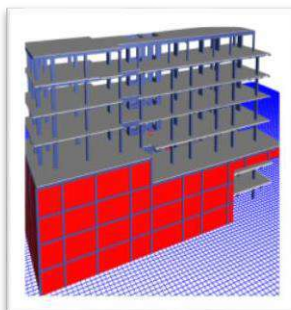


Ilustración 30 Bloque 4-2(F)

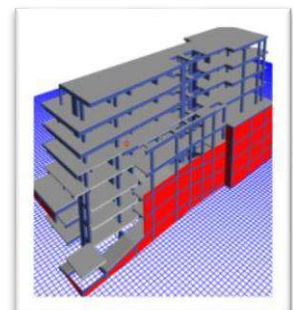


Ilustración 31 Bloque 4-2(P)

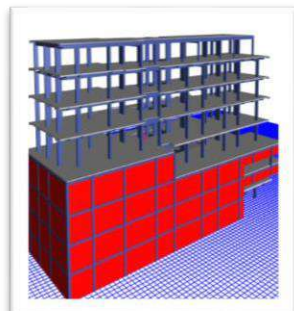


Ilustración 32 Bloque 4-3(F)

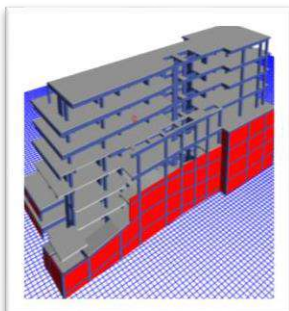


Ilustración 33 Bloque 4-3(P)

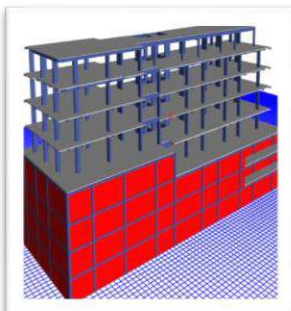


Ilustración 34 Bloque 4-4(F)

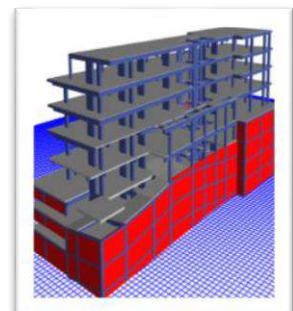


Ilustración 35 Bloque 4-4(P)

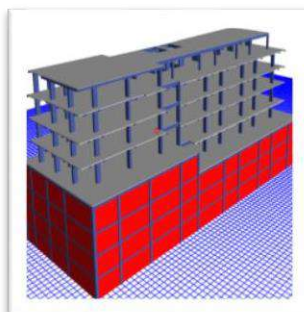


Ilustración 36 Bloque 3-5(F)

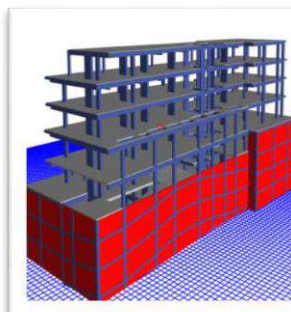


Ilustración 37 Bloque 3-5(P)

En la tabla 2 se muestran los resultados de periodos de cada uno de los bloques con sus procesos realizados.

Tabla 2 Periodo de estructura completa y en cada proceso.

Estructura Completa	Bloque 1						Bloque 2					Bloque 3					Bloque 4					
	B1-1	B1-2	B1-3	B1-4	B1-5	B1-6	B2-1	B2-2	B2-3	B2-4	B2-5	B3-1	B3-2	B3-3	B3-4	B3-5	B4-1	B4-2	B4-3	B4-4	B4-5	
Modo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	
1	0.677	1.336	0.957	1.174	1.115	0.983	0.793	0.741	0.717	0.715	0.692	0.69	0.695	0.695	0.694	0.692	0.691	0.718	0.718	0.714	0.7	0.687
2	0.652	0.892	0.798	0.844	0.832	0.774	0.648	0.691	0.69	0.69	0.665	0.606	0.668	0.668	0.668	0.662	0.661	0.692	0.692	0.692	0.692	0.671
3	0.499	0.595	0.558	0.583	0.578	0.56	0.499	0.625	0.606	0.606	0.58	0.205	0.597	0.596	0.596	0.586	0.585	0.624	0.624	0.623	0.618	0.589
4	0.192	0.432	0.333	0.477	0.475	0.389	0.231	0.212	0.206	0.205	0.2	0.2	0.201	0.202	0.202	0.206	0.204	0.217	0.218	0.216	0.197	0.193
5	0.175	0.302	0.239	0.323	0.322	0.278	0.189	0.199	0.2	0.2	0.187	0.161	0.182	0.182	0.182	0.183	0.182	0.192	0.192	0.192	0.191	0.18
6	0.135	0.236	0.191	0.231	0.24	0.219	0.139	0.165	0.162	0.161	0.16	0.121	0.166	0.166	0.166	0.168	0.169	0.169	0.169	0.169	0.165	0.156
7	0.092	0.188	0.172	0.188	0.19	0.181	0.117	0.121	0.121	0.121	0.116	0.098	0.107	0.108	0.109	0.112	0.111	0.114	0.115	0.115	0.103	0.093
8	0.092	0.146	0.141	0.145	0.153	0.139	0.098	0.098	0.098	0.098	0.097	0.084	0.086	0.086	0.086	0.086	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
9	0.085	0.136	0.105	0.14	0.145	0.13	0.091	0.088	0.084	0.084	0.076	0.07	0.079	0.079	0.079	0.08	0.08	0.079	0.079	0.08	0.078	0.085
10	0.076	0.101	0.102	0.107	0.107	0.102	0.074	0.069	0.069	0.07	0.074	0.064	0.073	0.073	0.073	0.072	0.073	0.072	0.073	0.073	0.073	0.076
11	0.072	0.095	0.084	0.1	0.101	0.093	0.063	0.064	0.064	0.064	0.069	0.058	0.069	0.069	0.069	0.064	0.064	0.067	0.067	0.067	0.066	0.075
12	0.065	0.083	0.073	0.087	0.088	0.081	0.062	0.058	0.058	0.058	0.066	0.088	0.064	0.065	0.064	0.063	0.066	0.066	0.066	0.066	0.064	0.072

Demanda Sísmica y Desempeño

En la ingeniería sísmica basada en el desempeño estructural, existen tres conceptos importantes que se tienen que tomar en cuenta: niveles de desempeño, demanda sísmica y objetivos de desempeño.

Niveles de Desempeño

Los niveles de desempeño consideran principalmente los siguientes aspectos:

- Daños físicos en los elementos estructurales y no estructurales,
- Riesgos a los que se encuentran expuestos los ocupantes de la estructura o edificio en evaluación
- Funcionalidad, es decir, si los servicios básicos siguen o no operativos.

La ingeniería basada en el desempeño establece como referencia cuatro niveles de desempeño (SEAOC, 1995):

- Totalmente operacional: daño estructural y no estructural despreciable o nulo.
- Operacional: agrietamientos en elementos estructurales. Daño leve.
- Seguridad de vida: daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional.
- Pre-colapso: daños severos en elementos estructurales. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.

Demanda sísmica

Para esta investigación se consideran los 4 niveles de demanda sísmica, espectros de acuerdo al nivel de demanda sísmica. En la Figura 8 se comparan espectros de demanda según las formas consideradas para sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro.

Tabla 3 Niveles de demanda sísmica.

Movimiento Sísmico de diseño	Periodo de retorno, años	Probabilidad de excedencia, %	Nivel de demanda sísmica
Frecuente	43	50 en 30 años	$S_a = \frac{f_{min} S_{A0} \alpha}{(R^*/I)}$
Ocasional	72	50 en 50 años	$S_a = 1.4 \frac{f_{min} S_{A0} \alpha}{(R^*/I)}$
Raro	475	10 en 50 años	$S_a = S_{A0} \alpha I$
Muy Raro	2500	10 en 100 años	$S_a = 1.2 S_{A0} \alpha I$

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

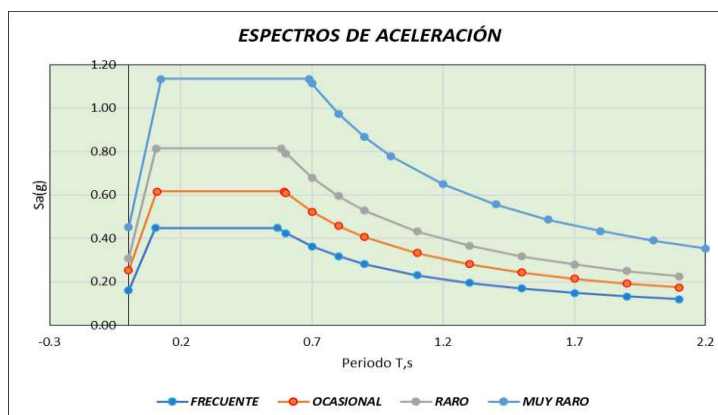


Figura 1 Espectros de Aceleración

Objetivos de Desempeño

Se definen como una expresión del grado deseado de daño (nivel de desempeño) ante una intensidad de sismo (nivel de demanda sísmica). Se propone objetivos múltiples mínimos de desempeño, en lo que denomina matriz de objetivos de diseño (Tabla 4), para diferentes tipos de estructuras clasificadas según sus implicancias en la seguridad poblacional.

Tabla 4 Matriz de Objetivos de diseño

Nivel de demanda sísmica	Nivel de desempeño sísmico			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Pre colapso
Frecuente	OB	X	X	X
Ocasional	OEP	OB	X	X
Raro	OSC	OEP	OB	X
Muy raro	-	OSC	OEP	OB

OB: Objetivo Básico: edificio habitacional y de oficinas, X: objetivo inaceptable

OEP: Objetivo Esencial y Peligroso: edificios esenciales (hospital, policía) e instalaciones peligrosas

OSC: Objetivo de Seguridad Crítica: edificios con elementos tóxicos, explosivos, radiactivos, etc.

Tabla 5 Valores de desplazamiento objetivo máximo para niveles de desempeño

Nivel de desempeño	Desplazamiento objetivo D_t/H , %
Totalmente Operacional	≤ 0.2
Operacional	≤ 0.5
Seguridad de Vida	≤ 1.5
Pre Colapso	≤ 2.5
Colapso	> 2.5

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

Resultados

En la grafico 1 y 2 se encuentra la representación bilineal de la curva de capacidad, en función del ASCE 41-13.

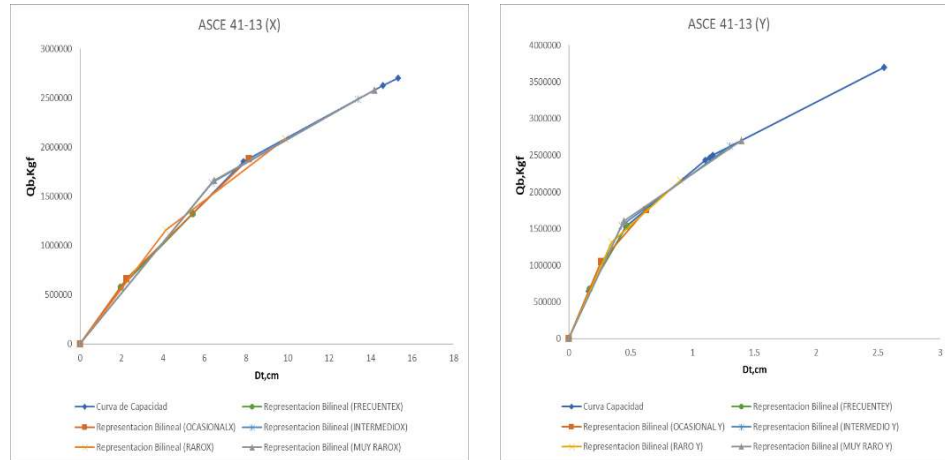


Gráfico 1-2 Representación Bilineal, Método de Espectros en X-Y respectivamente.

En los gráficos del 3 al 10 se indica el desempeño de la estructura de cada uno de los bloques y sub-bloques modelados en base al proceso.

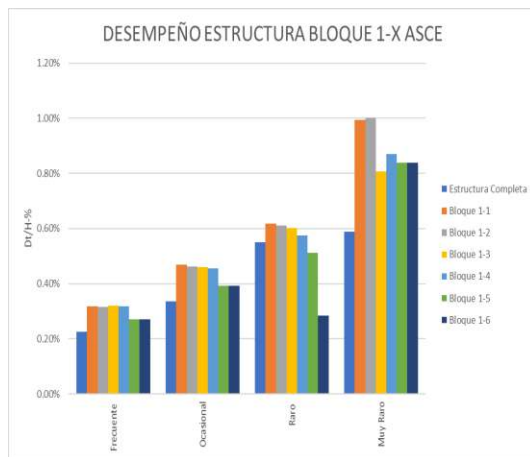


Gráfico 3 Desempeño Bloque 1-X

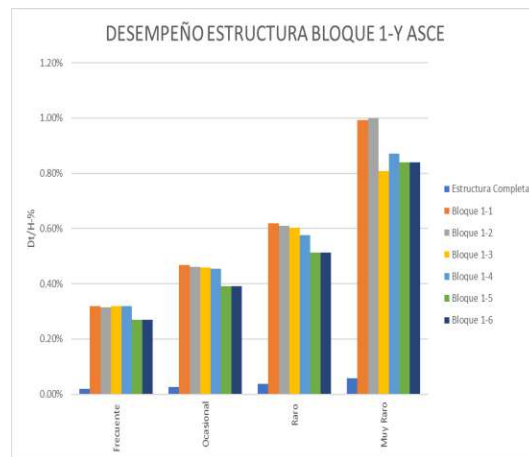


Gráfico 4 Desempeño Bloque 1-Y

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

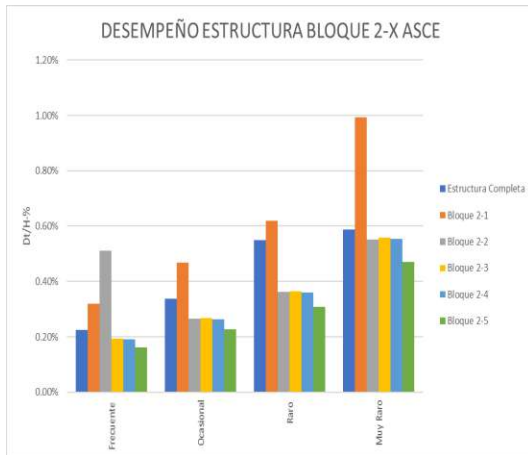


Gráfico 5 Desempeño Bloque 2-X

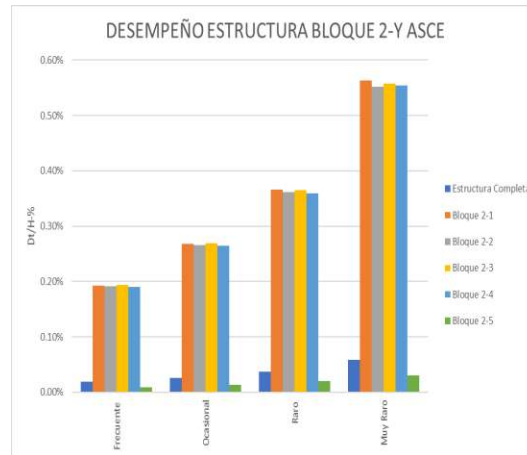


Gráfico 6 Desempeño Bloque 2-Y

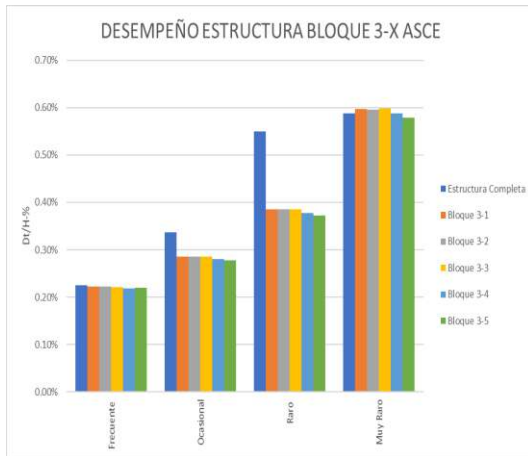


Gráfico 7 Desempeño Bloque 3-X

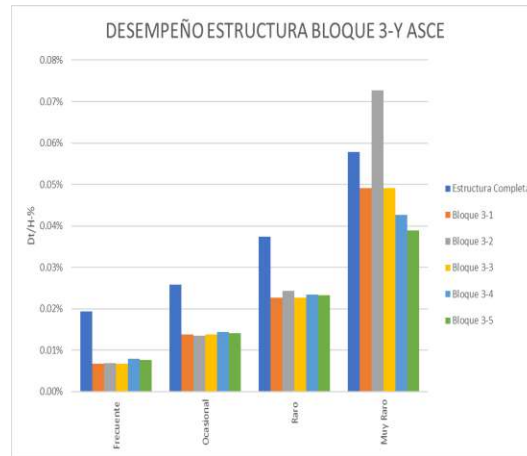


Gráfico 8 Desempeño Bloque 3-Y

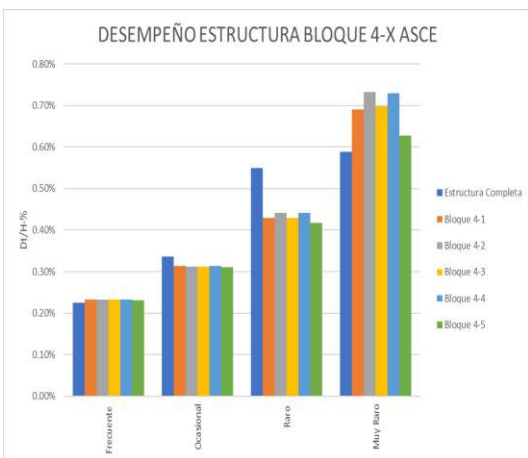


Gráfico 9 Desempeño Bloque 4-X

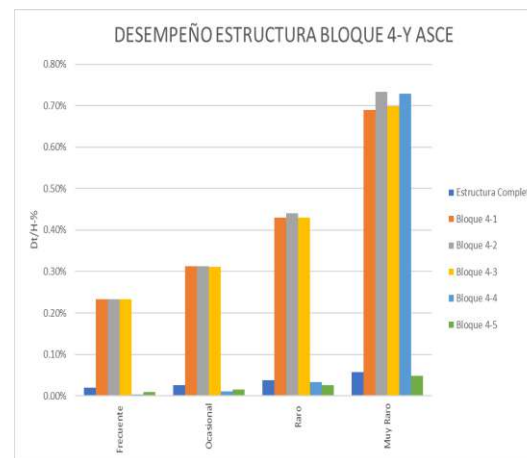


Gráfico 10 Desempeño Bloque 4-Y

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

En los gráficos del 10 al 58 representa desplazamientos objetivos, comparación de drift entre pisos, en cada proceso identificado.

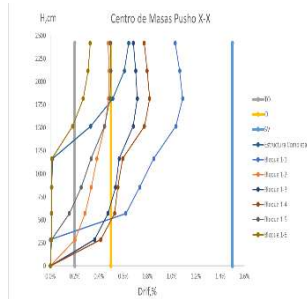


Gráfico 11 Bloq-1 Desplazamiento-CM Pusho X-X

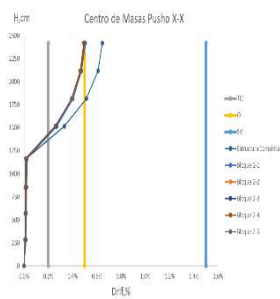


Gráfico 12 Bloq-2 Desplazamiento -CM Pusho X-X

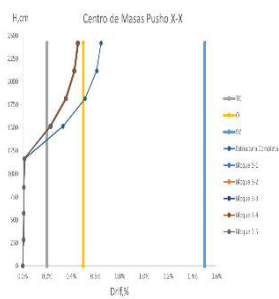


Gráfico 13 Bloq-3 Desplazamiento -CM Pusho X-X

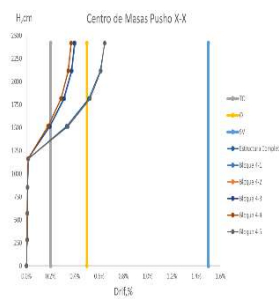


Gráfico 14 Bloq-4 Desplazamiento -CM Pusho X-X

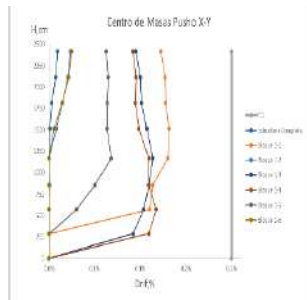


Gráfico 15 Bloq-1 Desplazamiento-CM Pusho X-Y

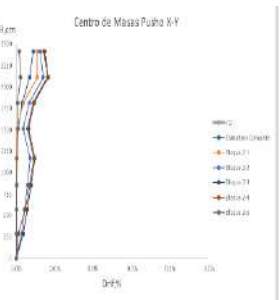


Gráfico 16 Bloq-2 Desplazamiento -CM Pusho X-Y

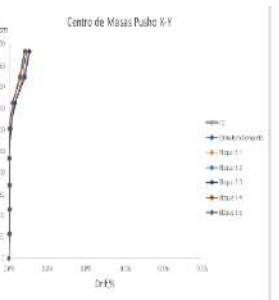


Gráfico 17 Bloq-3 Desplazamiento -CM Pusho X-Y

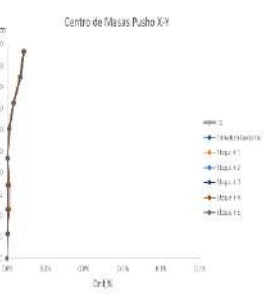


Gráfico 18 Bloq-4 Desplazamiento -CM Pusho X-Y

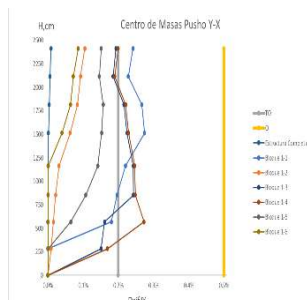


Gráfico 19 Bloq-1 Desplazamiento-CM Pusho Y-X

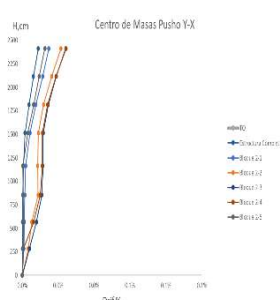


Gráfico 20 Bloq-2 Desplazamiento -CM Pusho Y-X

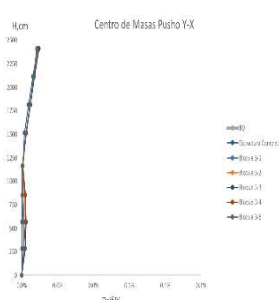


Gráfico 21 Bloq-3 Desplazamiento -CM Pusho Y-X

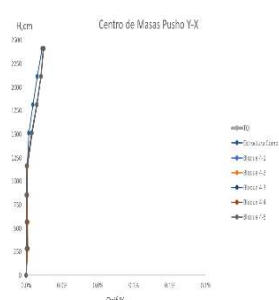


Gráfico 22 Bloq-4 Desplazamiento -CM Pusho Y-X

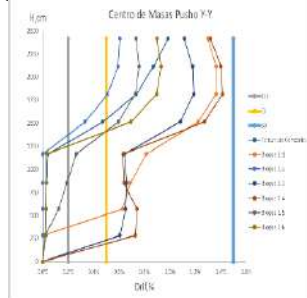


Gráfico 23 Bloq-1 Desplazamiento-CM Pusho Y-Y

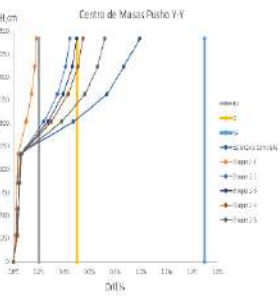


Gráfico 24 Bloq-2 Desplazamiento -CM Pusho Y-Y

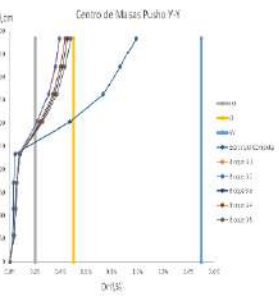


Gráfico 25 Bloq-3 Desplazamiento -CM Pusho Y-Y

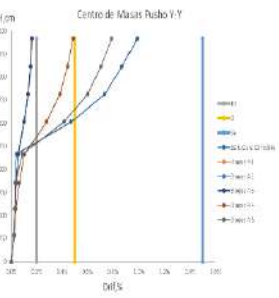


Gráfico 26 Bloq-4 Desplazamiento -CM Pusho Y-Y

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

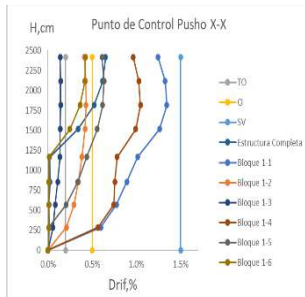


Gráfico 27 Bloq-1 Desplazamiento-PC Pusho X-X

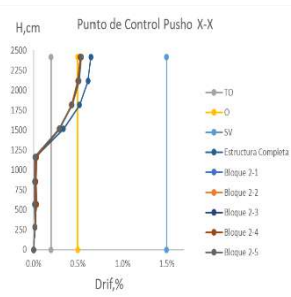


Gráfico 28 Bloq-2 Desplazamiento - PC Pusho X-X

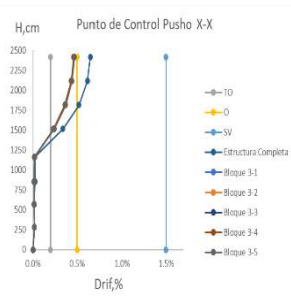


Gráfico 29 Bloq-3 Desplazamiento - PC Pusho X-X

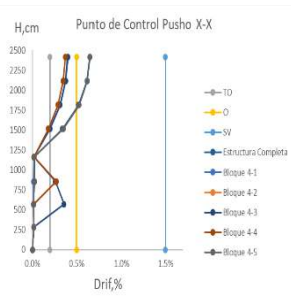


Gráfico 30 Bloq-4 Desplazamiento - PC Pusho X-X

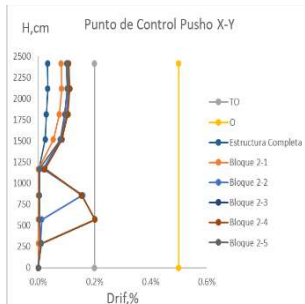


Gráfico 31 Bloq-1 Desplazamiento-PC Pusho X-Y

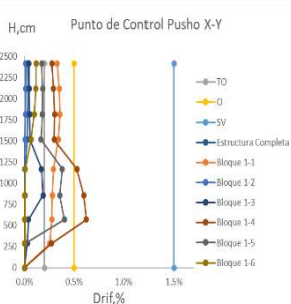


Gráfico 32 Bloq-2 Desplazamiento - PC Pusho X-Y

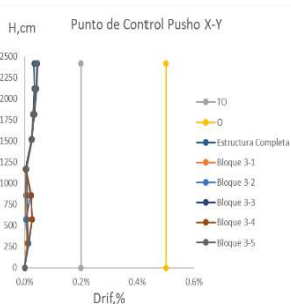


Gráfico 33 Bloq-3 Desplazamiento - PC Pusho X-Y

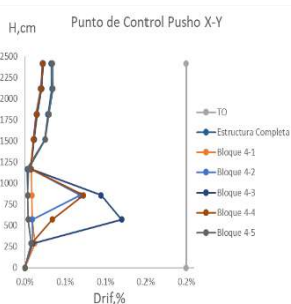


Gráfico 34 Bloq-4 Desplazamiento - PC Pusho X-Y

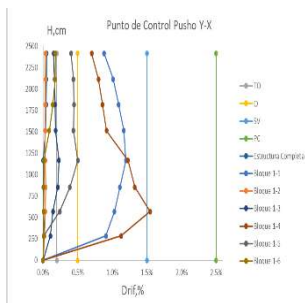


Gráfico 31 Bloq-1 Desplazamiento-PC Pusho Y-X

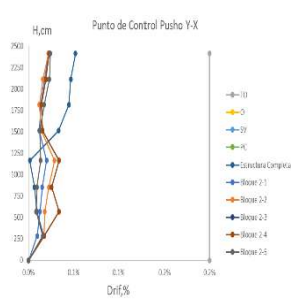


Gráfico 32 Bloq-2 Desplazamiento - PC Pusho Y-X

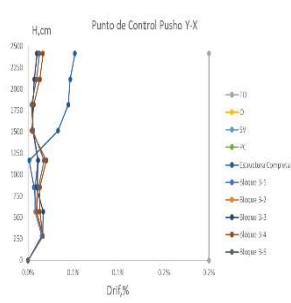


Gráfico 33 Bloq-3 Desplazamiento - PC Pusho Y-X

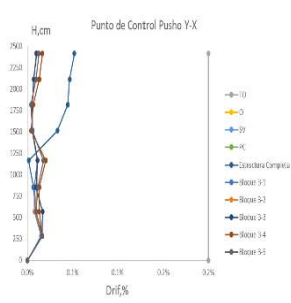


Gráfico 34 Bloq-4 Desplazamiento - PC Pusho Y-X

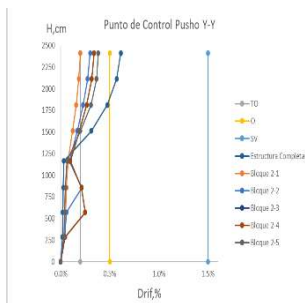


Gráfico 35 Bloq-1 Desplazamiento-PC Pusho Y-Y

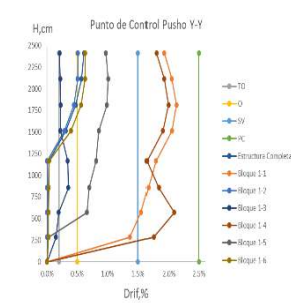


Gráfico 36 Bloq-2 Desplazamiento - PC Pusho Y-Y

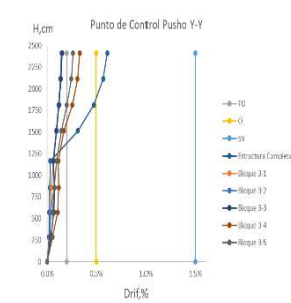


Gráfico 37 Bloq-3 Desplazamiento - PC Pusho Y-Y

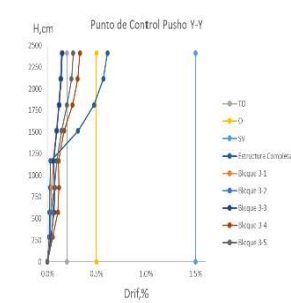


Gráfico 38 Bloq-4 Desplazamiento - PC Pusho Y-Y

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

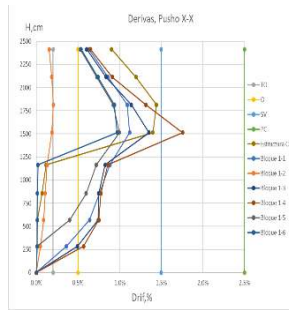


Gráfico 39 Bloq-1 Deriva-PC PushoX-X

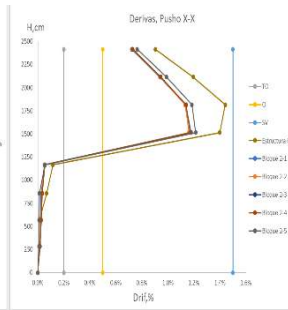


Gráfico 40 Bloq-2 Deriva - PC PushoX-X

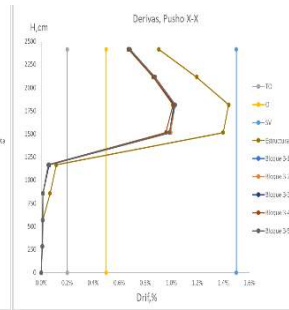


Gráfico 41 Bloq 3- Deriva - PC PushoX-X

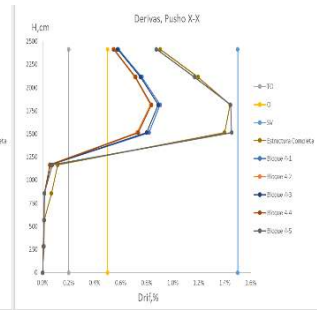


Gráfico 42 Bloq-4 Deriva - PC PushoX-X

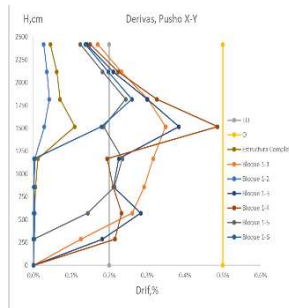


Gráfico 43 Bloq-1 Deriva-PC PushoX-Y

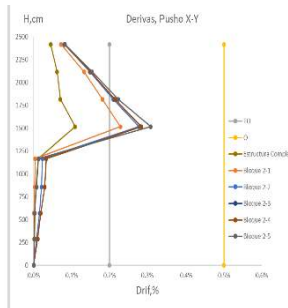


Gráfico 44 Bloq-2 Deriva - PC PushoX-Y

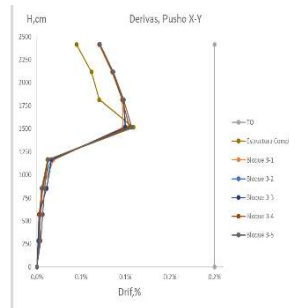


Gráfico 45 Bloq 3- Deriva - PC PushoX-Y

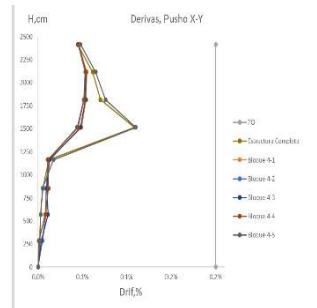


Gráfico 46 Bloq-4 Deriva - PC PushoX-Y

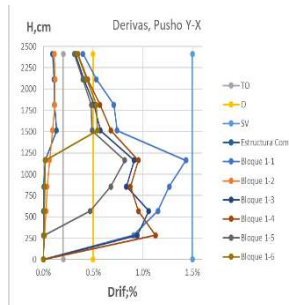


Gráfico 47 Bloq-1 Deriva-PC PushoY-X

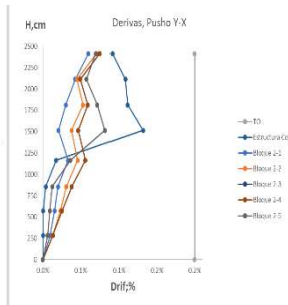


Gráfico 48 Bloq-2 Deriva - PC PushoY-X

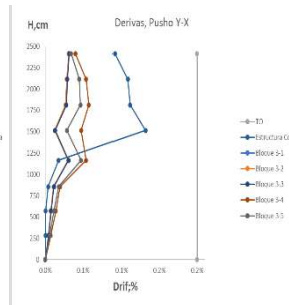


Gráfico 49 Bloq 3- Deriva - PC PushoY-X

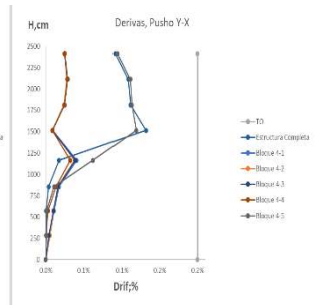


Gráfico 50 Bloq-4 Deriva - PC PushoY-X

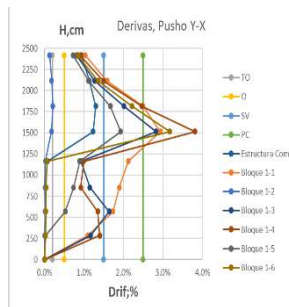


Gráfico 51 Bloq-1 Deriva-PC PushoY-Y

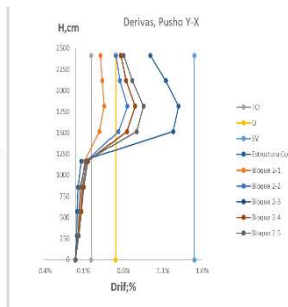


Gráfico 52 Bloq-2 Deriva - PC PushoY-Y

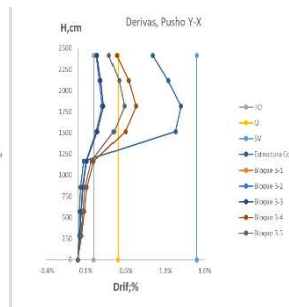


Gráfico 53 Bloq 3- Deriva - PC PushoY-Y

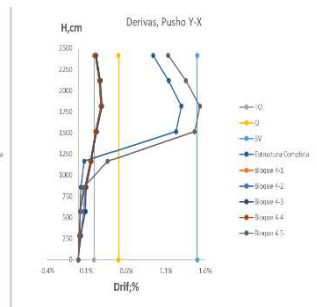


Gráfico 54 Bloq-4 Deriva - PC PushoY-Y

Conclusiones

- Bloque 1. para sismo Frecuente y Ocasional se encuentra Operacional, Sismo raro y Muy Raro esta en Seguridad de Vida, para sismos de gran intensidad se ve afectado y no cumple con lo que requiere la edificación en el sentido X siendo el más afectado por su irregularidad.
- Bloque 2. Sentido X para sismo Frecuente y Ocasional se encuentra operacional, Raro y Muy raro se encuentra en Seguridad de vida. Sentido Y Frecuente Totalmente Operacional y Ocasional, Raro y Muy Raro se encuentran Operacionales.
- Bloque 3. Sentido X para sismo Frecuente y Ocasional se encuentra Operacional y Raro, Muy Raro esta en seguridad de vida. Sentido Y para todos los sismos es totalmente operacional.
- Bloque 4. Sentido X para sismo Frecuente, Ocasional y Raro es Operacional, Muy raro esta en seguridad de vida. Sentido Y Frecuente, Ocasional y Raro es Operacional y Muy Raro se encuentra en seguridad de vida.
- Desplazamiento en el Centro de Masas Bloque 1 PX-X, Y-Y está en SV, PX-Y esta TO, y PY-X esta en SV. Bloque 2 PX-X esta O, PY-Y esta en SV, PX-Y, PY-X esta en TO, Bloque 3 PX-X, PY-Y es O, PX-Y, PY-X esta TO, Bloque 4 PX-X es O, PX-Y, PY-X esta TO y PY-Y esta en SV.
- Desplazamiento en el Punto de Control Bloque 1 PX-X, está en SV, PX-Y, PY-X esta TO, y PY-Y esta en PC. Bloque 2 PX-X, PX-Y esta SV, PY-X esta TO, PY-Y esta en PC, Bloque 3 PX-X, PY-Y es O, PX-Y, PY-X esta TO, Bloque 4 PX-X es SV, PX-Y, PY-X esta TO y PY-Y esta en O.
- Derivas Bloque 1 PX-X, está en PC, PX-Y esta TO, PY-X esta SV, y PY-Y esta en TO. Bloque 2 PX-X, PY-Y esta SV, PX-Y esta O, PY-X esta en TO, Bloque 3 PX-X, PY-Y esta en SV, PX-Y, PY-X esta TO, Bloque 4 PX-X, PY-Y esta en SV, PX-Y, PY-X esta TO.
- En el Bloque Uno la estructura presenta la mayor vulnerabilidad durante sus procesos constructivos en los cuales la estructura puede llegar a colapsar de acuerdo a las derivas presentadas, el bloque 2 se encuentra en seguridad de vida, y los bloques 3 y 4 se encuentra operacionales.
- La estructura de las rampas por no formar parte de un plano y ser estructuras en desnivel no se puede considerar dentro del programa como un solo elemento con las losas de entrepiso ocasionado una gran desventaja en el centro de masas de los pisos inferiores.

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

- Se modelan con las rampas de acceso ya que si se modelan sin ella a pesar de no formar parte del centro de masas aportan rigidez a la estructura y ayuda a su desempeño general.
- Como una amenaza externa se puede identificar el nivel freático, construyendo un pozo para el bombeo del agua constante para evitar el estancamiento.
- En este sistema de construcción se recomienda que los muros descolgados no sean mayores al 1/3 de la altura ya que se tienen que confinar con el muro de cierre creando reborderas para la confinación adecuada del hormigón.
- En el Eje de columnas se recomienda excavar el hueco de la columna descolgada para que cumpla con la longitud de traslape requerida posterior a esto llenar con arena hasta el nivel donde se realizara la fundición, para posteriormente poder empalmar los hierros de la manera adecuada.
- Los cortes en las caras de las columnas empotradas en los muros se deben evitar para evitar fisuras y filtraciones posteriores, dentro de cada corte de muro se empleará un sistema de llave de trabe para el muro a conformarse nuevamente.

Referencias

1. ETABS (2018). Computers and Structures Inc. Analysis R. Berkeley, USA
2. Fahjan, Y.M., Kubin, J. and Tan, M.T. (2010). Nonlinear analysis methods for reinforced concrete buildings with shear walls. 14th European Conference on Earthquake Engineering, vol. 5, 3380- 3387
3. Barbat, A. H., Pujanes, L. G., & Lantada, N. (2008). Seismic damage evaluation in urban areas using the capacity spectrum method; Application to Barcelona. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28(10-11), 851 -865.
4. IBC. (2018). International Building Code.
5. Guamán, R. (2013). Construcción de un mapa de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones esenciales del sector sur de la ciudad de Loja comprendido entre las calles Celica-Aristoteles y Rio Marañon – Av. Los Paltas.
6. NEC-SE-DS. (2015). *NEC-SE-DS: Peligro Sísmico*. (M. Dirección de Comunicación Social, Ed.). 2014.
7. Cabrera, E., & Andrade, I. (2021). *Estudio de vulnerabilidad ante solicitaciones sísmicas del*

Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones en etapas de construcción

- edificio de aulario de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay (EVASS – CCTT). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.*
8. ATC-40. (1996). *ATC 40: Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1*. California, Estados Unidos: Applied Technology Council.
 9. ACI-318S. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318S-14) and commentary (ACI 318SR-14)*. ACI 318-14.
 10. Yakut, A. (2004) Preliminary seismic performance assessment procedure for existing RC buildings. *Engineering Structures*, 26(10), 1447-1461.
 11. Safina Melone, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Analisis de su contribución al riesgo sísmico (Ph.D. Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)*. En TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).
 12. Adriana Gómez Cabrera¹, Natalia Quintana Pulido² y Jorge Orlando Ávila Díaz³, *Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio.*