

Approach of post tensioned concrete slab thickness comprising the structural lateral system of highrise buildings with rigid core

Sebastián González, Bachiller¹, Luis Herbozo, Bachiller¹, Guillermo Huaco, PhD PE Profesor¹,
¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201314839@upc.edu.pe, u201320295@upc.edu.pe,
pccighua@upc.edu.pe

Abstract— Post-tensioned slabs are being used lately with greater regularity, however, there is some ignorance about their use participating within the structural system resistant to lateral forces such as those produced by the earthquake or the wind. In this work post-tensioned slabs are used in two directions as floor systems in high buildings with rigid core, that is to say that they have structural walls in the middle zone of the building. Those post-tensioned slabs were modified the gross moment of inertia (I_g) to study the seismic behavior of the tall buildings as well as the response of those slabs. This study is validated with several computational models of buildings, in which a slab thickness is proposed in order to satisfy the maximum drifts of the tall buildings established by the national standard, varying the moments of inertia of these post-tensioned slabs. It also involves the modification of the resistance to compression of the concrete (f'_c) of the slabs and vertical elements, as well as the thicknesses of structural walls. The result of this study is the obtaining of thickness of post-tensioned slab with respect to the variation of the capacity to compression of the concrete (f'_c) distributed in the building, thickness of walls in rigid core and the percentage of cracked moment of inertia of the post-tensioned slabs. Punching was also checked on the post-tensioned slabs.

Keywords— post-tensioned slab, gross moment of inertia, high buildings, rigid core.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.107>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

PROPUESTA DE PERALTE DE LOSAS POSTENSADAS COMO PARTE DEL SISTEMA LATERAL PARA EDIFICIOS ALTOS CON NÚCLEO RÍGIDO

Sebastián González, Bachiller¹, Luis Herbozo, Bachiller¹, Guillermo Huaco, PhD PE Profesor¹,

¹ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201314839@upc.edu.pe, u201320295@upc.edu.pe, pccighua@upc.edu.pe

Resumen— Las losas postensadas se están utilizando últimamente con mayor regularidad, no obstante, hay cierto desconocimiento sobre su uso participando dentro del sistema estructural resistente a fuerzas laterales como las producidas por el sismo o el viento. En este trabajo se usan losas postensadas en dos direcciones como sistemas de pisos en edificaciones altas con núcleo rígido, es decir que cuentan con muros estructurales en la zona media del edificio. Dichas losas postensadas fueron modificados el momento de inercia bruta (I_g) para estudiar el comportamiento sísmico de los edificios altos como también la respuesta de dichas losas. Este estudio se valida con varios modelos computacionales de edificios, en los cuales se propondrá un peralte con el fin de satisfacer las derivas máximas de los edificios altos establecidas por la norma nacional, variando los momentos de inercia de estas losas postensadas. También se implica la modificación de la resistencia a la compresión del concreto (f'_c) de las losas y de los elementos verticales, como también los espesores de muros estructurales. El resultado de este estudio es la obtención de peralte de losa postensada respecto a la variación de la capacidad a la compresión del concreto (f'_c) distribuido en el edificio, espesores de muros en núcleo rígido y el porcentaje de momento de inercia agrietado de las losas postensadas. Punzonamiento fue revisado también en las losas postensadas.

Palabras Clave: Losa postensada, momento de inercia bruta, estructuras altas, núcleo rígido.

Abstract— Post-tensioned slabs are being used lately with greater regularity, however, there is some ignorance about their use participating within the structural system resistant to lateral forces such as those produced by the earthquake or the wind. In this work post-tensioned slabs are used in two directions as floor systems in high buildings with rigid core, that is to say that they have structural walls in the middle zone of the building. Those post-tensioned slabs were modified the gross moment of inertia (I_g) to study the seismic behavior of the tall buildings as well as the response of those slabs. This study is validated with several computational models of buildings, in which a slab thickness is proposed in order to satisfy the maximum drifts of the tall buildings

established by the national standard, varying the moments of inertia of these post-tensioned slabs. It also involves the modification of the resistance to compression of the concrete (f'_c) of the slabs and vertical elements, as well as the thicknesses of structural walls. The result of this study is the obtaining of thickness of post-tensioned slab with respect to the variation of the capacity to compression of the concrete (f'_c) distributed in the building, thickness of walls in rigid core and the percentage of cracked moment of inertia of the post-tensioned slabs. Punching was also checked on the post-tensioned slabs.

Keywords—post-tensioned slab, gross moment of inertia, high buildings, rigid core.

I. INTRODUCCIÓN

Es común en el sistema estructural de las torres altas el uso de núcleo rígido formado por muros de concreto armado. No obstante, surgen incógnitas sobre el comportamiento de las losas postensadas en el sistema lateral en edificaciones altas [1], como en el grado de agrietamiento y respuesta ante fuerzas laterales de los edificios. El comportamiento de estas losas en el sistema lateral, es decir, cuando la losa se someta a cargas de gravedad combinadas con cargas laterales por ejemplo, está relacionado con el momento de inercia bruta de la losa según el survey realizado por Comité del Instituto Americano del Concreto ACI 375 [2] a diversas consultoras en EEUU, Europa y Asia.

El uso de elementos postensados tiene ventajas como el ahorro de recursos, lo que implica un diseño sustentable como en edificios de gran altura. Respecto al diseño estructural, existen casos como lo reporta Süleymanoğlu H et al [3] que el factor de agrietamiento de las losas se puede tomar un valor de 0.25, esto implica que se debe tomar 25% de momento de inercia bruta (I_g) de la losa postensada en el sistema lateral. Cabe destacar que este porcentaje de I_g varía dependiendo el proyectista, ya sea por su práctica o ensayos realizados tomando en cuenta las derivas y las fisuras que tienen las losas considerando los códigos de cada país, reportado en el survey realizado por el comité técnico ACI 375 [2].

Para abordar el problema del rendimiento en el ámbito latinoamericano, se propone un análisis estructural para varias

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.107>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

edificaciones altas mayores de 25 niveles, variando el momento de inercia de la losa postensada con el fin de obtener una edificación sismorresistente. La variación del momento de inercia bruta conlleva la reestructuración del edificio, o la modificación de la resistencia de compresión del concreto y del espesor de los muros estructurales.

En los edificios analizados, la estructura resultante implica que los mínimos valores, tanto en la resistencia a la compresión del concreto y los espesores de muros, toman los valores de 630 a 700 kg/cm² y de 130 a 210 cm, respectivamente, con un 5% de momento de inercia bruta de losa postensada, lo cual es la mínima participación propuesta en el sistema lateral. Para los resultados de la estructuración, se encontró que para edificios de 25 a 30 niveles el peralte de la losa postensada está en un rango de 25 a 38 cm, sin reforzamiento (capitel).

II. METODOLOGÍA

Esta investigación evalúa la dimensión del peralte de losa postensada con respecto a su momento de inercia bruta, la cual se enfocó precisamente en el comportamiento que presentan estas losas ante cargas sísmicas; por lo cual se evaluará los tres tipos de fallas que siempre están presentes en las losas debido a fuerzas cortantes que transmiten los elementos verticales, el cual conlleva a una flexión en la losa y puede llegar a fisurar.

Se analizan computacionalmente varios edificios siguiendo las especificaciones técnicas de los planos. Asimismo, se resalta que el estudio se basa en la visualización y resultados que proporciona los distintos softwares utilizados. Se definió los elementos estructurales como columnas, placas y losas. Para las losas de los edificios se propone peraltes de 25, 30, 35 y 38cm, dependiendo la altura y la cantidad de niveles de cada edificio, siendo capaces de aumentar su espesor si es que se efectúa algún criterio de falla. Se consideró que las estructuras están empotradas en la base, nodos de las columnas y muros. Además se asignó diafragmas rígidos para todas las losas de las edificaciones para poder analizar los desplazamientos horizontales.

Para las cargas de la toda la estructura de los edificios se consideraron normas nacionales, además de considerar un acumulado de factor de participación de masas mayor de 90% para cada grado de libertad. Se hizo un análisis modal espectral para evaluar los edificios dándole el 100% de carga muerta más un porcentaje de carga viva, dependiendo del tipo de edificación que son y se comparan con la máxima deriva admisible de 0,007 [4]. A continuación, en las Fig. 1, Fig. 2 y Fig. 3 se presentan los modelos computacionales con el distintivo de peralte de losa en 3D y la vista en planta de un piso típico de cada edificio analizado en la investigación.

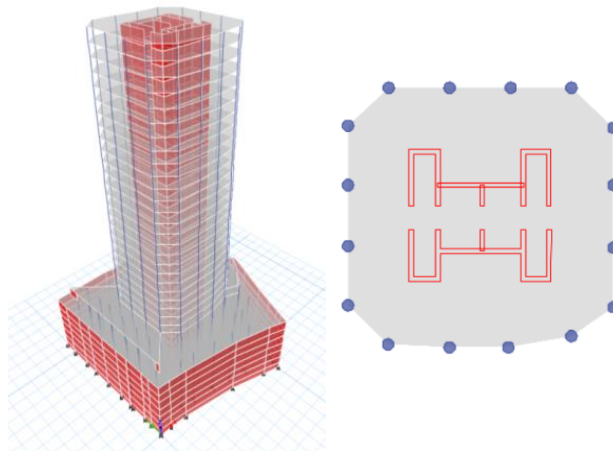


Fig. 1 Modelo Computacional del Edificio de 104m de altura, 33m x 35m planta y con peralte de losa 25 cm

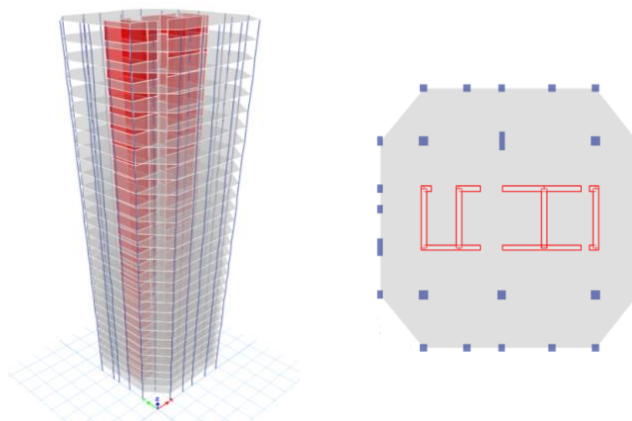


Fig. 2 Modelo Computacional del Edificio de 120m de altura, 29m x 29m planta y con peralte de losa 30 cm

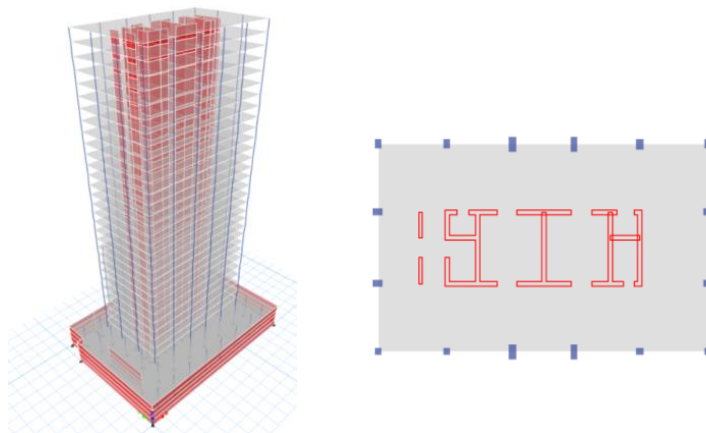


Fig. 3 Modelo Computacional del Edificio de 140m de altura, 28m x 47m planta y con peralte de losas de 38cm para primeros niveles y 35 para niveles superiores

La rigidez en la losa es muy importante, ya que si es ignorada (0.0EIg.) las derivas pueden ser sobreestimadas, y las cargas sísmicas pueden aumentar significativamente [5]. El postensado influye en la capacidad de resistir el agrietamiento del elemento estructural, según estudios experimentales mejora la rigidez asociada a grietas por flexión [6]. Para esta investigación se quiere analizar el porcentaje de participación que tiene la losa en el sistema lateral, por ello se modifica el porcentaje del momento de inercia bruta para poder mostrar la variación de las derivas máximas de cada estructura.

Además, se evidencia el impacto de la variación del momento de inercia bruta, mostrando los periodos de vibración más significativos de cada estructura analizada. A continuación, en la tabla 1 se muestran los periodos de los modos de vibración predominante para cada dirección de los diferentes modelos analizados.

Tabla. 1 Rango de periodos de vibración de 100% Ig. a 5% Ig.

MODEL	Dir. X-X	Dir. Y-Y	Torsion Dir. Z
Fig. 1	2,22s – 2,46s	3,40s – 5,73s	2,69s – 4,24s
Fig. 2	2,49s – 4,61s	3,22s – 5,00s	2,27s – 3,89s
Fig. 3	3,51s – 6,78s	4,36s – 5,19s	4,07s – 7,16s

Variando el porcentaje de momento de inercia bruta de 100% a 5% de la losa, las derivas máximas de cada estructura oscilan en los siguientes rangos: [0,0071; 0,0115], [0,0071; 0,0097] y [0,0060; 0,0110], empleando peraltes de losas de 25, 30 y 35 cm, respectivamente.

A partir de los resultados de las derivas, se empleó el método iterativo que consistía en aumentar el espesor de los muros en el núcleo rígido de la estructura y cambiar la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) de los elementos verticales y de la losa hasta encontrar una estructura sismorresistente. Para este método no se consideró ampliar las dimensiones de las columnas, ya que se constató computacionalmente que los muros estructurales de las edificaciones analizadas absorben más del 80% de cargas laterales, por lo que se vio más factible el cambio de espesor en las placas. Lo que se busca con este método es que la deriva máxima de la estructura alta sea menor que 0,007 con el peralte de losa postensada propuesta. Se hicieron las iteraciones debidas para cada porcentaje de momento de inercia bruta de las losas (100%, 50%, 25%, 10% y 5% Ig.). Se consiguieron en total 5 modelos computacionales sismorresistentes para cada edificio alto analizado.

Al reducir el porcentaje del momento de inercia bruta de la losa, su participación en el sistema lateral disminuye, lo que produce que las fuerzas aumenten hacia los elementos verticales teniéndose así que verificar los muros estructurales. Se aplicó amplificación espectral en los edificios según Norma Técnica Peruana E.030 para las cargas sísmicas dinámicas, con el fin de verificar las placas con los requisitos de resistencia requerida para todos los elementos estructurales, las cuales son las combinaciones de cargas estipuladas en

Norma Técnica Peruana para garantizar un adecuado comportamiento bajo estas cargas de diseño [7]. El diagrama de interacción se graficó con las dimensiones, resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) y una cuantía de acero mayor a 1%. Se comprobó que las cargas actuantes últimas, producto de las combinaciones de cargas, estén dentro del diagrama de interacción de cada placa de las estructuras analizadas. Para terminar con la verificación de los muros estructurales, se constata que no falle por corte, extrayendo la cortante máxima de la envolvente de todas las combinaciones de carga y comparándola con la cortante de diseño, la cual fue calculada siguiendo las disposiciones para muros según Norma Técnica Peruana E.060. Se confirmó que los muros estructurales de las resultantes estructuras sismorresistentes del método iterativo, cumplen los requerimientos para poder ser diseñados

En este estudio también se analizó, computacionalmente, el diseño de las losas postensadas para poder corroborar los criterios de falla, las cuales son por: flexión, cortante y punzonamiento; tal diseño será utilizado en todos los pisos que se presentan en cada edificación. Para ello, se extrajo los momentos producidos por el sismo utilizando la teoría de los elementos finitos para el cálculo de los momentos últimos en la losa.

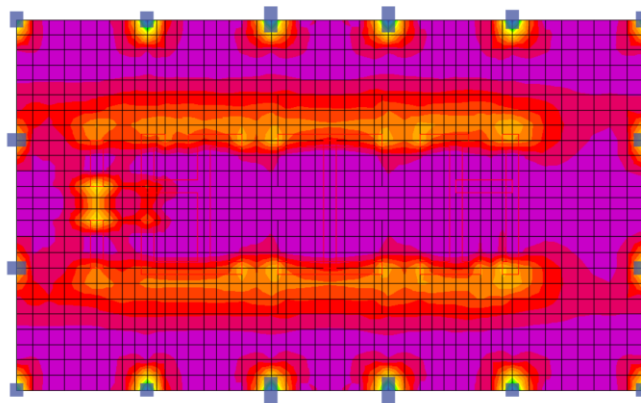


Fig. 4 Visualización de Momentos generados por el sismo VISTA PLANTA

Al verificar las fallas de las losas postensadas en las edificaciones, se obtuvo un buen comportamiento ante cortante y flexión. Sin embargo, el efecto de punzonamiento fue crítico para la verificación de capacidad de las losas postensadas, por ello se realizó cambios en el peralte hasta cumplir que la resistencia a cortante sea mayor que la fuerza cortante última por efecto del punzonamiento. Este análisis se elabora para cada modelo computacional obtenido del método iterativo, además de escoger un tramo de la losa, el cual se consideró el más crítico, debido a que las cargas sísmicas se concentran con mayor intensidad.

Los valores críticos de punzonamiento del análisis que se obtiene de la relación de actuante última y la resistencia requerida, debe ser como máximo 1. Para ello se utilizó peraltes de losas postensadas de 25 y 30 cm, resultando entre un rango de 0,70 a 0,75. Por otro lado, en la estructura de mayor altura sobre los otros modelos analizados y con un

peralte de losa postensada de 35 cm, presentó fallas por punzonamiento con valores de 1,05 a 1,10 en los primeros pisos de los 5 modelos que se tenía de este edificio. Por consiguiente, se cambió a un peralte de losa postensada de 38 cm, con el cual el efecto de punzonamiento se reduce a 0,95.

III. RESULTADOS

Para confirmar nuestro método de análisis elegimos una capital sísmica e importante de Latinoamérica, elegimos 3 edificaciones mayores a 25 niveles, con núcleo rígido, los cuales son: EDIFICIO BANCO DE LA NACIÓN, EDIFICIO HOTEL WESTIN y por último EDIFICIO TORRE LAS BEGONIAS.

Esta investigación fue analizada mediante el software ETABS 2016 versión 16.2.0 para el análisis estructural y sismorresistente de los edificios, también se utilizó el software ADAPT-PT versión 2015 para el diseño de las losas postensadas y verificación de los criterios de falla de este elemento estructural. En las tablas 2, 3 y 4 se muestran la variación del porcentaje de momento de inercia bruta de la losa postensada y su impacto frente a espesores de muros de concreto armado en núcleo rígido como también la resistencia a la compresión del concreto de los elementos estructurales. Cabe resaltar que con estas variables, las derivas máximas de las estructuras altas son menores que 0,007, formando edificaciones sismorresistentes.

Tabla 2. Efecto del Porcentaje de Momento de Inercia Bruta de la losa postensada del EDIFICIO BANCO DE LA NACIÓN. Deriva máxima 0,69%

100% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°7	560	38	560	60
Piso N°8 - Piso N°13	490	35	490	
Piso N°14 - Piso N°23	420		420	
Piso N°24 - Piso N°30	350		350	
50% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°7	560	38	560	70
Piso N°8 - Piso N°13	490	35	490	
Piso N°14 - Piso N°23	420		420	
Piso N°24 - Piso N°30	350		350	
25% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°7	560	38	560	85
Piso N°8 - Piso N°13	490	35	490	
Piso N°14 - Piso N°23	420		420	
Piso N°24 - Piso N°30	350		350	
10% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°7	630	38	630	90
Piso N°8 - Piso N°13	560	35	560	
Piso N°14 - Piso N°23	490		490	
Piso N°24 - Piso N°30	420		420	
5% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°7	630	38	630	100
Piso N°8 - Piso N°13	560	35	560	
Piso N°14 - Piso N°23	490		490	
Piso N°24 - Piso N°30	420		420	

Tabla 3. Efecto del Porcentaje de Momento de Inercia Bruta de la losa postensada del EDIFICIO WESTIN. Deriva máxima 0,69%

100% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°10	420	30	560	60
Piso N°11 - Piso N°20	420		490	
Piso N°21 - Piso N°30	420		420	
50% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°10	490	30	630	120
Piso N°11 - Piso N°20	420		560	
Piso N°21 - Piso N°30	420		490	
25% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°10	630	30	700	150
Piso N°11 - Piso N°20	560		630	
Piso N°21 - Piso N°30	560		560	
10% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°10	700	30	700	170
Piso N°11 - Piso N°20	630		630	
Piso N°21 - Piso N°30	630		560	
5% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°10	700	30	700	180
Piso N°11 - Piso N°20	630		630	
Piso N°21 - Piso N°30	630		560	

Tabla 4. Efecto del Porcentaje de Momento de Inercia Bruta de la losa postensada del EDIFICIO BEGONIAS. Deriva máxima 0,69%

100% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°3	350	25	420	60
Piso N°4 - Piso N°13	280		350	
Piso N°14 - Piso N°26	280		280	
50% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°3	490	25	560	105
Piso N°4 - Piso N°13	420		490	
Piso N°14 - Piso N°26	420		420	
25% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°3	630	25	630	155
Piso N°4 - Piso N°13	560		560	
Piso N°14 - Piso N°26	560		490	
10% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°3	700	25	700	190
Piso N°4 - Piso N°13	630		630	
Piso N°14 - Piso N°26	630		560	
5% Ig (Momento de Inercia Bruta)	LOSA		ELEMENTOS VERTICALES	
	f'c (kg/cm2)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm2)	Espesor de Muros (cm)
Base- Piso N°3	700	25	700	210
Piso N°4 - Piso N°13	630		630	
Piso N°14 - Piso N°26	630		560	

IV. CONCLUSIONES

Al disminuir el porcentaje del momento de inercia de la losa postensada debido a su fisuración los desplazamientos laterales de la edificación aumentan. Por ello, con el fin de cumplir con los requerimientos de derivas laterales según el código peruano sísmico, se modificó el espesor de los muros a su vez de la capacidad a la compresión del concreto f_c correspondientes a las losas postensadas, columnas y muros de concreto armado.

Luego de la verificación de los elementos estructurales se concluyó que, para edificios altos en el Perú con altura entre 120m a 140 m y sistema lateral con núcleo rígido, los muros estructurales alcanzan espesores de 210, 180 y 100 cm respectivamente para los edificios de Begonias, Westin y Banco de la Nación con un porcentaje de momento de inercia mínima considerada de $5\%I_g$ donde la losa postensada no pertenece al sistema lateral. Para el caso de $50\%I_g$ se obtuvo 105, 120 y 70cm donde se considera que la losa postensada trabaja dentro del sistema de lateral uniendo los muros estructurales. Se observó que se reduce el grosor de los muros de concreto armado, si se aumenta la rigidez de la losa postensada por medio de su momento de inercia.

Considerando las losas postensadas dentro del sistema lateral resistente, se concluye que peraltes de losa de 25cm para el caso del Edificio Begonias, 30cm para el Edificio Westin, y 35cm a 38cm para el caso del Edificio del Banco de la Nación tienen adecuadas capacidades a flexión, cortante, punzonamiento sin refuerzo y deflexiones verticales ante la demanda establecida por los códigos de diseño peruano. Cabe indicar que la densidad de muros de concreto tiene alta influencia en los cálculos presentados, cada edificación tiene distintas densidades haciendo ello único cada caso, donde la presente investigación se encuentra en proceso de avance.

AGRADECIMIENTO

Los autores reconocen el constante apoyo de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) y del Prof. César Morales, Ph.D.

V. REFERENCIAS

- [1] Klemencic, R., Fry, Andrew., Hurtado, G., Moehle, J. (2006). Performance of Post-Tensioned Slab-Core Wall Connections. *Structural Engineering*, 4(2), 7-23.
- [2] ACI 375 Performance Base Design of Concrete Buildings for Wind Loads American Concrete Institute, Washington DC 2014
- [3] Süleymanoğlu H., Uzel A., Arslan G. (2018) Use of Post-tensioned Concrete Slabs for Sustainable Design of Buildings. In: Hordijk D., Luković M. (eds) High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet. Springer, Cham
- [4] Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica Peruana de Edificación E.030 “Diseño Sismorresistente” 2018,
- [5] Lee, D., Kim, H., Hah Chun, M. (2002). Efficient seismic analysis of high-rise building structures with the effects of floor slabs, 24(5), 613-623.
- [6] Clément, T., Pinho, A., Fernandez, M., Muttoni, A. (2014). Influence of prestressing on the punching strength of post-tensioned slabs. *Engineering Structure*, 72, 56-69.
- [7] Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica Peruana de Edificación E-060 “Concreto Armado” 2009

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).