



## Análisis comparativo entre los diseños sismorresistentes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC 2015] y el Diseño Directo Basado en Desplazamiento [DDBD].

Javier Andrade Silva<sup>1</sup>; Fredy Carrillo M.<sup>2</sup>; Patricio Placencia A.<sup>3</sup>;

Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil Ambiental, Quito, Ecuador

Corresponding Autor: Javier Gustavo Andrade Silva

**ABSTRACT.** A comparative analysis of the seismic design of reinforced concrete frames, using the two methodologies proposed in the Ecuadorian Construction Norm [NEC 2015] Force Design and by "Direct Design Based on Displacement (DDBD)". In this study the performance of the design methodologies is evaluated: The comparison is based on the results of the seismic design and structural elements of 2 buildings of 15 and 30 m. height, of an Essential use and of offices, foundation on soil types D and C, respectively, using the different parameters for each of these methodologies. The comparison criteria are: 1) floor drifts, 2) calculation and design of structural elements, 3) ease of application of the methods. The verification analyzes were carried out using the results of non-linear analyzes of history over time, using open-field earthquakes, simulating a possible earthquake with the fault that exists in the city of Quito. The study shows that the design methodologies by DBF and DDBD, have a good seismic performance.

**KEYWORDS:** Earthquake resistant, design forces, displacement design

Received 15 February, 2019; Accepted 28 February, 2019 © The author(s) 2019.

Published with open access at [www.questjournals.org](http://www.questjournals.org)

### I. INTRODUCTION

La investigación tiene la finalidad de establecer criterios técnicos del desempeño de los pórticos planos frente a las fuerzas laterales producidas por sismos, que son transmitidos mediante el suelo que conforma un medio elástico frente a la estructura, haciendo que estos dos últimos interactúen uno al otro produciendo múltiples daños en la estructura.

Las grandes pérdidas que han dejado sismos de alta intensidad como el del 16 de abril del 2016, en la ciudad de Pedernales, han obligado a la revisión de la filosofía de diseño actual y se empieza a tomar en cuenta la no linealidad de los materiales de forma directa en los procesos de análisis.

Esto se explica porque actualmente se diseña con un procedimiento de fuerzas, basado en un espectro de respuesta de aceleraciones, y un procedimiento basado en desplazamientos, con el que se tendría un mejor control del comportamiento estructural ante diferentes demandas sísmicas.

*Objetivos:* es realizar un análisis comparativo a los métodos de diseño sismo resistente que plantea la NEC 2015, entre Diseño Basado en Fuerzas DBF y el Diseño Basado en Desplazamientos.

- i) Estudiar los conceptos básicos de los dos métodos de diseños sismos resistentes.
- ii) Analizar y comparar cada una de las variables que componen los diseños sismos resistentes.
- iii) Realizar un análisis paramétrico (número de vanos, luz, número de pisos y uso de la estructura), para verificar el comportamiento de las estructuras a modelar.
- iv) Analizar la variación de desempeño de cada uno de los diseños.
- v) Ilustrar la aplicación de los dos métodos mediante un ejemplo práctico

### II. MARCO TEÓRICO/METODOLOGÍA

Para demostrar las comparaciones de los dos métodos de diseños sismo resistente que nos plantea la norma NEC 2015, realizaremos un análisis no lineal de historia en el tiempo a las estructuras de hormigón armado 5 y 10 pisos construcciones típicas de nuestra ciudad Quito, para uso esencial y de oficinas, cimentados en suelo tipo C y D respectivamente, debido a no existan más

parámetros de estudio se tanto en planta como elevación, se considera una configuración estructural regular.

Para determinar la curva de capacidad resistente, se toma el diseño definitivo de la estructura, como la geometría y el cálculo y diseño del refuerzo transversal de las secciones de los elementos estructurales, el modelaje de la estructura se ha utilizado el programa de análisis estructural SAP 2000.

#### A. Diseño Basado en Fuerzas

Una de las metodologías de diseño sismo resistente referente que nos presenta la [NEC 2015], es el basado en fuerzas, que lleva una comprobación de derivas de piso; la respuesta frente a un sismo es reducida por un Factor de Reducción de Resistencia Sísmica  $R$ , producto de recomendaciones del (UBC, 1997), que incluyen aspectos de agrupamiento de estructuración, así como penalizaciones dirigidas hacia cierto tipo de estructuras que no permiten disponer de ductilidad apropiada para soportar las deformaciones inelásticas requeridas por el sismo de diseño.

Componentes horizontales de la carga sísmica (Diseño sismo resistente (NEC, 2015), El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$  expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para definir el espectro de diseño se ha considerado los criterios expuestos en la NEC 2015.

- Factor de zona sísmica ( $Z$ )
- Tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura
- La consideración de los valores de los coeficientes de suelo  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ .

El espectro, obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico 5%.

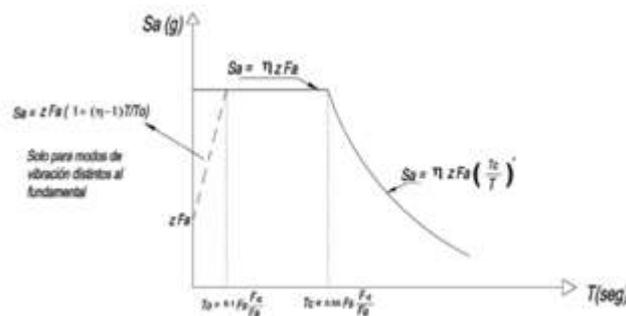


Figura 1.1 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño. Para determinar el Espectro de Diseño, que se muestra en la Fig.1.2, se consideró, pórticos planos de hormigón armado, donde, el valor de coeficiente “ $C_t$ ”, es para la ciudad de Quito, en la zona sísmica IV del Ecuador, “ $Z$ ” igual a 0.4, con un perfil tipo de suelo “C”. El periodo fundamental de la estructura “ $T$ ” se lo determina con la ecuación 1.1

$$T = C_t h^\alpha \tag{1.1}$$

$$T_a = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}} \tag{1.2}$$

El Cortante Basal, se lo obtiene usando la ecuación 1.3, donde “ $W$ ” es el peso del pórtilo. Se considera un factor reducción de resistencia sísmica “ $R$ ” igual a 8, debido a que las estructuras en estudio son de hormigón armado de columnas y vigas descolgadas. [6.3.4 NEC 2015] Además se adoptó un valor de 1 Y 1,5 para los factores de importancia “ $I$ ” para oficinas y esencial, y el valor de 1 para configuración en planta “ $\Phi_p$ ” y en elevación, “ $\Phi_e$ ”.

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_e} W \tag{1.3}$$

El valor de “Sa” se calcula con la ecuación 1.4. Según las condiciones dadas, el valor máximo es de  $nzFa$ .

$$S_a = \eta * z * F_a \left( \frac{T_c}{T} \right)^r \quad (1.4)$$

El Cortante Basal, debe ser distribuido sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel n:

$$F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_x h_x} \quad (1.5)$$

Con la geometría del pórtico, inercias agrietadas y fuerzas laterales sísmicas distribuidas en los nudos, se procedió a calcular los desplazamientos, y las derivas de piso “ $\Delta_e$ ”.

$$\Delta_e = \frac{\delta_{i+1} - \delta_i}{h_x} \quad (1.6)$$

La revisión de las derivas de piso se lo hace con la respuesta máxima inelástica en derivas de piso “ $\Delta M$ ” de la estructura.

$$\Delta M = 0,75R \Delta_e. \quad (1.7)$$

Si “ $\Delta M$ ” es mayor a 2%, se debe rediseñar la estructura, aumentando las dimensiones de los elementos.

#### *Diseño Directo Basado en Desplazamientos [DDBD]*

El método [DDBD] constituye una alternativa al método del [DBF] para el diseñador, es otro método de diseño sísmo resistente que presenta la (NEC, 2015).

En los últimos años se ha estado implementando el diseño basado en desplazamiento dentro del diseño sísmico de puentes y edificios (Kowalsky, 2000) La razón de adoptar este procedimiento obedece a que los estados límites de daño pueden relacionarse adecuadamente con los límites de deformación, que a su vez son convertidos en desplazamientos equivalentes, con los cuales el daño estructural puede ser controlado eficientemente con límites de resistencia. Dentro de los métodos de diseño basado en desplazamiento existen diferentes enfoques:

El procedimiento basado en desplazamiento directo, se deriva en gran medida del método de la estructura sustituta desarrollado por (Gulkan y Sozen, 1974), para modelar un sistema inelástico con propiedades elásticas equivalentes. Con este enfoque se busca proveer al miembro de las características apropiadas, en cuanto a tamaño de la sección y cantidad de refuerzo y detallado, para desarrollar un desplazamiento predeterminado para el sismo de diseño. Dentro de este procedimiento, generalmente se diseña para un comportamiento asociado a la respuesta última, por lo que se selecciona un desplazamiento característico (Target displacement).

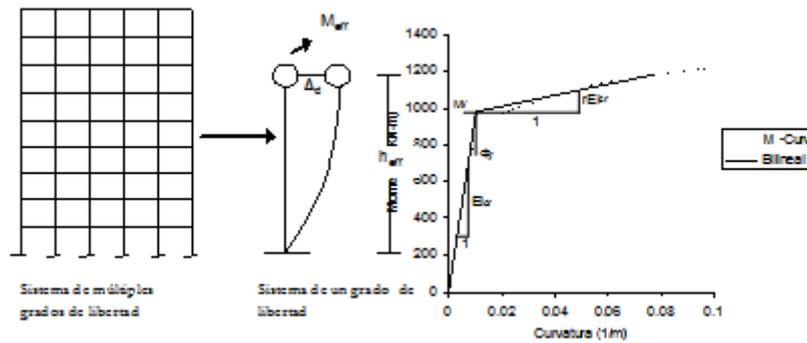
Para el diseño con DDBD se consideró derivas para un nivel de desempeño esperado (sismo raro con un periodo de retorno medio de 475 y 2475 años), de acuerdo con la relación altura/longitud del pórtico analizado. Los valores de deriva máxima en los pórticos de diseño, deriva se define como la relación entre desplazamiento relativo de un piso con respecto al piso inferior ( $d_i - d_{i-1}$ ) Ec3.1. El procedimiento del método DDBD para un sistema de un grado de libertad se lo realiza de la siguiente manera.

$$d_i = \frac{d_i - d_{i-1}}{h_i} \quad (1.9)$$

El procedimiento del método DDBD para un sistema de un grado de libertad Figura1.3 se lo realiza de siguiente manera.

1. Determinar el desplazamiento característico.
2. Estimar Amortiguamiento Viscoso Equivalente
3. Determinar el periodo efectivo de la estructura

4. Evaluar la rigidez equivalente
5. Cortante de diseño



**Figura.1.3** Estructura Substituta

Determinar el desplazamiento característico.  $[\Delta_d]$ .

El perfil de desplazamientos característico puede ser determinado, en función de las derivas de piso “ $\theta_d$ ”, que se espera no superen a las recomendadas según el NEC-2015, para este estudio se consideró en función de los niveles de desempeño derivas de 0.5% y de 1.5%, para 5 y pisos reactivamente. Se calcula los desplazamientos por piso “ $\delta_i$ ”, en base a las derivas asumidas “ $\theta_d$ ” y a la altura de entrepiso “ $h_i$ ” en función del número de pisos “ $n$ ”

$$\delta_i = \frac{4}{3} \frac{H_i}{H_n} \left( 1 - \frac{H_i}{4H_n} \right) \dots > 4 \quad (1.11)$$

Con los desplazamientos “ $\delta_i$ ” y las masas “ $m_i$ ” por pisos, se calcula el desplazamiento característico del sistema.

$$\Delta_d = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (1.13)$$

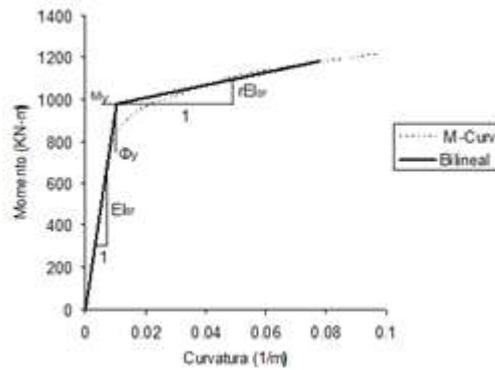
Se calcula la masa efectiva “ $m_{eff}$ ” de la estructura substituta con la ecuación 1.14, que actuará a una altura efectiva, la misma que aproximadamente según Sullivan [2002] es el 70% de la masa total de la estructura.

$$m_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)}{\Delta_d} \quad (1.14)$$

La altura efectiva “ $h_{eff}$ ”, es aproximadamente 0.6 a 0.7 la altura total del pórtico según Priestley y Kowalsky [2000], la misma que se la obtiene en función de las masas y desplazamientos por cada piso.

$$h_{eff} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{m_i \Delta_i h_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \right) \quad (1.15)$$

Para pórticos de concreto reforzado, la deriva de fluencia “ $\theta_y$ ” es obtenida directamente de la expresión desarrollada por Priestley y Kowalsky [2000]. Donde “ $l_b$ ” es el claro y “ $h_b$ ” es el peralte de la viga del primer piso que puede ser aproximada a 0.15 la altura del primer piso. Esta ecuación fue asumida, en resultado de investigaciones previas que muestran pruebas experimentales en las que los resultados son satisfactorios.



**Figura.2.1** Diagrama momento curvatura de la sección transversal

$$\theta_y = \frac{0.5\varepsilon_y l_b}{h_b} \tag{1.16}$$

Para encontrar el desplazamiento de fluencia “ $\Delta y$ ”, se multiplica la deriva de fluencia por la altura efectiva del sistema de un grado de libertad.

$$\Delta y = \theta_y * h_{eff} \tag{1.17}$$

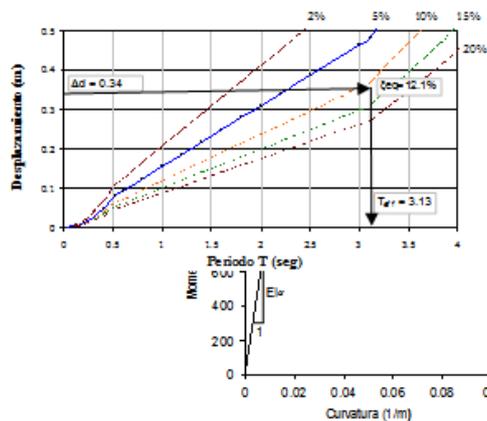
La ductilidad “ $\mu$ ” es un indicador de daño y disipación de la energía en la estructura, se calcula dividiendo el desplazamiento del sistema para el desplazamiento de fluencia usando la ecuación 1.18, pero también se puede calcular dividiendo la deriva del sistema para la deriva de fluencia, usando la ecuación 1.19.

$$\mu = \Delta t / \Delta y \tag{1.18}$$

Una vez conocida la ductilidad del pórtico se procede a calcular el amortiguamiento viscoso equivalente “ $\xi_{eq}$ ”, mediante la ecuación deducida por Dwairi [2004].

$$\xi_{eq} = \xi_v + C_{LT} \left( \frac{\mu - 1}{\pi \mu} \right) \% \tag{1.20}$$

En donde para pórticos de concreto CLT = 65, mientras que el amortiguamiento viscoso elástico “ $\xi_v$ ” es 5%. Con el desplazamiento característico del sistema, y el valor del amortiguamiento viscoso equivalente, se procede a leer el periodo equivalente en la Fig.1.2, en el espectro de desplazamientos, propuesto por Dwairi y Kowalsky [2004].



**Figura 1.2** Espectro de desplazamientos con varios amortiguamientos.

El espectro de desplazamientos se lo obtuvo a partir del espectro NEC 2015, transformando las aceleraciones a desplazamientos con la ecuación 1.21, quedando el espectro de desplazamientos para un 5% de amortiguamiento. El mismo espectro para diferentes niveles de amortiguamiento, se lo hace con la ecuación 1.22 del Euro código 8 CEN [1996].

$$S_d = \frac{S_a}{W^2} = \frac{S_a}{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2} \quad (1.21)$$

Usando el periodo y masa equivalente de las estructuras, la rigidez efectiva  $K_{eff}$  puede ser fácilmente calculada:

$$K_{eff} = \frac{4\pi^2 M_{eff}}{T_{eff}^2} \quad (1.22)$$

Se calcula el cortante basal “ $V_{base}$ ”, multiplicando la rigidez efectiva por el desplazamiento de diseño.

$$V_{base} = K_{eff} \Delta_T \quad (1.23)$$

*Análisis no lineal de historia en el tiempo con ayuda del software ruaumoko carr 2006, para los diseños sismo-resistentes NEC 2015 y DDBD*

El análisis no lineal de historia en el tiempo, es una herramienta para evaluar el desempeño de las estructuras con la predicción de las fuerzas y desplazamientos producidos bajo una acción sísmica. Para realizar el comportamiento no lineal se utiliza registros de aceleraciones a sismos reales o artificiales. Encontrando la respuesta sísmica de la estructura en cada instante de tiempo en duración de cada sismo.

Este tipo de análisis encuentra la respuesta de la estructura en cada instante de tiempo a lo largo de la duración del sismo. Para poder realizarlo es necesario uno o más acelerogramas que representen el sismo de diseño (Paulay, 1992).

La zona de estudio se lo realiza en la ciudad de Quito, que se encuentra Ubicado en una falla tectónica, con un mecanismo focal inverso de aproximadamente de 35 km de longitud, con un epicentro aproximado de 0 a 20 km de profundidad.

- Mecanismo Focal (tipo de falla): INVERSA
- Magnitud de sismo: 6 a 7 Mw
- Profundidad de epicentro: 0 - 20 Km

*Comparación de diseños sismo-resistentes NEC-2015 Y DDBD, mediante un ejemplo de aplicación*

Para realizar un análisis comparativo entre las dos alternativas de diseño sismo resistente que nos presenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Se plantea un estudio paramétrico, donde se estudia el comportamiento de los elementos estructurales frente a eventuales sismos:

Para este análisis se considera elementos estructurales aporticados en columnas y vigas.

Entrepiso	Claro	Vanos	Pisos	Suelo	Uso
3.0 m	6 m	4	5	Tipo D	Esencial
3.0 m	6 m	4	10	Tipo C	Oficinas

Tabla 5.1. Análisis paramétrico para Pórticos Planos.

Las principales diferencias conceptuales que realizaremos en el presente estudio:

Diseño Basado en Fuerzas	Diseño Directo Basado en desplazamientos
Diseño analiza el comportamiento elástico (Cargas verticales), pero no para respuesta inelástica (sismos) Usa espectro de aceleraciones Se basa en rigideces de secciones transversales de los elementos estructurales	Diseño que se los realiza para rangos inelásticos Usa espectro de desplazamientos  Se basa en las curvaturas de los elementos en estado de fluencia
Los periodos de vibración y los desplazamientos son inciertos, no hay control de los objetivos de diseño sísmico por desempeño	Inicia con un desplazamiento característico, para cumple los objetivos de diseño sísmico por desempeño Determina el Amortiguamiento equivalente y ductilidad

Usa factores de ductilidad	Análisis y diseño integrados
Separa el análisis de diseño estructural	
Las fuerzas y desplazamientos de diseño	
	Cada elemento puede tener una demanda de ductilidad diferente.

Fuerzas sísmicas o cortante basal es la respuesta frente a un sismo es reducida por un Factor de Reducción de Resistencia Sísmica  $R$ , producto de recomendaciones del UBC-97, que incluyen aspectos de agrupamiento de estructuración, así como penalizaciones dirigidas hacia cierto tipo de estructuras que no permiten disponer de ductilidad apropiada para soportar las deformaciones inelásticas requeridas por el sismo de diseño. a continuación, presentamos la siguiente comparación:

Factor de Reducción de Resistencia Sísmica $R$				
10 PISOS	DBF		DDBD	
Factor $R$	8		-	
Ductilidad	-		1.82	

**Tabla 5.1** Factor de Reducción de Resistencia Sísmica  $R$  y ductilidad  $u$

La aceleración espectral se determina de acuerdo al periodo fundamental de la estructura y características del suelo, y en función de este espectro de aceleración y el amortiguamiento viscoso equivalente podemos determinar el espectro de desplazamiento, para determinar el periodo de la estructura.

#### 5.2 Comparación de Fuerzas sísmicas

Con la aplicación de fórmulas que nos presenta la NEC 2015, presentamos el cuadro resumen de fuerzas sísmicas para los dos métodos.

10 PISOS	DBF	DDBD
Factor $R$ / Ductilidad $u$	$R=8$	$u= 1.82$
Tiempo $T(s)$	1,17	2.23
Fuerza Sísmica $V(Ton)$	0,072W	0,1597W
Peso $W (Ton)$	6764	9020
Columna piso 1	100X100	120X120
Vigas piso 1	50X65	50X90
Cortante Calculo		319,55x4= 1278.20
Cortante Diseño	487,00	1278.20

5 PISOS	DBF	DDBD
Factor $R$ / Ductilidad $u$	$R=8$	$u= 1$
Tiempo $T(s)$	0,629	0.33
Fuerza Sísmica $V(Ton)$	0,223W	1.34W
Peso $W (Ton)$	3071	2842
Columna	90X90	90X90
Vigas	40X80	40X60
Cortante Calculo		1031x4 4124
Cortante Diseño	614,2	4124

**Tabla 5.3** Comparación de parámetros de fuerzas Sísmicas

En la tabla 5.3 se muestra que para edificios altos el método de desplazamientos es un diseño conservador donde las secciones de los elementos estructurales tienen que soportar una mayor fuerza sísmica.

En cambio, en los edificios de pequeños el método de las fuerzas es el diseño conservador donde las secciones de los elementos estructurales tienen que soportar una mayor fuerza sísmica.

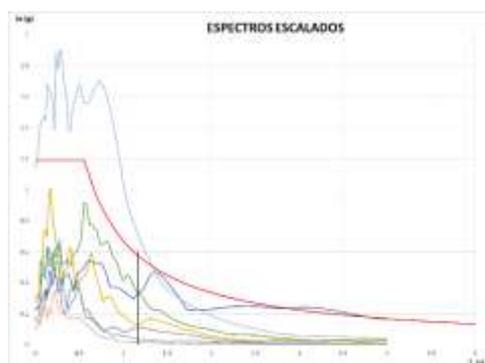
### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar el desempeño de las estructuras se considera los diseños definitivos de las secciones de los elementos estructurales de los edificios de 5 y 10 pisos, bajo acciones sísmicas, con

un análisis no lineal de historia en el tiempo, la acción sísmica se toma como referencia las características de la falla geológica de la ciudad de Quito, y se procede a la búsqueda de sismos a campo abierto con las siguientes características:

- Mecanismo Focal (tipo de falla): INVERSA
- Magnitud de sismo: 6 a 7 Mw
- Profundidad de epicentro: 0 - 20 Km

Se utilizara estos 8 señales espectrales de la tabla 4.1, en donde se los hará compatibles [Seísmo Match], para espectro de la NEC 2015, con las características de un tipo de suelo, mecanismo focal y profundidad de falla para la ciudad de Quito, como se indica en la figura 4.2, para el diseño de un edificio de 10 pisos, por le DBF, el periodo de la estructura es 1.17 seg.



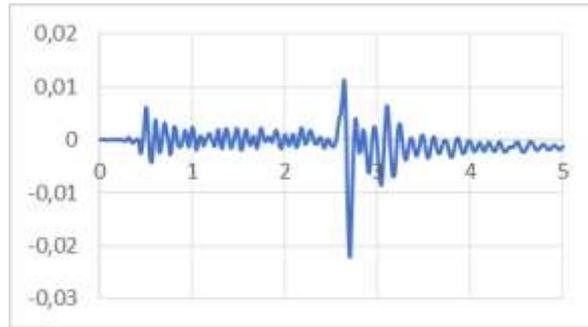
**Figura.3.1** Sismos originales sin escalar y espectro NEC 2015

La metodología de escalamiento se considera un rango de escalamiento de 0.2 y 1.2 el periodo de diseño que es 1.17. los sismos escalados deben pasar por el periodo de diseño para cada edificio, en este caso para un edificio de 10 pisos, todos los espectros pasan por el periodo 1.17.



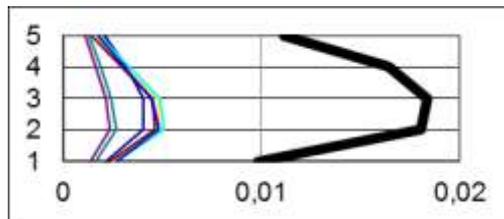
**Figura.3.2** Sismos originales escalados y espectro NEC 2015

La deriva de piso en cada instante del tiempo para un edificio de 10 pisos para el piso 6 diseñado por DBF, vemos claramente que supera la deriva de diseño 0.02.

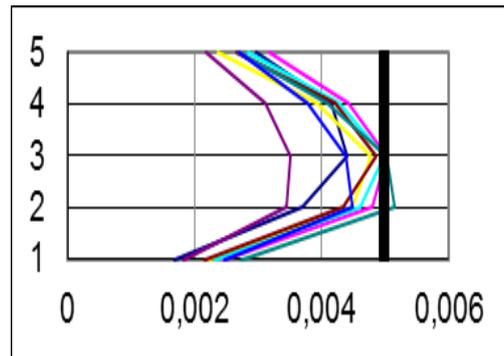


**Figura 3.3** Deriva de piso en cada instante de tiempo del sismo, para edificio de 10 pisos, para el piso 6

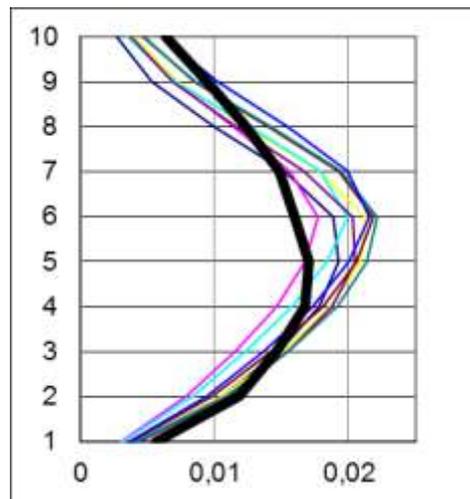
En general, si revisamos las derivas de los edificio de 5 y 10 pisos tenemos los siguientes resultados:



**Figura 3.4** Derivas de piso, 5 pisos METODO DBF



**Figura 3.5** Derivas de piso, 5 pisos METODO DDBD



**Figura 3.6** Derivas de piso, 10 pisos METODO DBF

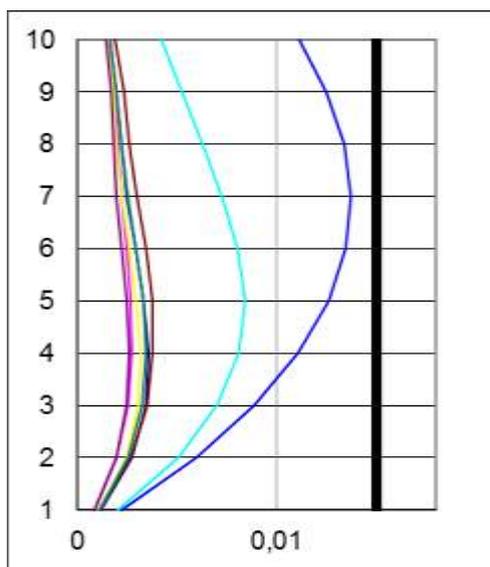


Figura 3.7 Derivas de piso, 10 pisos METODO DDBD

#### IV. CONCLUSION

Una vez evaluado los diseños sismo resistentes por los dos métodos que nos proporciona la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15 para los edificios:

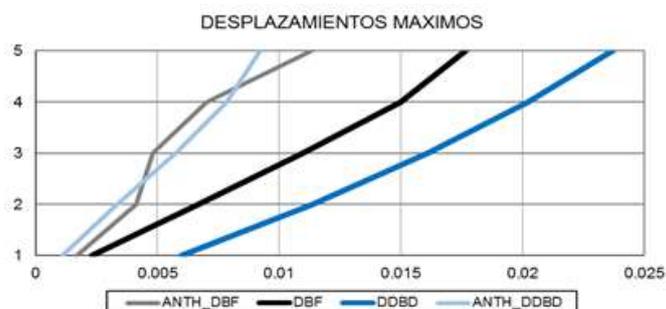
- 5 pisos de uso esencial y para un suelo D regular tanto en planta como en elevación.
- 10 pisos de uso oficinas y para un suelo C regular tanto en planta como en elevación.

Se concluye:

El diseño sismo resistente para un edificio de 5 pisos de importancia esencial por el método del Diseño Directo Basado en desplazamientos (DDBD) tiene una mayor demanda que el método basado en fuerzas (DBF), que se encuentra en el orden del 600%, representando una gran demanda de secciones y armado, lo que representa un incremento en el costo de la edificación, por el método DDBD.

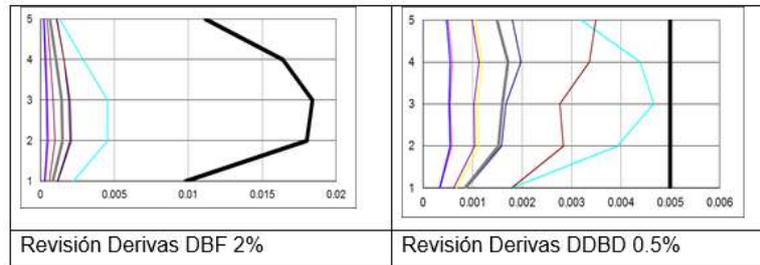
5 PISOS	DBF	DDBD
Fuerza Sísmica V(Ton)	0,223W	1,34W

Luego de un Análisis no lineal de historia en el tiempo, el edificio de 5 pisos de importancia esencial, los diseños propuesto en la NEC 2015 tienen un comportamiento conservador, debido que el desplazamiento máximo en el tope del edificio está por debajo del perfil de desplazamiento de diseño, está en el orden del 43% y 250% en el método DBF y DDBD respectivamente, esto implica que son edificios seguros y sismo resistente, como se muestra en la siguiente figura:



En un Análisis no lineal de historia en el tiempo a los diseños de los pórticos de un edificio de 5 pisos de importancia esencial, los diseños propuestos en la NEC 2015 tienen buenos resultados, en la evaluación de las derivas de piso máximas no superan los límites propuestos en la NEC 2015, el 2%

en los diseños DBF y el diseño por desempeño el 0.5% en el DDBD, como se muestra en la siguiente figura:

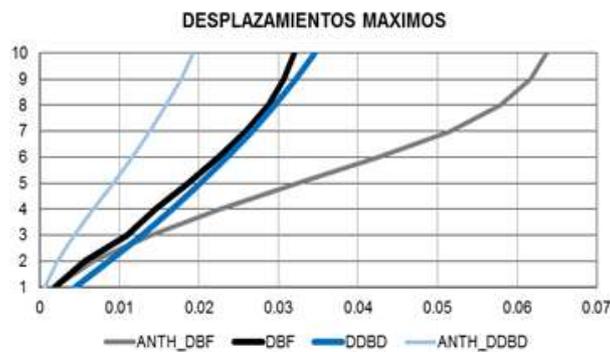


El diseño sismo resistente para edificios de 10 pisos el método de Diseño Directo Basado en desplazamientos (DDBD) requiere de una mayor demanda sobre el método Basado en Fuerzas (DBF) que se encuentra en el orden 219%, casi dos veces el coeficiente de la fuerza sísmica, representando una gran demanda de secciones y armado, lo que representa un incremento en el costo de la edificación por el método DDBD.

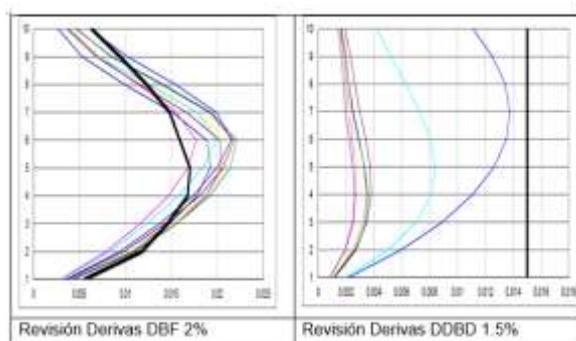
10 PISOS	DBF	DDBD
Fuerza Sísmica V(Ton)	0,072W	0,1597W

Para un edificio de 10 pisos de importancia de oficinas, por el método DDBD tiene comportamiento conservador, debido que el desplazamiento máximo en el tope del edificio está por debajo del perfil de desplazamiento de diseño, está en el orden del 179.56%.

Para el método DBF tiene un comportamiento no moderado, debido que el desplazamiento máximo en el tope del edificio está sobre del perfil de desplazamiento de diseño, está en el orden del 50.16% , como se muestra en la siguiente figura:



Para un edificio de 10 pisos de importancia de oficinas, en la evaluación de las derivas de piso máximas, superan los límites propuestos en la NEC 2015, en el diseño el 2% en los diseños DBF, en cambio en las derivas de piso máximas no superan límites el diseño por desempeño el 1.5% en el DDBD, como se muestra en la siguiente figura:



## REFERENCIAS

- [1]. CARP ATHOL J 2004 "RUAUMOKO-PROGRAM TOR INELASTIC DINAMIC ANALYSIS".DEPT. OF. CIVIL ENGINEERING, UNIVERSITY OF CANTERBURY
- [2]. Carr, Athol J 2004 " Ruaumoko Users Manual, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand Dwairi 2004 "Equivalent damping support of DDBD with application to multi -span bridges" A dissertation submitted to the graduate. Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy
- [3]. Dwairi 2004 "Equivalent damping support of DDBD with application to multi -span bridges" A dissertation submitted to the graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy
- [4]. Dwairi H., Kowalsky, M.J. and Nau J.M. (2007). Equivalent Damping in Support of Direct Displacement Based. Design. Journal of Earthquake Engineering
- [5]. EuroCode 8. "Structure in seismic regions - Design. Part 1" General and Building. May 1988 Edition, Report EUR 8849 EN, Commission of European Communities
- [6]. Gullcan, P. and Sozen, M.A., Dec. 1974 " In-elastic Responses of Reinforced Concrete Structures to Earthquake Motions", Proceedings of the ACI, Vol. 71, No. 12, pp605-610
- [7]. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015
- [8]. Ordoñez José 2015 " Diseño sísmico basado en desplazamientos de estructuras de hormigón armado aperticadas y estructuras con muros de corte"
- [9]. Ortiz Oswaldo 2013 "Algunas Consideraciones respecto de los efectos de los modos superiores en estructuras aperticadas
- [10]. Paulay-Priestley 1992 "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings" John Wiley and Sons, 744, p, USA
- [11]. Priestley y Kowalsky (2000), " Performance Based Seismic Design"
- [12]. M.J.N.Priestley, D.N.Grant, and C.A.Blandon, 2005 "European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk, (Rose School) Pavia, Italy
- [13]. Shibata, A, and Sozen, M., January 1976 " Substitute Structure Method for Seismic Design in R/C", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.102, No.ST1, pp1-18.
- [14]. SEOAC 2005 " Revised Interm Guidelines performance-based Seismic Engineering Structural Engineers Association of California"
- [15]. Sullivan 2002 " The current limitations of displacement based desing" MSc Dissertation, European School of Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), University of Pavia, Italy
- [16]. Veletsos.A, Newmark, N.M., 1960 " Effect of inelastic behavior on the response of simple systems to earthquake motions" Proceedings of "nd World Conference on Earthquake Engineering.
- [17]. UBC(1997) "Uniform Building Code" International Conference of Building Officials, Vol2.

Javier Gustavo Andrade Silva" Análisis comparativo entre los diseños sismorresistentes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC 2015] y el Diseño Directo Basado en Desplazamiento [DDBD]." Quest Journals Journal Of Software Engineering And Simulation, Vol. 05, No. 01, 2019, Pp. 16-27