



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE TORSIÓN ACCIDENTAL EN EDIFICIOS CON DIAFRAGMA  
FLEXIBLE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DAVID ELÍAS GULPPI MONCADA

PROFESOR GUÍA:

FABIÁN ROJAS BARRALES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

LEONARDO MASSONE SÁNCHEZ

MARÍA MORONI YADLIN

SANTIAGO DE CHILE  
2015

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE:** ingeniero Civil con mención en  
Estructuras y Construcción  
**POR:** David Elías Gulppi Moncada.  
**FECHA:** 14/10/2015  
**PROFESOR GUÍA:** Fabián Rojas Barrales.

## **ANÁLISIS DE TORSIÓN ACCIDENTAL EN EDIFICIOS CON DIAFRAGMA FLEXIBLE**

El presente trabajo de título tiene como objetivo analizar el comportamiento de las estructuras debido a la acción de la torsión accidental, mediante lo dispuesto en la NCh433 Of 96, mod. 2009 y el D.S. N° 61, para su uso en diafragma rígido, y algunas variaciones de dichos métodos, incluido el que se utiliza actualmente en la práctica profesional, mediante el uso del programa ETABS, el cual se puede aplicar tanto en diafragmas rígidos como flexibles.

Con este propósito se escoge una muestra de 9 edificios de tipología chilena en donde se observan posibles problemas por torsión dada la distribución irregular de los elementos resistentes, o por la forma que presentan en planta los edificios. Además, dentro de la muestra se agregan algunos edificios que se cree no presentarían problemas torsionales, o bien, que cuentan con una estructuración mixta (muros y marcos de hormigón armado), para así hacer este estudio lo más general posible. Todos estos edificios fueron analizados sísmicamente a través del programa ETABS, considerando tanto los métodos de la norma (diafragma rígido), como otras metodologías escogidas, que corresponden a la inclusión de excentricidades accidentales de 5%, 10% y una distribución triangular en la altura, estos últimos, mediante la metodología incluida en el programa, imponiendo tanto diafragmas rígidos como flexibles. A partir de dichos análisis se procede a extraer algunos parámetros sísmicos directamente del programa y a calcular externamente otros, mediante una rutina escrita en el programa Visual Basic.

De los parámetros obtenidos del análisis sísmico de los edificios se observa que la incorporación de la torsión accidental en edificios, tanto para diafragmas rígidos como flexibles no es siempre posible mediante las nuevas metodologías analizadas, debido a que en algunos casos los valores encontrados con las nuevas metodologías no son conservadores comparados con los valores obtenidos mediante el uso de las metodologías de la norma, además de entregar resultados incorrectos en algunos casos, debido a las limitaciones del programa.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mi familia y en especial a mi madre, la cual me ha entregado su cariño y apoyo incondicional durante toda mi vida. Agradezco también al profesor Fabián Rojas por la voluntad y paciencia para guiarme a lo largo de este trabajo y a los profesores de la comisión por las correcciones y consejos entregados.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA .....	3
2.1	Definición de Diafragma Rígido y Flexible .....	3
2.2	Metodologías de Normas Extranjeras para la Incorporación de la Torsión Accidental. ....	4
2.2.1	Eurocode 8 - 2004.....	4
2.2.2	ASCE - 2010 .....	5
2.2.3	General Structural Design and Design Loadings for Buildings (Nueva Zelandia) - 1992.....	6
2.3	Metodologías del Programa ETABS.....	7
2.3.1	Método ETABS .....	7
2.3.2	Método Yasin M. Fahjan et al [3].....	7
2.4	Metodología.....	10
3	SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE EDIFICIOS.....	11
4	CALCULO DE PARAMETROS SÍSMICOS DE RESPUESTA .....	21
4.1	Análisis Modal Espectral .....	21
4.2	Procedimientos de Ingreso de la Torsión Accidental en ETABS .....	27
4.3	Resultados Obtenidos del análisis Dinámico.....	31
4.4	Parámetros Sísmicos de Respuesta Estudiados.....	32
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
5.1	Drift de Centro de Masa .....	35
5.1.1	Drift de Centro de Masa (Diafragma Rígido).....	35
5.1.2	Drift de Centro de Masa (Diafragma Flexible).....	35
5.2	Drift de Centro de Masa Proyectado .....	36
5.2.1	Drift de Centro de Masa Proyectado (Diafragma Rígido).....	36
5.2.2	Drift de Centro de Masa Proyectado (Diafragma Flexible).....	39
5.3	Máximo Drift Total .....	42
5.3.1	Máximo Drift Total (Diafragma Rígido).....	42
5.3.2	Máximo Drift Total (Diafragma Flexible).....	45
5.4	Máximo Drift Adicional (Giro).....	48
5.4.1	Máximo Drift Adicional (Giro, Diafragma Rígido).....	48
5.4.2	Máximo Drift Adicional (Giro, Diafragma Flexible).....	51
5.5	Diferencia de Giro.....	51
5.6	Comparación de cálculo del “drift de CM” modal y post combinación .....	52
6	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES .....	53



7	BIBLIOGRAFÍA.....	55
8	ANEXO .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Características de Edificios Seleccionados. ....	11
Tabla 4.1. Parámetros dependientes del tipo de suelo. ....	22
Tabla 4.2. Parámetros relacionados a la zona sísmica. ....	22
Tabla 4.3. Periodos naturales y participación modal. ....	23
Tabla 4.4. Parámetros del espectro de diseño. ....	24
Tabla 4.5. Resumen de Parámetros Sísmicos, dirección X. ....	26
Tabla 4.6. Resumen de Parámetros Sísmicos, dirección Y. ....	26
Tabla 4.7. Resumen de periodo rotacional y factores de participación modal. ....	27
Tabla 5.1. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Rígido, Directo). ....	36
Tabla 5.2. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Rígido, Indirecto). ....	37
Tabla 5.3. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Rígido). ....	38
Tabla 5.4. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Flexible, Directo). ....	39
Tabla 5.5. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Flexible, Indirecto). ....	40
Tabla 5.6. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Flexible). ....	41
Tabla 5.7. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rígido, Directo). ....	42
Tabla 5.8. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rígido, Indirecto). ....	43
Tabla 5.9. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rígido). ....	44
Tabla 5.10. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible, Directo). ....	45
Tabla 5.11. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible, Indirecto). ....	46
Tabla 5.12. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible). ....	47
Tabla 5.13. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Adicional Por Giro (D. Rígido, Directo). ...	48
Tabla 5.14. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Adicional Por Giro (D. Rígido, Indirecto). .	49
Tabla 5.15. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift Adicional (Giro). ....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Planta piso tipo edificio H. ....	2
Figura 2.1. Simplificación de diafragma Rígido. ....	3
Figura 3.1. Modelo Edificio A.....	12
Figura 3.2. Planta Piso Tipo Edificio A. ....	12
Figura 3.3. Modelo Edificio B.....	13
Figura 3.4. Planta Piso Tipo Edificio B. ....	13
Figura 3.5. Modelo Edificio C. ....	14
Figura 3.6. Planta Piso Tipo Edificio C. ....	14
Figura 3.7. Modelo Edificio D. ....	15
Figura 3.8. Planta Piso Tipo Edificio D. ....	15
Figura 3.9. Modelo Edificio E.....	16
Figura 3.10. Planta Piso Tipo Edificio E. ....	16
Figura 3.11. Modelo Edificio F.....	17
Figura 3.12. Planta Piso Tipo Edificio F. ....	17
Figura 3.13. Modelo Edificio G. ....	18
Figura 3.14. Planta Piso Tipo Edificio G. ....	18
Figura 3.15. Modelo Edificio H. ....	19
Figura 3.16. Planta Piso Tipo Edificio H. ....	19
Figura 3.17. Modelo Edificio I. ....	20
Figura 3.18. Planta Piso Tipo Edificio I.....	20
Figura 4.1. Espectros elástico y de diseño, sismo x. ....	25
Figura 4.2. Espectros elástico y de diseño, sismo y.....	25
Figura 4.3. Ingreso de Excentricidad Accidental a ETABS, Caso 5%. ....	28
Figura 4.4. Ingreso de Excentricidad a ETABS, Caso Excentricidad Triangular. ....	29
Figura 4.5. Ingreso de Momentos Estáticos a ETABS. ....	30
Figura 4.6. Ingreso de Propiedades al Nuevo Centro de Masa en ETABS. ....	31
Figura 4.7. Esquema de parámetros estudiados.....	33

# 1 INTRODUCCIÓN

En la Norma Chilena Oficial Nch 433. of 1996 Modificada en 2009 se exige analizar tanto los efectos traslacionales como torsionales producidos a partir de las sollicitaciones de tipo sísmica. La torsión en edificios presenta diversas fuentes, siendo la torsión intrínseca una de las más importantes. Esta componente de la torsión es producto de la asimétrica distribución de la masa y rigidez en los diferentes pisos, lo cual resulta en un desplazamiento relativo entre las posiciones de los llamados centros de rigidez (CR) y centros de masa (CM), efecto que queda incorporado naturalmente en los modelos 3D realizados con los actuales programas de elementos finitos. Sin embargo, en el presente estudio se pretende analizar una diferente componente de dicho fenómeno, siendo ésta conocida como torsión accidental. Dicha componente trata de englobar tanto el efecto torsional producto de un movimiento sísmico, como la incertidumbre presente en el cálculo de las propiedades de la estructura dada la imprecisión inherente a la medición de la masa, rigidez y resistencia de los materiales.

En la actualidad, la norma de diseño sísmico chilena presenta los dos siguientes enfoques con el fin incorporar el efecto de la torsión accidental, diferenciando entre el análisis estático y el modal:

1. Análisis Estático: En este caso se aplican momentos de torsión en cada piso, calculados como el producto de las fuerzas estáticas que actúan en dicho nivel, por una excentricidad accidental dada por:

$$\pm 0,1b_{ky} Z_k/h \text{ para el sismo según X;}$$

$$\pm 0,1b_{kx} Z_k/h \text{ para el sismo según Y;}$$

2. Análisis Modal: En este caso se considera el efecto de la torsión accidental a través de las dos siguiente alternativas:

- a) Desplazando transversalmente la ubicación de los centros de masas del modelo en  $\pm 0,05b_{ky}$  para el sismo en dirección X, y en  $\pm 0,05b_{kx}$  para el sismo en dirección Y. Se debe tomar igual signo para los desplazamientos en cada nivel k, de modo que en general, es necesario considerar dos modelos en cada dirección de análisis, además del modelo con los centros de masas en su ubicación natural.

- b) Aplicando momentos de torsión estáticos en cada nivel, calculados como el producto de la variación del esfuerzo de corte combinado en ese nivel, por una excentricidad accidental dada por:

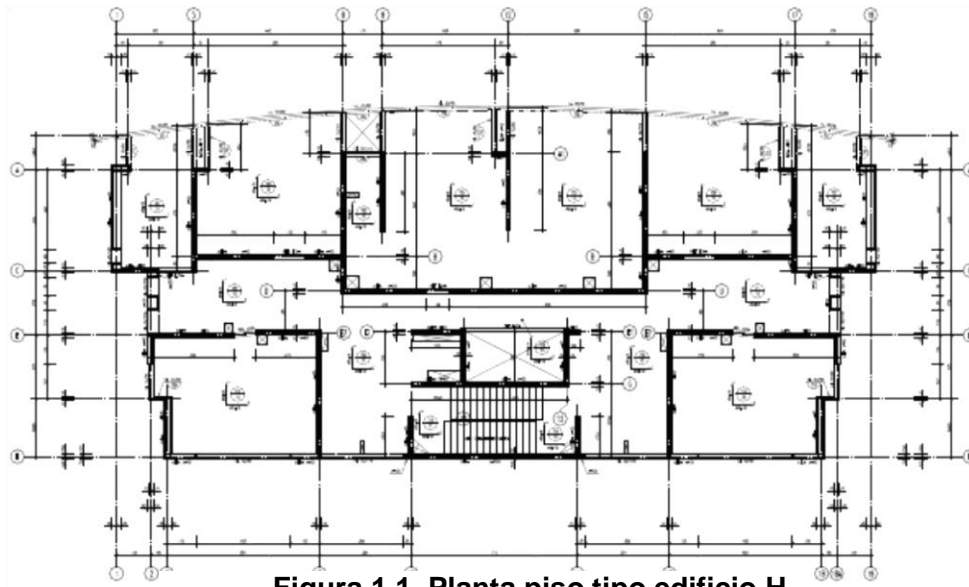
$$\pm 0,1b_{ky} Z_k/h \text{ para el sismo según X;}$$

$$\pm 0,1b_{kx} Z_k/h \text{ para el sismo según Y;}$$

Se debe tomar igual signo para las excentricidades en cada nivel, de modo que en general es necesario considerar dos casos para cada dirección de análisis. Los resultados de estos análisis se deben sumar a los de los análisis modales espectrales que resultan de considerar el sismo actuando según la dirección X o Y de la planta, del modelo con los centros de masas en su ubicación natural.

Es importante señalar que las metodologías previamente expuestas se realizan sobre el supuesto de diafragmas rígidos, es decir, se asume que las losas por piso actúan como cuerpo rígido. Esto permite incorporar la torsión accidental a través de un momento aplicado en el centro de masa del piso analizado. Sin embargo, para el caso con diafragma flexible, se toma en cuenta la flexibilidad de la losa y por ende, no es válido aplicar todo el efecto de la torsión en un solo punto, ya que éste se concentraría en solo una parte de la losa. Es por esto que sería interesante estudiar cual sería el efecto de incorporar la torsión accidental, por ejemplo, distribuyendo dicho momento homogéneamente sobre la losa de cada piso.

El objetivo global de este trabajo es analizar el comportamiento de las estructuras debido a la acción de la torsión accidental, considerando el caso de diafragma flexible, mediante lo dispuesto en la NCh433 Of 96, mod. 2009, el D.S. N° 61 y las normas extranjeras seleccionadas. Con este propósito se escogieron una serie de edificios de tipología chilena en donde se observan posibles problemas por torsión dada la distribución irregular de los elementos resistentes o la misma forma que presentan. Un ejemplo de esto es el edificio H (Figura 1.1), escogido por ser un edificio habitacional de playa y por ende, presentar una baja densidad de muros en una de sus fachadas.



A partir de los edificios seleccionados se obtienen los modelos generados en el programa ETABS con los cuales se analizan sus comportamientos sísmicos según lo especificado en la NCh433 Of 96, mod. 2009, el D.S. N° 61 y los métodos de las normas extranjeras seleccionados. Finalmente, se realiza un trabajo de pos-procesamiento de los resultados obtenidos de los modelos a través de un programa escrito en Visual Basic, con el cual se calculan los parámetros de respuesta sísmica que son finalmente comparados y de los cuales se extraen las conclusiones finales.

## 2 ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

Como se mencionó en la introducción, lo que se busca en este trabajo es comparar diferentes metodologías que permitan incorporar el efecto de la torsión accidental en estructuras con diafragmas flexibles. La comparación de dichos métodos se hace a través de los parámetros de respuesta sísmica que se obtengan una vez implementados, considerando tanto diafragmas rígidos como flexibles en la modelación. A continuación se presenta una breve definición de los tipos de diafragmas de pisos (Rígido y Flexible), utilizados y, algunas de las metodologías encontradas en las principales normas extranjeras, las cuales permiten la incorporación del efecto de la torsión accidental.

### 2.1 Definición de Diafragma Rígido y Flexible

La simplificación de diafragma rígido se basa en lo observado en gran número de edificios, en donde las deformaciones medidas en planta son despreciables en comparación con las obtenidas entre pisos. Matemáticamente, dicha simplificación se logra condensando los desplazamientos de los nodos que forman el diafragma de piso en solo 3 grados de libertad (dos desplazamientos y un giro), ubicados en el centro de masa, con los cuales es posible determinar los desplazamientos de cualquier punto de la losa, tal como se muestra en la Figura 2.1 y en la Ecuación 2-1 y Ecuación 2-2.

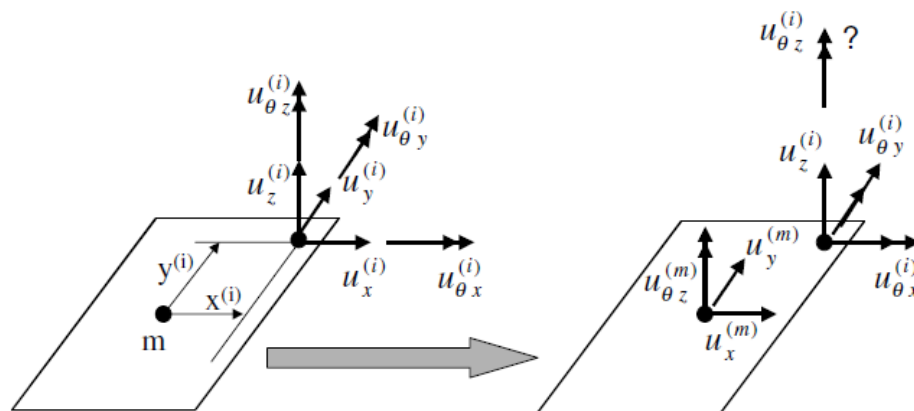


Figura 2.1. Simplificación de diafragma Rígido.

Fuente: Wilson, E. L. [2002] "Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures", Third Edition, p.7-7.

$$u_x^{(i)} = u_x^{(m)} - y^{(i)}u_{\theta z}^{(m)} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

$$u_y^{(i)} = u_y^{(m)} + x^{(i)}u_{\theta z}^{(m)} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

A diferencia de la simplificación del diafragma rígido, los diafragmas semirrígidos o flexibles son aquellos en donde se toma en cuenta la rigidez de la losa al momento de calcular la respuesta de un edificio y por ende, cada nodo de la losa puede moverse independiente del centro de masa, generando una respuesta mucho más realista de la estructura. Además, dado que el diafragma flexible toma en cuenta la flexibilidad del piso, el traspaso de las cargas horizontales hacia los elementos resistentes verticales se hace en función de la rigidez de todos los elementos verticales y horizontales, a diferencia del caso de diafragmas rígidos en donde el traspaso de las cargas se hace en función solamente de la rigidez de los elementos verticales.

## 2.2 Metodologías de Normas Extranjeras para la Incorporación de la Torsión Accidental.

Al revisar las normativas de diseño sísmico extranjeras se encuentran diversos métodos para la incorporación de la torsión accidental en edificios, los cuales difieren en mayor o menor grado respecto de los presentes en la normativa chilena. A continuación se presentan los métodos presentes en algunos de las principales normativas extranjeras.

### 2.2.1 Eurocode 8 - 2004

#### Análisis Estático:

Si la rigidez lateral y masa se encuentran simétricamente distribuidas en planta y a menos que la torsión accidental sea incorporada a través de un método más exacto, como el de los momentos estáticos del análisis modal espectral, los efectos por torsión accidental pueden considerarse al amplificar los efectos en cada elemento resistente producto de la aplicación de las fuerzas horizontales del método estático, por un factor  $\delta$  definido como:

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Donde:

$x$  : es la distancia entre el elemento considerado y el centro de masa del piso, medida perpendicular a la dirección del sismo.

$L_e$ : es la distancia entre los dos elementos resistentes de carga lateral más externos, medida perpendicular a la dirección del sismo.

### Análisis Modal Espectral:

En el caso de que un modelo tridimensional sea utilizado en el análisis, los efectos por torsión accidental pueden determinarse como la envolvente de los efectos resultantes de la aplicación de cargas estáticas, consistentes en momentos torsionales  $M_{ai}$  aplicados en el eje vertical de cada piso  $i$ .

$$M_{ai} = e_{ai} \cdot F_i \quad \text{Ecuación 2-4}$$

Donde :

$e_{ai}$ : es la excentricidad accidental calculada como el 5% de la dimensión del piso, medida perpendicular a la dirección del sismo.

$F_i$  : es la fuerza horizontal aplicada en el piso  $i$ , calculada a través del método estático.

Los efectos de dichos momentos deben tomarse en consideración tanto con signo positivo como negativo, pero considerando el mismo signo para cada piso.

## **2.2.2 ASCE - 2010**

### Análisis Estático:

En diafragmas que no son flexibles, el diseño debe incluir el momento torsional inherente ( $M_t$ ) producto de la ubicación de las masas de la estructura, más los momentos por torsión accidental ( $M_{ta}$ ) causados por el desplazamiento del centro de masa, en una distancia igual al 5% de la dimensión de la estructura perpendicular a la dirección de las fuerzas aplicadas. En caso de presentar algún tipo de irregularidad torsional, se debe incluir dicho efecto multiplicando  $M_{ta}$  en cada nivel por un factor de amplificación ( $A_x$ ) definido como:

$$1 \leq A_x = \left( \frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2 \leq 3 \quad \text{Ecuación 2-5}$$



Donde :

$\delta_{max}$ : desplazamiento máximo del piso analizado.

$\delta_{avg}$  : desplazamiento promedio de los extremos del piso analizado.

Se dice que la estructura presenta irregularidad torsional, si se obtiene que al incluir la torsión accidental (considerando  $A_x = 1$ ), la máxima deformación de entrepiso en uno de los extremos de la estructura, perpendicular a alguno de los ejes, es mayor a 1,2 veces la deformación de entrepiso promedio de los dos extremos del piso.

#### Análisis Dinámico:

El análisis debe considerar los efectos torsionales de la misma forma que se hace para el análisis estático, incluyendo el efecto de la torsión accidental.

### **2.2.3 General Structural Design and Design Loadings for Buildings (Nueva Zelanda) - 1992**

#### Análisis Estático:

Las fuerzas de diseño estáticas equivalentes deben ser aplicadas en puntos distanciados del centro de masa, una distancia igual al 10% de la dimensión del piso, medida perpendicular a la dirección de la carga sísmica.

#### Análisis Dinámico:

En caso de que la estructura cumpla con ciertos criterios de regularidad horizontal y se utilice un análisis modal espectral en dos dimensiones para considerar los efectos traslacionales, es posible calcular los efectos por torsión accidental a través del método utilizado en el análisis estático, en donde las fuerzas utilizadas pueden ser aquellas calculadas a través del método estático equivalente, o bien, las fuerzas inerciales combinadas de cada piso calculadas luego de realizar el análisis modal espectral en dos dimensiones previamente mencionado. Los efectos torsionales deben combinarse con los traslacionales a través de la suma directa de estos, considerando los signos que produzcan los efectos más adversos en los elementos resistentes.

De no cumplirse los requisitos antes mencionados, se debe utilizar un modelo tridimensional de la estructura, en donde el efecto de la torsión accidental puede considerarse ya sea; desplazando los centros de masa y distribución de éstas un 10% de la dimensión del piso medida perpendicular a la acción sísmica, considerando el signo que produzca las mayores solicitaciones en los elementos resistentes, o bien, aplicando las fuerzas de inercia con la misma excentricidad antes descrita, respecto del centro de masa teórico.

## 2.3 Metodologías del Programa ETABS.

### 2.3.1 Método ETABS

El programa ETABS utiliza su propia metodología al momento de formular la respuesta dinámica debida a la excentricidad accidental, tal como se describe a continuación. Una vez ejecutado el caso de carga “respuesta-espectral”, las aceleraciones en cada punto en las direcciones X e Y son determinadas y luego multiplicadas por la masa tributaria y las excentricidades del diafragma calculadas en ambas direcciones. El mayor de los valores absolutos de dichos momentos resultantes ( $m \cdot X_{acc} \cdot dY$  o  $m \cdot Y_{acc} \cdot dX$ ), es aplicado como una torsión en la ubicación del nodo. Entonces la respuesta estática de dichos momentos es sumada a los resultados obtenidos por el caso de carga “respuesta-espectral” para considerar las fuerzas de diseño adicionales causadas por la excentricidad accidental. Cabe mencionar que al momento de asignar una razón de excentricidad en el caso de carga “respuesta-espectral”, solo se solicita un valor positivo, ya que los resultados incluirán la envolvente de las respuestas con signo positivo y negativo.

### 2.3.2 Método Yasin M. Fahjan et al [3]

Este método aparece mencionado como referencia en la descripción del método utilizado por ETABS, señalado como un método alternativo, el cual utiliza la superposición modal de los vectores de fuerza global para incluir el efecto de la torsión accidental, dentro de cada forma modal por separado. A continuación se presentan las ecuaciones que describen dicho método.

Ecuación de movimiento

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = -MT_x\ddot{u}_g(t) \quad \text{Ecuación 2-6}$$

Donde :

$u(t)$  : vector de desplazamiento relativo a la base.

$\dot{u}(t)$  : vector de velocidad relativa a la base.

$\ddot{u}(t)$  : vector de aceleración total.

$T_x$  : vector de influencia.

$\ddot{u}_g(t)$ : vector de aceleración basal.

## Descomposición modal

$$u(t) = \Phi Z(t) = \sum_{n=1}^Y \Phi_n Z_n(t) \quad \text{Ecuación 2-7}$$

Donde :

$\Phi$  : matriz de formas modales

$Z(t)$  : vector de amplitudes modales en el tiempo t.

$\Phi_n$  : vector de formas modales del modo n.

$Z_n(t)$  : amplitud del modo n en el tiempo t.

## Velocidad y aceleración modal

$$\dot{u}(t) = \sum_{n=1}^Y \Phi_n \dot{Z}_n(t) \quad \text{Ecuación 2-8}$$

$$\ddot{u}(t) = \sum_{n=1}^Y \Phi_n \ddot{Z}_n(t) \quad \text{Ecuación 2-9}$$

Reemplazando Ecuación 2-7, Ecuación 2-8 y Ecuación 2-9 en Ecuación 2-6 se obtiene:

$$\ddot{Z}_n(t) + 2\xi_n \omega_n \dot{Z}_n(t) + \omega_n^2 Z_n(t) = -\left(\frac{L_{xn}}{M_n}\right) \ddot{u}_{gx}(t) \quad \text{Ecuación 2-10}$$

$$u_{n,max} = \Phi_n Z_{n,max} = \Phi_n \left(\frac{L_{xn}}{M_n}\right) \frac{S_a(T_n)}{\omega_n^2} \quad \text{Ecuación 2-11}$$

$$F_{n,max} = \omega_n^2 M u_{n,max} = M \Phi_n \left(\frac{L_{xn}}{M_n}\right) S_a(T_n) \quad \text{Ecuación 2-12}$$

Donde :

$\xi_n$  : amortiguamiento del modo n.

$\omega_n$  : frecuencia del modo n.

$L_{xn}$  : factor de participación modal del modo n en la dirección x.

$S_a$  : espectro de aceleración.

$u_{n,max}$  : desplazamiento máximo para el modo n.

$F_{n,max}$  : fuerza máxima para el modo n.

Fuerzas modales en piso i:

$$F_{xin,max} = m_i \Phi_{xin} \left( \frac{L_{xn}}{M_n} \right) S_a(T_n) \quad \text{Ecuación 2-13}$$

$$F_{yin,max} = m_i \Phi_{yin} \left( \frac{L_{xn}}{M_n} \right) S_a(T_n) \quad \text{Ecuación 2-14}$$

$$F_{\theta in,max} = m_{\theta i} \Phi_{\theta in} \left( \frac{L_{xn}}{M_n} \right) S_a(T_n) \quad \text{Ecuación 2-15}$$

Donde :

$F_{xin,max}$  : fuerza máxima en el piso i para la dirección x y el modo n.

$F_{\theta in,max}$  : momento máximo en el piso i para el modo n.

$m_i$  : masa modo i.

$m_{\theta i}$  : inercia rotacional modo i.

$\Phi_{xin}$  : forma modal del piso i para la dirección x y el modo n.

$\Phi_{\theta in}$  : forma modal del piso i para la giro en planta y el modo n.

En esta etapa se actualiza  $F_{\theta in,max}$  al incorporar los momentos generados por las excentricidades accidentales  $ex_{di}$ ,  $ey_{di}$

$$F_{\theta in,max}^* = F_{\theta in,max} + F_{yin,max} \times ex_{di} \quad \text{Ecuación 2-16}$$

$$F_{\theta in,max}^* = F_{\theta in,max} + F_{xin,max} \times ey_{di} \quad \text{Ecuación 2-17}$$

Finalmente, se vuelve a calcular el vector de desplazamientos máximos  $u_{n,max}$  haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Ku_{n,max}^* = F_{n,max}^* \quad \text{Ecuación 2-18}$$

## 2.4 Metodología

A continuación se describen cada uno de los pasos llevados a cabo durante la realización de este trabajo.

1. Selección de la muestra de edificios: Se escogen un total de 9 edificios de tipología chilena diseñados en los últimos 5 años. Dicha selección se hace buscando edificios en donde se espera problemas por torsión, ya sea por la distribución de elementos resistentes, o bien, por la forma de sus plantas. Además, dentro de la muestra se agregan algunos edificios que se cree no presentarían problemas torsionales, para así hacer este estudio lo más general posible.
2. Obtención de los Modelos: Se obtienen los modelos de elementos finitos de los edificios escogidos, generados durante el diseño de estos, a través del programa ETABS.
3. Selección de Métodos: Se seleccionan los métodos utilizados en este trabajo, los cuales permiten incorporar el efecto de la torsión accidental, considerando tanto diafragmas rígidos como flexibles en los pisos de los modelos. Dentro de las metodologías escogidas se encuentran:
  - Asignación de un 5% de excentricidad accidental usando el método establecido en ETABS.
  - Asignación de un 10% de excentricidad accidental usando el método establecido en ETABS.
  - Asignación de excentricidad accidental manual con una distribución triangular usando el método establecido en ETABS.
  - Desplazamiento del CM un 5% según la norma NCh433
  - Aplicación de Momentos Estáticos según la norma NCh433
4. Análisis Sísmico de Edificios: Se realiza el análisis sísmico de los edificios a través del programa ETABS, utilizando las diferentes metodologías seleccionadas, imponiendo tanto diafragmas rígidos como flexibles en los modelos.
5. Post-Procesamiento de Resultados: Se extraen los resultados entregados por el programa ETABS (archivo MDB), luego de realizar el análisis sísmico a través de los diferentes métodos escogidos y, se calculan los parámetros sísmicos analizados en este trabajo, mediante una rutina generada en el programa Visual Basic.

### 3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE EDIFICIOS

Como bien se explica en la introducción, al comienzo de este trabajo se escogen una serie de edificios (9), los cuales se cree pueden presentar problemas por torsión, dada la forma o distribución de elementos resistentes de sus plantas. Una vez seleccionada la muestra de edificios, se obtienen los modelos de elementos finitos de estos, generados a través del programa ETABS, en los cuales se aplican tanto las metodologías presentes actualmente en la norma NCh 433 como aquella utilizada por dicho programa, las cuales permiten incorporar los efectos de la torsión accidental. Todo esto se hace considerando dos modelos diferentes, uno con diafragmas rígidos y otro flexible, para cada edificio analizado.

A continuación se presenta una tabla descriptiva con información de los parámetros sísmicos y características relevantes de los edificios escogidos.

**Tabla 3.1. Características de Edificios Seleccionados.**

Edificio	Tipo de Uso	Estructuración	Zona Sísmica	Tipo de Suelo	Número de Pisos	Numero de Subte.	Altura Sobre el nivel del Suelo [m]	Altura Total [m]	exc,x/Lx [%]	exc,y/Ly [%]
A	Habitacional	Muros de corte	2	B	13	2	32,5	38,4	3,6	0,1
B	Habitacional	Muros de corte	2	B	25	3	62,2	72,5	0,3	5,8
C	Habitacional	Muros de corte	2	B	20	1	49,2	52,9	1,8	9,2
D	Habitacional	Muros de corte	2	B	22	2	55,4	62,4	4,9	3,6
E	Oficina	Muros de corte	2	B	13	1	32,7	36,4	0,4	0,5
F	Habitacional	Muros de corte	2	B	25	4	63,1	75,3	0,8	7,4
G	Oficina	Mixto	2	B	21	5	60	75	0	4,8
H	Habitacional	Muros de corte	3	A	28	2	70,9	77,5	1,6	43
I	Habitacional	Muros de corte	2	B	27	2	68,9	75,5	3,9	27,9

Cabe señalar que las últimas dos columnas corresponden a los porcentajes de las excentricidades intrínsecas (exc,x y exc,y), respecto de las dimensiones del diafragma de piso (Lx y Ly), medidas en la misma dirección.

A continuación se presenta información referente al tipo de materiales utilizados en la generación de los modelos y las características principales por las cuales fueron escogidos para este estudio.

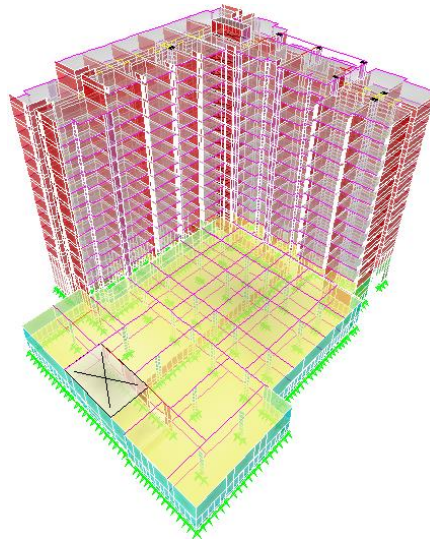
- **Edificio A**

- **Hormigón:**

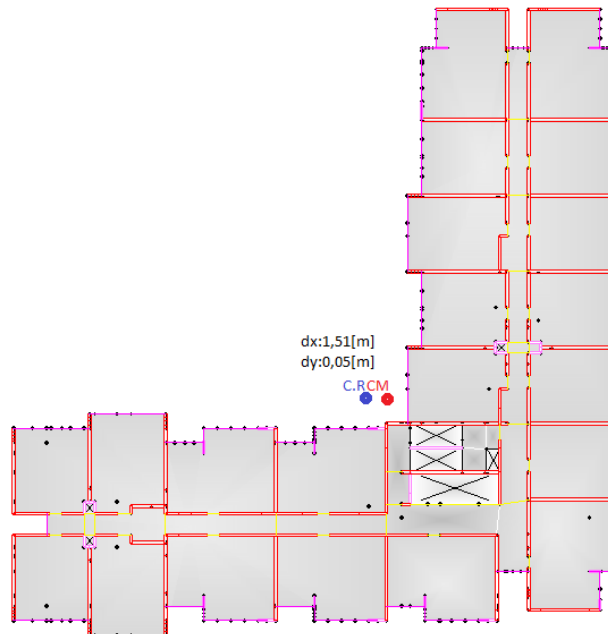
- Hormigón Fundaciones: Grado H30-90
- Hormigón Estructura del Edificio: Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.1), corresponde a un típico edificio habitacional de Santiago, estructurado en base a muros de corte. Se escoge este edificio debido a la geometría en L con la que cuenta, y lo alargadas que son las alas de las plantas, lo cual permite extender el estudio a edificios con formas irregulares.



**Figura 3.1. Modelo Edificio A.**



**Figura 3.2. Planta Piso Tipo Edificio A.**

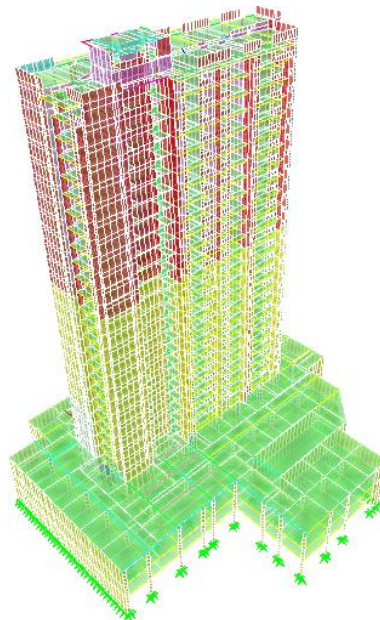
- **Edificio B**

- **Hormigón:**

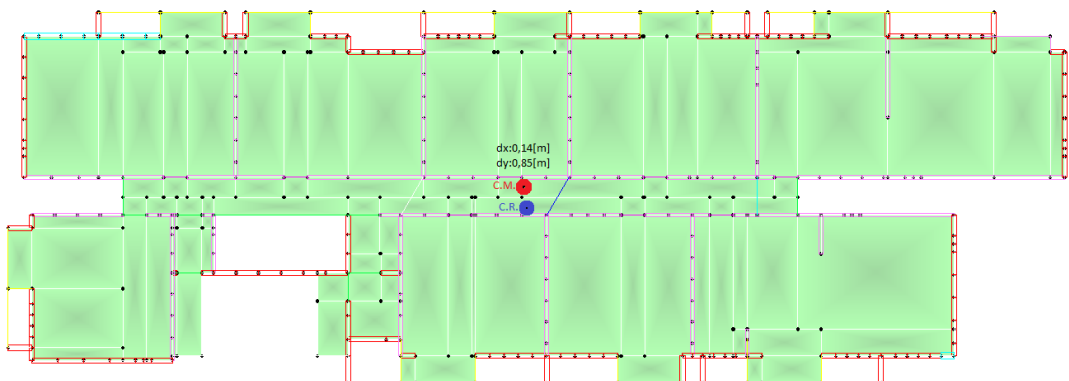
- Hormigón Fundaciones: Grado H30-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De 3° Subte. a 7° Piso): Grado H40-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De 8° Piso a Sal. Maq.): Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.3), corresponde a un típico edificio habitacional de Santiago, estructurado en base a muros de corte. La particularidad que presenta este edificio es el contar con una planta bastante alargada y la caja de escaleras y ascensores desplazada hacia un extremo de la planta. Dicho desplazamiento de la caja de escaleras, sumado a la gran densidad de muros presente en ese sector, produce que el centro de rigidez se aleje del centro del piso y por ende, se genere una mayor excentricidad intrínseca.



**Figura 3.3. Modelo Edificio B.**



**Figura 3.4. Planta Piso Tipo Edificio B.**



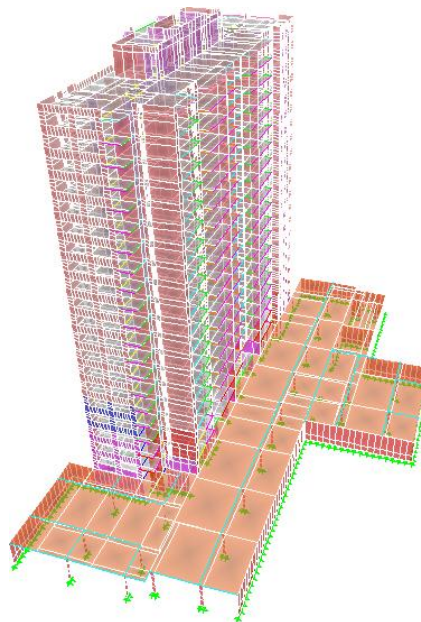
- **Edificio C**

- **Hormigón:**

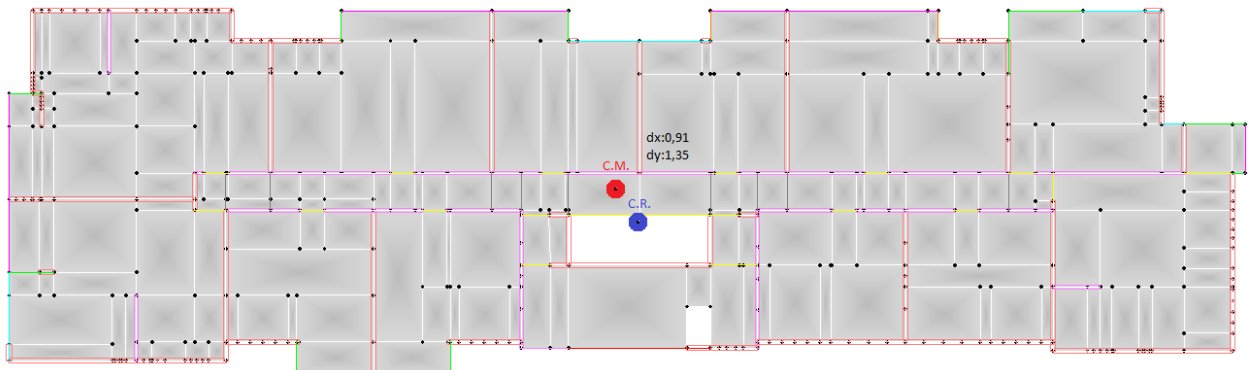
- Hormigón Fundaciones Edificio: Grado H30-90
- Hormigón Estructura Edificio Ciel. Subt. a Muros Ciel. P.3°: Grado H40-90
- Hormigón Estructura Edificio Losa Ciel. P.3° a Sal. Maq.: Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.5), corresponde a un típico edificio habitacional de Santiago estructurado en base a muros de corte. Se escoge debido a que cuenta con la caja de ascensores y escaleras desplazada hacia la parte posterior del edificio.



**Figura 3.5. Modelo Edificio C.**



**Figura 3.6. Planta Piso Tipo Edificio C.**

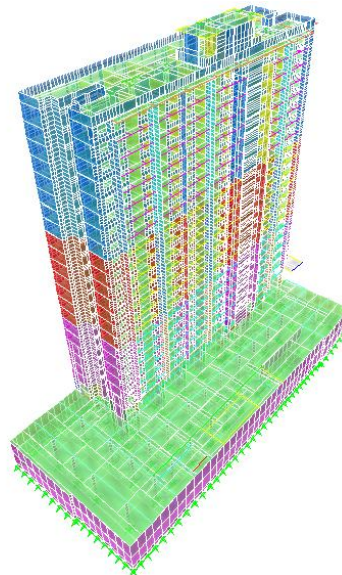
- **Edificio D**

- **Hormigón:**

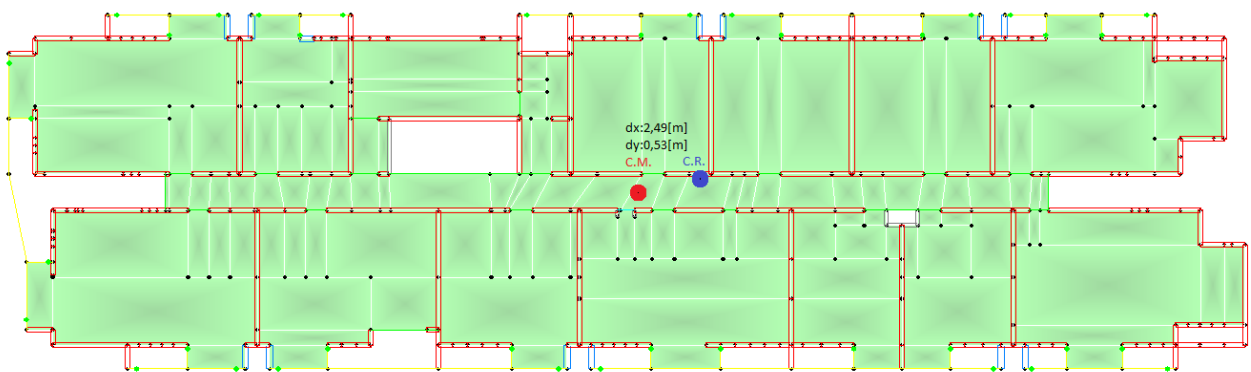
- Hormigón Fundaciones Edificio: Grado H40-90
- Hormigón Estructura Edificio 2° Sub. a 7° Piso: Grado H40-90
- Hormigón Estructura Edificio 8° Piso a 14° Piso: Grado H30-90
- Hormigón Estructura Edificio 15° Piso a Sal. Maq.: Grado H25-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.7), corresponde a un típico edificio habitacional de Santiago en base a muros de corte. La particularidad que presenta este edificio es el contar con la caja de escaleras desplazada hacia un lado del edificio, lo cual, sumado a la asimétrica distribución de muros, genera un aumento de la excentricidad intrínseca.



**Figura 3.7. Modelo Edificio D.**



**Figura 3.8. Planta Piso Tipo Edificio D.**

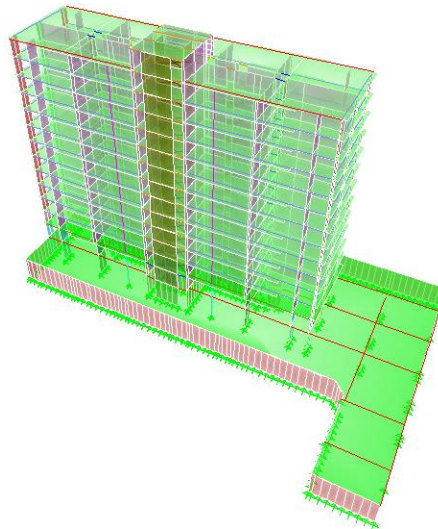
- **Edificio E**

- **Hormigón:**

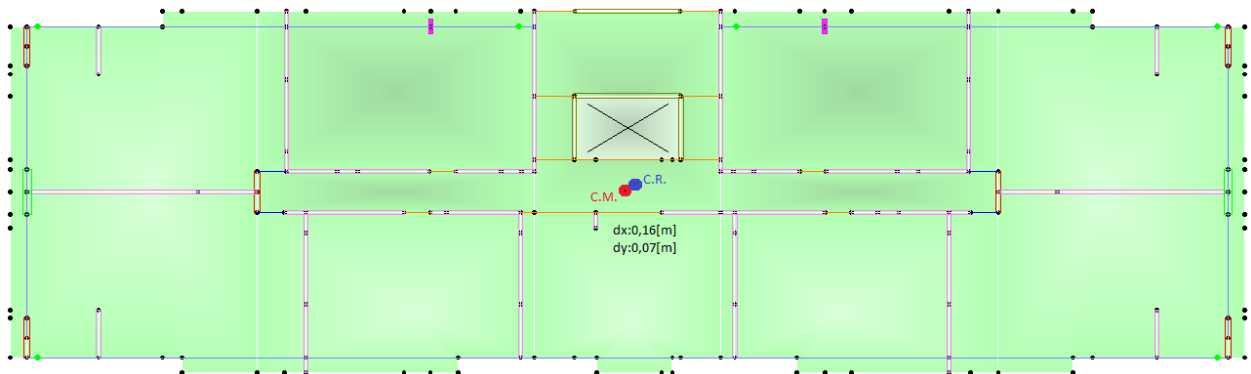
- Hormigón Fundaciones: Grado H35-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De 1° Subte. a Ciel. P2°): Grado H35-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De Ciel. P3° a Sal. Maq.): Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.9), corresponde a un típico edificio de oficina de Santiago estructurado en base a muros de corte. Debido a que presenta buena simetría en ambos ejes, se espera que no presente problemas por torsión. Se escoge con el fin de analizar los resultados que se obtienen con los métodos seleccionados, en un edificio que no pareciera presentar mayores problemas por torsión.



**Figura 3.9. Modelo Edificio E.**



**Figura 3.10. Planta Piso Tipo Edificio E.**

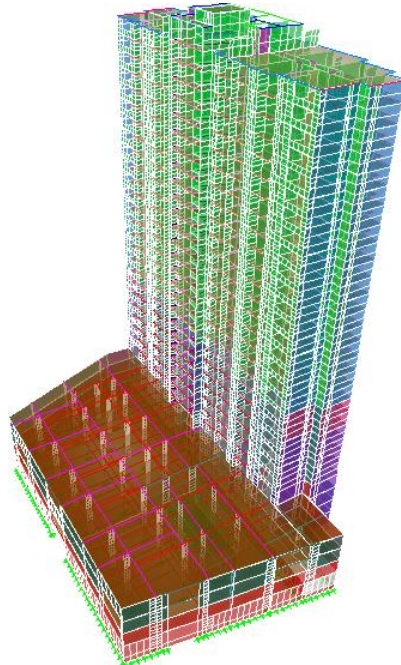
- **Edificio F**

- **Hormigón:**

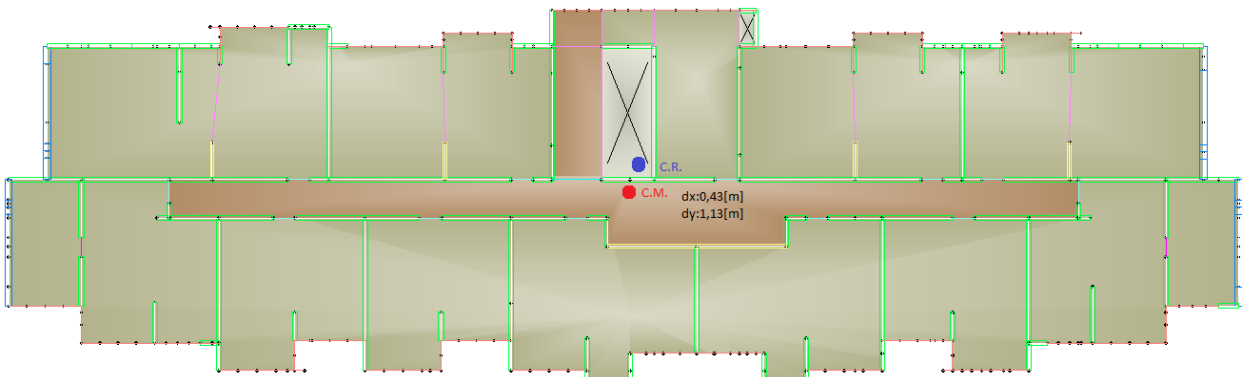
- Hormigón Fundaciones Edificio: Grado H40-90
- Hormigón Estructura Edificio 4°Sub. a C. P.7°: Grado H40-90
- Hormigón Estructura Edificio C. P.8° a Sal. Maq.: Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.11), corresponde a un típico edificio habitacional de Santiago en base a muros de corte. La particularidad que presenta este edificio es el contar con tapas bastante gruesas en los costados y una planta muy alargada, lo cual permitiría comparar el comportamiento del modelo al variar entre la restricción de diafragma rígido y flexible.



**Figura 3.11. Modelo Edificio F.**



**Figura 3.12. Planta Piso Tipo Edificio F.**

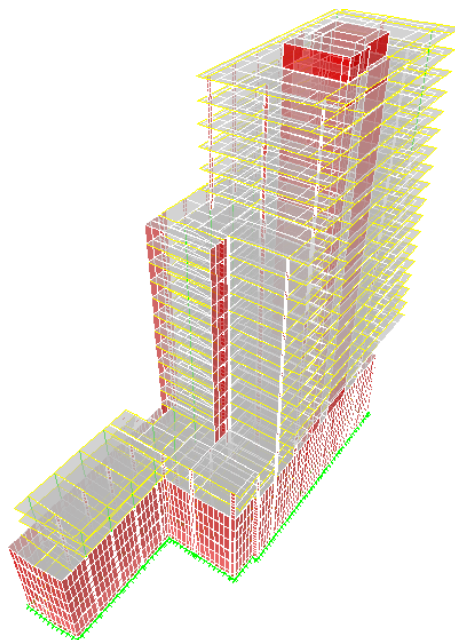
- **Edificio G**

- **Hormigón:**

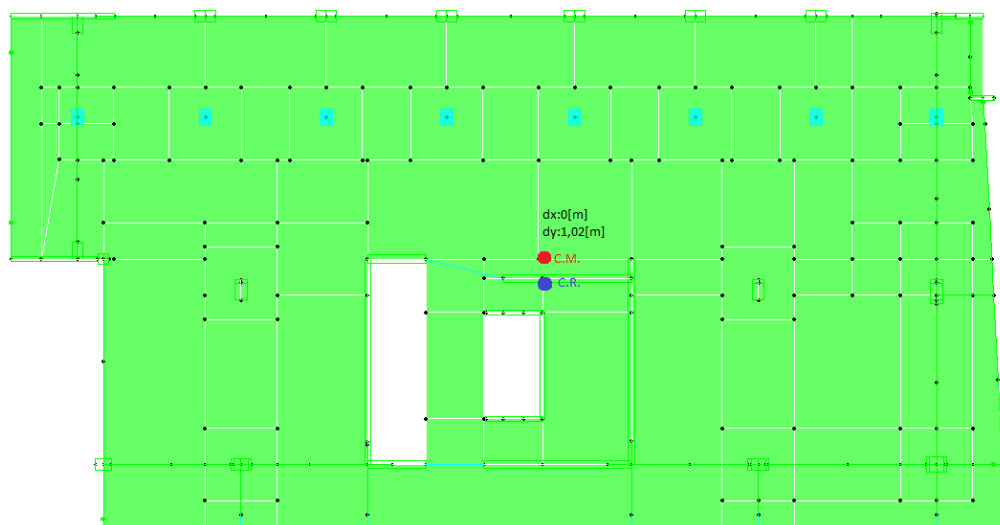
- Hormigón Fundaciones Hasta Muros Piso 4°: Grado H40-90
- Hormigón Losa Ciel. P.4° a Sal. Maq.: Grado H35-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.13), corresponde a un edificio estructurado en base a marcos, con presencia de muros en los bordes y cajas de escaleras. Se escoge con el fin de analizar la respuesta a causa de la torsión accidental en edificios de estructuración mixta, para así ampliar el estudio más allá de solo edificios de muros de corte.



**Figura 3.13. Modelo Edificio G.**



**Figura 3.14. Planta Piso Tipo Edificio G.**

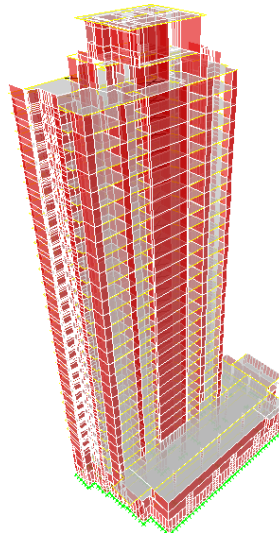
- **Edificio H**

- **Hormigón:**

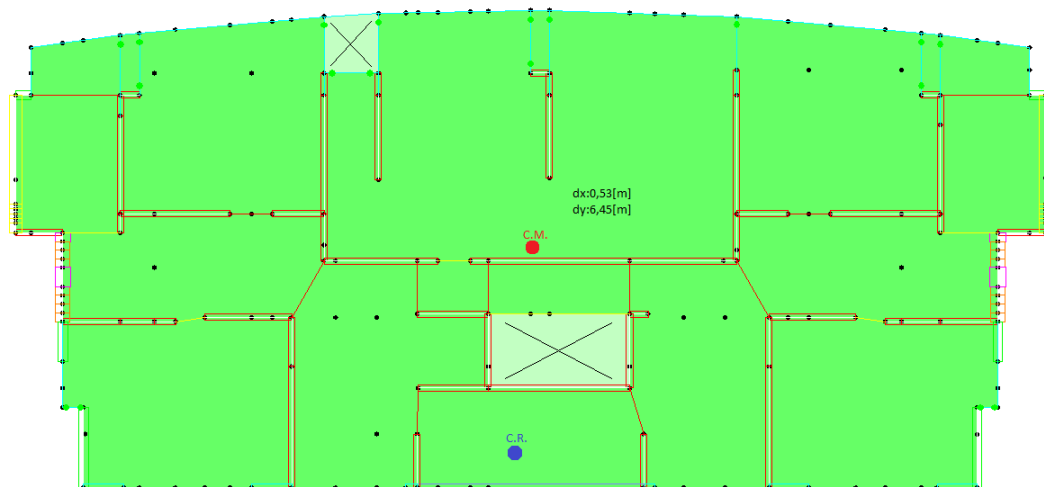
- Hormigón Fundaciones: Grado H40-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De 2° Subte. a 10° Piso): Grado H40-90
- Hormigón Estructura del Edificio (De 11° Piso a Sal. Maq.): Grado H30-90

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.15), corresponde a un típico edificio habitacional de playa, lo cual se aprecia debido a la escasa densidad de muros presente en el frontis, con el fin de permitir una mejor vista. La particularidad que presenta este edificio es el contar con la caja de escaleras y ascensores desplazada hacia abajo en la planta, lo cual sumado a que cuenta con tapas bastante rígidas a los costados, induciría a que el edificio mostrara una gran distancia entre el centro de masa y centro de rigidez tal como se observa en la Figura 3.16.



**Figura 3.15. Modelo Edificio H.**



**Figura 3.16. Planta Piso Tipo Edificio H.**

- **Edificio I**

- **Hormigón:**

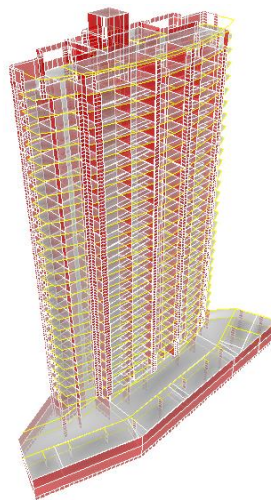
- Hormigón Fundaciones: Grado H25-90
- Hormigón Estructura del Edificio: Grado H25-90

- **Acero de Refuerzo:**

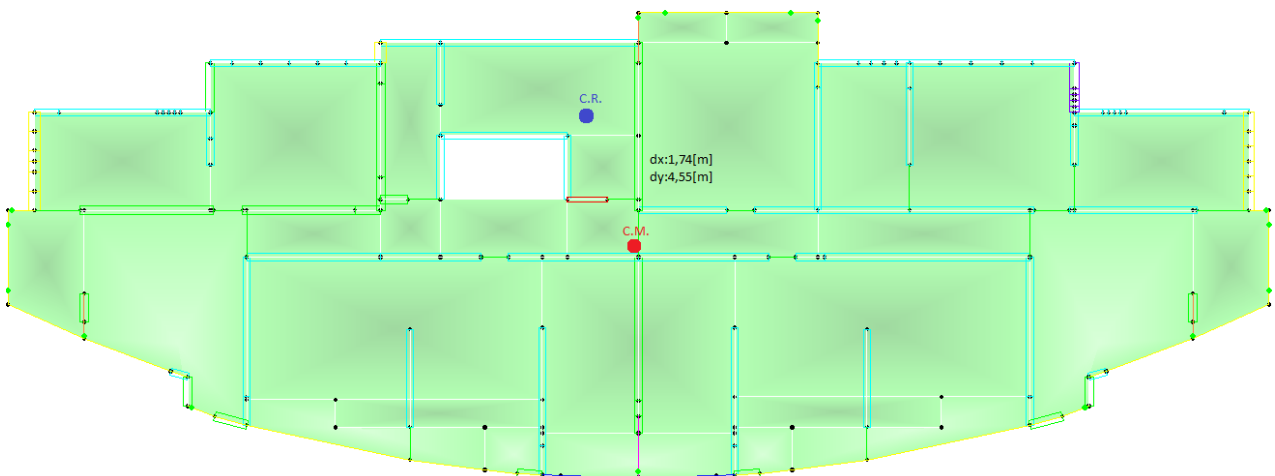
- Calidad A630-420H

- **Características:**

Este edificio (Figura 3.17), corresponde a un típico edificio habitacional de playa, lo cual se observa debido a la escasa cantidad de muros presente en el frontis. La particularidad que presenta este edificio es el contar con la caja de escaleras y ascensores desplazada hacia abajo en la planta, lo cual sumado a la gran cantidad de muros presentes en el frontis en comparación con la parte posterior, generaría una mayor distancia entre el centro de masa y centro de rigidez, tal como se observa en la Figura 3.18.



**Figura 3.17. Modelo Edificio I.**



**Figura 3.18. Planta Piso Tipo Edificio I.**

## 4 CALCULO DE PARAMETROS SÍSMICOS DE RESPUESTA

### 4.1 Análisis Modal Espectral

El análisis dinámico de los edificios es realizado mediante el método modal espectral presente en la norma NCh 433 Of. 96, haciendo uso del espectro de diseño definido en el artículo 12 del decreto supremo N° 61, tal como se muestra a continuación:

$$S_a = \frac{SA_o\alpha}{(R^* / I)}$$

Donde:

$I$  : Corresponde al factor de importancia, relacionado a la categoría de ocupación de la estructura.

$A_o$ : Corresponde a la aceleración efectiva máxima del suelo.

$S$  : Corresponde a un factor de amplificación relacionado con el tipo de suelo.

Y donde el factor de amplificación de la aceleración efectiva máxima ( $\alpha$ ) y el factor de reducción de la aceleración espectral ( $R^*$ ), son calculados de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1 + 4,5 \left( \frac{T_n}{T_o} \right)^p}{1 + \left( \frac{T_n}{T_o} \right)^3} \quad R^* = 1 + \frac{T^*}{0,1T_o + \frac{T^*}{R_o}}$$

Donde:

$T_n$  : Corresponde al periodo de vibración del modo n.

$T_o, p$  : Corresponden a parámetros relativos al tipo de suelo.

$T^*$  : Corresponde al periodo del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.

$R_o$  : Corresponde al factor de modificación de la respuesta estructural utilizado en el análisis modal espectral.



**Tabla 4.1. Parámetros dependientes del tipo de suelo.**

Tipo de Suelo	S	$T_o$	$T'$	$n$	$p$
A	0,9	0,15	0,20	1,00	2,0
B	1,00	0,30	0,35	1,33	1,5
C	1,05	0,40	0,45	1,40	1,6
D	1,20	0,75	0,85	1,80	1,0
E	1,30	1,20	1,35	1,80	1,0
F	*	*	*	*	*

**Tabla 4.2. Parámetros relacionados a la zona sísmica.**

Zona Sísmica	$A_o$
1	0,2g
2	0,3g
3	0,4g

A continuación se presenta a modo de ejemplo el procedimiento de cálculo de los espectros de diseño del edificio A. El cálculo de los espectros para el resto de los edificios es homólogo a este ejemplo.

Debido a que el Edificio A es destinado a habitación privada, se clasifica como tipo II según la categoría de ocupación. Por lo tanto, se obtiene que el factor de importancia toma el valor  $I = 1$ , según la Tabla 6.1 de la NCh 433 Of.96.

Por otro lado, dado que el edificio es estructurado en base a muros de hormigón armado, se obtiene que el factor de modificación de la respuesta toma como máximo el valor  $R_o = 11$ , según lo especificado en la Tabla 5.1 de la normativa.

Además, dado que el suelo de fundación es clasificado como suelo tipo B, se obtiene que  $S=1$ ,  $T_o=0,3$ [seg] y  $p=1,5$  tal como se observa en la Tabla 4.1 extraída del artículo 12.3 del D.S. N°61. Por otro lado, debido a que la zona sísmica en donde se realiza el diseño corresponde a zona sísmica 2, se obtiene que  $A_o=0,3$ [g], según la Tabla 4.2 correspondiente a la Tabla 6.2 de la NCh433.

Por último, se procede a calcular el factor de modificación de la respuesta ( $R^*$ ). Para esto se hace necesario contar con los periodos asociados a los modos con mayor masa traslacional, los cuales se obtienen al realizar un análisis modal del edificio. A continuación se presenta una tabla resumen con los valores de los periodos y masas equivalentes de cada uno de los modos analizados, obtenidos a partir del modelo en ETABS del edificio A.

**Tabla 4.3. Periodos naturales y participación modal.**

Modo	T[Seg]	$U_x$	$U_y$	$R_z$	$\sum U_x$	$\sum U_y$	$\sum R_z$
1	0,47	7,9	33,33	14,52	7,9	33,33	14,52
2	0,45	1,76	20,11	15,59	9,66	53,44	30,11
3	0,4	45,56	2,63	16,21	55,22	56,06	46,32
4	0,13	0,23	0	0,59	55,45	56,06	46,91
5	0,12	0,01	0	0,04	55,47	56,06	46,95
6	0,12	0,04	10,61	4,42	55,51	66,68	51,37
7	0,1	14,26	0,97	2,8	69,77	67,65	54,17
8	0,1	0,01	0	0,05	69,78	67,65	54,21
9	0,09	4,15	4,82	5,86	73,93	72,47	60,08
10	0,09	0	0,05	0,04	73,93	72,51	60,12
11	0,08	0,01	0	0,02	73,94	72,51	60,14
12	0,07	0	0,08	0,05	73,94	72,59	60,19
13	0,07	0	0	0	73,94	72,59	60,19
14	0,07	0,07	0	0,05	74,01	72,59	60,24
15	0,07	0,05	0	0,03	74,06	72,59	60,28
16	0,07	0,06	0	0,04	74,12	72,59	60,32
17	0,06	0,01	0	0,02	74,13	72,59	60,34
18	0,06	0,01	5,47	1,12	74,13	78,06	61,46
19	0,05	0,04	0,04	0	74,18	78,1	61,46
20	0,05	0	0,07	0,01	74,18	78,17	61,47
21	0,05	10,26	1,17	0,05	84,44	79,34	61,52
22	0,05	0,01	0	0,05	84,45	79,34	61,57
23	0,05	0	0,01	0,04	84,45	79,34	61,61
24	0,04	3,16	6,35	11,59	87,61	85,69	73,2
25	0,04	0,04	0,02	0,03	87,65	85,71	73,23
26	0,04	0,01	0,31	0,02	87,66	86,03	73,25
27	0,04	0,75	2,79	1,38	88,41	88,82	74,63
28	0,03	0,4	2,08	0	88,81	90,9	74,63
29	0,03	6,64	0,15	4,59	95,44	91,05	79,22
30	0,03	0	3,27	7,55	95,45	94,32	86,78
31	0,03	0,27	0,96	0,33	95,71	95,29	87,11
32	0,03	0	0,75	0,59	95,71	96,04	87,7
33	0,02	0,6	0,12	0,6	96,31	96,16	88,3
34	0,02	0,15	0,55	0,29	96,46	96,71	88,59
35	0,02	0,63	0,3	0,4	97,09	97,01	88,99
36	0,02	1,01	0,73	0,02	98,1	97,74	89,01
37	0,01	1,45	0,17	0,47	99,55	97,9	89,48

Continuación Tabla 4.3

Modo	T[Seg]	$U_x$	$U_y$	$R_z$	$\sum U_x$	$\sum U_y$	$\sum R_z$
38	0,01	0,02	1,74	0,77	99,57	99,64	90,24
39	0,01	0,21	0,04	0,57	99,78	99,68	90,81
40	0,01	0,05	0,15	0,14	99,83	99,83	90,96

Como bien se observa en la tabla anterior, son incluidos 40 modos en el análisis, esto con el fin de lograr que la suma de las masas equivalentes supere el 90% de la masa total, tanto traslacional como rotacional, aunque esta última no es requisito de la norma NCh433. A partir de esta tabla se extraen los periodos fundamentales para los ejes X e Y, correspondientes a los modos 3 y 1 respectivamente.

$$T_x = 0,4 \text{ [seg]} \quad T_y = 0,47 \text{ [seg]}$$

A continuación se presenta una tabla resumen con los valores de cada uno de los parámetros necesarios para el cálculo del espectro de diseño del edificio analizado.

**Tabla 4.4. Parámetros del espectro de diseño.**

Categoría de Ocupación	Zona Sísmica	Material y Estructuración	Tipo de Suelo			Factores de Reduc. de la Respuesta	
			S	$T_o$	$p$	$R_x^*$	$R_y^*$
1	0,3	11	1	0,3	1,5	7,05	7,49

Finalmente se presentan los gráficos de los espectros de diseño y elástico obtenidos para ambas direcciones de análisis.

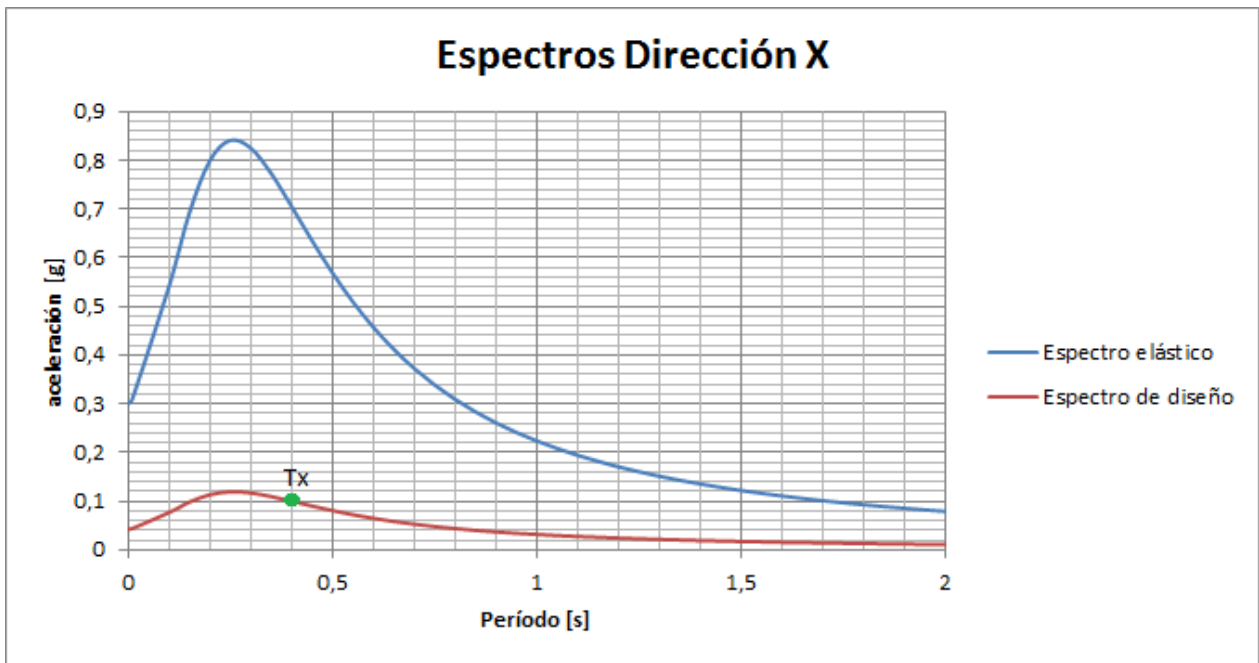


Figura 4.1. Espectros elástico y de diseño, sismo x.

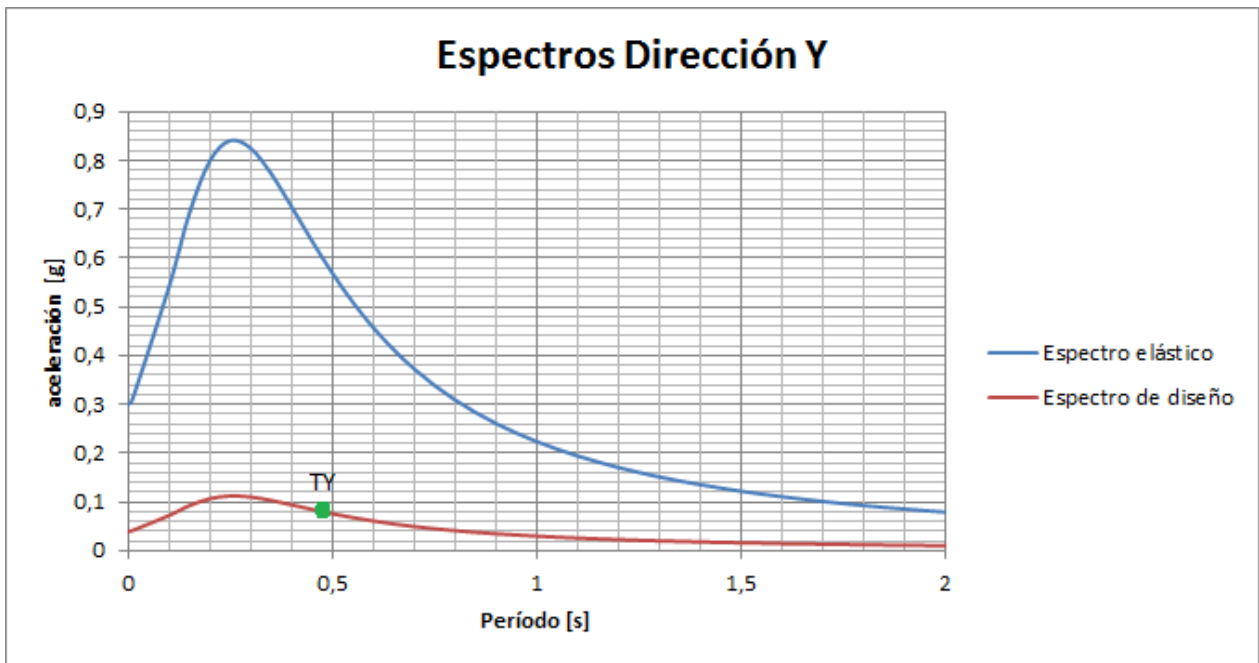


Figura 4.2. Espectros elástico y de diseño, sismo y.

Es importante destacar que los espectros de diseño calculados como se explicó antes dependen de los periodos fundamentales de vibración del edificio, los cuales se mantienen constantes siempre y cuando no se modifiquen las propiedades de la estructura. Esto se cumple para los modelos de edificios en los cuales se ingresa la excentricidad accidental a través del método incorporado en ETABS (5%, 10% y excentricidad triangular), ya que estos son aplicados internamente por el programa en la forma de cargas estáticas, al igual que el primer método de la normativa sísmica chilena, en donde se aplican momentos estáticos en cada piso, lo cual no genera cambios en las propiedades del edificio. No obstante, al incluir la torsión accidental a través del método del desplazamiento de los centros de masa de la NCh433, se modifica la matriz de la misma y, por ende, las propiedades de la estructura, lo cual hace necesario volver a realizar el cálculo de los espectros de diseño. Lo mismo ocurre al cambiar de diafragma rígido a flexible, ya que como bien se explica en los antecedentes, se le asigna la correspondiente rigidez a las losas y por ende, se modifican las propiedades de la estructura.

A continuación se presenta un resumen del análisis sísmico para los modelos sin torsión, y con diafragma rígido.

**Tabla 4.5. Resumen de Parámetros Sísmicos, dirección X.**

Edif	Tnx [s]	%Mx	%My	%Mz	Qelast [tonf]	R*	R**	Qefect [tonf]	P [tonf]	%P	Mvolc [tonf*m]	Qef Ind [tonf]	Mvolc Ind [tonf]
A	0,40	45,6	2,6	16,2	5463,9	7,0	7,0	775,3	15214,9	5,1	20473,5	213,9	5616,3
B	0,96	49,7	0,1	0,0	3274,3	9,2	3,5	922,5	18450,3	5,0	33309,5	216,4	3266,5
C	0,60	55,8	0,0	4,9	4052,3	8,1	5,5	739,9	14797,3	5,0	26379,9	59,5	1472,3
D	0,81	59,3	0,1	0,0	3849,1	8,8	4,2	917,3	18345,1	5,0	35493,5	97,6	2342,9
E	0,47	61,6	0,0	0,0	2836,9	7,5	7,5	379,1	7363,0	5,1	9837,9	6,9	127,3
F	0,88	45,9	0,0	0,0	4764,3	9,0	3,7	1302,0	26040,8	5,0	51369,6	335,5	4924,7
G	1,77	40,8	0,2	4,0	2315,5	10,3	2,3	1008,7	20173,1	5,0	25008,3	173,8	4447,7
H	0,92	35,0	0,0	16,0	2172,8	10,3	2,3	938,4	15640,7	6,0	37788,4	134,4	5842,8
I	0,60	53,6	0,0	9,2	5261,7	8,1	5,3	986,0	19719,7	5,0	48101,4	70,7	2152,1

**Tabla 4.6. Resumen de Parámetros Sísmicos, dirección Y.**

Edif	Tny [s]	%Mx	%My	%Mz	Qelast [tonf]	R*	R**	Qefect [tonf]	P [tonf]	%P	Mvolc [tonf*m]	Qef Ind [tonf]	Mvolc Ind [tonf*m]
A	0,47	7,9	33,3	14,5	5092,4	7,5	6,7	760,7	15214,9	5,0	20199,0	225,2	6026,9
B	1,41	0,1	46,1	1,3	3102,9	9,9	3,4	922,5	18450,3	5,0	21819,0	228,4	3015,8
C	0,81	0,7	30,2	15,3	2891,7	8,8	3,9	739,9	14797,3	5,0	21888,2	83,4	2040,0
D	1,34	0,0	39,1	16,1	2630,0	9,8	2,9	917,3	18345,1	5,0	22914,5	142,8	3037,7
E	0,75	0,0	57,7	0,9	1817,8	8,6	4,9	368,2	7363,0	5,0	8189,3	10,5	201,8
F	1,38	0,0	46,4	0,0	4890,0	9,9	3,8	1302,0	26040,8	5,0	31956,3	326,9	4226,9
G	1,43	2,9	26,8	2,9	3775,1	9,9	3,7	1008,7	20173,1	5,0	23527,1	106,6	2683,5
H	1,77	3,8	49,4	5,9	2364,1	11,1	2,5	938,4	15640,7	6,0	29249,6	123,4	5232,4
I	1,72	0,8	54,9	4,1	2960,0	10,2	3,0	986,0	19719,7	5,0	22833,0	125,7	3744,8

**Tabla 4.7. Resumen de periodo rotacional y factores de participación modal.**

Edif	Tnz	%Mx	%My	%Mz
A	0,40	45,6	2,6	16,2
B	1,29	0,8	2,0	28,4
C	0,87	1,2	24,7	22,2
D	1,07	0,7	17,2	27,8
E	0,87	0,0	0,1	45,4
F	1,04	4,0	0,1	34,4
G	1,51	1,5	20,2	24,3
H	1,90	22,9	7,1	22,9
I	1,42	9,2	5,0	36,8

## 4.2 Procedimientos de Ingreso de la Torsión Accidental en ETABS

Como bien se explica en la metodología, se seleccionan diferentes métodos para incorporar los efectos de la torsión accidental, además de los presentes actualmente en la norma de diseño sísmico Nch433. Dentro de los métodos escogidos se encuentran:

- Imponer el 5% de excentricidad utilizando la metodología incluida en ETABS: Se considera que la excentricidad accidental ingresada al programa ETABS es la misma en todos los pisos y equivale a un 5% de la dimensión del piso, medida perpendicularmente a la dirección de análisis.
- Imponer el 10% de excentricidad utilizando la metodología incluida en ETABS: Se considera que la excentricidad accidental ingresada al programa ETABS es la misma en todos los pisos y equivale a un 10% de la dimensión del piso, medida perpendicularmente a la dirección de análisis.
- Imponer excentricidad manual con una distribución triangular, utilizando la metodología incluida en ETABS: Se considera que la excentricidad accidental ingresada al programa ETABS varía linealmente respecto de la altura de piso y se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$exc_{kx} = \frac{0,1 \cdot b_{kx} \cdot Z_k}{h}$$

**Ecuación 4-1**

Donde:

$exc_{kx}$ : Corresponde a la excentricidad accidental del piso k calculada para el sismo actuando en la dirección X.

$b_{kx}$  : Corresponde a la dimensión del piso medida perpendicular al eje X.

$Z_k$  : Corresponde a la altura del piso k, medida respecto de la base del edificio.

$h$  : Corresponde a la altura total de edificio, medida respecto de la base de este.

Además, se incluye el caso en donde no se ingresa excentricidad con el fin de comparar las variaciones en los resultados obtenidos al agregar la torsión accidental. Cabe señalar que el ingreso de la excentricidad para los casos de 5% y 10% se hace a través de la opción **Ecc. Ratio (All Diaph.)**, presente en la ventana **Response Spectrum Case Data**, para cada dirección de análisis, tal como se muestra en la Figura 4.3 para el caso de 5% de excentricidad. Por otro lado, para el caso de la excentricidad triangular, se ingresa a través de la opción **Override Diaph. Eccen.** presente en la misma ventana **Response Spectrum Case Data**, lo cual permite ingresar las excentricidades accidentales correspondientes a cada piso de forma separada, tal como se muestra en la Figura 4.4.

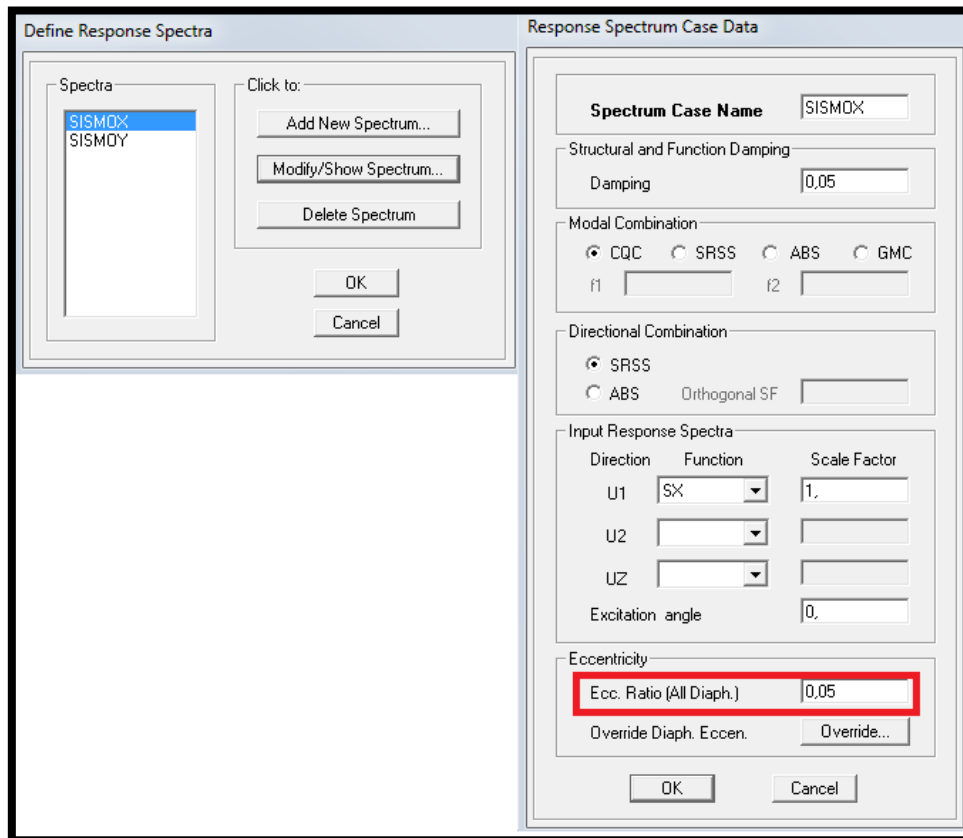
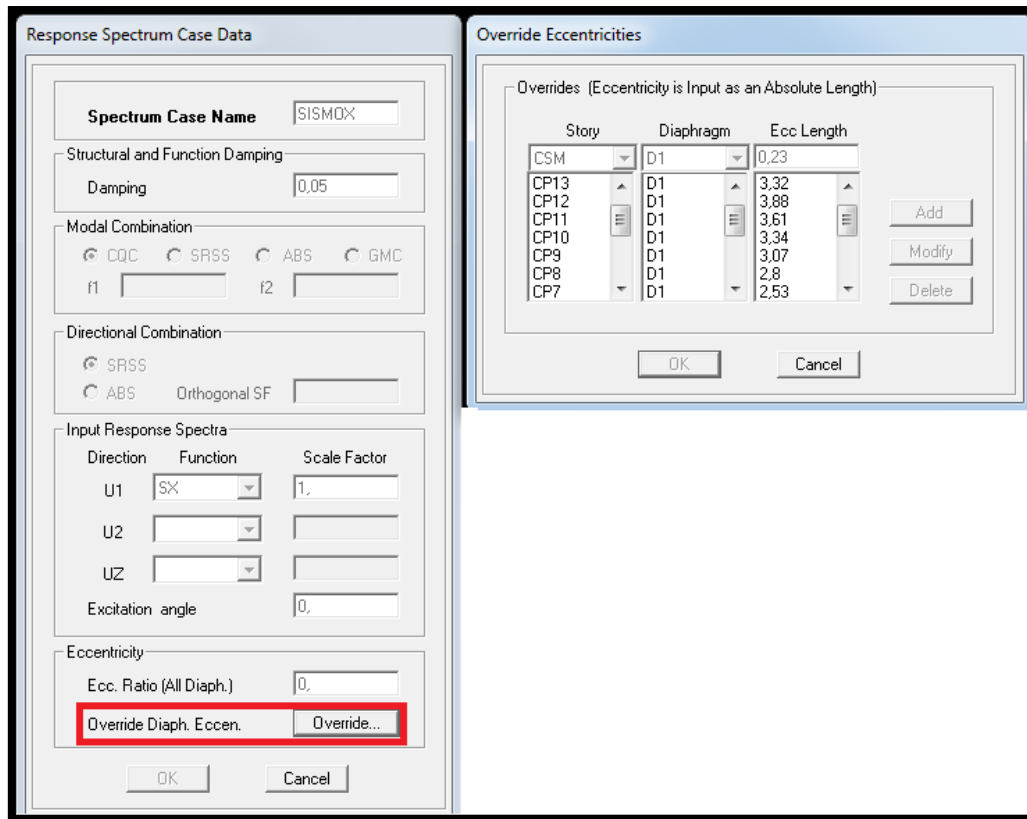


Figura 4.3. Ingreso de Excentricidad Accidental a ETABS, Caso 5%.



**Figura 4.4. Ingreso de Excentricidad a ETABS, Caso Excentricidad Triangular.**

Adicionalmente, se utilizan los métodos descritos en el análisis modal espectral de la norma NCh433 para incorporar los efectos de la torsión accidental. A continuación se nombran dichos métodos y la forma en que se ingresan a los modelos de los edificios generados a través del programa ETABS.

- **Desplazamiento de Centros de Masa:** Se considera el efecto de la torsión accidental desplazando los centros de masa de cada piso un 5% de la dimensión del piso medida perpendicularmente a la acción sísmica, tal como se describe en el subpárrafo 6.3.4 a) de la norma NCh433.
- **Momentos de Torsión Estáticos:** Se considera el efecto de la torsión accidental a través de momentos torsores calculados como el producto de la variación del esfuerzo de corte combinado de cada piso, por una excentricidad calculada de la misma forma que en la ecuación Ecuación 4-1 tal como se describe en el subpárrafo 6.3.4 b) de la norma NCh433.



Para el caso del método del desplazamiento de los centros de masa, se crea un nodo en cada piso, ubicado en la posición desplazada un 5% a causa de la torsión accidental, tal como se explica más arriba, asignándole a este la masa e inercia total del piso, y quitándole la masa al resto de los elementos de la estructura. A modo de ejemplo se presenta la Figura 4.6 correspondiente al edificio A, con el nodo creado en la posición desplazada hacia la derecha en el eje X y las propiedades totales del piso asignadas a este.

Finalmente, para el método de momentos de torsión estáticos, se ingresa al programa ETABS con los nombres MXP, MXN, MYP y MYN dependiendo del eje de análisis y el signo de dichos momentos. Además, son ingresados como cargas de tipo **Quake** a través de la opción **Add New Load** presente en la ventana **Define Static Load Case Names**, tal como se muestra en la Figura 4.5. Es importante destacar que las fuerzas de corte utilizadas en el cálculo de los momentos torsores corresponden a aquellas obtenidas luego de verificar las restricciones de corte mínimo y máximo basal presentes en el subpárrafo 6.3.7 de la NCh433. Una vez obtenidos los desplazamientos y giros generados por los espectros, para el caso sin excentricidad y aquellos causados por las cargas estáticas MXP, MXN, MYP y MYN, se procede a combinarlos externamente como la envolvente de la suma de los valores absolutos de ambos.

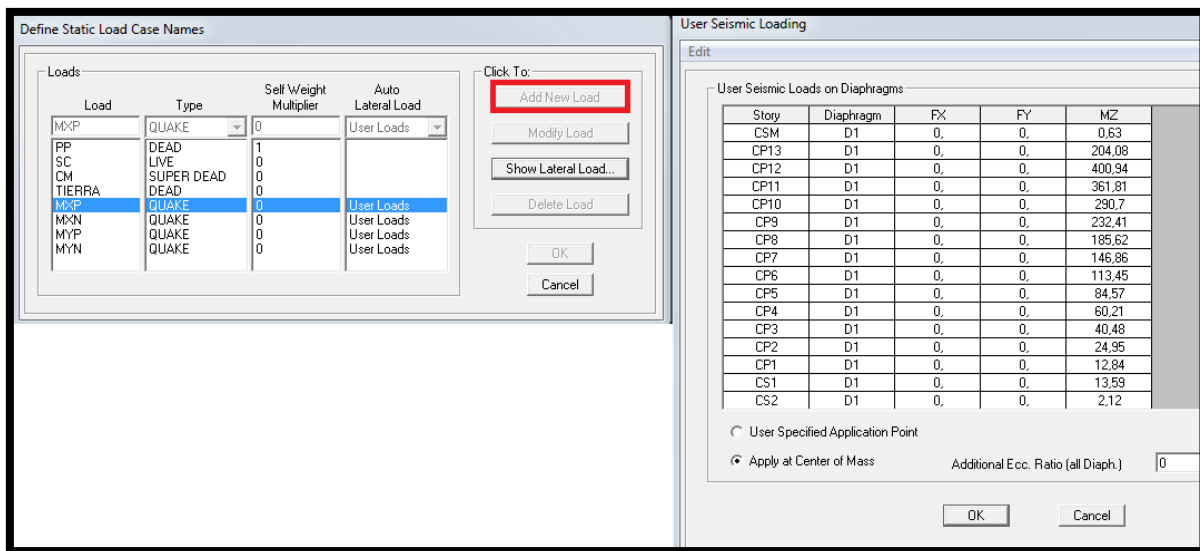


Figura 4.5. Ingreso de Momentos Estáticos a ETABS.

Cabe señalar que los casos en donde se ingresa la excentricidad directamente a ETABS se analizan a través de dos modelos diferentes, uno en donde se asigna diafragma rígido en los pisos y, otro con diafragmas flexibles. No así para los métodos de la norma, los cuales son especificados en su uso solamente para diafragmas rígidos.

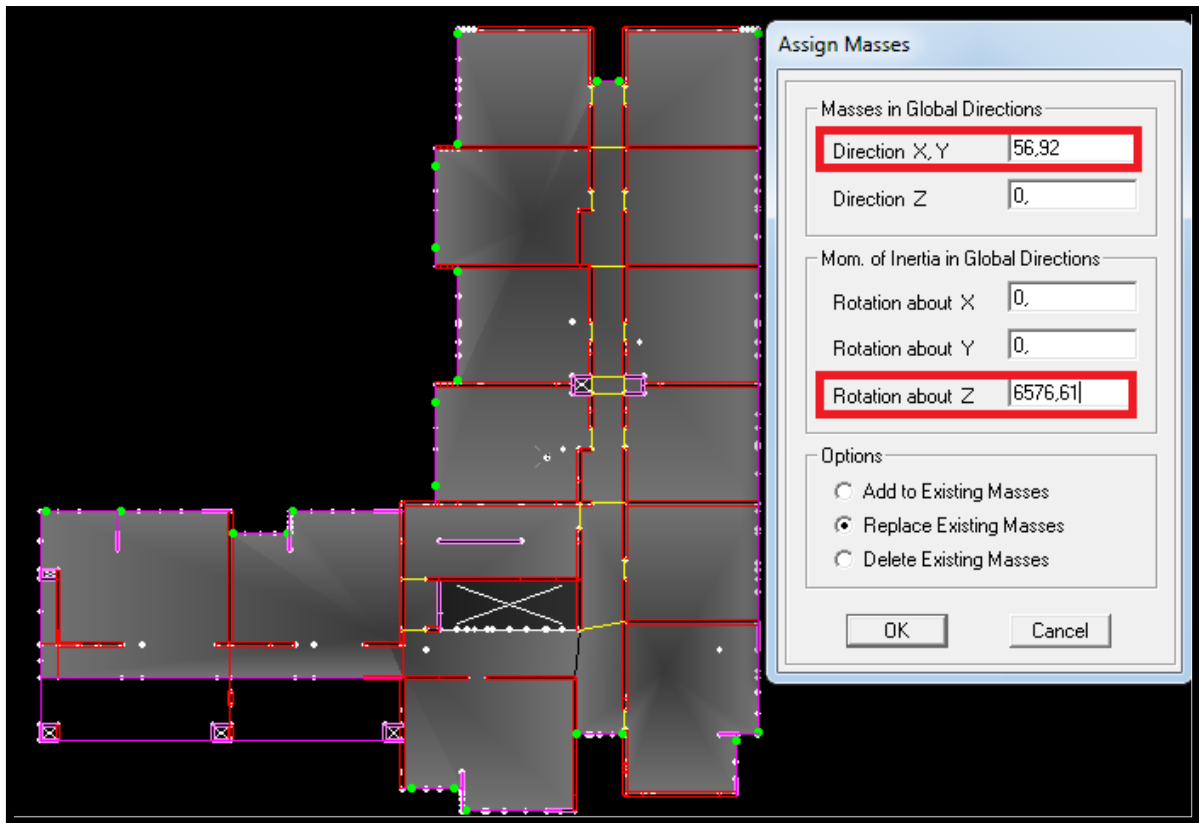


Figura 4.6. Ingreso de Propiedades al Nuevo Centro de Masa en ETABS.

### 4.3 Resultados Obtenidos del análisis Dinámico

Una vez realizados los análisis dinámicos de los edificios con los diferentes tipos de excentricidades accidentales, considerando tanto diafragmas rígidos como flexibles, se procede a extraer los resultados entregados por ETABS, a partir de los cuales son calculados los parámetros sísmicos que se estudian en este trabajo. A continuación se enumeran dichos resultados:

- Desplazamientos de centros de masa
- Giros de centros de masa
- Desplazamientos de nodos
- Drift de nodos
- Drift máximo total

Es importante destacar que en caso que corresponda, dichos valores son amplificados según lo dispuesto en los subpárrafos 6.3.7.1 y 6.3.7.2 de la norma Nch433, con el fin de cumplir con la restricción del corte basal.

#### 4.4 Parámetros Sísmicos de Respuesta Estudiados

Con el fin de analizar el comportamiento que tienen las estructuras bajo el efecto de la torsión, se calculan una serie de parámetros a partir de las deformaciones obtenidas una vez terminado el análisis dinámico, considerando la torsión accidental. A continuación se definen los parámetros estudiados en este trabajo:

- **Drift de centro de masa:** Corresponde al cociente entre la diferencia de desplazamientos calculada entre los centros de masa del piso y el piso inferior, y la altura de piso.
- **Drift de centro de masa proyectado:** Corresponde al cociente entre la diferencia de los desplazamientos calculada entre el centro de masa del piso y la proyección de éste en el piso inferior, y la altura de piso.
- **Drift adicional (Giro):** Corresponde al cociente entre la diferencia de desplazamientos debidos exclusivamente al giro, calculada entre un punto del piso y la proyección de éste en el piso inferior, y la altura de piso. Dicho desplazamiento debido exclusivamente al giro se calcula multiplicando el giro del centro de masa del diafragma de piso, por la distancia entre éste y el punto analizado. Es importante señalar que este parámetro no es posible calcularlo modalmente, para los casos de ingreso de excentricidad (5%, triangular y 10%) usando la metodología propuesta por ETABS, sin embargo, es incluido en el estudio debido a que se ha observado que esta práctica se ha aplicado durante los últimos años a pesar de no poder ser calculada de forma correcta usando el programa ETABS.
- **Diferencia de giro:** Corresponde a la diferencia entre los giros de centros de masa de pisos adyacentes.
- **Drift total:** Corresponde al cociente entre la diferencia de desplazamientos totales calculada entre un punto del piso y la proyección de éste en el piso inferior, y la altura de piso.

Cabe señalar la distinción presentada entre los parámetros “Drift de centro de masa” y “Drift de centro de masa proyectado”. Esto se hace, debido a que los edificios al mostrar variaciones en sus plantas en los diferentes pisos, presentan diferentes posiciones para los centros de masa, por lo cual no sería lo mismo calcular la diferencia de desplazamientos entre centros de masas de pisos adyacentes o, entre el centro de masa de piso y la proyección vertical de éste, que es finalmente lo que busca y que será exigido en la nueva normativa sísmica chilena.

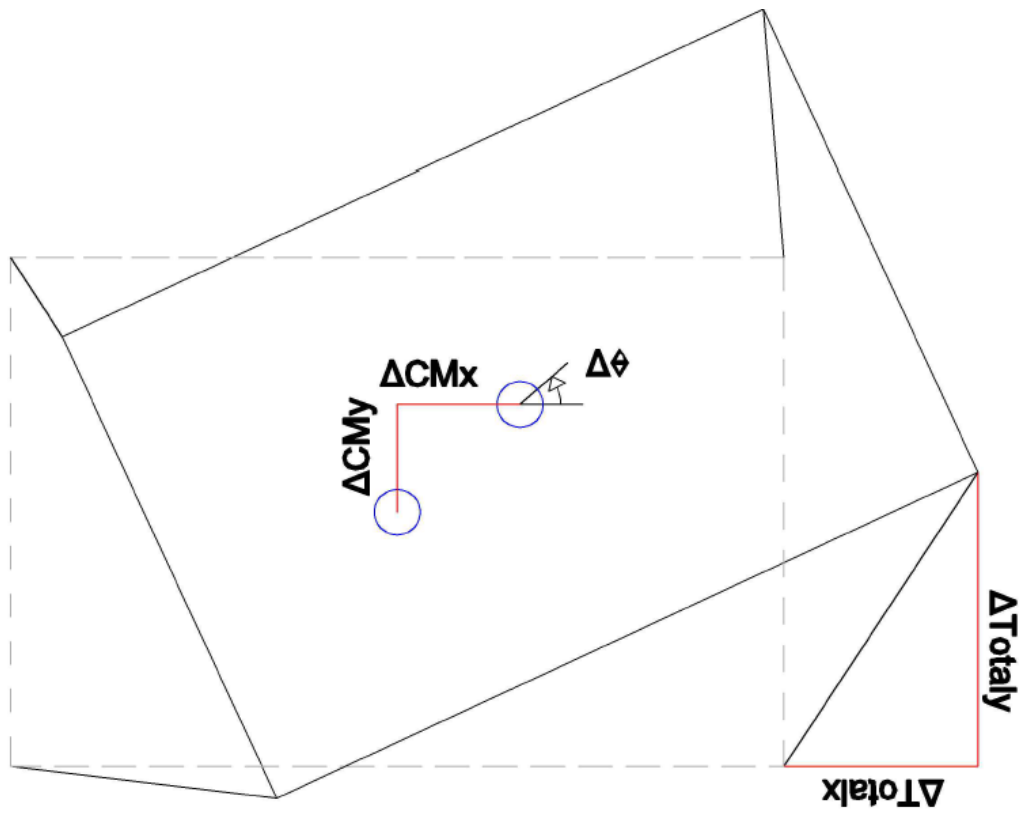


Figura 4.7. Esquema de parámetros estudiados

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado el análisis modal de los edificios en los cuales se ingresa la torsión accidental a través de las diferentes metodologías expuestas en el capítulo anterior, imponiendo diafragmas, tanto rígidos como flexibles en cada uno de los pisos de los modelos, se procede a calcular los parámetros sísmicos que son estudiados en este trabajo, los cuales, según lo dispuesto en el subpárrafo 6.3.6 de la NCh433, deben calcularse para cada modo y luego combinarse con cualquiera de los métodos señalados por la norma, con el fin de superponer la contribución de cada uno de los modos.

Debido a que de todos los parámetros sísmicos estudiados en este trabajo, nombrados en el capítulo anterior, el máximo drift total es el único entregado directamente por el programa ETABS, luego de realizar el análisis sísmico, es que se hace necesario calcular externamente los demás parámetros. Esto se hace mediante una rutina generada en el programa Visual Basic, la cual, para los casos en que se utilizan los métodos de la norma (desplazamiento de centro de masa y momento estático) y el caso sin excentricidad, extrae las deformaciones calculadas para cada modo, a partir de la base de datos (archivo MDB), generada por ETABS una vez terminado el análisis sísmico. Sin embargo, esto no ocurre para los casos en los que se ingresa la excentricidad accidental (5%, 10% y triangular), ya que se observa que el programa no entrega las deformaciones modalmente, sino más bien, solamente un valor final ya combinado, lo cual no permite realizar el cálculo de acuerdo a lo establecido por la norma, ya que la manera correcta de calcular los drifts es primero restando por cada modo las deformaciones y luego combinar dichas diferencias y no realizar la resta de las deformaciones ya combinadas. Debido a esto, es que se aclara que los valores de “Drift de centro de masa”, y “Drift adicional (Giro)” no serían calculados por modo como lo exige la norma, para los casos de excentricidad accidental (5%, 10% y triangular), a diferencia del drift total, y drift de CM proyectado los cuales si son calculados modalmente, internamente por ETABS.

Ya que lo buscado en este estudio es el comparar las diferentes metodologías escogidas para incorporar la torsión accidental, considerando tanto diafragmas rígidos como flexibles, respecto de aquellas presentes en la normativa chilena, aplicables solo para diafragmas rígidos, es que se realizan gráficos en los que se muestran las diferencias encontradas entre los resultados de los parámetros sísmicos, al calcularlos con excentricidades de 5%, 10% y triangular, respecto de aquellos obtenidos con los métodos de la NCh433.

A continuación se presenta un resumen de los análisis realizados a partir de dichos gráficos, los cuales se adjuntan en extenso en el anexo de este trabajo.

## **5.1 Drift de Centro de Masa**

El “Drift de Centro de Masa” se calcula entre los centros de masas de pisos adyacentes, a diferencia del “drift de centro de masa proyectado”, en que el cálculo se realiza entre el centro de masa de piso y la proyección de éste en el piso inferior.

Cabe señalar que este parámetro es calculado correctamente (por modos), solo para el caso base del edificio (sin excentricidad accidental) y para los métodos de la norma, debido a la limitación del programa explicada anteriormente. Para los demás casos (excentricidad accidental ingresada a ETABS de 5%, 10% y triangular), se calcula con la resta de los desplazamientos ya combinados, lo cual no sería lo correcto, pero se calcula de todas formas ya que luego en el punto 5.6 se realiza una comparación entre los valores obtenidos para este parámetro calculado de la forma correcta e incorrecta.

### **5.1.1 Drift de Centro de Masa (Diafragma Rígido)**

Al analizar los gráficos A.1 a A.34 se observa que en general, para el método de desplazamiento de los centros de masa se obtienen los mayores valores de drifts de centro de masa, seguido por el método de los momentos estáticos. Además, se observa que respecto a los casos de excentricidad ingresada a ETABS de 5%, 10% y triangular, los mayores valores se obtienen para el caso de 10%, seguido por el caso de excentricidad triangular y por último el de 5%, lo que era esperado.

Otro punto que cabe señalar, es el hecho de que los drifts de centro de masa obtenidos para los casos de excentricidades ingresadas a ETABS (5%, 10% y triangular) son bastante similares a los obtenidos con los métodos de la norma sísmica chilena, al analizarlos en la misma dirección de la acción sísmica, contrariamente a lo que ocurre para el análisis perpendicular a ésta, en donde es posible ver una notoria diferencia de resultados.

Cabe señalar que para este caso no se incluye una tabla resumen como en los casos del máximo drift total, drift de centro de masa proyectado y máximo drift adicional, ya que no se observa que alguno de los casos de excentricidad (5%, 10% y triangular), supere a alguno de los de la norma, tanto para el sismo en x como para el sismo en y.

### **5.1.2 Drift de Centro de Masa (Diafragma Flexible)**

En general, lo que se observa a partir de los gráficos para los casos en que se utilizan diafragmas flexibles en los modelos de los edificios, es que aumentan los valores de drift de centro de masa en cada uno de los casos de ingreso de excentricidad (5%, 10% y triangular), viéndose un factor de amplificación diferente para cada edificio. Cabe señalar que el orden, de mayores y menores valores, sigue siendo el mismo para los casos de ingreso de excentricidad accidental a ETABS, respecto de los obtenidos con diafragma rígido, en donde el de un 5% genera las menores respuestas, seguido por el triangular y siendo el de un 10% el mayor de todos.

## 5.2 Drift de Centro de Masa Projectado

El “Drift de Centro de Masa Projectado” se calcula entre el centro de masa y la proyección vertical de éste en el piso inferior, lo cual representa de mejor manera la deformación del piso en comparación con el “Drift de Centro de Masa”. Además, este parámetro es calculado correctamente por modo a través del programa escrito en Visual Basic, el cual promedia los drift totales de los puntos más cercanos al centro de masa del piso, los cuales como se dijo antes, son calculados internamente de forma correcta por el programa ETABS.

### 5.2.1 Drift de Centro de Masa Projectado (Diafragma Rigido)

A partir de los gráficos A.37 a A.70 se generan las siguientes tablas resumen con los edificios en los que los casos de excentricidad 5%, 10% o triangular, muestran valores superiores a los obtenidos con los métodos de la norma, distinguiendo entre los casos de análisis directo e indirecto, dependiendo si el análisis es realizado en la misma dirección de la acción sísmica, o bien, perpendicular a ésta, respectivamente.

**Tabla 5.1. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Projectado (D. Rigido, Directo).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		A(dx-Sx)			A(dx-Sx)
	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)
B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)			
		C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)
				C(dy-Sy)	C(dy-Sy)
	D(dx-sx)	D(dx-sx)		D(dx-sx)	D(dx-sx)
	D(dy-sy)	D(dy-sy)		D(dy-sy)	D(dy-sy)
	E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)
	E(dy-sy)	E(dy-sy)	E(dy-sy)	E(dy-sy)	E(dy-sy)
	F(dx-sx)	F(dx-sx)	F(dx-sx)	F(dx-sx)	F(dx-sx)
	F(dy-sy)	F(dy-sy)			
G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)			
	G(dy-sy)	G(dy-sy)			
	H(dx-sx)	H(dx-sx)			
	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)
			I(dx-sx)	I(dx-sx)	I(dx-sx)
	I(dy-sy)	I(dy-sy)			

**Tabla 5.2. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Rígido, Indirecto).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		A(dy-sx)			
		A(dx-sy)			
	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)
B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)			B(dx-Sy)
		C(dy-Sx)			
	C(dx-Sy)	C(dx-Sy)			
		D(dy-sx)			
	D(dx-sy)	D(dx-sy)			
		E(dy-sx)	E(dy-sx)	E(dy-sx)	E(dy-sx)
	E(dx-sy)	E(dx-sy)	E(dx-sy)	E(dx-sy)	E(dx-sy)
		F(dy-sx)			F(dx-sy)
	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)
G(dx-sy)	G(dx-sy)	G(dx-sy)			
	H(dy-sx)	H(dy-sx)			
	H(dx-sy)	H(dx-sy)			
		I(dy-sx)			
		I(dx-sy)		I(dx-sy)	I(dx-sy)

A continuación se presenta una tabla resumen con los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Drift de Centro de Masa Proyectado”, a partir de los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, tanto para el sismo en X como para el sismo en Y. Esto quiere decir que en esta tabla resumen se incluyen los edificios sólo si cumplen con superar a los métodos de la norma tanto en el caso dx-sx como en dy-sy para el análisis directo y en los casos dy-sx y dx-sy para el indirecto.



**Tabla 5.3. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectoado (D. Rígido).**

Exc.5%> Mom. Est.	Exc.Triang.> Mom. Est.	Exc.10%> Mom. Est.	Exc.5%> Desp. C.M.	Exc.Triang.> Desp. C.M.	Exc.10%> Desp. C.M.
		Edificio A (Indirecto)			
	Edificio B (Dir. e Ind.)	Edificio B (Dir. e Ind.)			Edificio B (Indirecto)
		Edificio C (Indirecto)		Edificio C (Directo)	Edificio C (Directo)
	Edificio D (Directo)	Edificio D (Dir. e Ind.)		Edificio D (Directo)	Edificio D (Directo)
	Edificio E (Directo)	Edificio E (Dir. e Ind.)	Edificio E (Dir. e Ind.)	Edificio E (Dir. e Ind.)	Edificio E (Dir. e Ind.)
	Edificio F (Directo)	Edificio F (Directo)			
	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)			
	Edificio H (Dir. e Ind.)	Edificio H (Dir. e Ind.)			
		Edificio I (Indirecto)			

En general, se observa que el método de desplazamiento de centros de masa genera resultados mayores que los obtenidos con el método de momentos estáticos y a su vez, para los casos de excentricidad, el de 5% genera las menores respuestas, seguido por el triangular y por último el de un 10%.

A partir de la tabla anterior se concluye que para el análisis directo, el caso de excentricidad de 10% supera a los valores obtenidos por el método de desplazamiento de centros de masa, en el 33% de los edificios analizados y en el 67% al compararlo con el método de los momentos estáticos. Por otra parte, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de un 10% de excentricidad accidental, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 22% de los edificios y en el 89% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

Del mismo modo, para el caso de excentricidad triangular y análisis directo, se aprecia que la respuesta supera en un 33% de los edificios al método de los desplazamientos de centros de masa y en un 67% al método de los momentos estáticos. Por otro lado, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de excentricidad, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 11% de los edificios y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

## 5.2.2 Drift de Centro de Masa Projectado (Diafragma Flexible)

A continuación se presentan las tablas resumen de los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Drift de Centro de Masa Projectado”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, considerando diafragma flexible, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, en donde se usan diafragmas rígidos.

**Tabla 5.4. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Projectado (D. Flexible, Directo).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)
B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)			
C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)	C(dx-Sx)
	C(dy-Sy)	C(dy-Sy)			
D(dx-sx)	D(dx-sx)	D(dx-sx)	D(dx-sx)	D(dx-sx)	D(dx-sx)
	D(dy-sy)	D(dy-sy)		D(dy-sy)	D(dy-sy)
			E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)
			E(dy-sy)	E(dy-sy)	E(dy-sy)
	F(dy-sy)	F(dy-sy)			F(dy-sy)
G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)			
G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)		G(dy-sy)
	H(dx-sx)	H(dx-sx)			H(dx-sx)
H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)
		I(dx-sx)	I(dx-sx)	I(dx-sx)	I(dx-sx)
	I(dy-sy)	I(dy-sy)			

**Tabla 5.5. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectado (D. Flexible, Indirecto).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)			
		C(dx-Sy)			
		D(dy-sx)			
	D(dx-sy)	D(dx-sy)			
			E(dy-sx)	E(dy-sx)	E(dy-sx)
		E(dx-sy)	E(dx-sy)	E(dx-sy)	E(dx-sy)
F(dy-sx)	F(dy-sx)	F(dy-sx)	F(dy-sx)	F(dy-sx)	F(dy-sx)
	F(dx-sy)	F(dx-sy)			
	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)
G(dx-sy)	G(dx-sy)	G(dx-sy)			
H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)
H(dx-sy)	H(dx-sy)	H(dx-sy)			H(dx-sy)

A continuación se presenta una tabla resumen con los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Drift de Centro de Masa proyectado”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, tanto para el sismo en X como para el sismo en Y. Esto quiere decir que en esta tabla resumen se incluyen los edificios sólo si cumplen con superar a los métodos de la norma tanto en el caso dx-sx como en dy-sy para el análisis directo y en los casos dy-sx y dx-sy para el indirecto.

**Tabla 5.6. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift C.M. Proyectoado (D. Flexible).**

Exc.5%> Mom. Est.	Exc.Triang.> Mom. Est.	Exc.10%> Mom. Est.	Exc.5%> Desp. C.M.	Exc.Triang.> Desp. C.M.	Exc.10%> Desp. C.M.
Edificio B (Directo)	Edificio B ( Directo)	Edificio B ( Directo)			
	Edificio C (Directo)	Edificio C (Directo)			
	Edificio D (Directo)	Edificio D (Dir. e Ind.)		Edificio D (Directo)	Edificio D (Directo)
			Edificio E (Dir. e Ind.)	Edificio E (Dir. e Ind.)	Edificio E (Dir. e Ind.)
	Edificio F (Indirecto)	Edificio F (Indirecto)			
Edificio G (Directo)	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)			
Edificio H (Indirecto)	Edificio H (Dir. e Ind.)	Edificio H (Dir. e Ind.)			Edificio H (Dir. e Ind.)
		Edificio I ( Directo )			

A partir de la tabla anterior se concluye que para el análisis directo, el caso de excentricidad de 10% supera a los valores obtenidos por el método de desplazamiento de centros de masa, en el 33% de los edificios analizados y en el 67% al compararlo con el método de los momentos estáticos. Por otra parte, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de un 10% de excentricidad accidental, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 22% de los edificios y en el 44% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

Del mismo modo, para el caso de excentricidad triangular y análisis directo, se aprecia que la respuesta supera en un 22% de los casos al método de los desplazamientos de centros de masa y en un 56% al método de los momentos estáticos. Por otro lado, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de excentricidad, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 11% de los edificios y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

### 5.3 Máximo Drift Total

Como bien se explica en el capítulo anterior, el “Drift Total” se calcula entre un punto del piso y la proyección vertical de éste en el piso inferior, restando los desplazamientos totales de estos y dividiendo dicha diferencia por la altura de piso. Sin embargo, para este trabajo se escoge el “Máximo Drift Total” como parámetro de análisis, el cual como lo dice su nombre, corresponde al máximo de los drifts totales calculados en un cierto piso.

#### 5.3.1 Máximo Drift Total (Diafragma Rígido)

A partir de los gráficos A.73 a A.106 se generan las siguientes tablas resumen con los edificios en los que los casos de excentricidad 5%, 10% o triangular, muestran valores superiores a los obtenidos con los métodos de la norma, distinguiendo entre los casos de análisis directo e indirecto, dependiendo si el análisis es realizado en la misma dirección de la acción sísmica, o bien, perpendicular a ésta, respectivamente.

**Tabla 5.7. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rígido, Directo).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		A(dy-Sy)			A(dy-Sy)
		B(dx-Sx)		B(dx-Sx)	B(dx-Sx)
B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)
	C(dy-Sy)	C(dy-Sy)			C(dy-Sy)
					D(dx-sx)
	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)
		E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)
	E(dy-sy)	E(dy-sy)			E(dy-sy)
	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)
	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)
	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)
	H(dx-sx)	H(dx-sx)			H(dx-sx)
	H(dy-sy)	H(dy-sy)		H(dy-sy)	H(dy-sy)
				I(dx-sx)	I(dx-sx)
		I(dy-sy)		I(dy-sy)	I(dy-sy)

**Tabla 5.8. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rígido, Indirecto).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		A(dx-sy)			
	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)			
B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)
		C(dy-Sx)			
	C(dx-Sy)	C(dx-Sy)			C(dx-Sy)
	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)
		E(dy-sx)		E(dy-sx)	E(dy-sx)
	E(dx-sy)	E(dx-sy)			
		F(dy-sx)			
		F(dx-sy)	F(dx-sy)	F(dx-sy)	F(dx-sy)
	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)
	G(dx-sy)	G(dx-sy)		G(dx-sy)	G(dx-sy)
	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)
	H(dx-sy)	H(dx-sy)			H(dx-sy)
		I(dy-sx)			
		I(dx-sy)		I(dx-sy)	I(dx-sy)

A continuación se presenta una tabla resumen con los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Máximo Drift Total”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, tanto para el sismo en X como para el sismo en Y. Esto quiere decir que en esta tabla resumen se incluyen los edificios sólo si cumplen con superar a los métodos de la norma tanto en el caso dx-sx como en dy-sy para el análisis directo y en los casos dy-sx y dx-sy para el indirecto.

**Tabla 5.9. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Rigido)**

Exc.5%> Mom. Est.	Exc.Triang.> Mom. Est.	Exc.10%> Mom. Est.	Exc.5%> Desp. C.M.	Exc.Triang.> Desp. C.M.	Exc.10%> Desp. C.M.
	Edificio B (Indirecto)	Edificio B (Dir. e Ind.)		Edificio B (Directo)	Edificio B (Directo)
		Edificio C (Indirecto)			
					Edificio D (Directo)
		Edificio E (Dir. e Ind.)			Edificio E (Directo)
		Edificio F (Indirecto)			
	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Directo)	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)
	Edificio H (Dir. e Ind.)	Edificio H (Dir. e Ind.)			Edificio H (Dir. e Ind.)
		Edificio I (Indirecto)		Edificio I (Directo)	Edificio I (Directo)

En general, se observa que para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, el de 5% genera las menores respuestas, seguido por el triangular y por último el de un 10%.

Adicionalmente, se aprecia a partir de los gráficos generados para el análisis directo, que el caso de excentricidad de 10% supera a los valores obtenidos por el método de desplazamiento de centros de masa, en el 67% de los edificios analizados y en el 44% al compararlo con el método de los momentos estáticos. Por otra parte, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de un 10% de excentricidad accidental, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 22% de los edificios y en el 78% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

Del mismo modo para el caso de excentricidad triangular y análisis directo, se aprecia que la respuesta supera en un 33% de los casos al método de los desplazamientos de centros de masa y en un 22% al método de los momentos estáticos. Por otro lado, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de excentricidad, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 11% de los edificios y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

### 5.3.2 Máximo Drift Total (Diafragma Flexible)

A continuación se presentan las tablas resumen de los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Máximo Drift Total”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, considerando diafragma flexible, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, en donde se usan diafragmas rígidos.

**Tabla 5.10. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible, Directo).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
	A(dy-Sy)	A(dy-Sy)			A(dy-Sy)
	B(dx-Sx)	B(dx-Sx)		B(dx-Sx)	B(dx-Sx)
B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)
		C(dx-Sx)			
	C(dy-Sy)	C(dy-Sy)			C(dy-Sy)
		D(dx-sx)			D(dx-sx)
	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)
		E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)	E(dx-sx)
					E(dy-sy)
	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)
G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)	G(dx-sx)
	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)	G(dy-sy)
H(dx-sx)	H(dx-sx)	H(dx-sx)			H(dx-sx)
H(dy-sy)	H(dy-sy)	H(dy-sy)		H(dy-sy)	H(dy-sy)
				I(dx-sx)	I(dx-sx)
	I(dy-sy)	I(dy-sy)		I(dy-sy)	I(dy-sy)



**Tabla 5.11. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible, Indirecto).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom. Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		A(dx-sy)			
	B(dy-Sx)	B(dy-Sx)			
B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)	B(dx-Sy)
		C(dy-Sx)			
	C(dx-Sy)	C(dx-Sy)			C(dx-Sy)
D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)
	E(dx-sy)	E(dy-sx)		E(dy-sx)	E(dy-sx)
		E(dx-sy)			
		F(dy-sx)			
	F(dx-sy)	F(dx-sy)	F(dx-sy)	F(dx-sy)	F(dx-sy)
G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)	G(dy-sx)
	G(dx-sy)	G(dx-sy)		G(dx-sy)	G(dx-sy)
H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)	H(dy-sx)
H(dx-sy)	H(dx-sy)	H(dx-sy)		H(dx-sy)	H(dx-sy)
		I(dy-sx)	I(dy-sx)	I(dy-sx)	I(dy-sx)
		I(dx-sy)		I(dx-sy)	I(dx-sy)

A continuación se presenta una tabla resumen con los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Máximo Drift Total”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, tanto para el sismo en X como para el sismo en Y. Esto quiere decir que en esta tabla resumen se incluyen los edificios sólo si cumplen con superar a los métodos de la norma tanto en el caso dx-sx como en dy-sy para el análisis directo y en los casos dy-sx y dx-sy para el indirecto.

**Tabla 5.12. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Total (D. Flexible).**

Exc.5%> Mom. Est.	Exc.Triang.> Mom. Est.	Exc.10%> Mom. Est.	Exc.5%> Desp. C.M.	Exc.Triang.> Desp. C.M.	Exc.10%> Desp. C.M.
	Edificio B (Dir. e Ind.)	Edificio B (Dir. e Ind.)		Edificio B (Directo)	Edificio B (Directo)
		Edificio C (Dir. e Ind.)			
		Edificio D (Directo)			Edificio D (Directo)
		Edificio E (Indirecto)			Edificio E (Directo)
		Edificio F (Indirecto)			
	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Directo)	Edificio G (Dir. e Ind.)	Edificio G (Dir. e Ind.)
Edificio H (Dir. e Ind.)	Edificio H (Dir. e Ind.)	Edificio H (Dir. e Ind.)		Edificio H (Indirecto)	Edificio H (Dir. e Ind.)
		Edificio I (Indirecto)		Edificio I (Dir. e Ind.)	Edificio I (Dir. e Ind.)

A partir de la tabla anterior se concluye que para el análisis directo, el caso de excentricidad de 10% supera a los valores obtenidos por el método de desplazamiento de centros de masa, en el 67% de los edificios analizados y en el 56% al compararlo con el método de los momentos estáticos. Por otra parte, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de un 10% de excentricidad accidental, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 33% de los edificios y en el 78% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

Del mismo modo para el caso de excentricidad triangular y análisis directo, se aprecia que la respuesta supera en un 33% de los casos al método de los desplazamientos de centros de masa y en un 33% al método de los momentos estáticos. Por otro lado, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de excentricidad, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 33% de los edificios y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

## 5.4 Máximo Drift Adicional (Giro)

Como bien se explica en el capítulo anterior, el “Drift Adicional por Giro” se calcula entre un punto del piso y la proyección vertical de éste en el piso inferior, restando los desplazamientos debidos a los giros de los diafragmas y dividiendo dicha diferencia por la altura de piso. Sin embargo, para este trabajo se escoge el “Máximo Drift Adicional” como parámetro de análisis, el cual como lo dice su nombre, corresponde al máximo de los drifts adicionales calculados en un cierto piso.

### 5.4.1 Máximo Drift Adicional (Giro, Diafragma Rígido)

A partir de los gráficos A.109 a A.142 se generan las siguientes tablas resumen con los edificios en los que los casos de excentricidad 5%, 10% o triangular, muestran valores superiores a los obtenidos con los métodos de la norma, distinguiendo entre los casos de análisis directo e indirecto, dependiendo si el análisis es realizado en la misma dirección de la acción sísmica, o bien, perpendicular a ésta, respectivamente.

**Tabla 5.13. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Adicional Por Giro (D. Rígido, Directo).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom . Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
		B(dx-Sx)			
B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)	B(dy-Sy)
		C(dy-Sy)		C(dy-Sy)	C(dy-Sy)
			D(dy-sy)	D(dy-sy)	D(dy-sy)
		E(dx-sx)		E(dx-sx)	E(dx-sx)
		E(dy-sy)			
		F(dx-sx)			
		F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)	F(dy-sy)
				G(dx-sx)	G(dx-sx)
	H(dy-sy)	H(dy-sy)			H(dy-sy)
		I(dy-sy)			I(dy-sy)

**Tabla 5.14. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Máximo Drift Adicional Por Giro (D. Rígido, Indirecto).**

Exc.5%>Mom. Est.	Exc.Triang.>Mom . Est.	Exc.10%>Mom. Est.	Exc.5%>Desp. C.M.	Exc.Triang.>Desp. C.M.	Exc.10%>Desp. C.M.
B(dx-sy)	B(dx-sy)	B(dx-sy)		B(dx-sy)	B(dx-sy)
		C(dy-sx)			
		C(dx-sy)			C(dx-sy)
		D(dy-sx)			
		D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)	D(dx-sy)
		E(dy-sx)		E(dy-sx)	E(dy-sx)
		E(dx-sy)			
					H(dy-sx)
		H(dx-sy)			H(dx-sy)

A continuación se presenta una tabla resumen con los edificios en donde se observa que los valores obtenidos para el “Máximo Drift Adicional”, para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, superan a los obtenidos mediante los métodos de la norma, tanto para el sismo en X como para el sismo en Y. Esto quiere decir que en esta tabla resumen se incluyen los edificios sólo si cumplen con superar a los métodos de la norma tanto en el caso dx-sx como en dy-sy para el análisis directo y en los casos dy-sx y dx-sy para el indirecto.

**Tabla 5.15. Resumen de edificios en que los casos de excentricidad superan a los métodos de la norma NCh433, Drift Adicional (Giro).**

Exc.5%> Mom. Est.	Exc.Triang.> Mom. Est.	Exc.10%> Mom. Est.	Exc.5%> Desp. C.M.	Exc.Triang.> Desp. C.M.	Exc.10%> Desp. C.M.
		Edificio B (Dir.)			
		Edificio C (Indirecto)			
		Edificio D (Indirecto)			
		Edificio E (Dir. e Ind.)			
		Edificio F (Dir.)			
					Edificio H (Indirecto)

A partir de la tabla anterior se concluye que para el análisis directo, el caso de excentricidad de 10% supera a los valores obtenidos por el método de desplazamiento de centros de masa, en el 0% de los edificios analizados y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos. Por otra parte, al analizar los gráficos generados en el análisis indirecto, para el mismo caso de un 10% de excentricidad accidental, se obtienen valores superiores al método de desplazamiento de centros de masa en un 11% de los edificios y en el 33% al compararlo con el método de los momentos estáticos.

Por otro lado se observa que para el caso de ingreso de excentricidad accidental con una distribución triangular no se obtienen, para ninguno de los edificios, valores superiores a los casos en que se utilizan los métodos de la norma.

#### **5.4.2 Máximo Drift Adicional (Giro, Diafragma Flexible)**

Es importante aclarar que el cálculo de este parámetro pierde sentido para los casos en que se tienen diafragmas flexibles, dado que los pisos con dicha restricción no giran como cuerpo rígido, por lo cual no se incluye una tabla resumen.

#### **5.5 Diferencia de Giro**

El parámetro “Diferencia de giro” corresponde a la resta de los giros calculados en los diafragmas de piso adyacentes. Como bien se explica al comienzo de este capítulo, el único parámetro que es calculado modalmente por el programa ETABS, tanto para los casos sin excentricidad como para los de 5%, 10% y triangular, es el drift total. Sin embargo, es posible calcular correctamente algunos parámetros externamente, a través del programa escrito en Visual Basic, siempre y cuando no se ingrese ninguna excentricidad accidental al modelo. Es por esto que se logra calcular el parámetro “Diferencia de Giro” correctamente (por modos), tanto para el caso sin excentricidad accidental como para los métodos de la norma (Momento estático y desplazamiento del C.M.). Con esto es posible observar las diferencias obtenidas para este parámetro al imponer los métodos de la norma, respecto del caso básico en el que no se considera la excentricidad accidental.

A partir de los gráficos A.145 al A.162, se observa que en la totalidad de los edificios el método de los momentos estáticos genera mayores valores para este parámetro, al compararlo con el caso sin excentricidad. Del mismo modo, se observa que en general, para el método de desplazamiento de centros de masa se obtienen valores superiores a los del caso base, con la excepción de los edificios D y G, en los que para el primero, al analizar los gráficos del sismo Y se observa una disminución máxima de aproximadamente un 5% de este parámetro respecto del caso sin excentricidad, mientras que para el segundo, al analizar el gráfico del sismo X se observa una disminución máxima de aproximadamente un 15%. Además, se obtiene que para los edificios B y C el método del desplazamiento de los centros de masa genera mayores valores para este parámetro, tanto para el sismo X como para el sismo en Y, y que para los edificios G e I el método de los momentos estáticos supera al anterior, para ambas direcciones de acción sísmica. Para el resto de los edificios no se observa la superioridad de un método sobre otro para ambas direcciones de análisis.

Por otra parte, se observa que para el edificio E se obtienen aumentos cercanos a 27 y 17 veces, al aplicar los métodos de momentos estáticos y desplazamiento de centros de masa, respectivamente, los cuales son muy superiores a los obtenidos para el resto de los edificios, que muestran como máximo un aumento de 6 veces. Esto se cree se debe a la baja excentricidad intrínseca con la que cuenta el edificio, lo cual produciría que al agregar el efecto de la torsión accidental, aumenten considerablemente los giros en los pisos producto de análisis espectral.

## **5.6 Comparación de cálculo del “drift de CM” modal y post combinación**

Debido a que durante la realización de este trabajo se observa que en general al calcular correctamente (modal), los parámetros de drift, se obtienen valores superiores a los calculados a partir de la resta de las deformaciones ya combinadas, se decide realizar gráficos comparativos de los “drift de centro de masa” calculados modalmente (de acuerdo a norma) y post combinación de las deformaciones (No de acuerdo a norma), para la totalidad de los edificios.

A partir de los gráficos A163 a A180 se observa, como bien se comentó antes, que en general los valores obtenidos a partir de la forma correcta (de acuerdo a norma), son superiores a los calculados post combinación de las deformaciones (No de acuerdo a norma), llegando hasta cerca de un 100% de diferencia entre ambos. Adicionalmente se observa que para los casos en que se usa diafragma flexible, se obtienen mayores diferencias en comparación con aquellas calculadas con diafragma rígido, pero siempre siendo el método correcto mayor al incorrecto.

## 6 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Como bien se explica en el capítulo anterior, el “drift máximo total” y “drift de centro de masa proyectado” son los únicos calculados modalmente, tanto para los casos de ingreso de excentricidad accidental a ETABS como para los métodos de la norma, a diferencia del drift de centro de masa y drift adicional (Giro), los cuales son calculados modalmente solo para el caso base (sin excentricidad) y al utilizar los métodos de la norma, ya que para los casos de ingreso de excentricidad a ETABS, se calculan externamente a partir de los desplazamientos ya combinados. Esto se debe a que las deformaciones modales que entrega el programa una vez terminado el análisis sísmico, para los casos de ingreso de excentricidad, son los mismos que entrega para el caso sin excentricidad, no incluyendo el efecto de la torsión accidental, por lo que no son de utilidad para este trabajo.

Es por esto que se utiliza el “drift máximo total” y “drift de centro de masa proyectado” para concluir respecto de las diferencias obtenidas entre los casos de ingreso de excentricidad a ETABS y los métodos de la norma.

A partir del análisis hecho de los gráficos para el “drift máximo total”, considerando diafragma rígido, se observa que los casos de excentricidad 10% y triangular superan al menos alguno de los métodos de la norma en un 67% y 44% respectivamente, para el análisis directo y en un 78% y 33%, para el indirecto, mientras que al considerar diafragma flexible, se observa que los casos de excentricidad 10% y triangular superan al menos alguno de los métodos de la norma en un 78% y 44%, respectivamente, para el análisis directo y en un 78% y 44%, para el indirecto.

Por otro lado, para el caso del “drift de centro de masa proyectado”, considerando diafragma rígido, se observa que los casos de excentricidad 10% y triangular superan al menos alguno de los métodos de la norma en un 78% y 78%, respectivamente, para el análisis directo y en un 89% y 44%, para el indirecto, mientras que al considerar diafragma flexible, se observa que los casos de excentricidad 10% y triangular superan al menos alguno de los métodos de la norma en un 78% y 67%, respectivamente, para el análisis directo y en un 56% y 44%, para el indirecto.

A partir de lo antes mencionado, se observa que para el caso del “drift máximo total” aumentan los resultados al considerar diafragmas flexibles, con la excepción del edificio E que cuenta con la particularidad de ser el que presenta la menor excentricidad intrínseca, mientras que para el “drift de centro de masa proyectado” no se observa tan claramente este comportamiento, mostrando disminución en los resultados al imponer diafragmas flexibles, en edificios como el B, C y H.

En vista de lo anterior, es importante aclarar que la rutina generada en el programa Visual Studio, cuenta con algunos problemas a la hora de calcular el “drift de centro de masa proyectado”, debido a que en general, al revisar los modelos de los edificios, no se encuentran nodos directamente debajo del centro de masa del piso en el que se calcula dicho parámetro, por lo que se escogió interpolar la respuesta del nodo proyectado a través de los “drift totales” de los nodos más cercanos a dicha posición, lo cual claramente no es la respuesta exacta.



Es por esto que se cree sería posible mejorar la calidad de los resultados ya sea, utilizando un mejor método de interpolación o bien, haciendo un mesh mucho más fino de los pisos en los modelos.

En consecuencia, para el caso del “drift máximo total”, a pesar de encontrarse tan bajas variaciones entre el uso de diafragmas rígidos y flexibles se cree sería recomendable el utilizar este último, debido a que se estaría escogiendo la respuesta más conservadora y cercana a la real. En particular se recomienda el uso del 10% de excentricidad accidental ingresada a ETABS, pero teniendo cuidado de revisar que los valores de drift superen efectivamente a los exigidos por la norma. Mientras que para el caso del “drift de centro de masa proyectado”, se recomienda hacer uso de un 10% de excentricidad accidental, pero considerando el tipo de diafragma que muestre los mayores resultados y verificando que superen efectivamente a los exigidos por la norma.

Por otra parte, al analizar los resultados obtenidos de comparar las diferencias de giros de pisos adyacentes al incorporar la torsión accidental mediante los métodos de la norma, se observa que en general aumentan respecto del caso base (sin excentricidad accidental), con la excepción de los edificios D y G que muestran leves disminuciones en una de las direcciones de análisis. Sin embargo, no se observa la predominancia de uno de los métodos por sobre el otro, ya que para los edificios B y C se obtienen mayores diferencias de giros con el método de desplazamiento de centros de masa, tanto para el sismo X como para el sismo en Y, mientras que para los edificios G e I se obtienen las mayores diferencias con el método de los momentos estáticos.

Finalmente, respecto del análisis realizado para comparar los valores de los parámetros calculados modalmente (de acuerdo a la norma) y aquellos calculados post combinación de las deformaciones (No de acuerdo a la norma), se observa que en general los primeros, además de estar calculados correctamente según la norma, entregan valores superiores, siendo una forma conservadora de cálculo, por lo que se recomienda el uso de estos al momento del diseño.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. Juan Carlos De la Llera and Anil K.Chopra, 1994, "Accidental Torsion In Buildings Due To Stiffness Uncertainty", Earthquake Engineering and Structural Dynamics vol. 23, P. 117-136.
2. Dhiman Basu and Sudhir K.Jain, 2004, "Seismic Analysis of Asymmetric Buildings with Flexible Floor Diaphragms".
3. Yasin M. Fahjan, Cuneyt Tuzun and Joseph Kubin, 2006, "An Alternative Procedure for Accidental Eccentricity in Dynamic Modal Analyses of Buildings", First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Paper Number: 1166.
4. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, 2004, "Torsional effects", P. 59.
5. Daniel Deutsch y Rodrigo Jorquera, 1976, "Influencia de la Flexibilidad de Diafragmas en la Distribución de Fuerzas Horizontales".
6. Alejandro Enrique, 1999, "Evaluación de las Disposiciones de la NCh433 Of.96, Referentes a Restringir el Efecto Torsional en Edificaciones de Altura Media".
7. Lucio Ricke, 1990, "Proposiciones Para la Incorporación de la Torsión Accidental en el Análisis Sísmico de Edificios".
8. Instituto Nacional de Normalización, 1996, "Diseño Sísmico de Edificios", Norma NCh433. Of96.

## 8 ANEXO

### Gráficos de Parámetros Sísmicos Estudiados

A continuación se presentan gráficos comparativos entre los valores obtenidos con los casos de ingreso de excentricidad a ETABS y los métodos de la norma chilena.

Es importante destacar que en algunos gráficos se señala si corresponde a un análisis directo o indirecto, dependiendo si el análisis es realizado en la misma dirección de la acción sísmica, o bien, perpendicular a ésta, respectivamente, y señalando si se ha considerado diafragma rígido o flexible en el modelo.

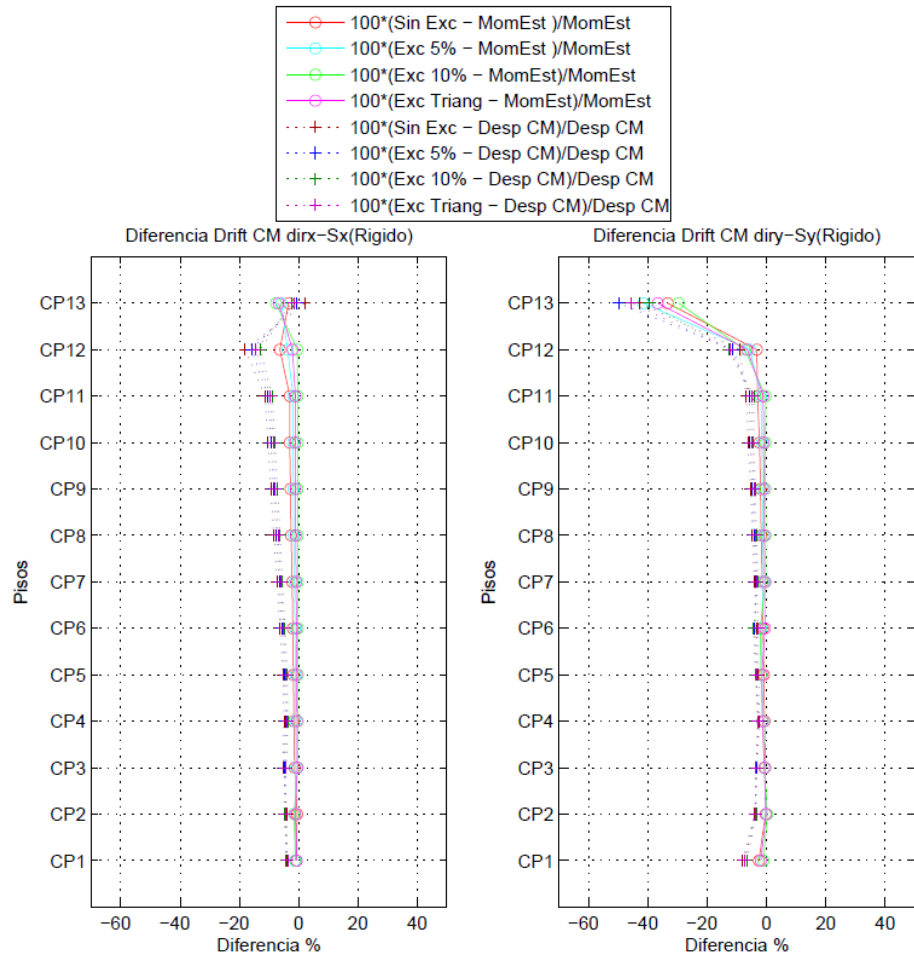


Figura A.1: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. A (Directo, Diaf. Rígido)

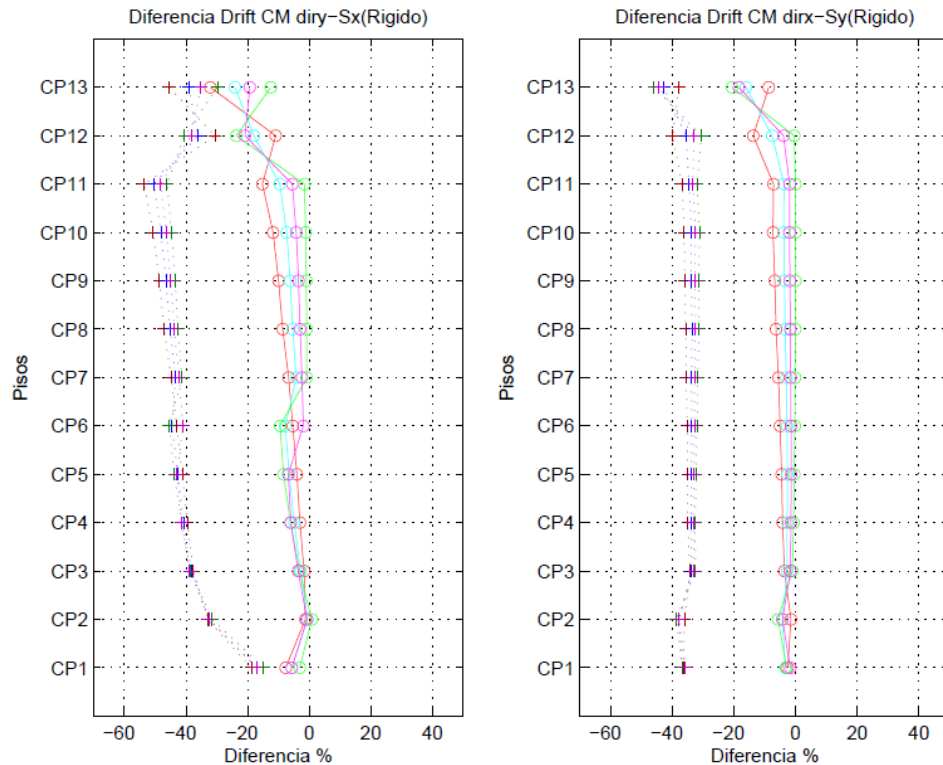


Figura A.2: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. A (Indirecto, Diaf. Rígido)

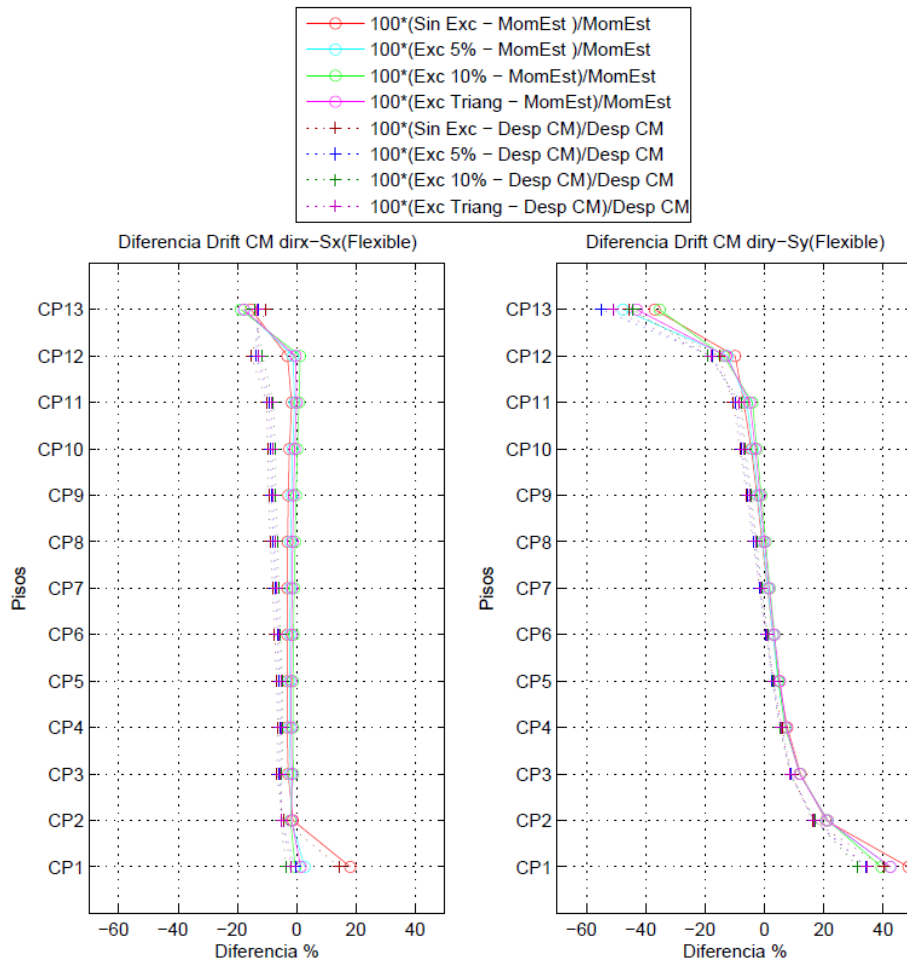


Figura A.3: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. A (Directo, Diaf. Flexible)

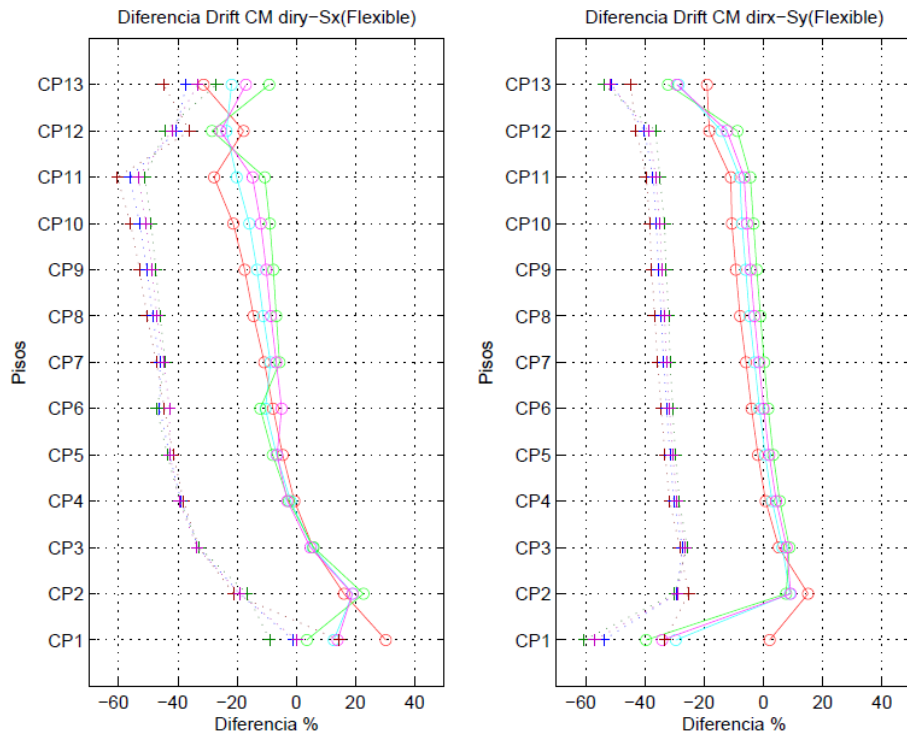


Figura A.4: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. A (Indirecto, Diaf. Flexible)

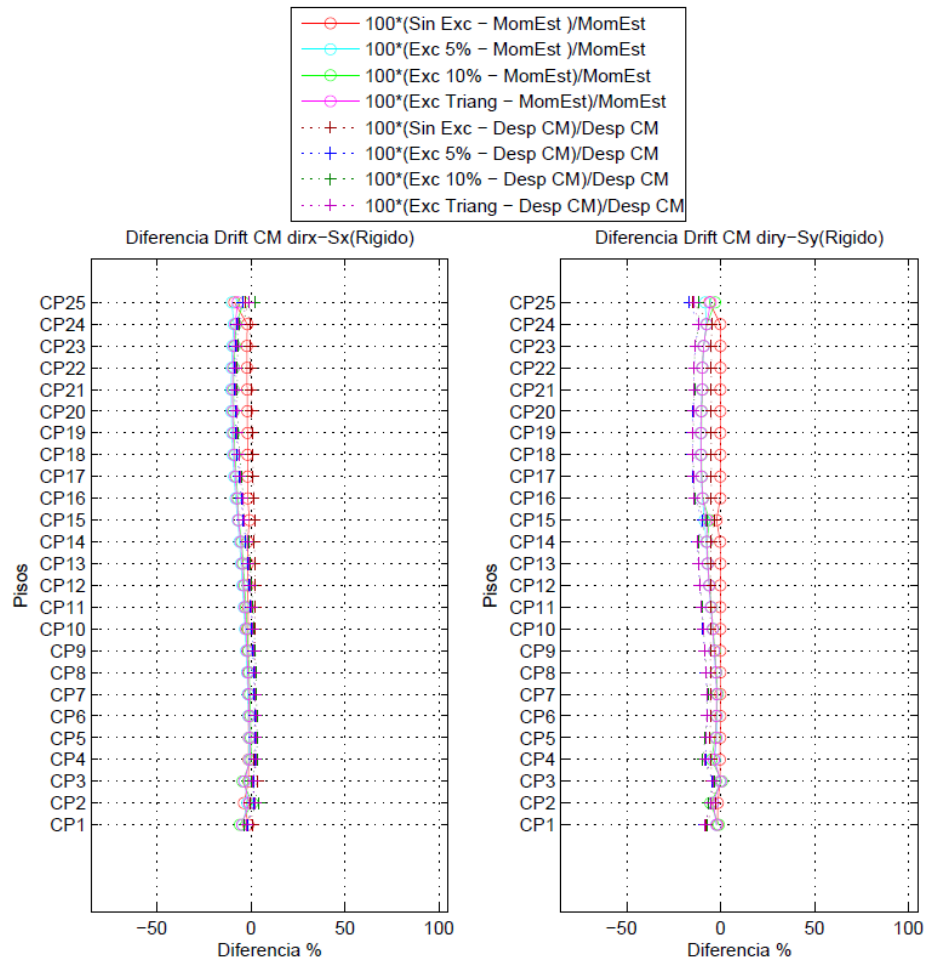


Figura A.5: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. B (Directo, Diaf. Rigido)

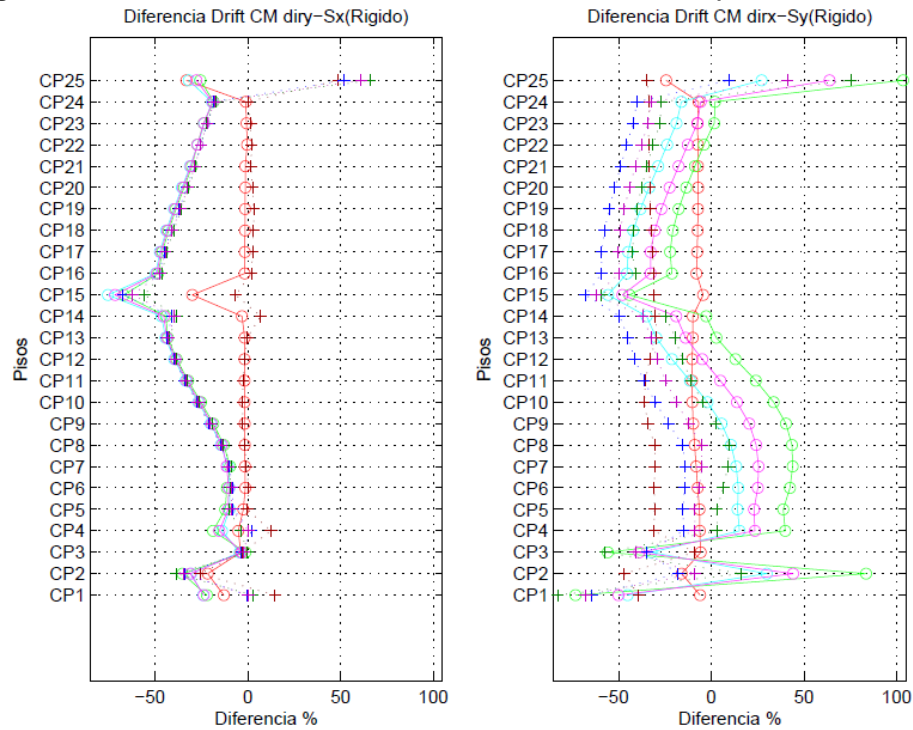


Figura A.6: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. B (Indirecto, Diaf. Rigido)

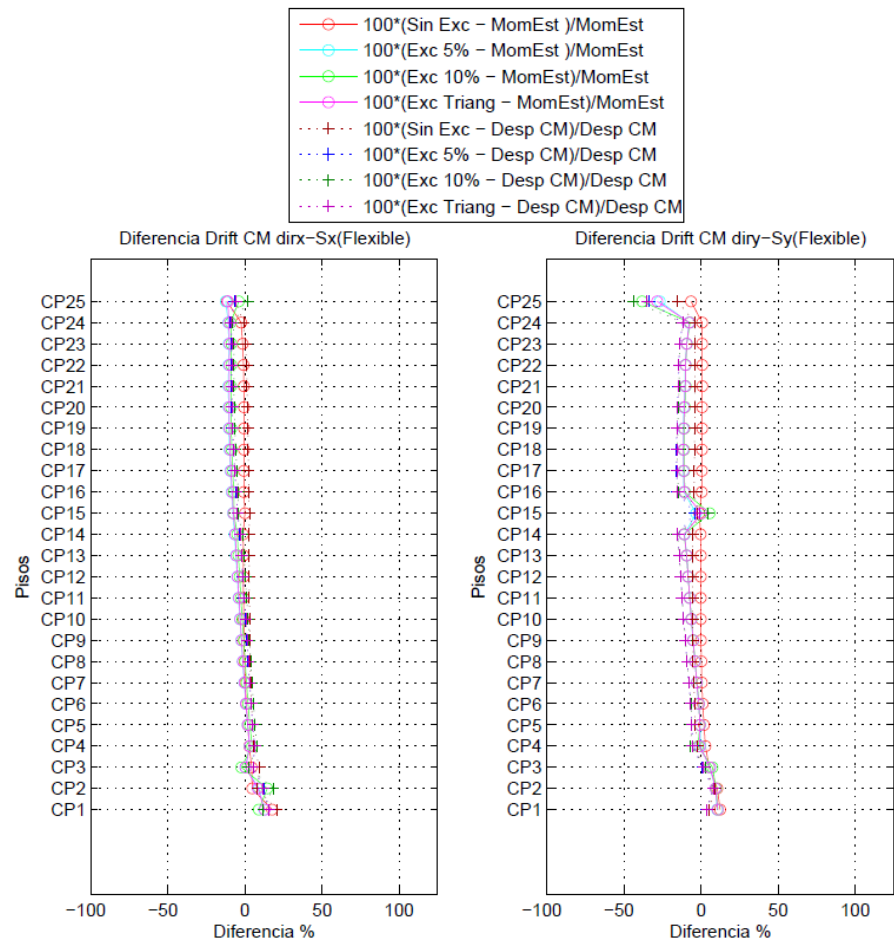


Figura A.7: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. B (Directo, Diaf. Flexible)

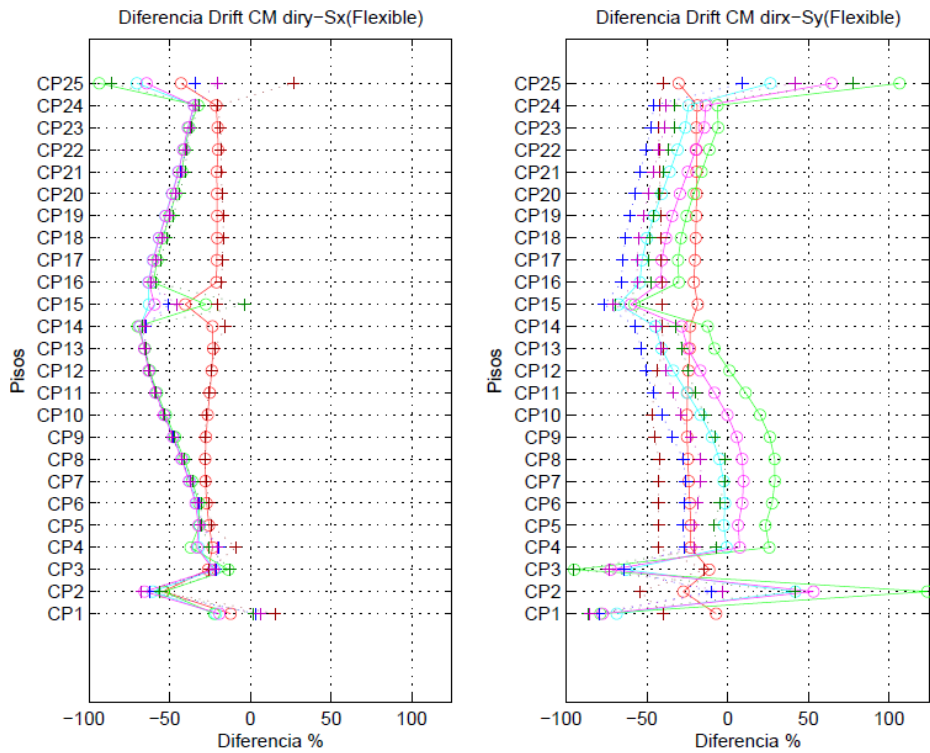


Figura A.8: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. B (Indirecto, Diaf. Flexible)

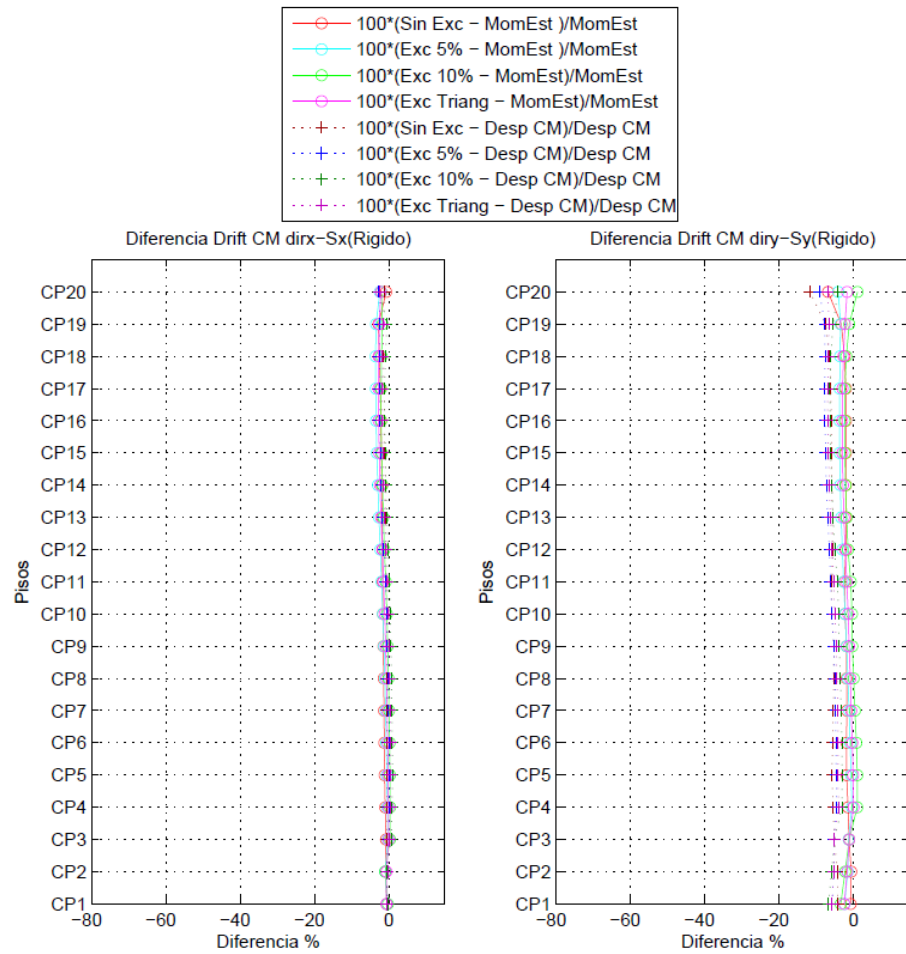


Figura A.9: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. C (Directo, Diaf. Rigido)

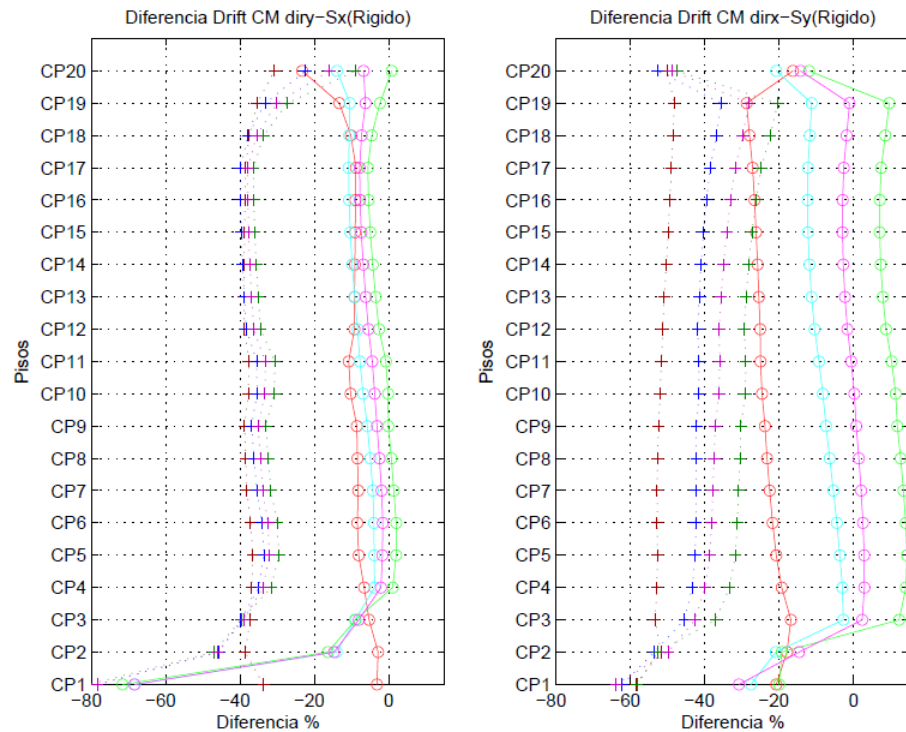
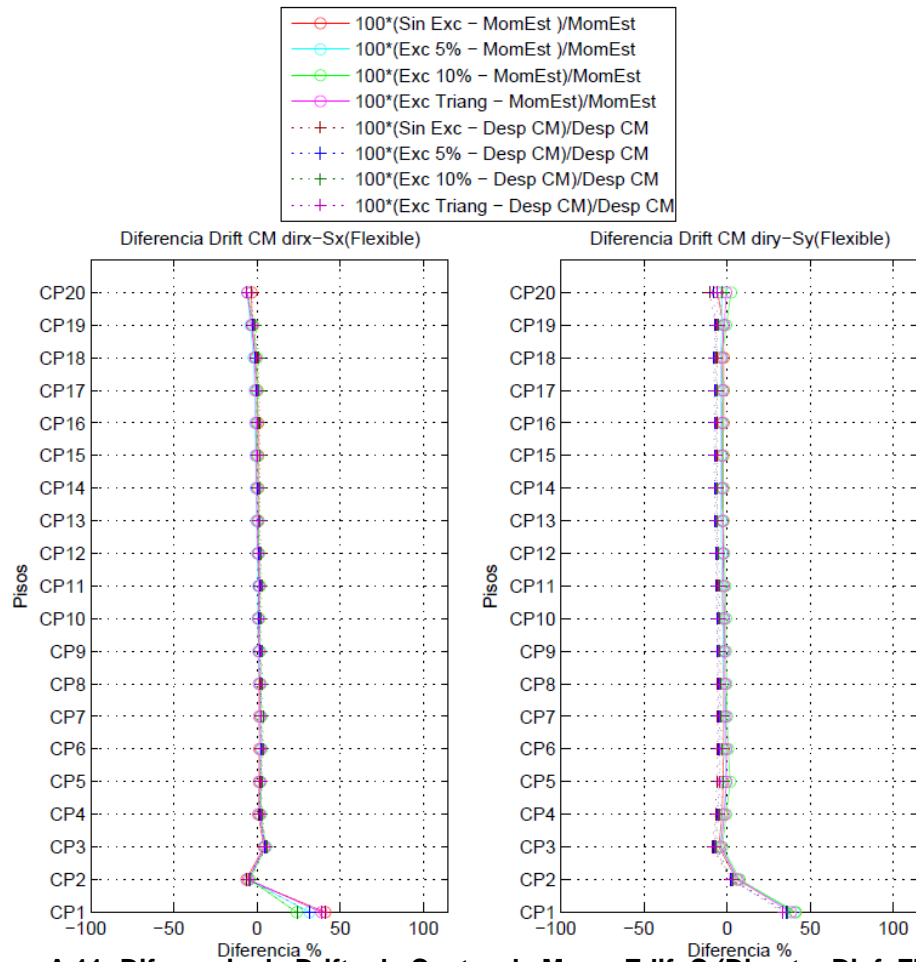
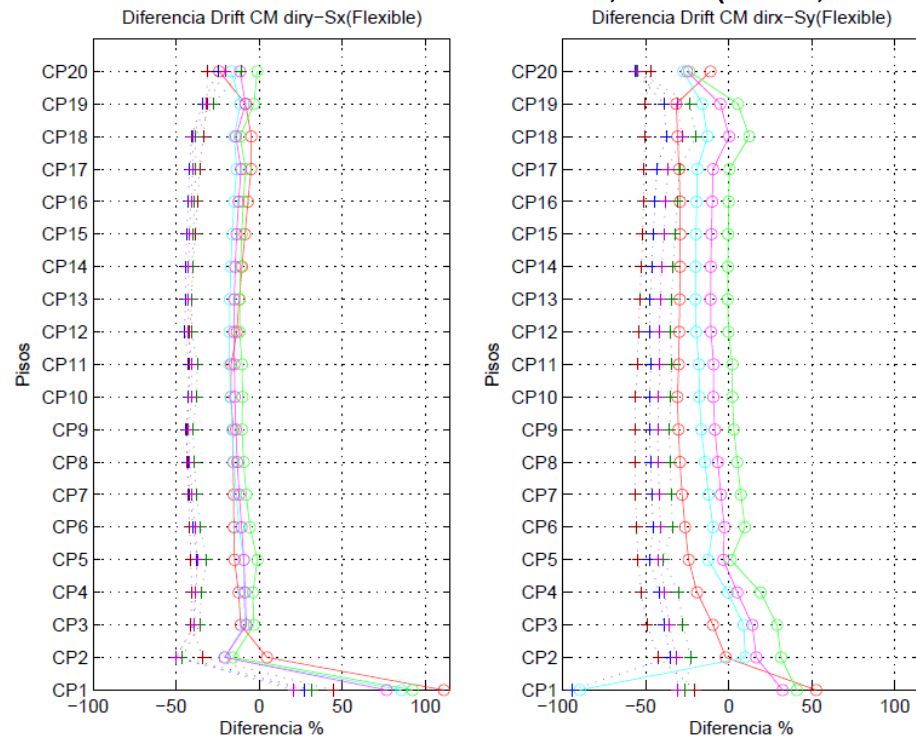


Figura A.10: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. C (Indirecto, Diaf. Rigido)

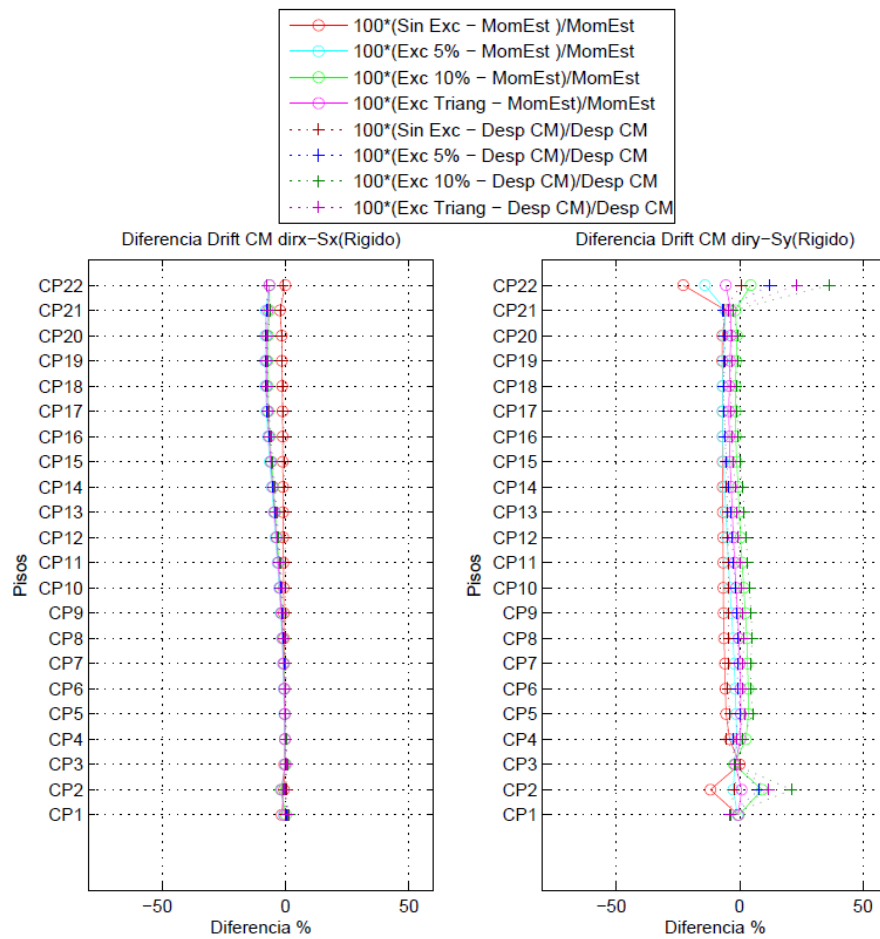




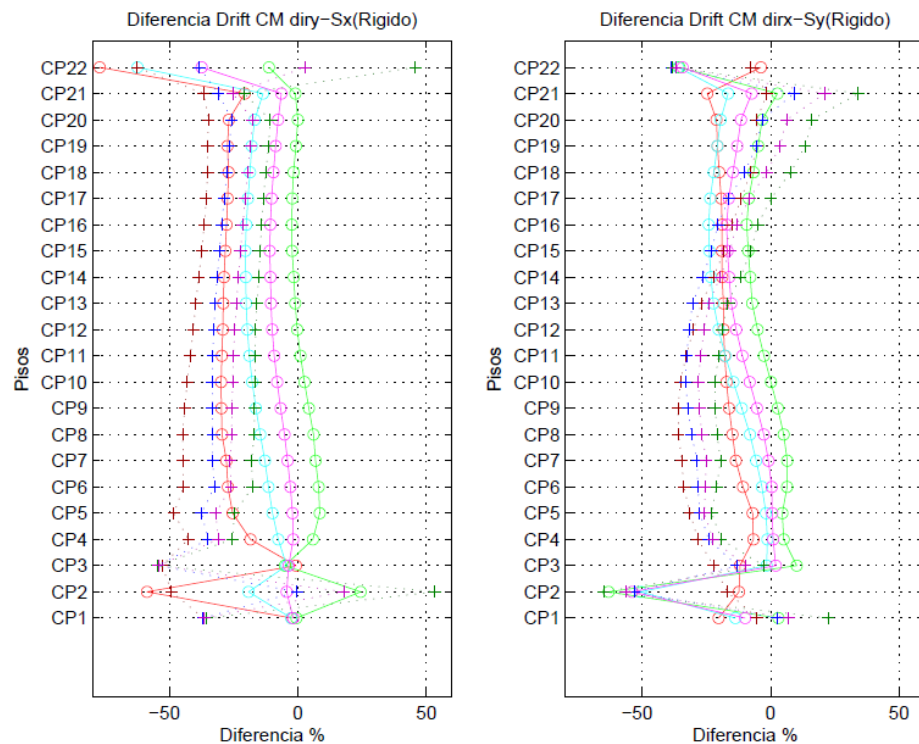
**Figura A.11: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. C (Directo, Diaf. Flexible)**



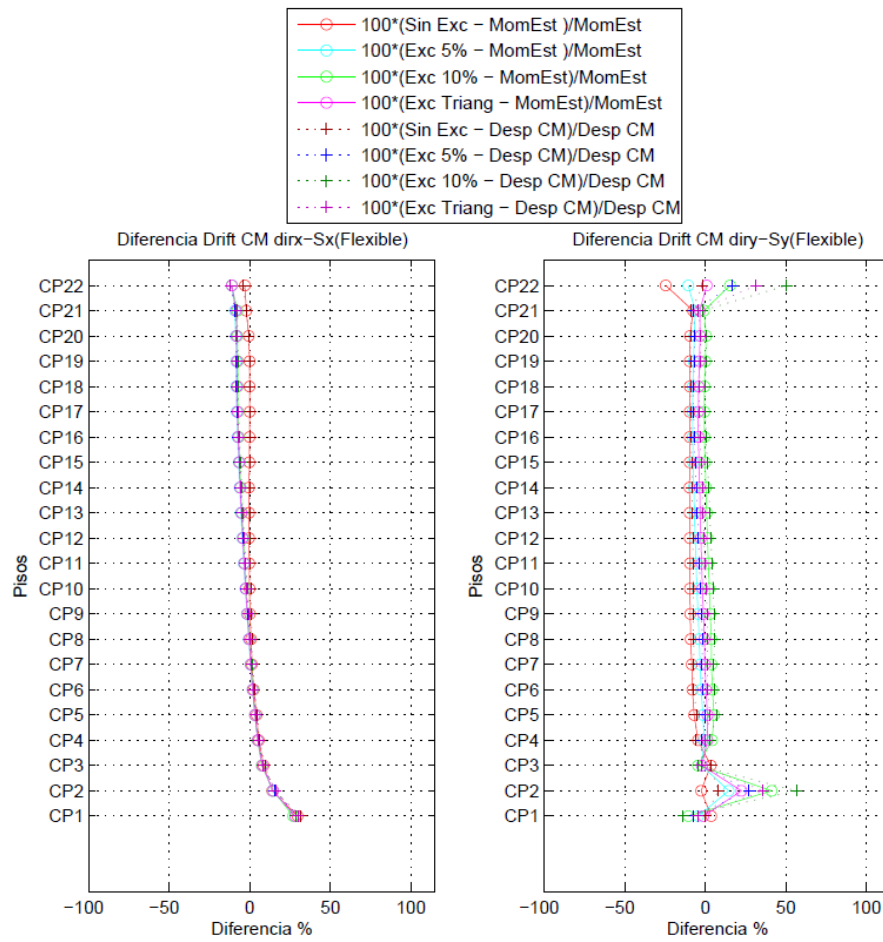
**Figura A.12: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. C (Indirecto, Diaf. Flexible)**



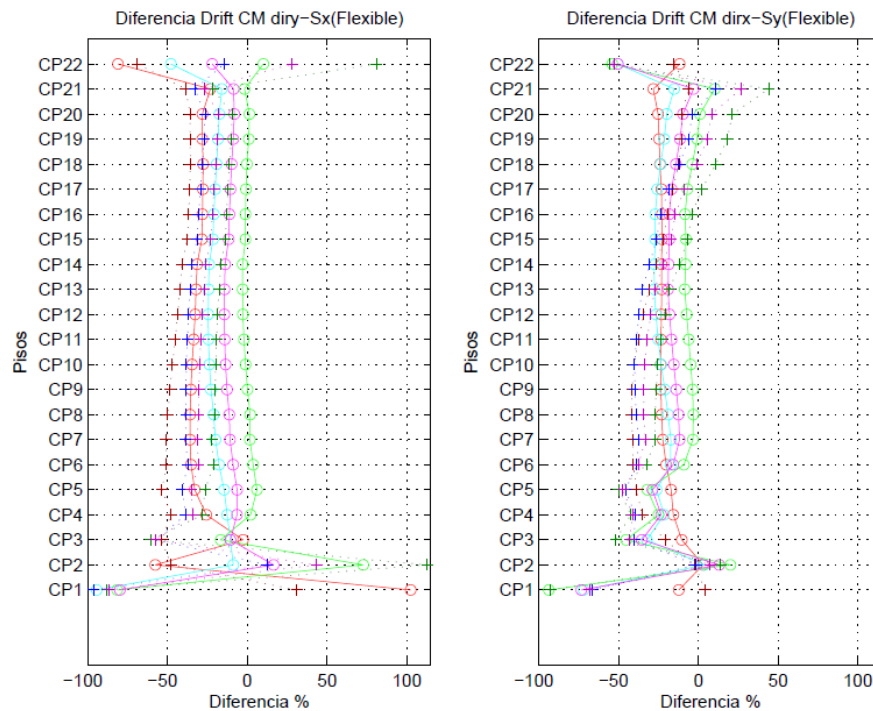
**Figura A.13: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. D (Directo, Diaf. Rigido)**



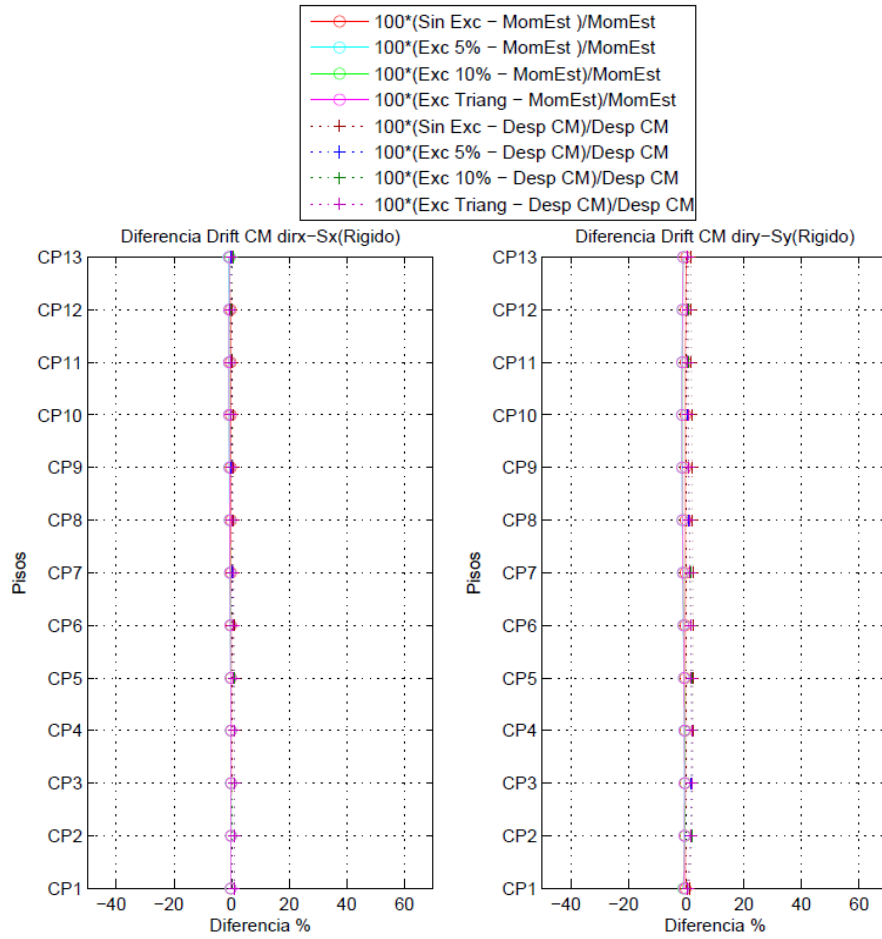
**Figura A.14: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. D (indirecto, Diaf. Rigido)**



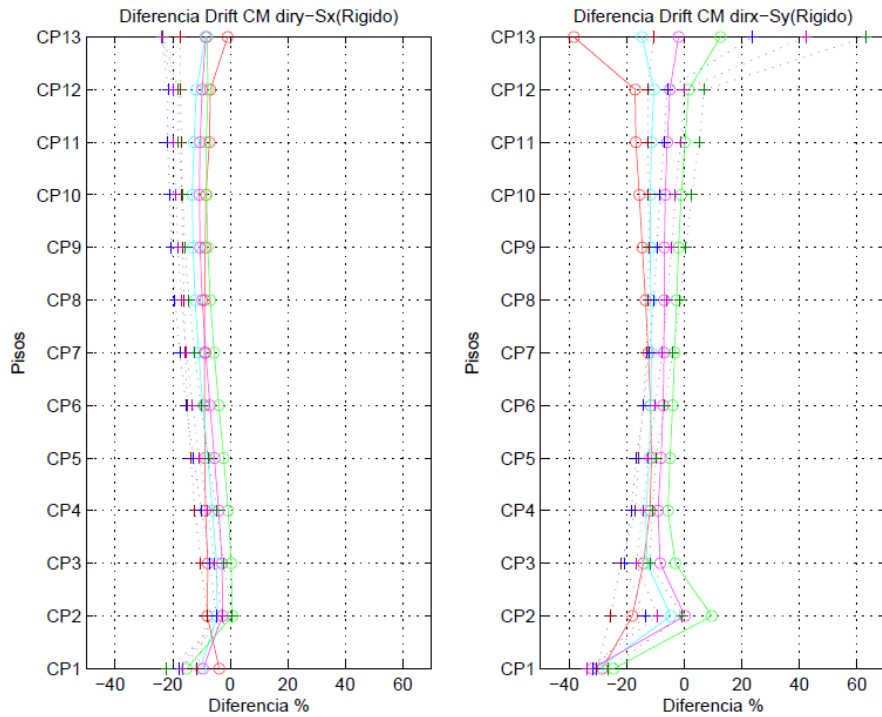
**Figura A.15: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. D (Directo, Diaf. Flexible)**



**Figura A.16: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. D (Indirecto, Diaf. Flexible)**



**Figura A.17: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. E (Directo, Diaf. Rigido)**



**Figura A.18: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. E (indirecto, Diaf. Rigido)**

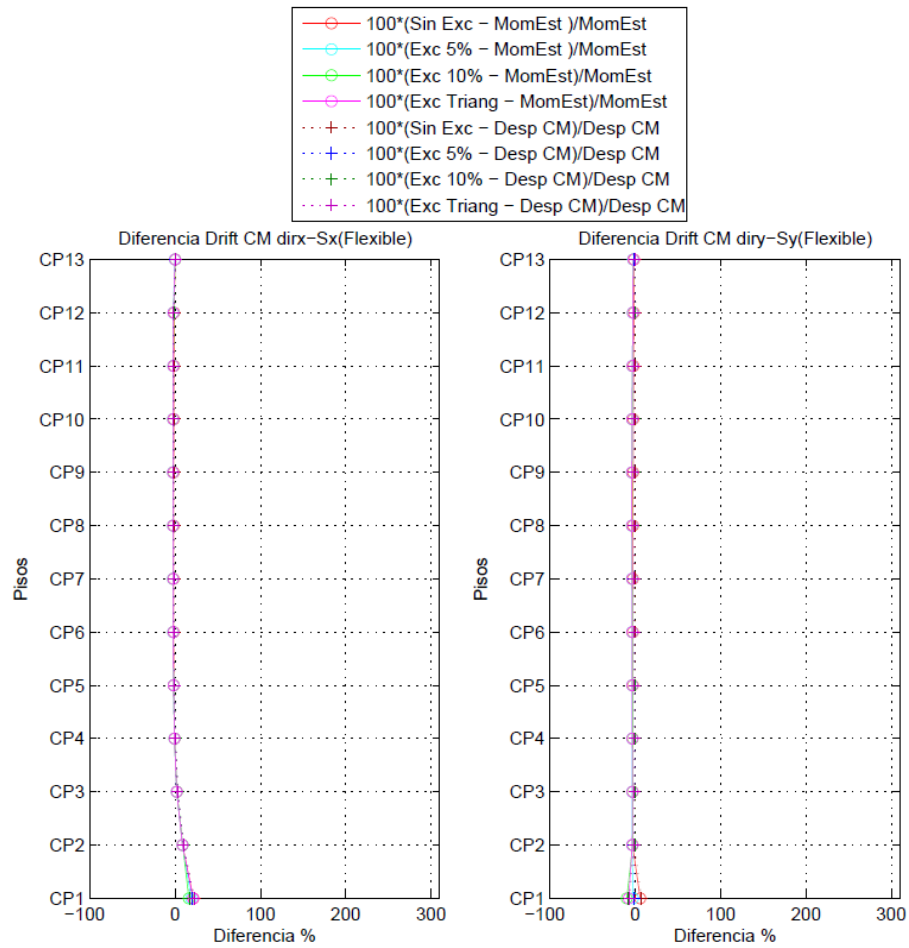


Figura A.19: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. E (Directo, Diaf. Flexible)

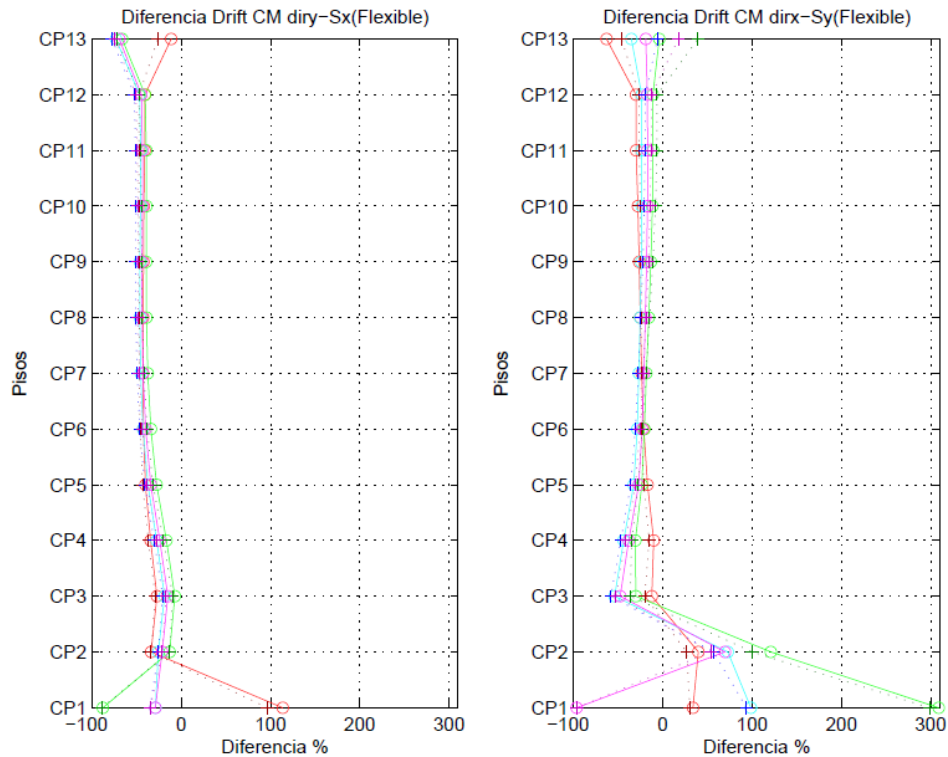


Figura A.20: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. E (Indirecto, Diaf. Flexible)

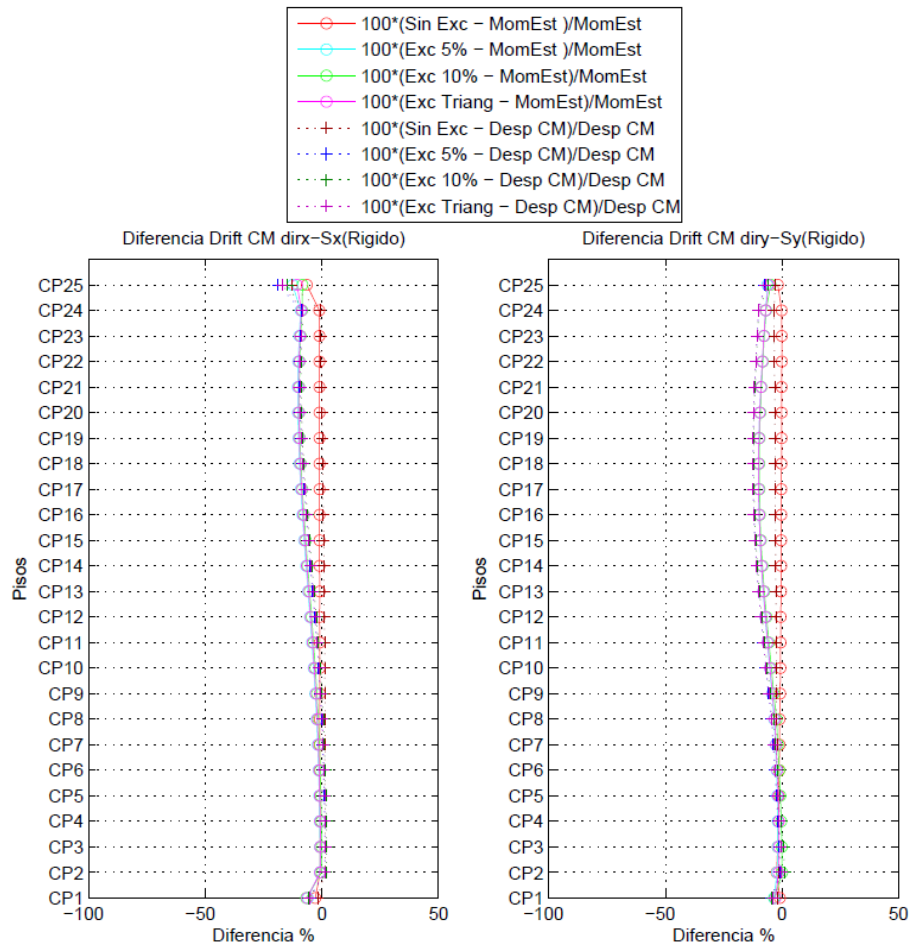


Figura A.21: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. F (Directo, Diaf. Rigido)

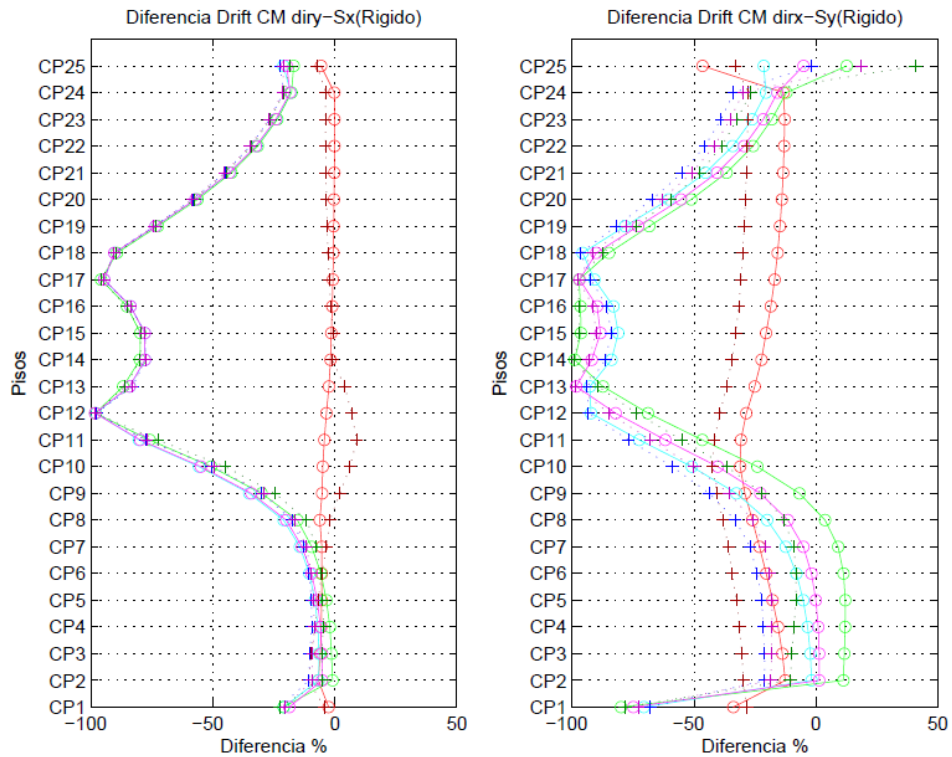


Figura A.22: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. F (indirecto, Diaf. Rigido).

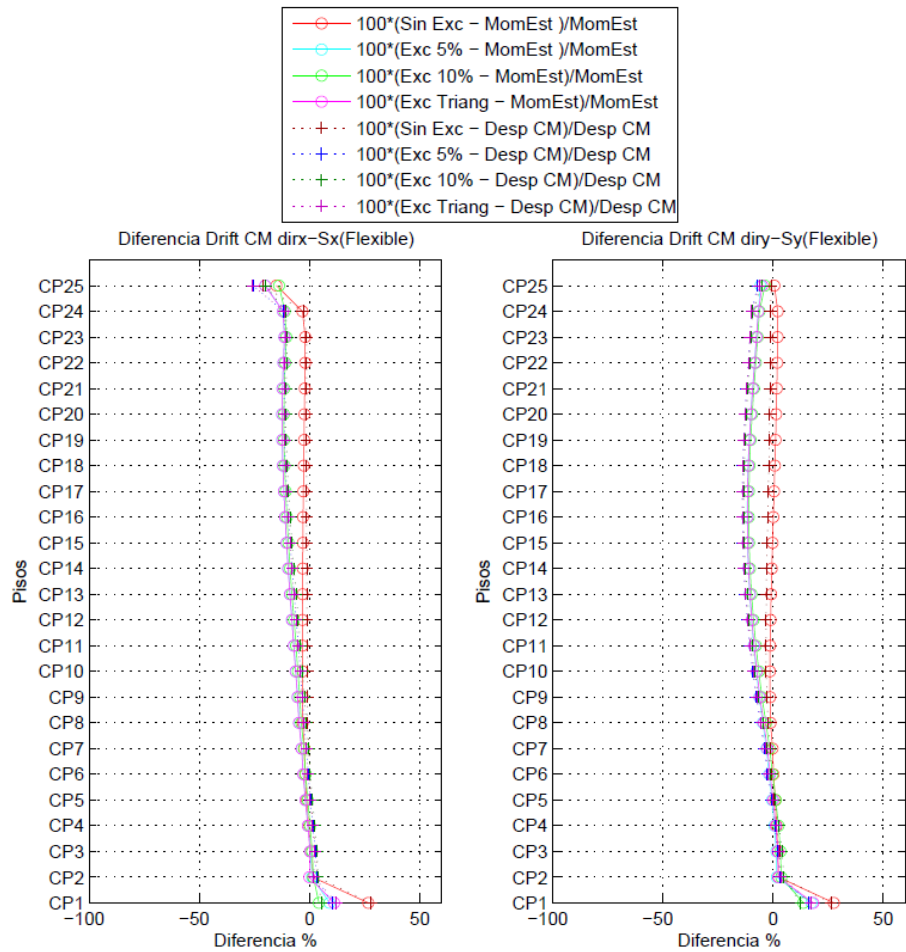


Figura A.23: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. F (Directo, Diaf. Flexible)

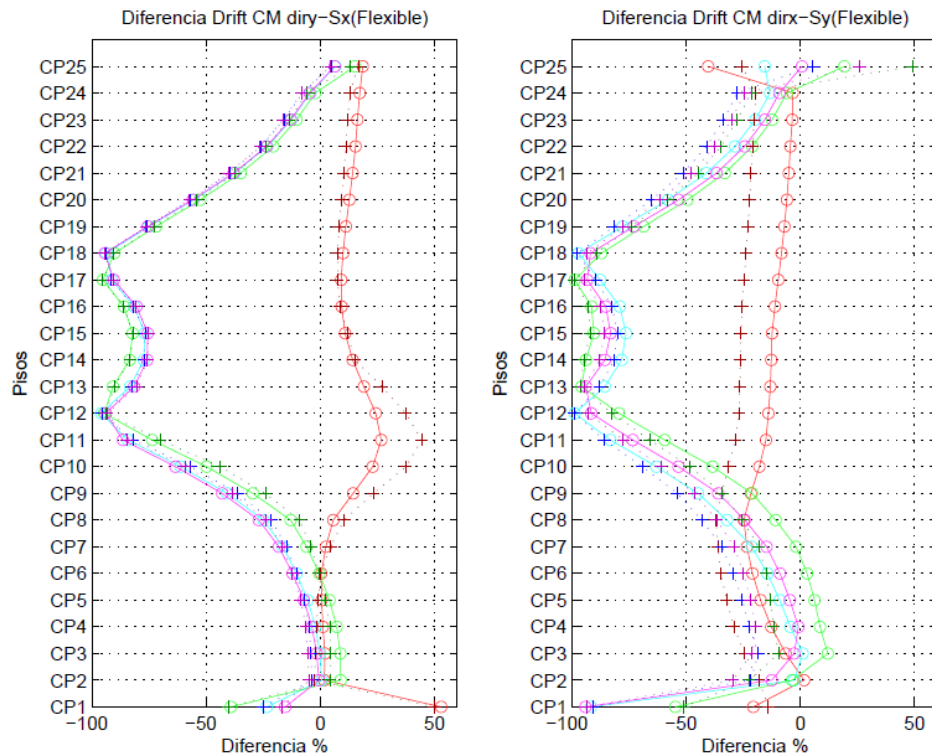
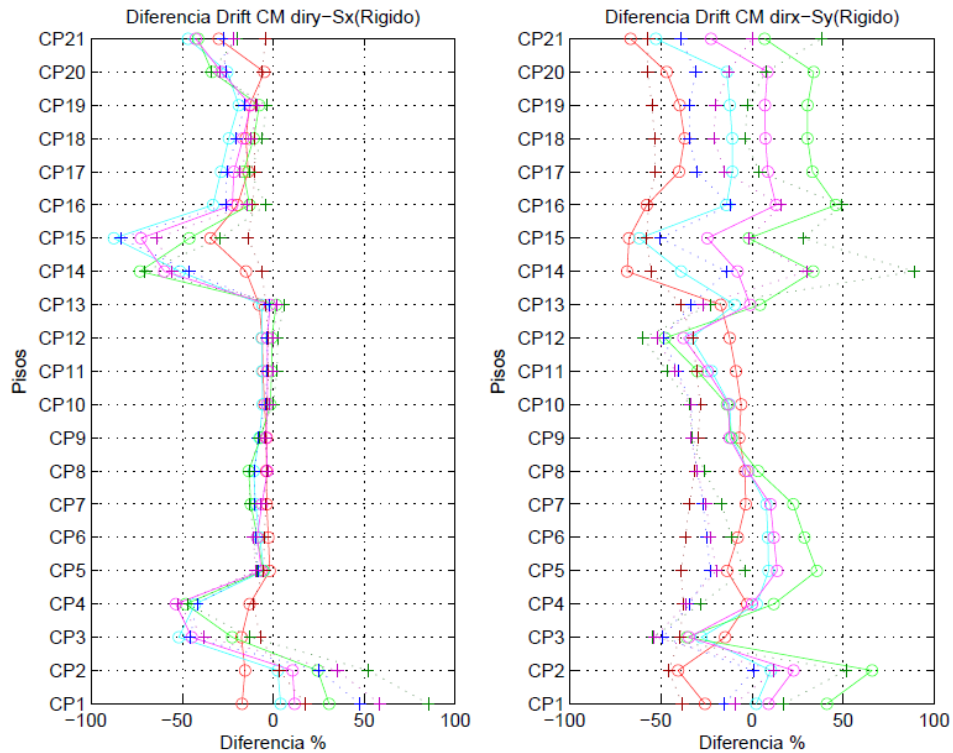
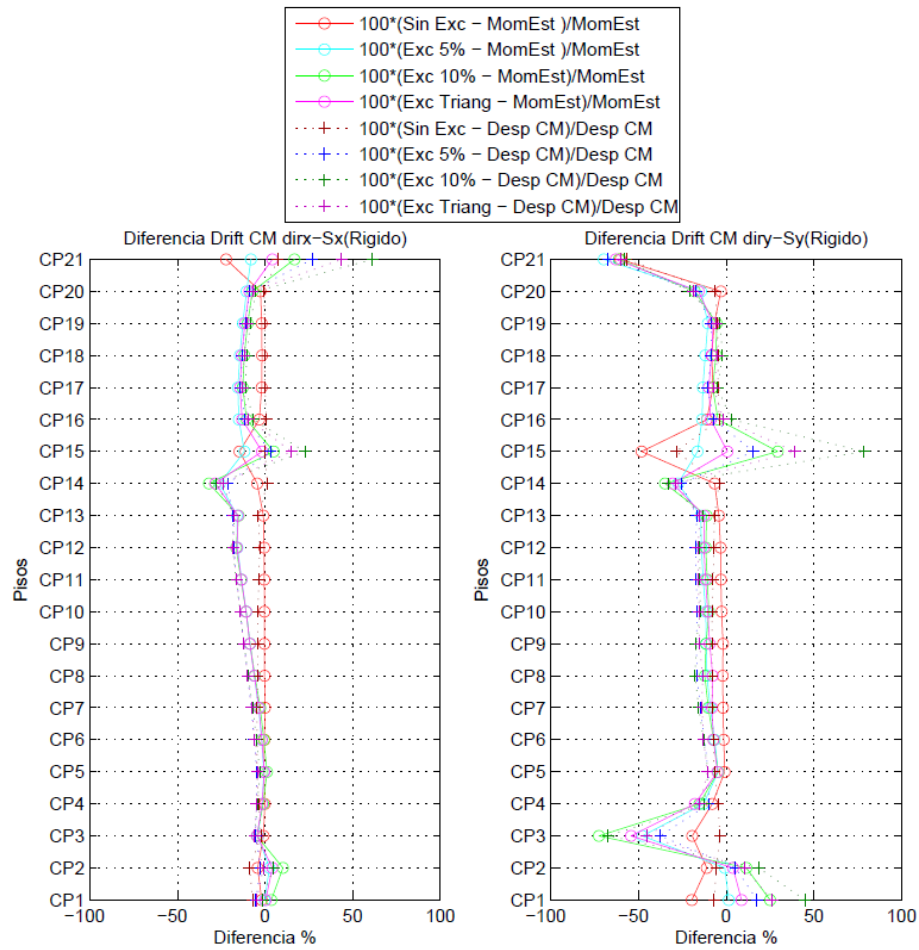


Figura A.24: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. F (Indirecto, Diaf. Flexible)







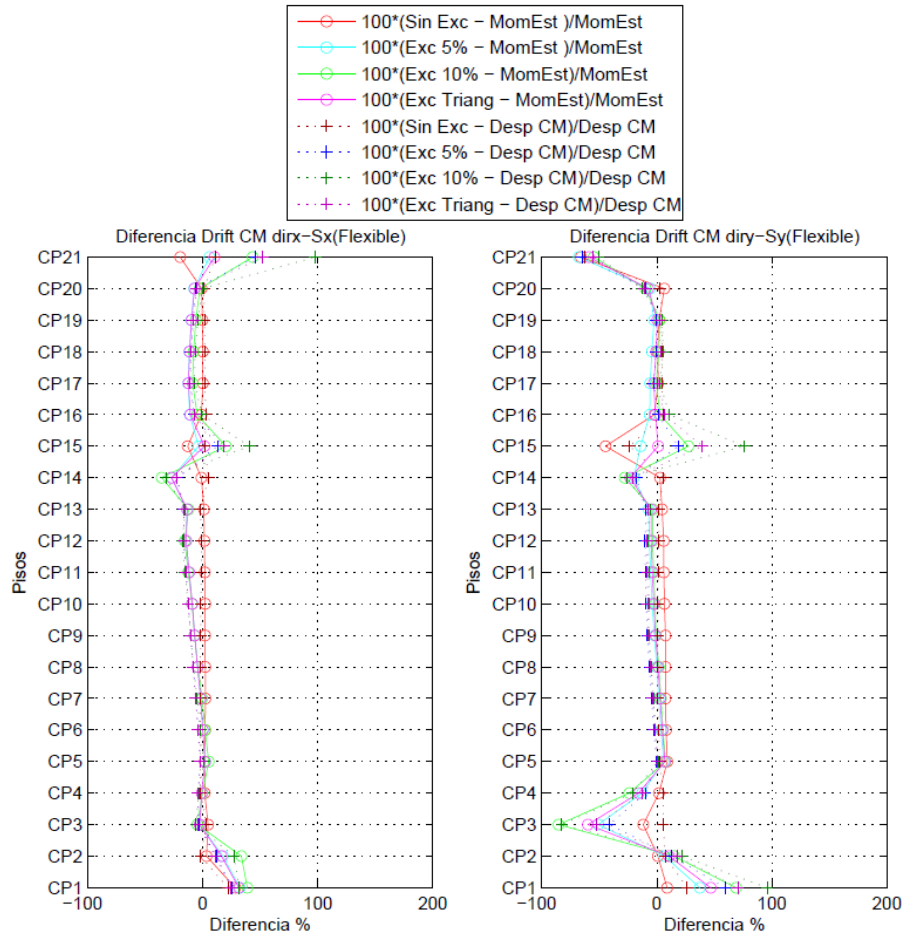


Figura A.27: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. G (Directo, Diaf. Flexible)

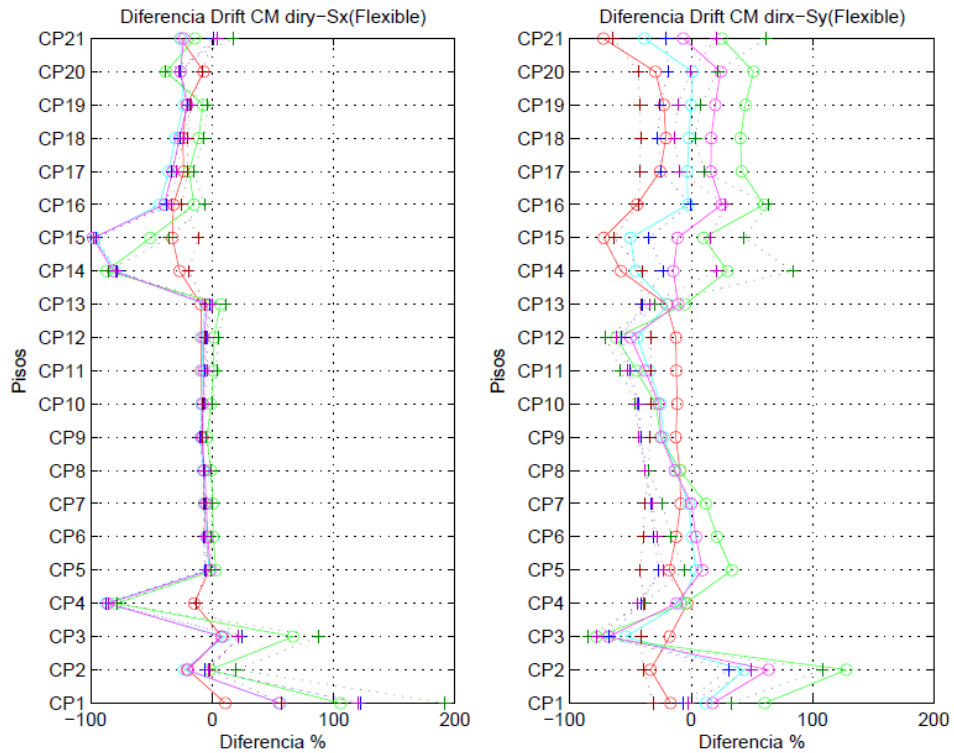
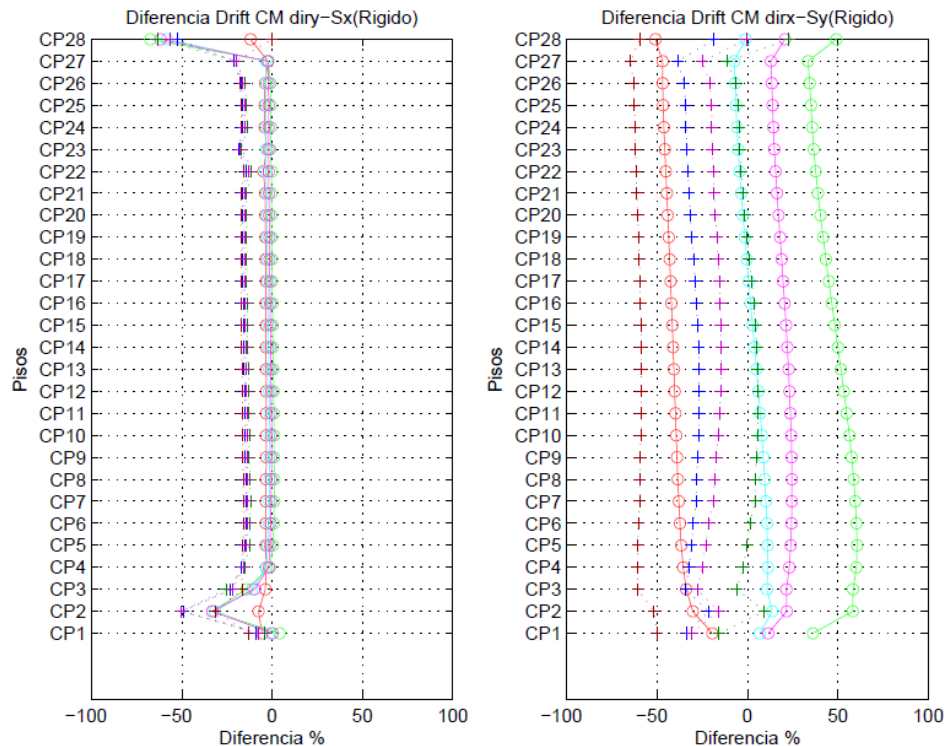
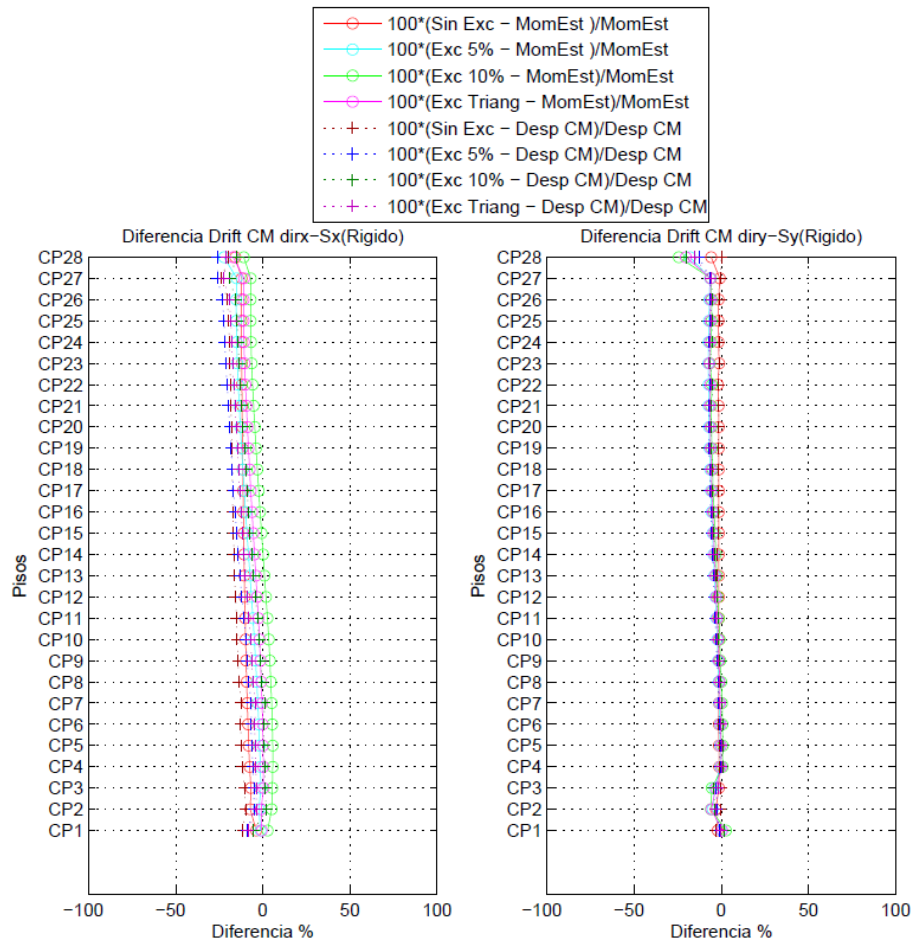


Figura A.28: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. G (Indirecto, Diaf. Flexible)



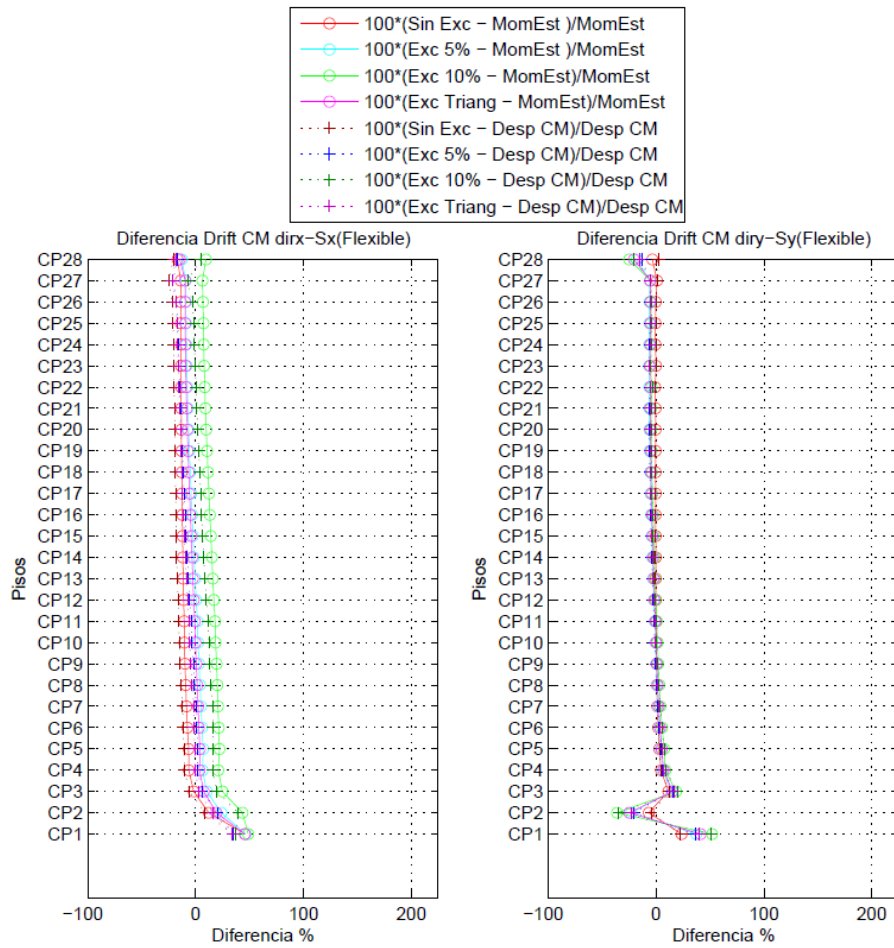


Figura A.31: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. H (Directo, Diaf. Flexible)

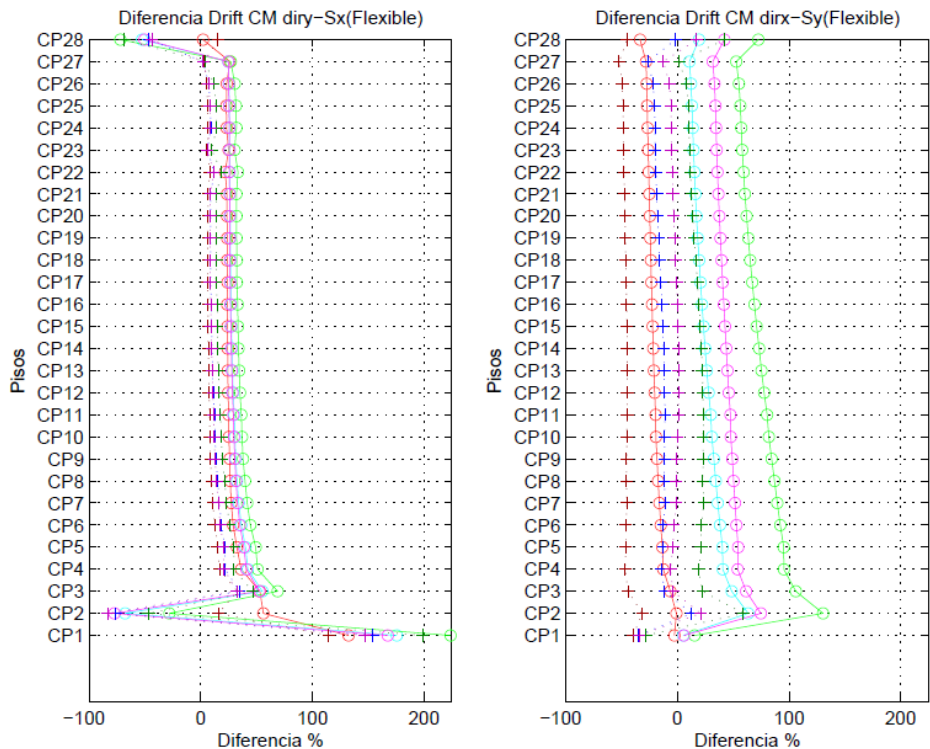


Figura A.32: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. H (Indirecto, Diaf. Flexible)

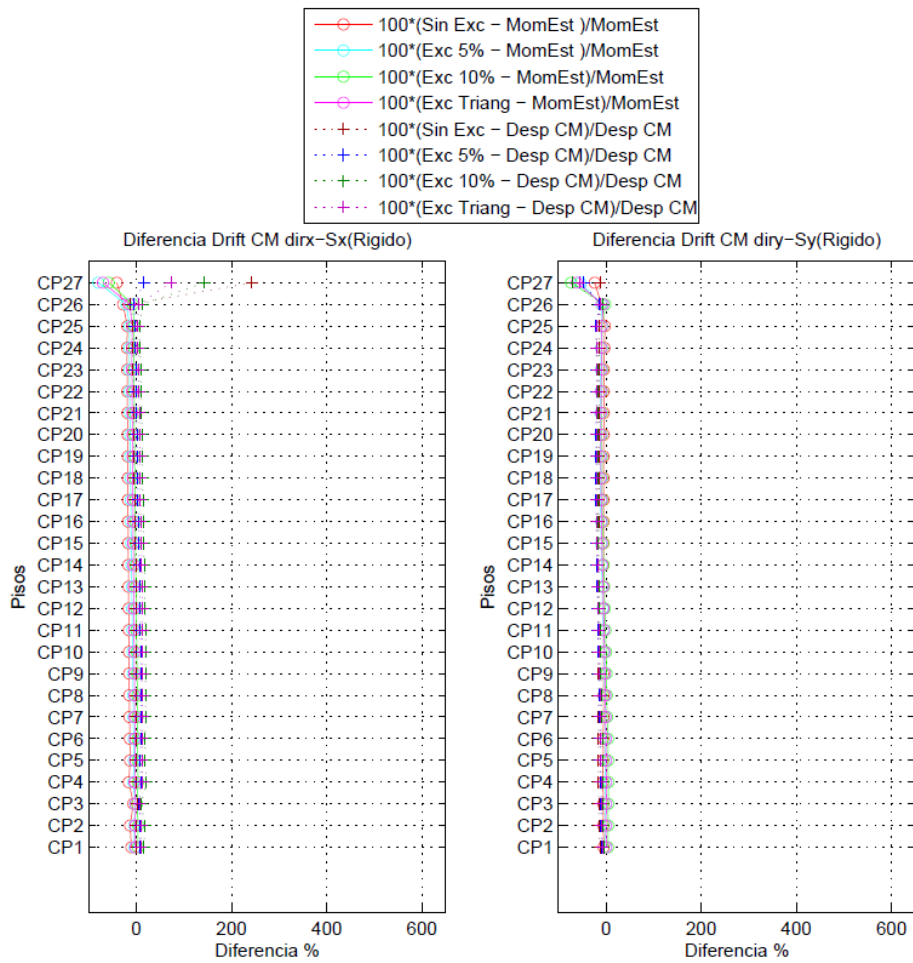


Figura A.33: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. I (Directo, Diaf. Rigido)

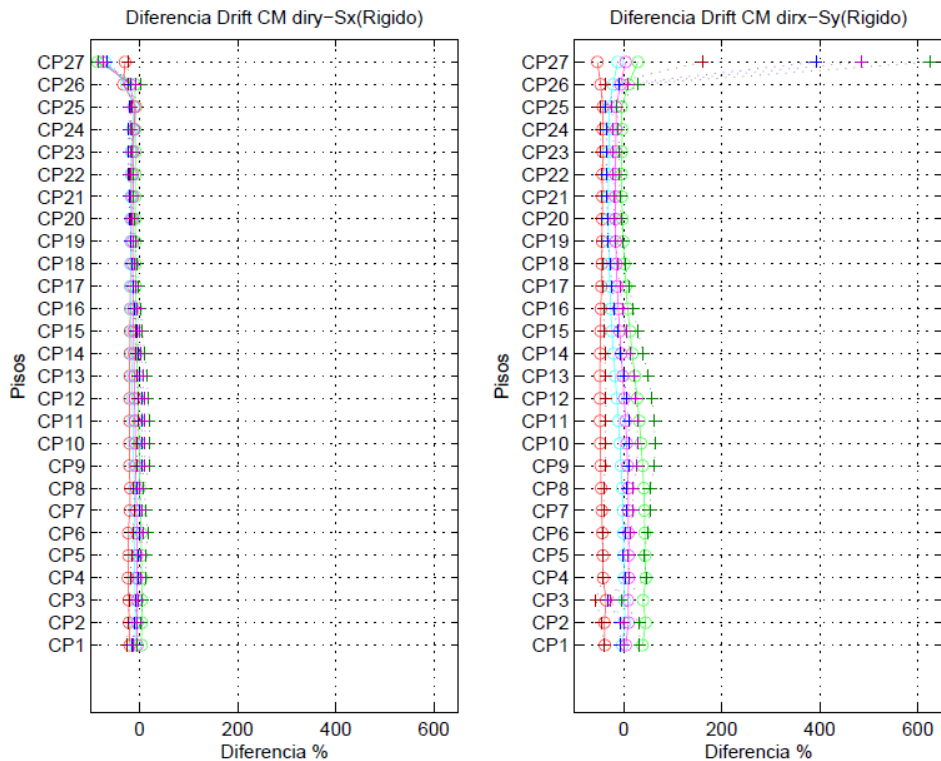


Figura A.34: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. I (Indirecto, Diaf. Rigido)

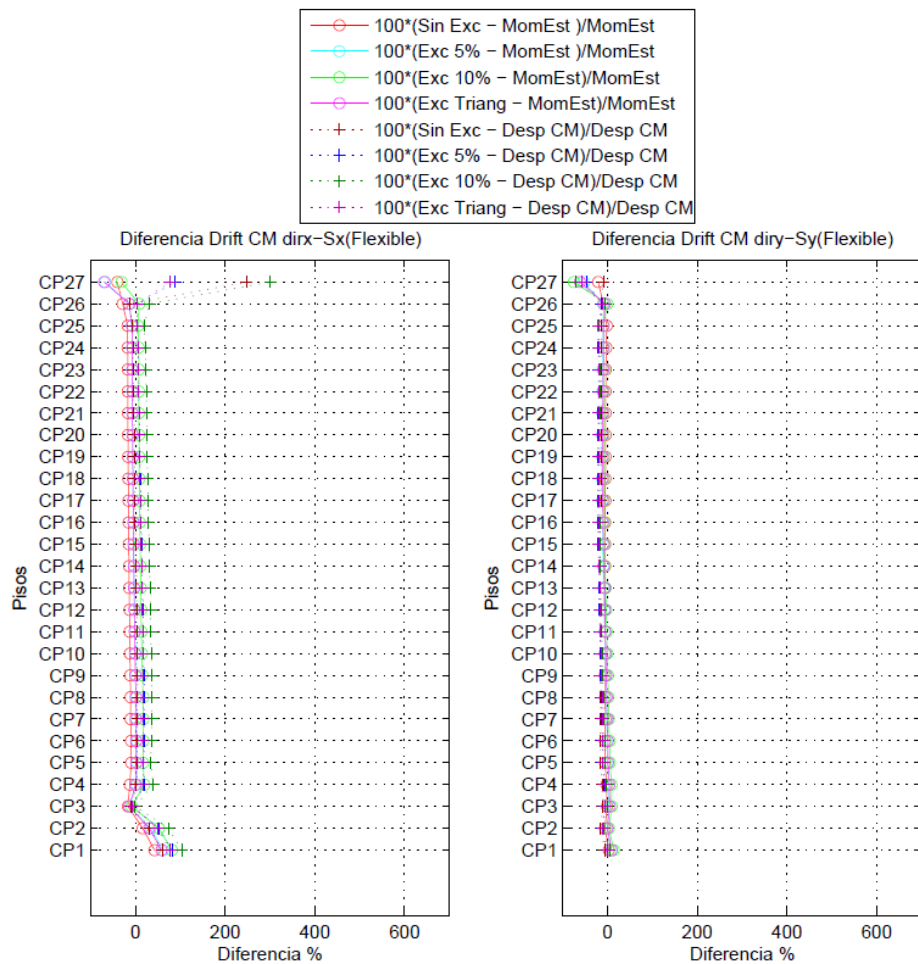


Figura A.35: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. I (Directo, Diaf. Flexible)

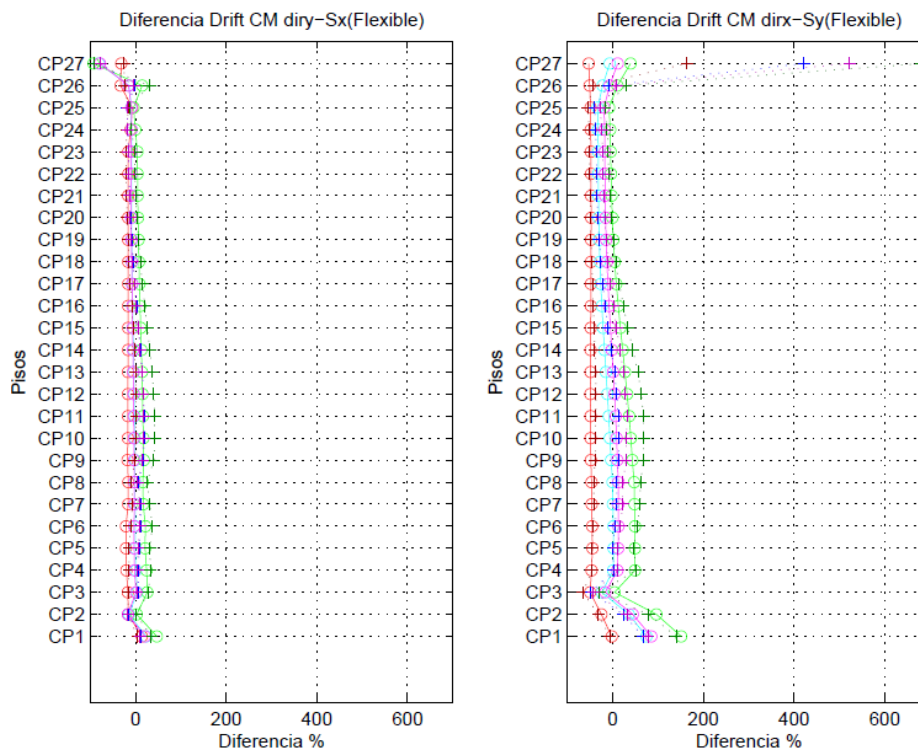
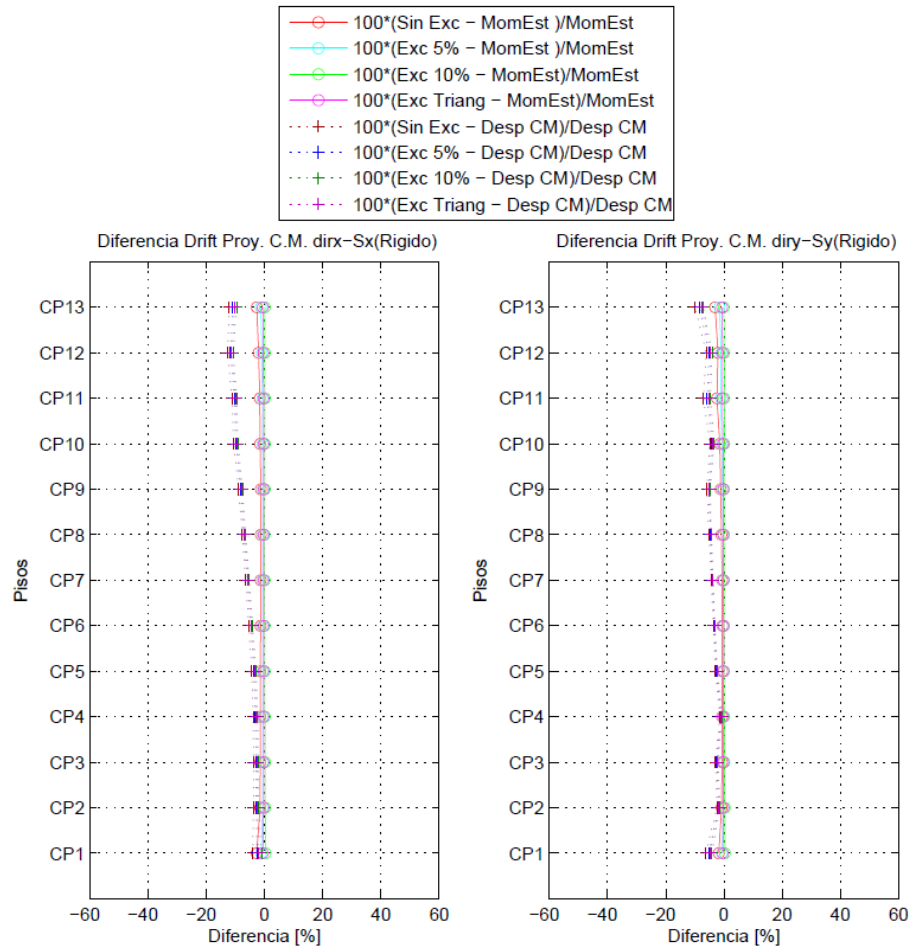
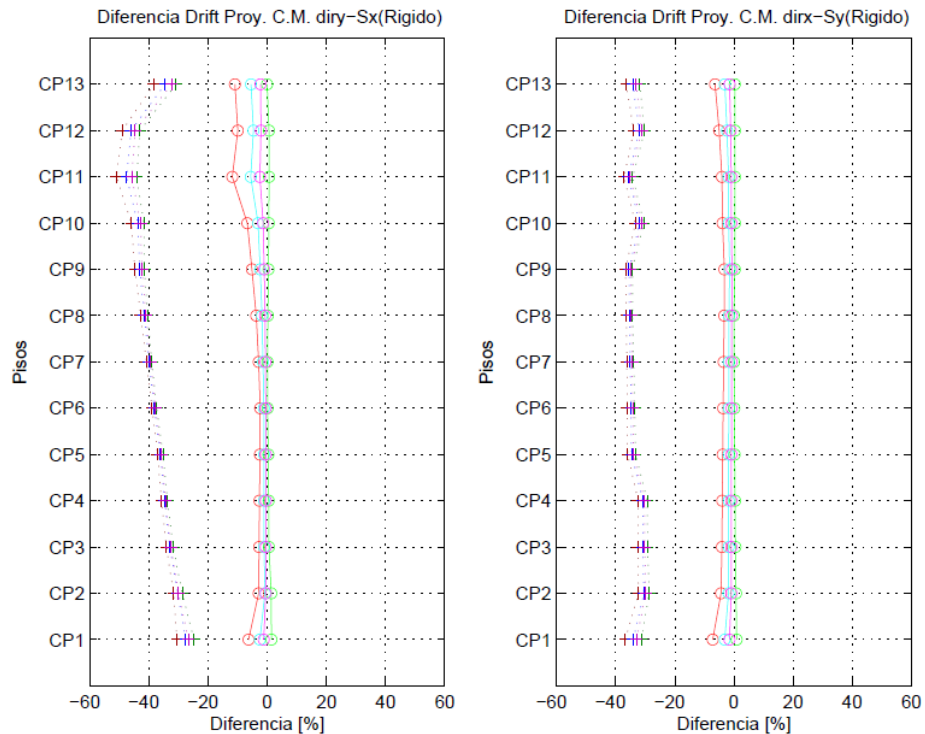


Figura A.36: Diferencia de Drifts de Centro de Masa, Edif. I (Indirecto, Diaf. Flexible)



**Figura A.37: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. A (Directo, Diaf. Rígido)**



**Figura A.38: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. A (Indirecto, Diaf. Rígido)**

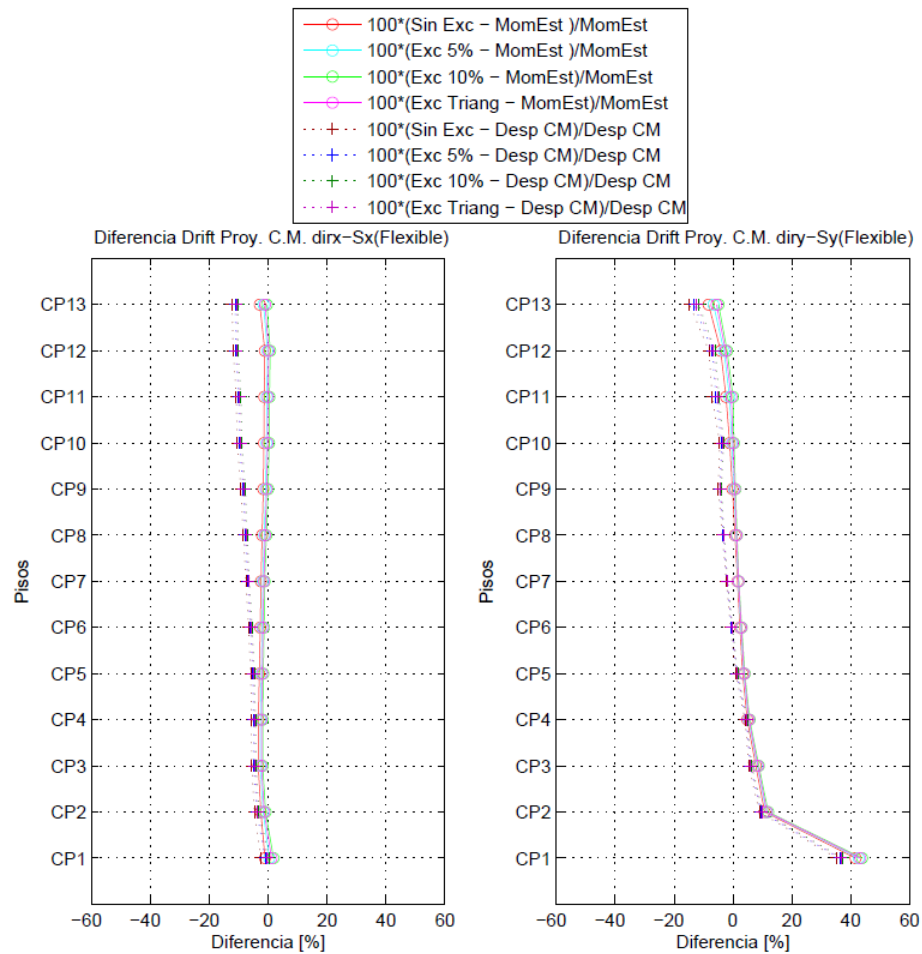


Figura A.39: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. A (Directo, Diaf. Flexible)

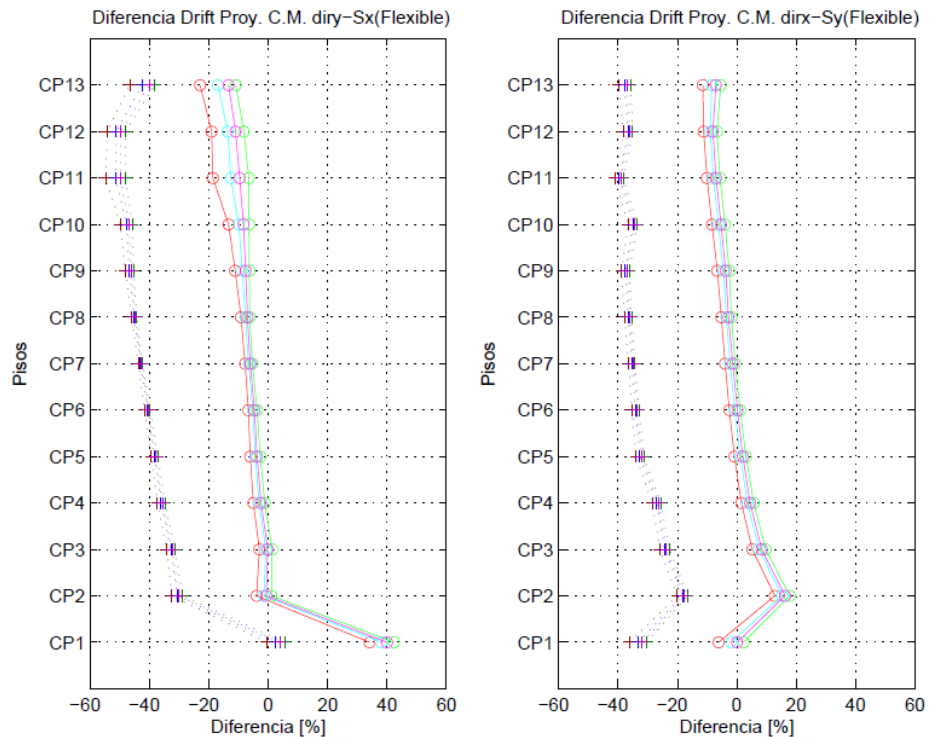
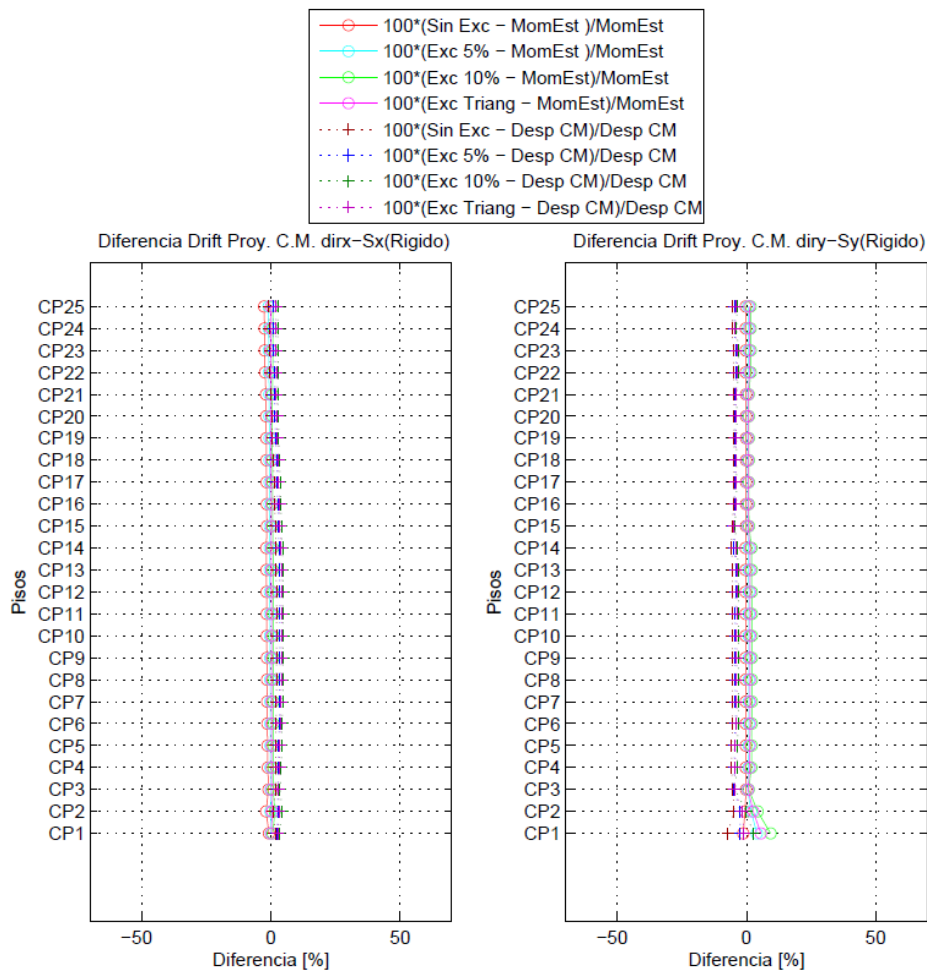
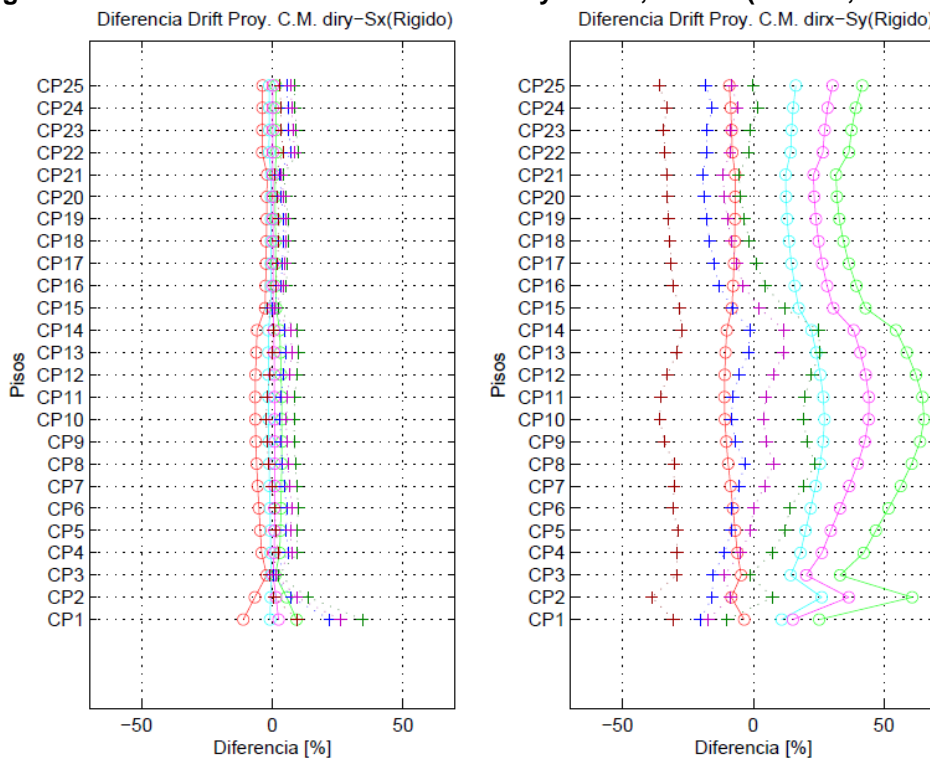


Figura A.40: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. A (Indirecto, Diaf. Flexible)



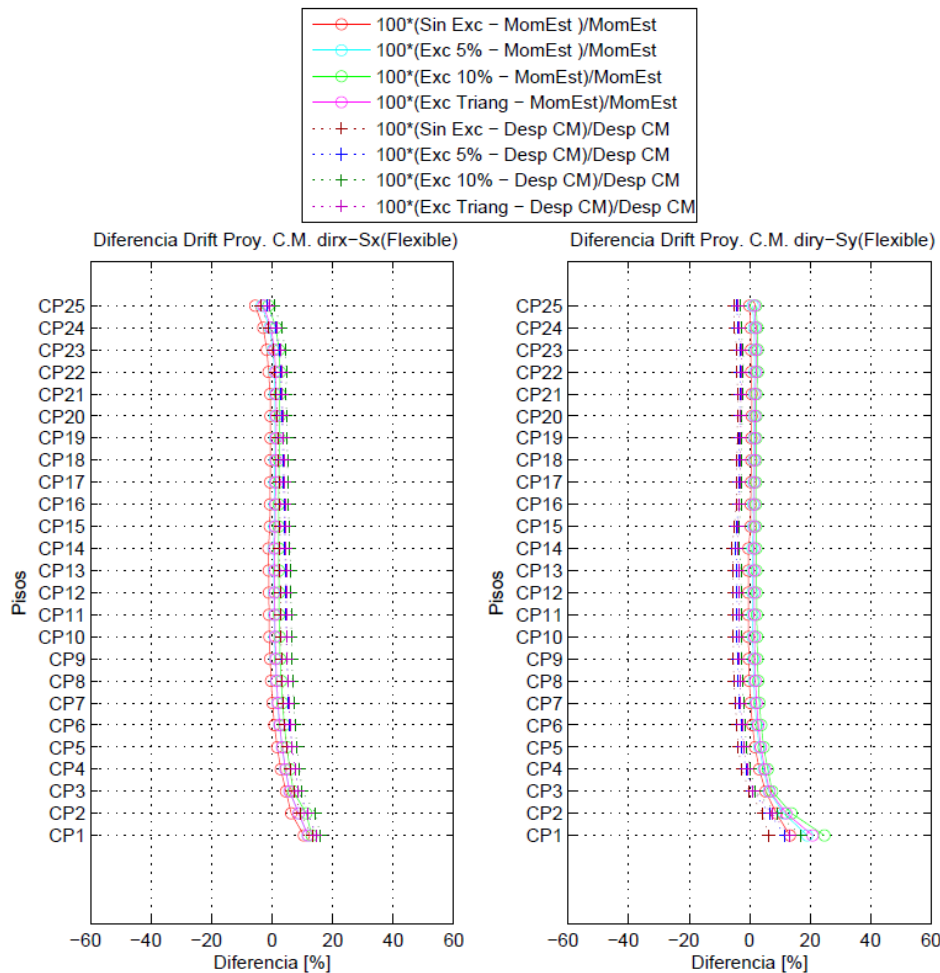


**Figura A.41: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. B (Directo, Diaf. Rigido)**

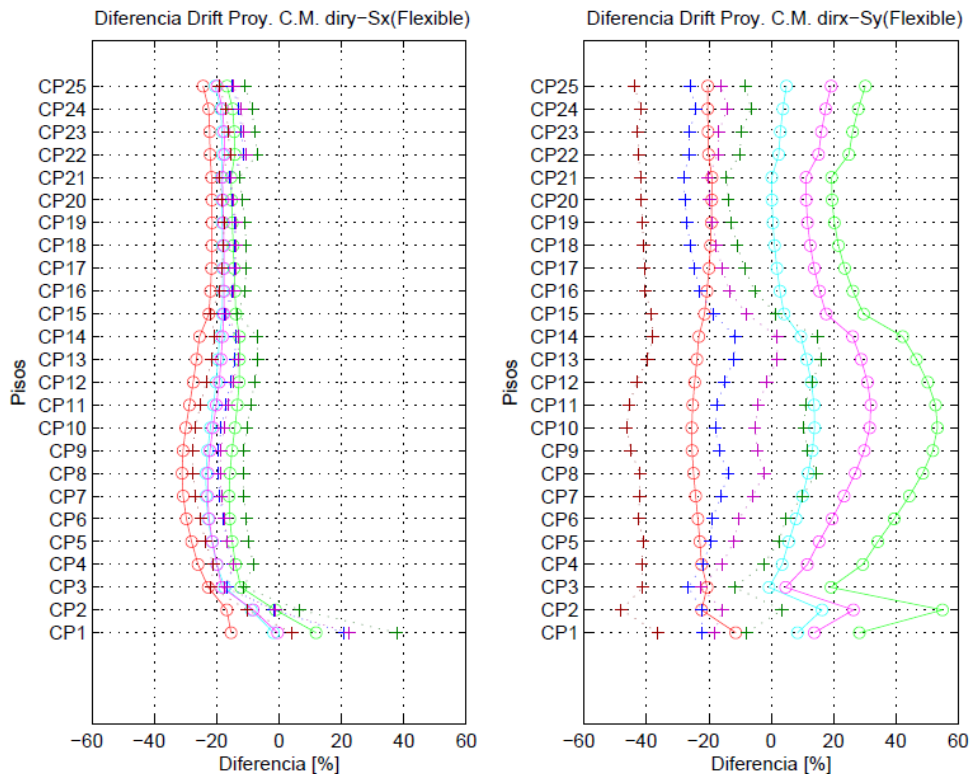


**Figura A.42: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. B (Indirecto, Diaf. Rigido)**





**Figura A.43: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. B (Directo, Diaf. Flexible)**



**Figura A.44: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. B (Indirecto, Diaf. Flexible)**

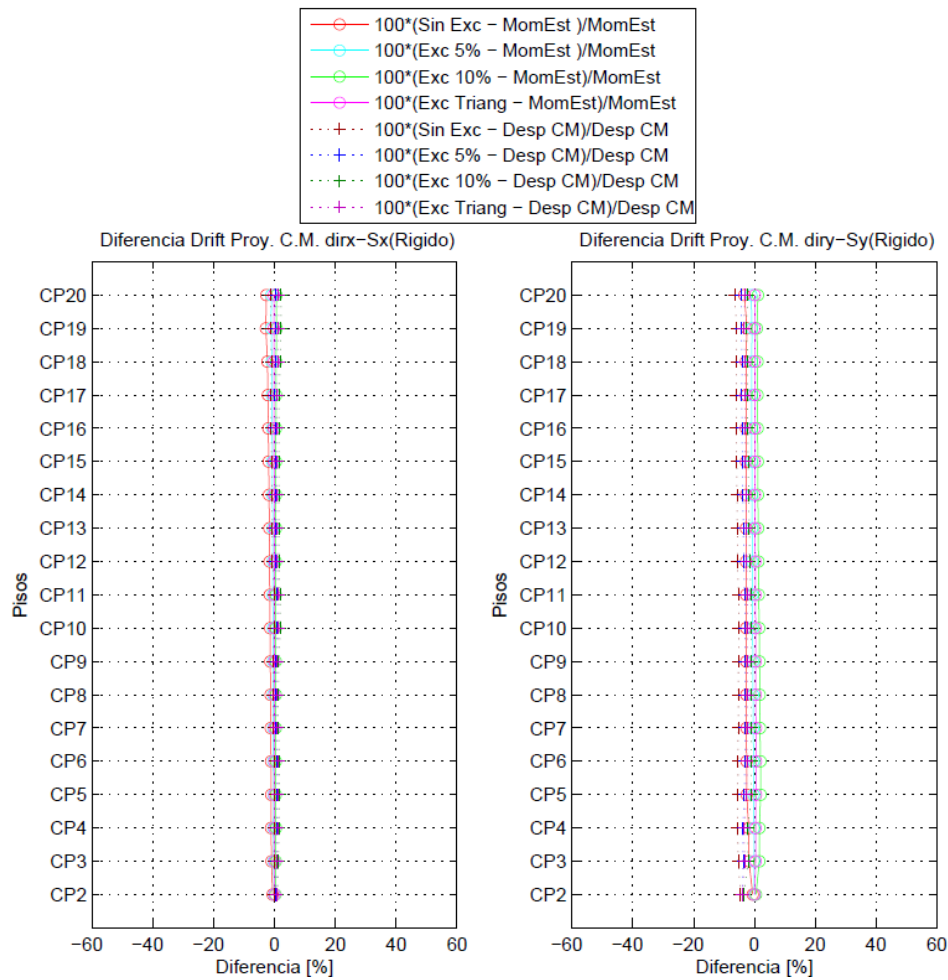


Figura A.45: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectado, Edif. C (Directo, Diaf. Rigido)

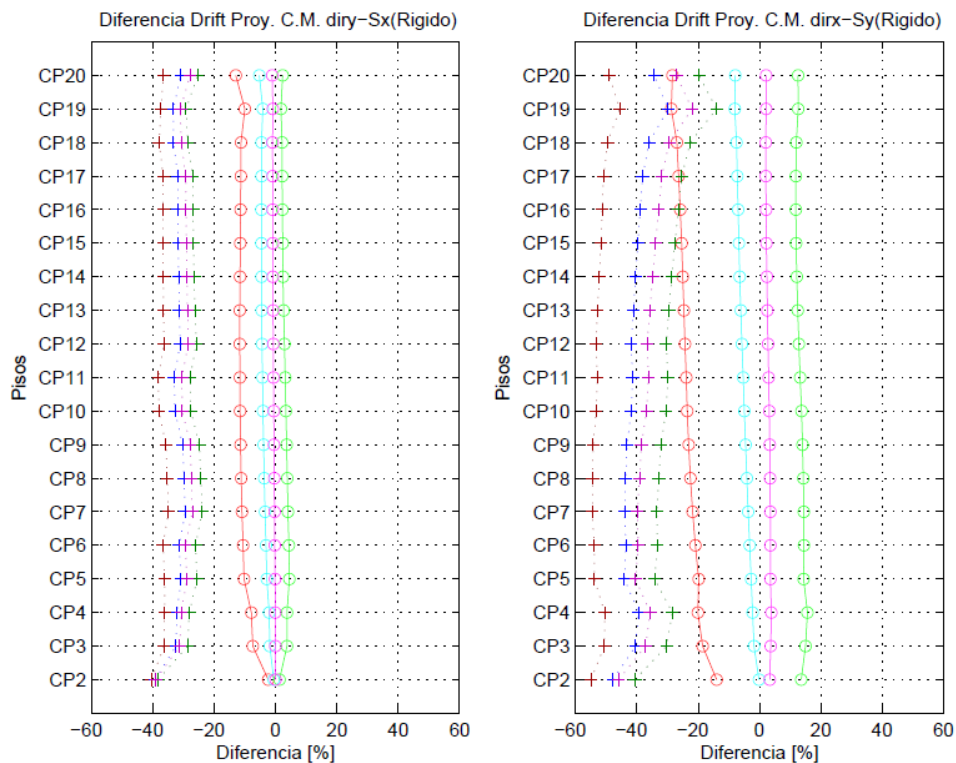
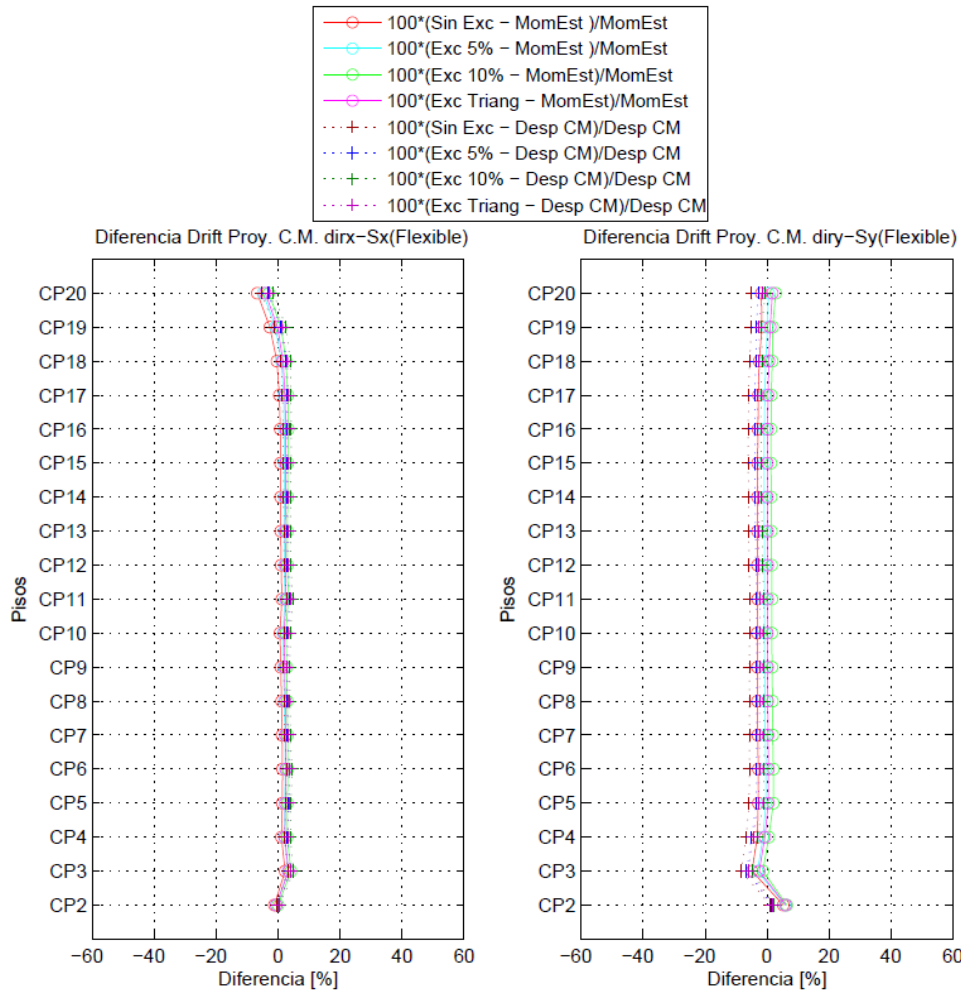
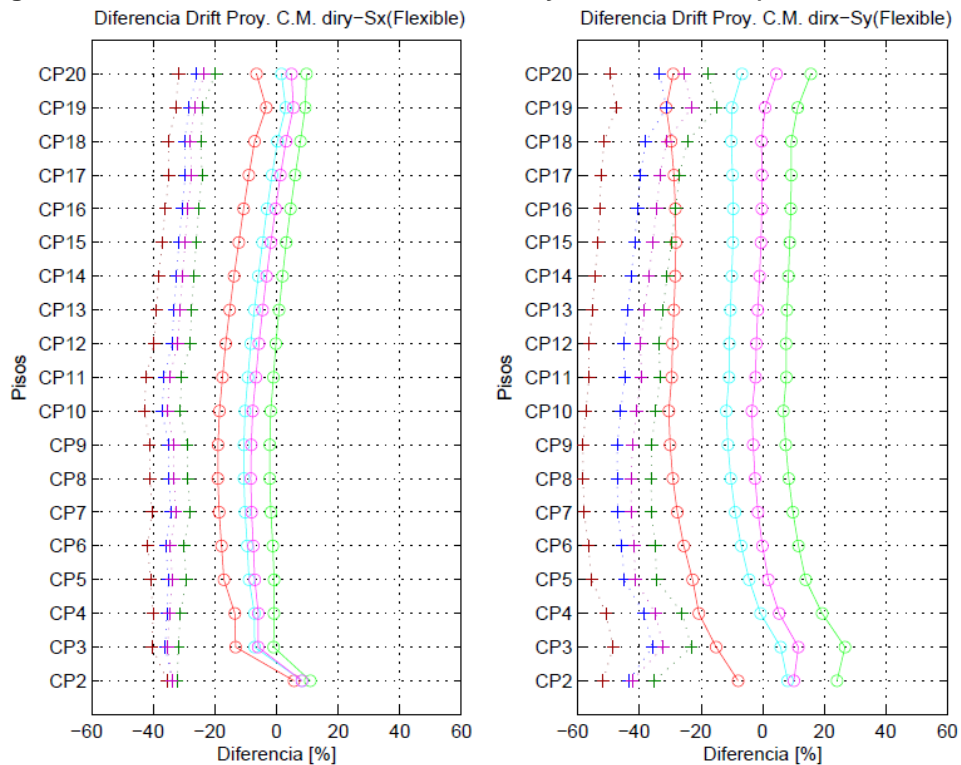


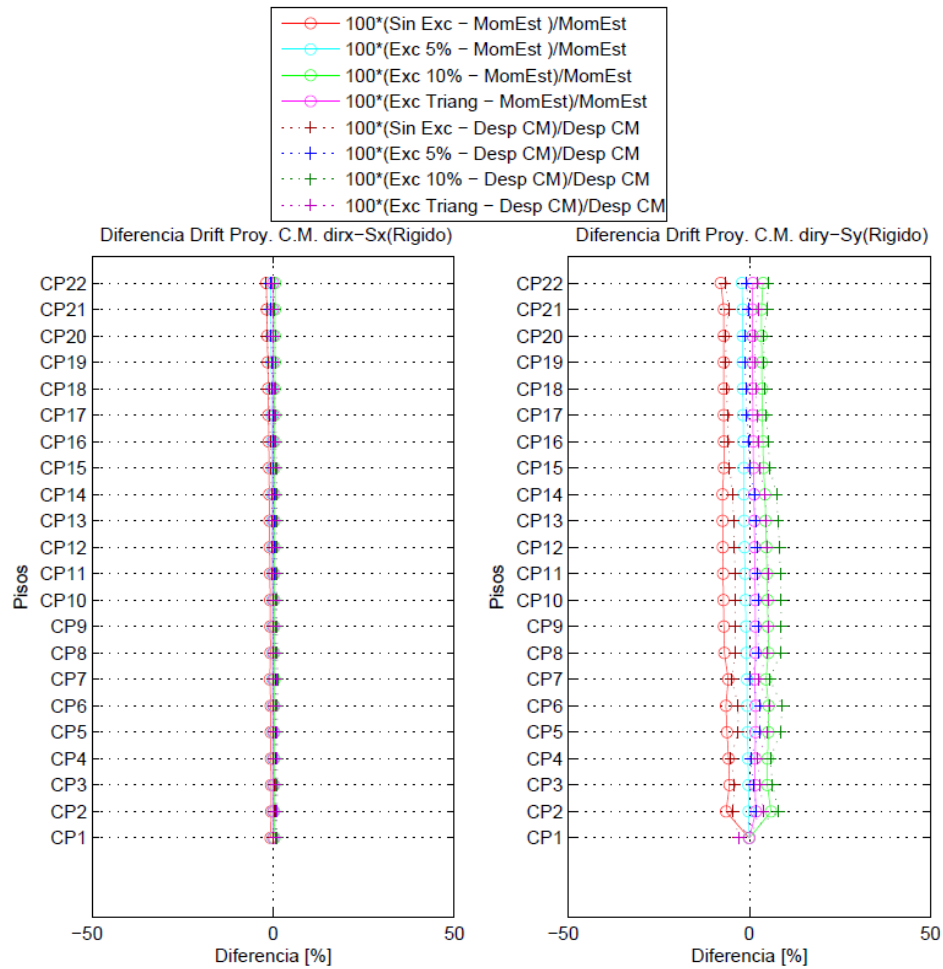
Figura A.46: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectado, Edif. C (Indirecto, Diaf. Rigido)



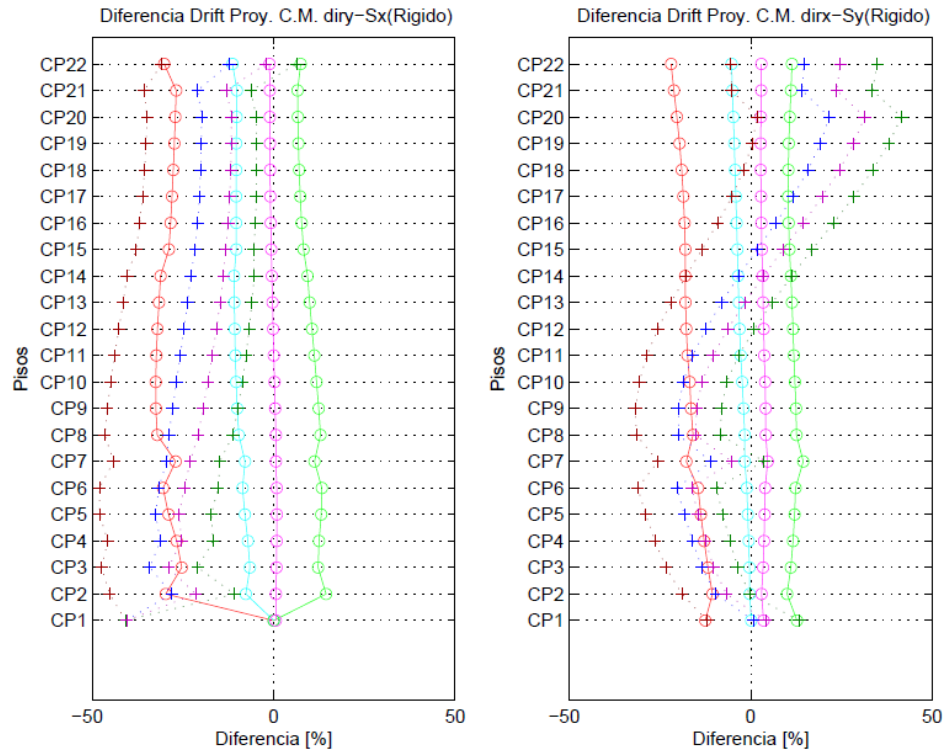
**Figura A.47: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. C (Directo, Diaf. Flexible)**



**Figura A.48: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. C (Indirecto, Diaf. Flexible)**



**Figura A.49: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. D (Directo, Diaf. Rigido)**



**Figura A.50: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. D (indirecto, Diaf. Rigido)**

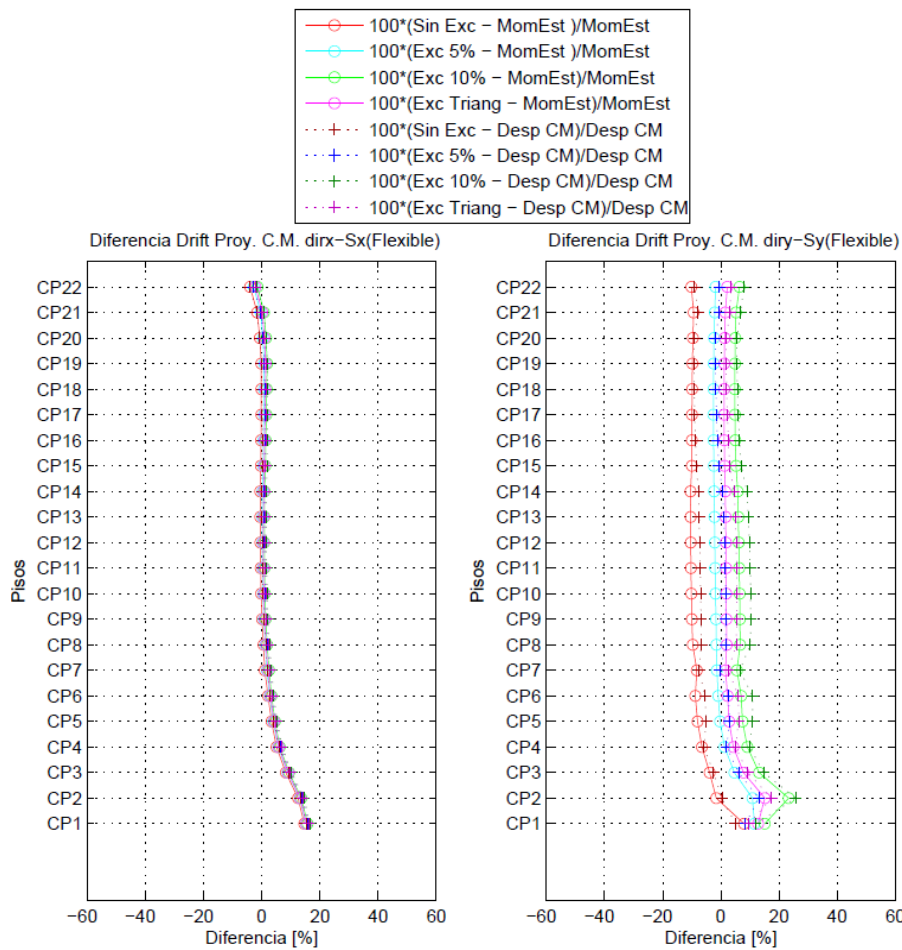


Figura A.51: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. D (Directo, Diaf. Flexible)

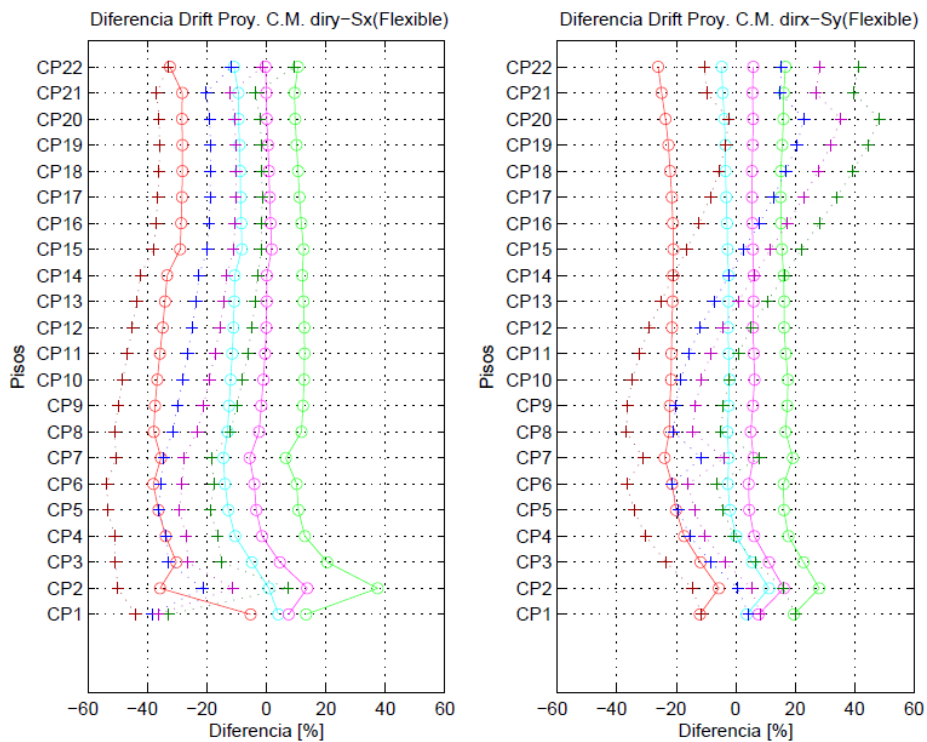
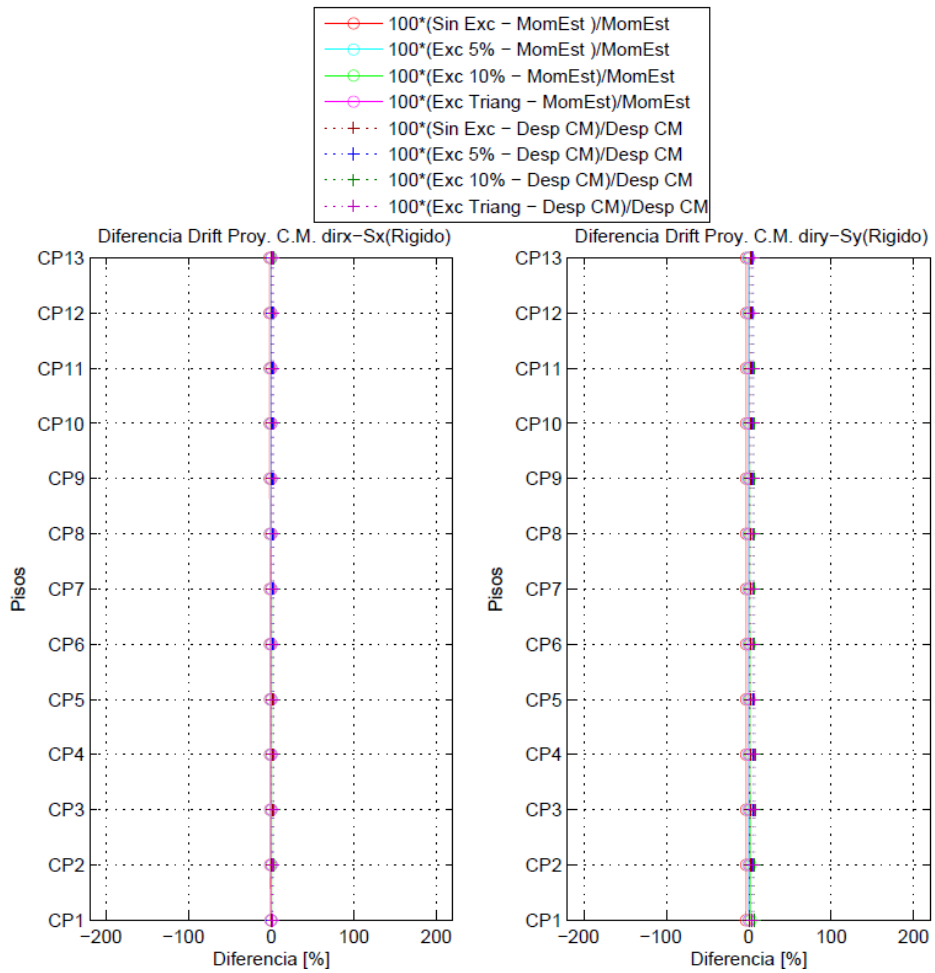
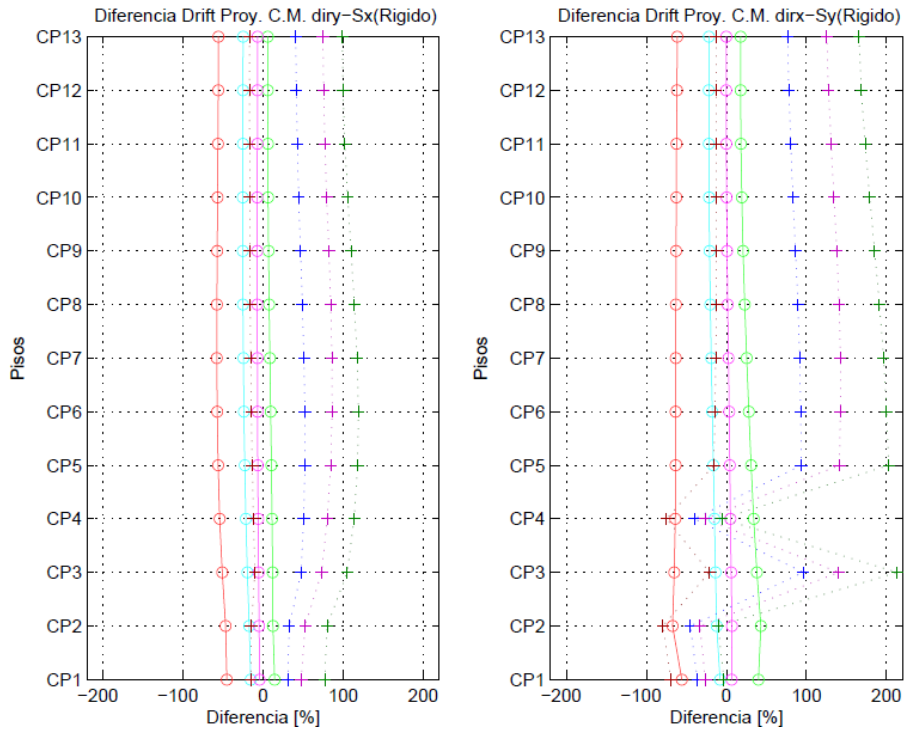


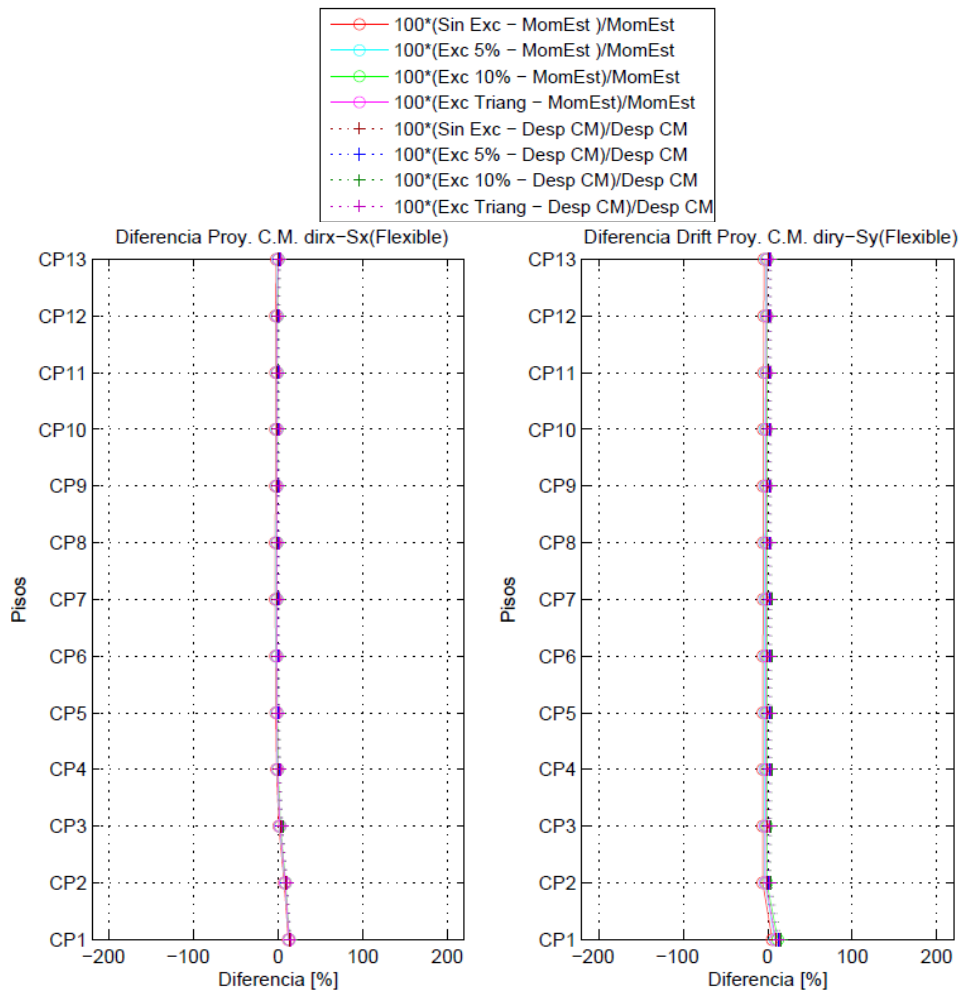
Figura A.52: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. D (Indirecto, Diaf. Flexible)



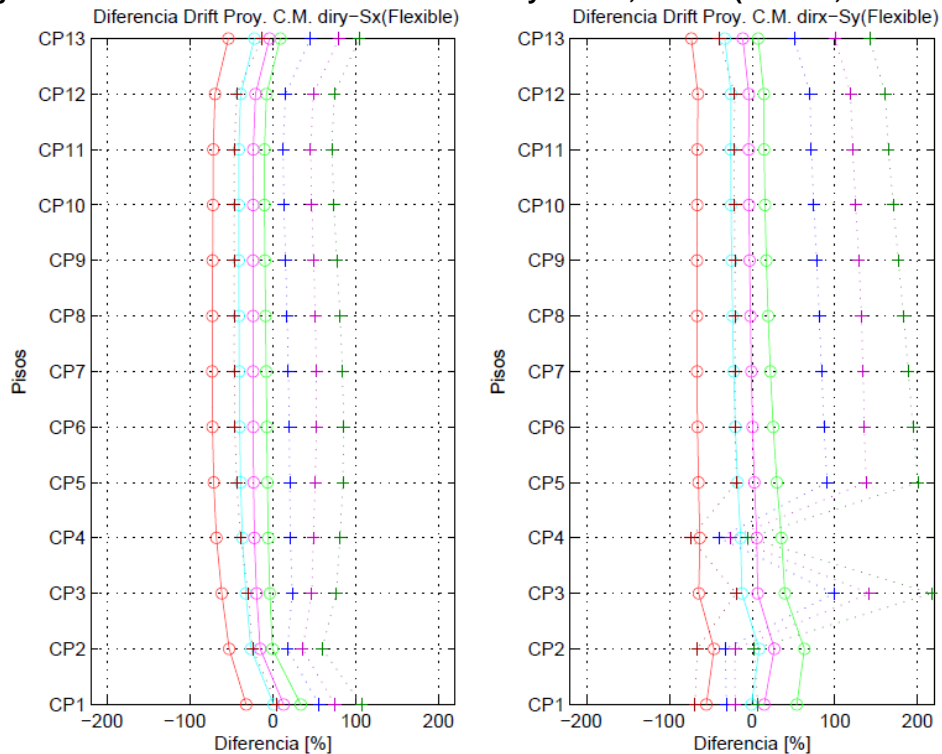
**Figura A.53: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. E (Directo, Diaf. Rigido)**



**Figura A.54: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. E (indirecto, Diaf. Rigido)**

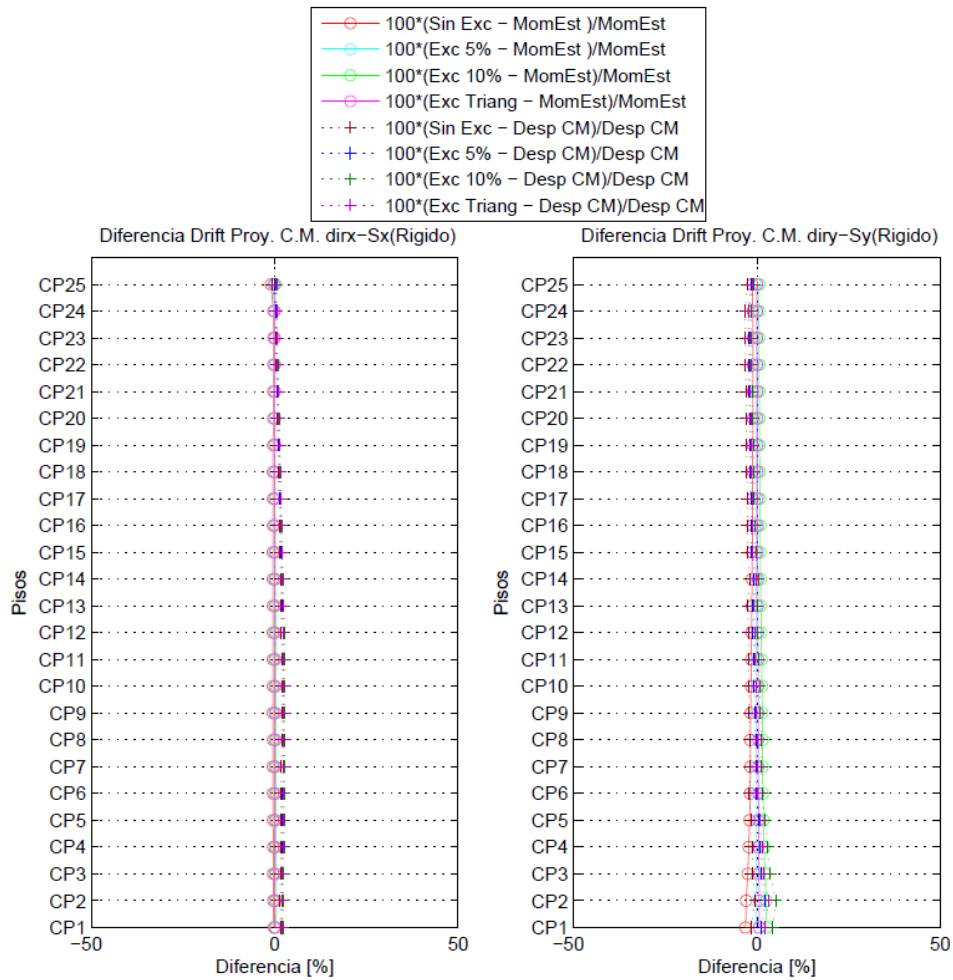


**Figura A.55: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. E (Directo, Diaf. Flexible)**

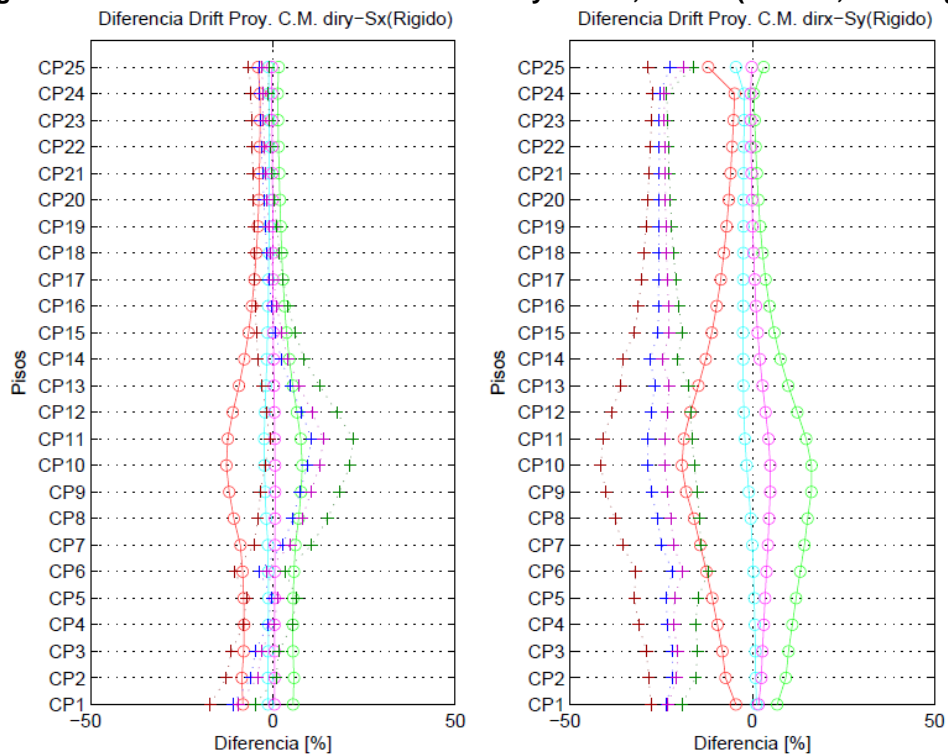


**Figura A.56: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. E (Indirecto, Diaf. Flexible)**





**Figura A.57: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. F (Directo, Diaf. Rigido)**



**Figura A.58: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. F (indirecto, Diaf. Rigido).**



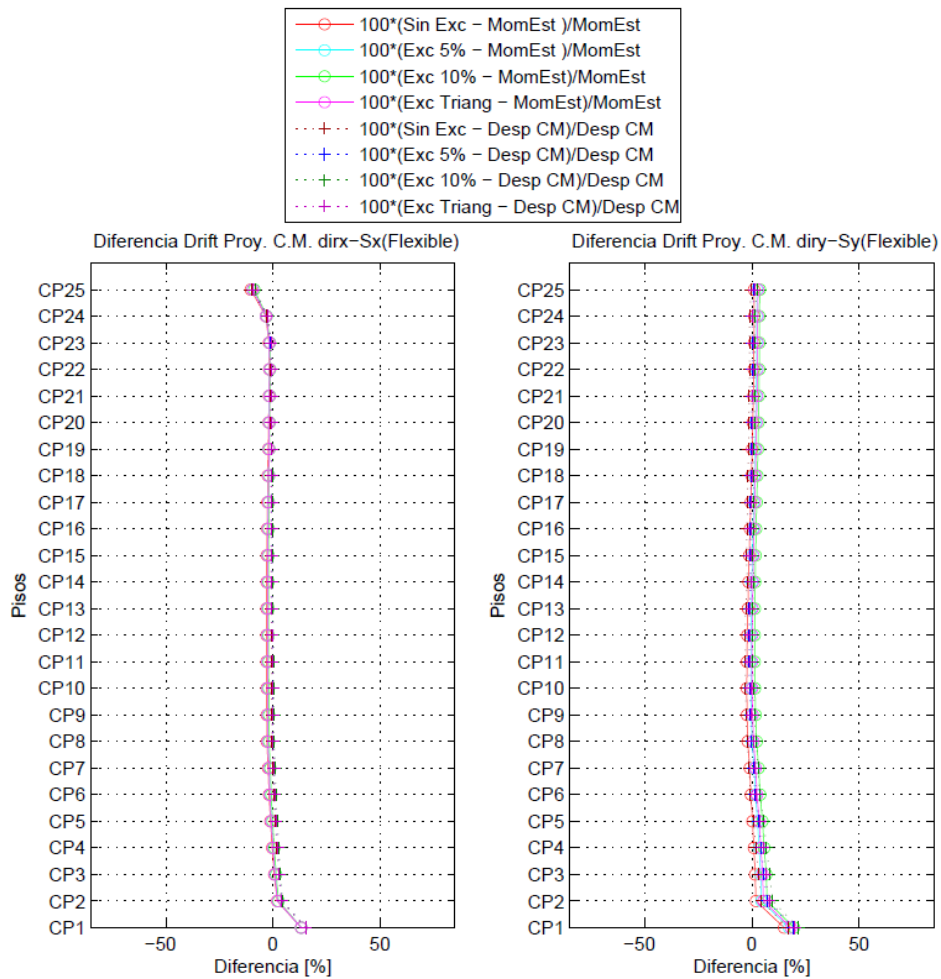


Figura A.59: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. F (Directo, Diaf. Flexible)

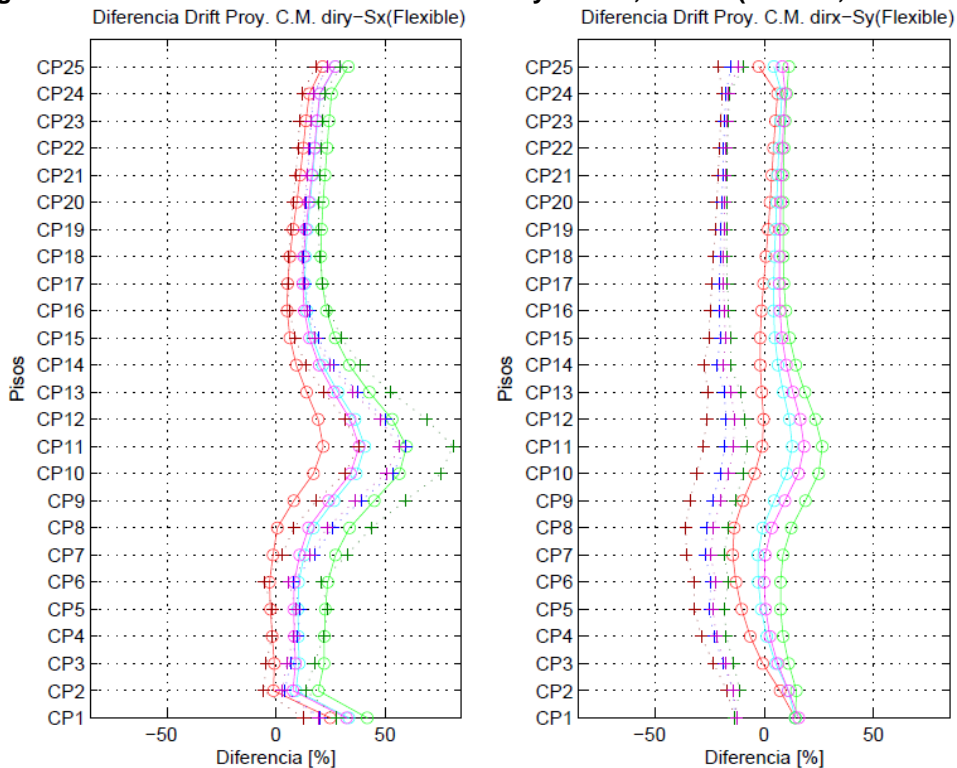
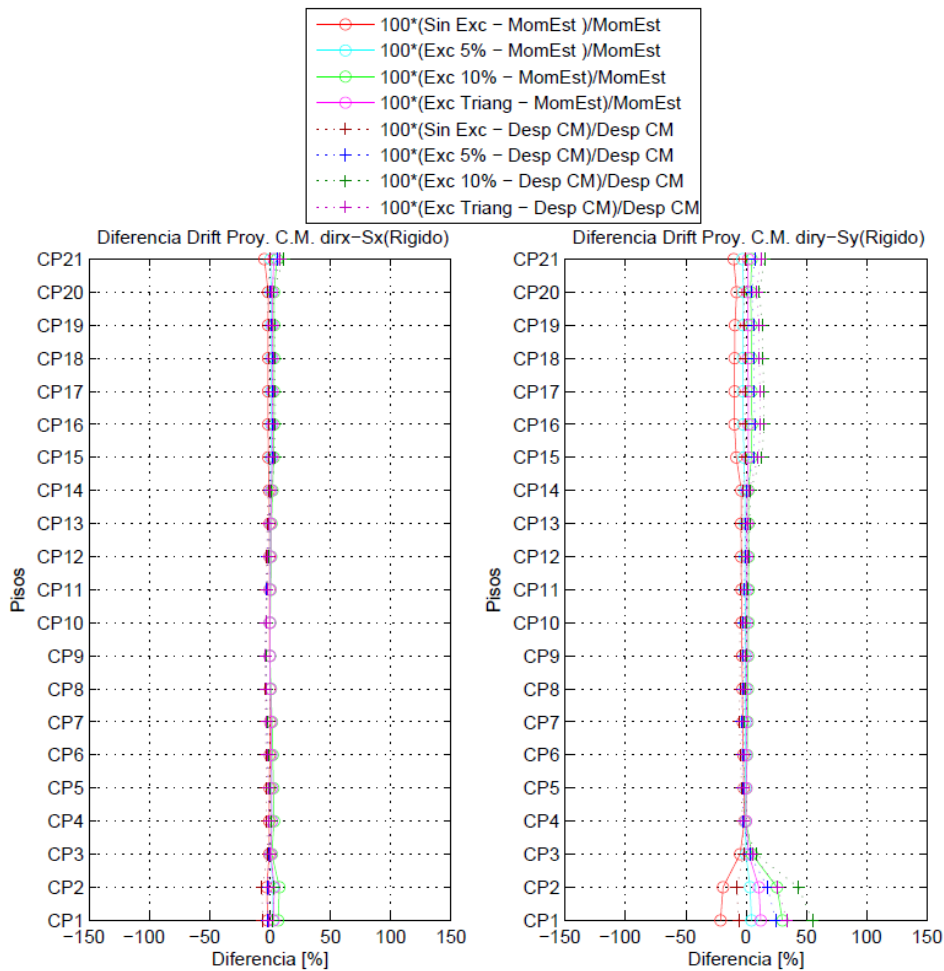
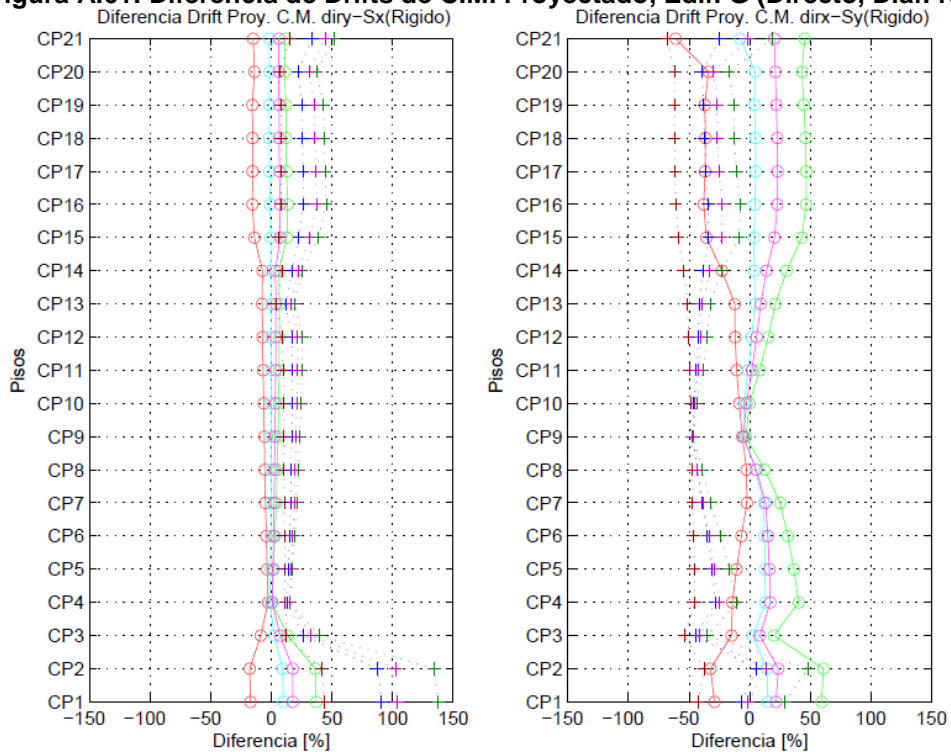


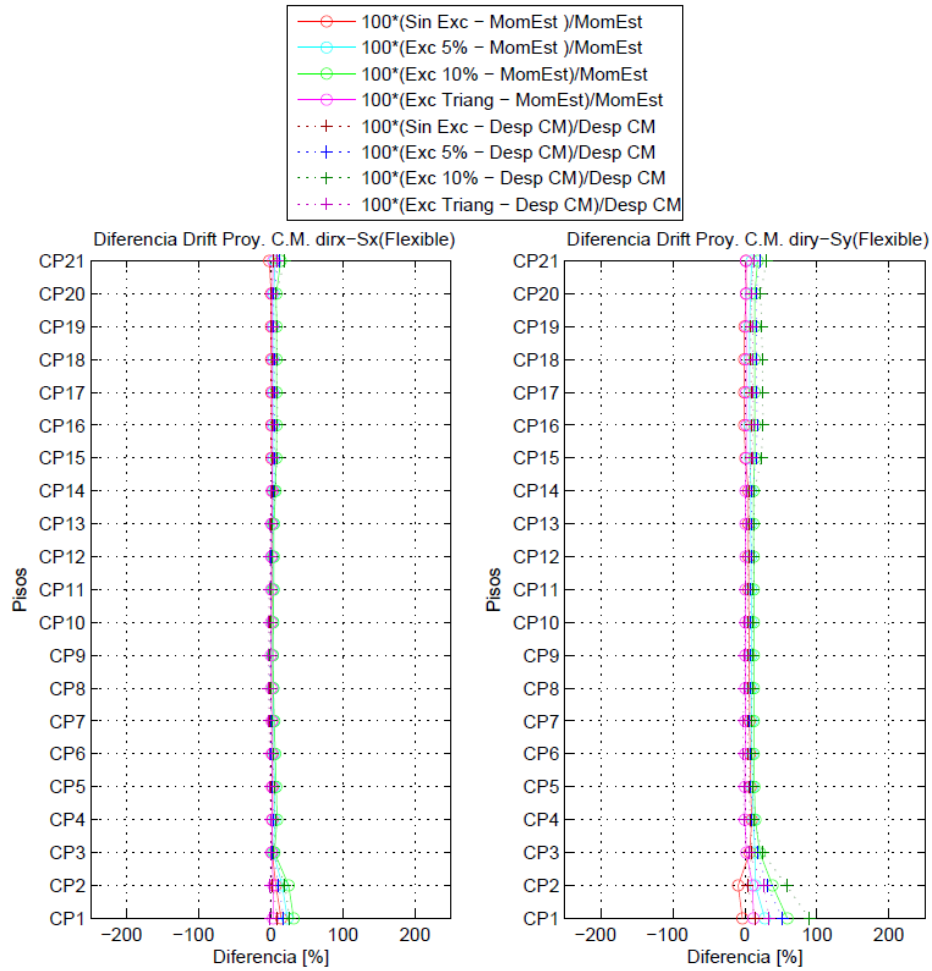
Figura A.60: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. F (Indirecto, Diaf. Flexible)



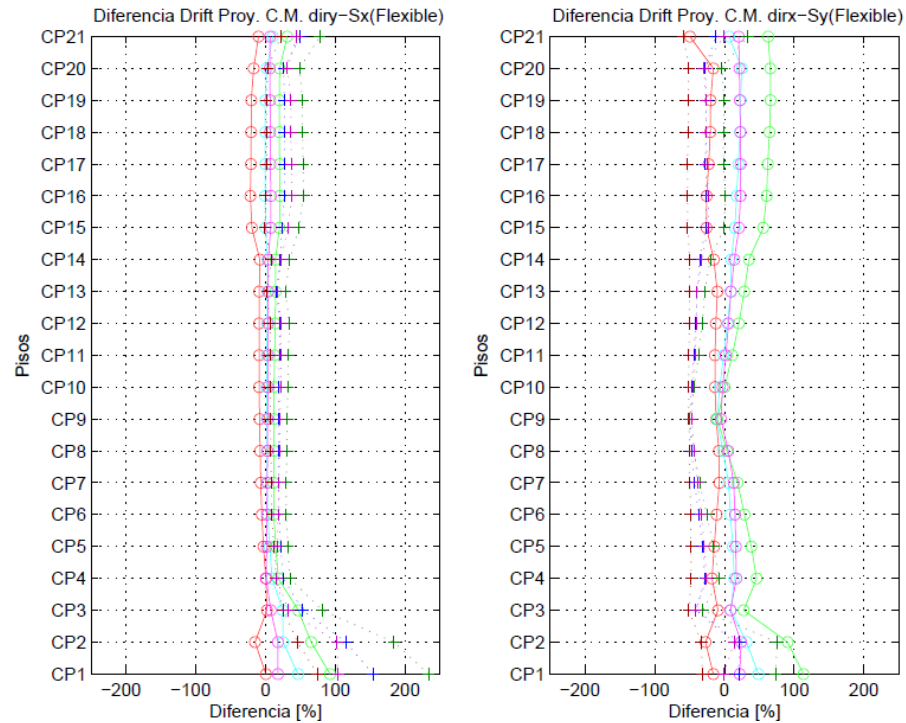
**Figura A.61: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. G (Directo, Diaf. Rigido)**



**Figura A.62: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. G (indirecto, Diaf. Rigido)**



**Figura A.63: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. G (Directo, Diaf. Flexible)**



**Figura A.64: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. G (Indirecto, Diaf. Flexible)**

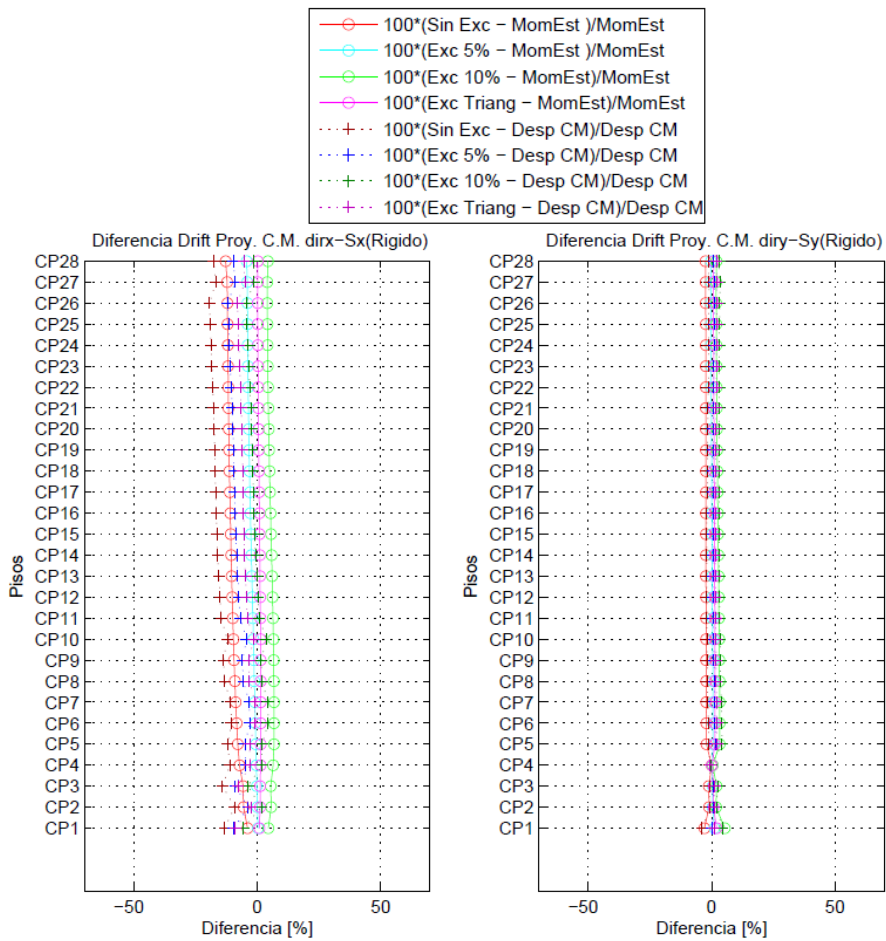


Figura A.65: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. H (Directo, Diaf. Rigido)

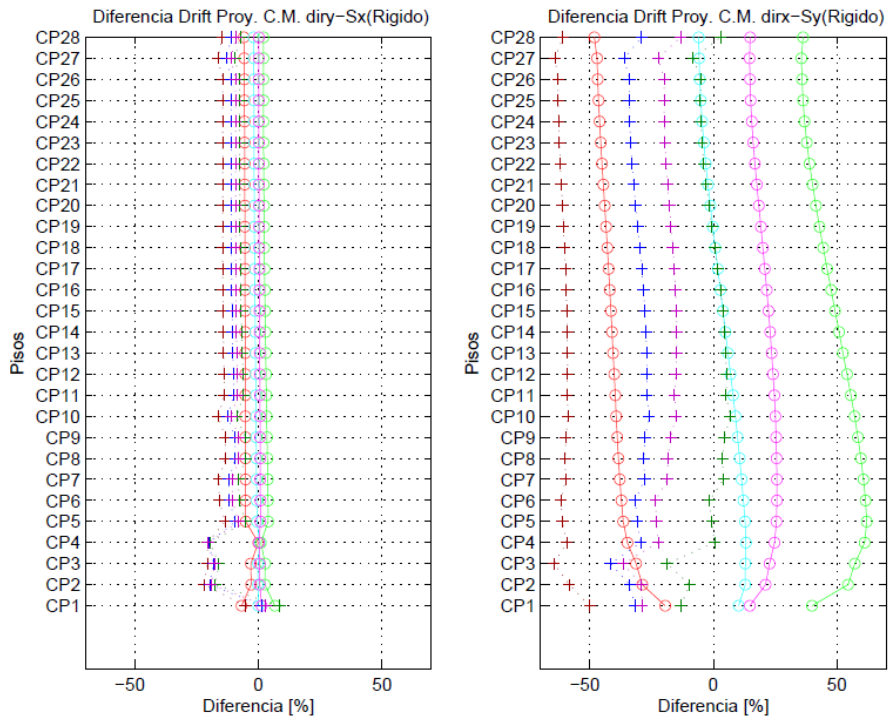
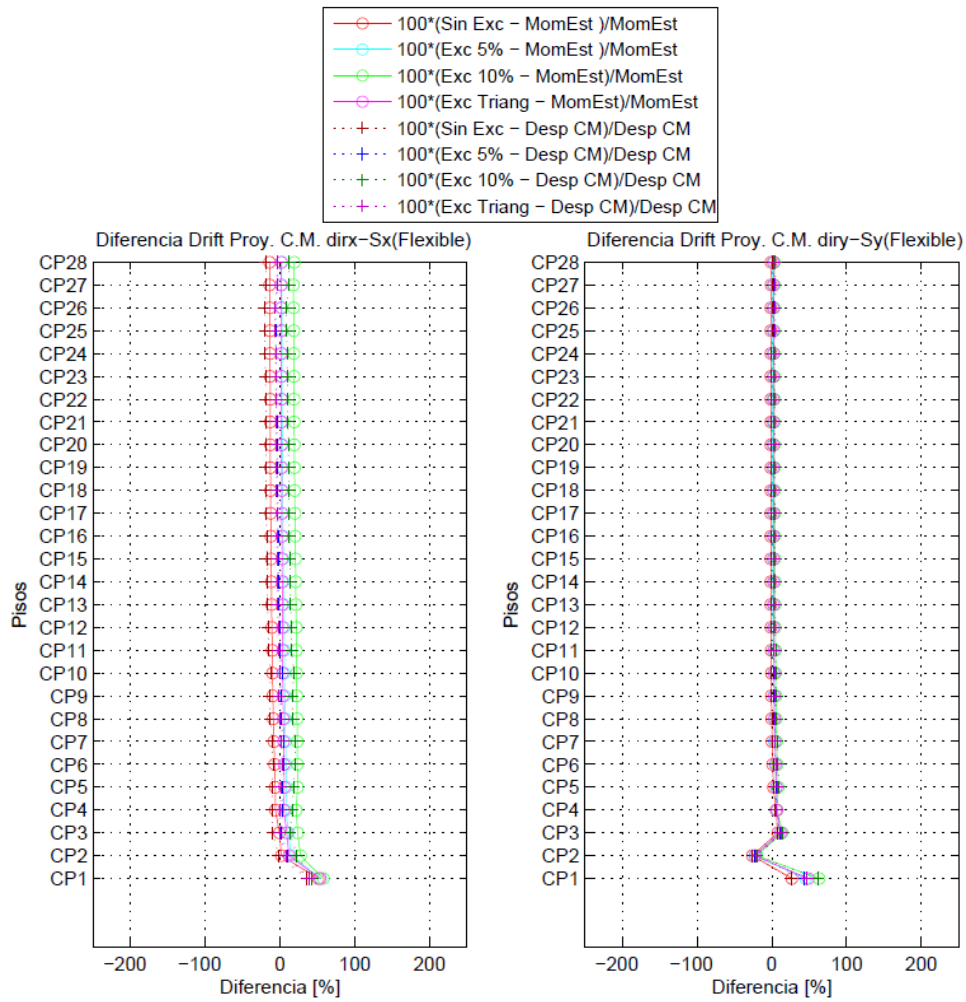
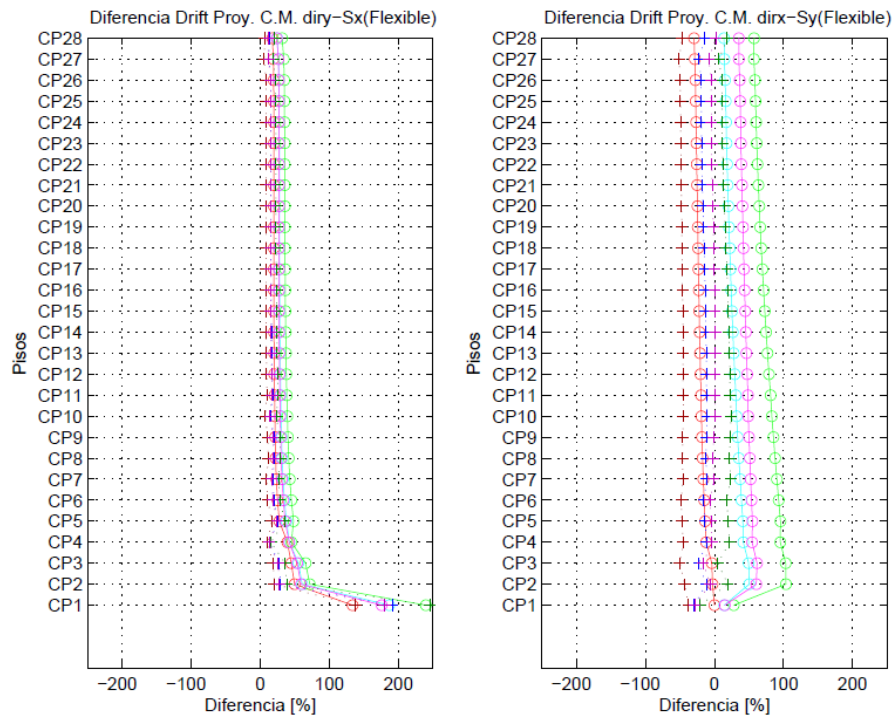


Figura A.66: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. H (Indirecto, Diaf. Rigido)



**Figura A.67: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. H (Directo, Diaf. Flexible)**



**Figura A.68: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectoado, Edif. H (Indirecto, Diaf. Flexible)**

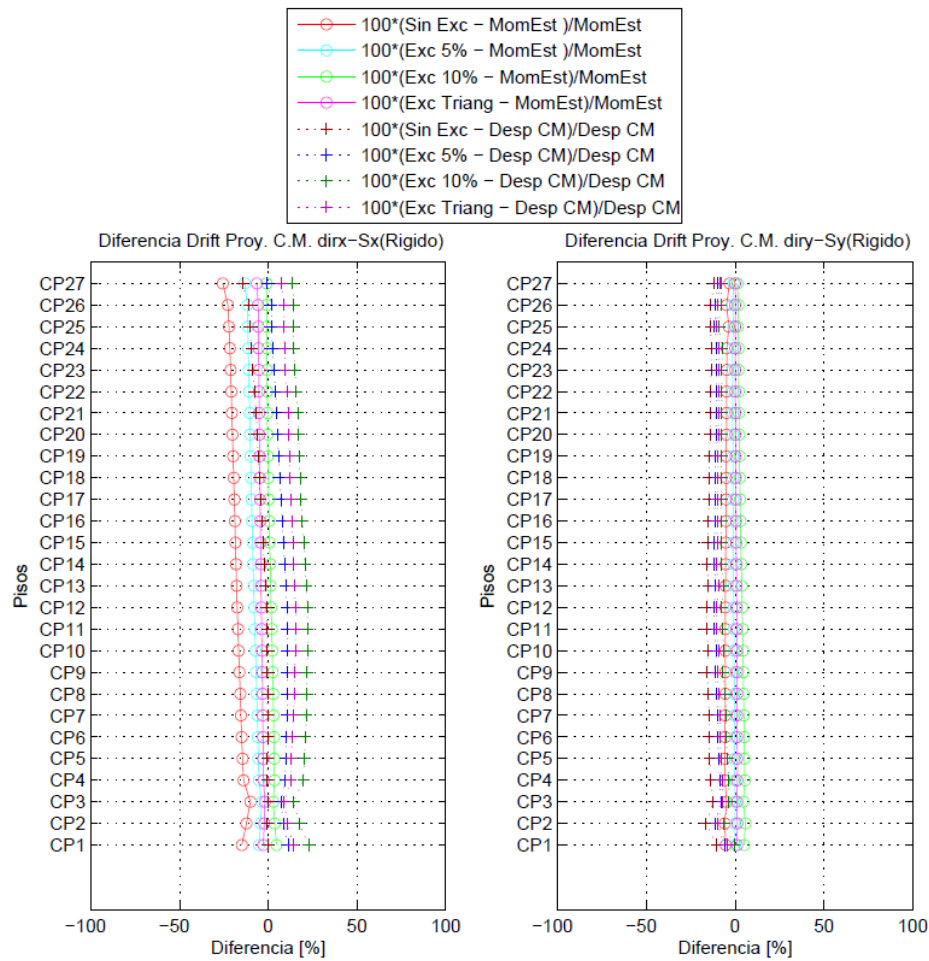


Figura A.69: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. I (Directo, Diaf. Rigido)

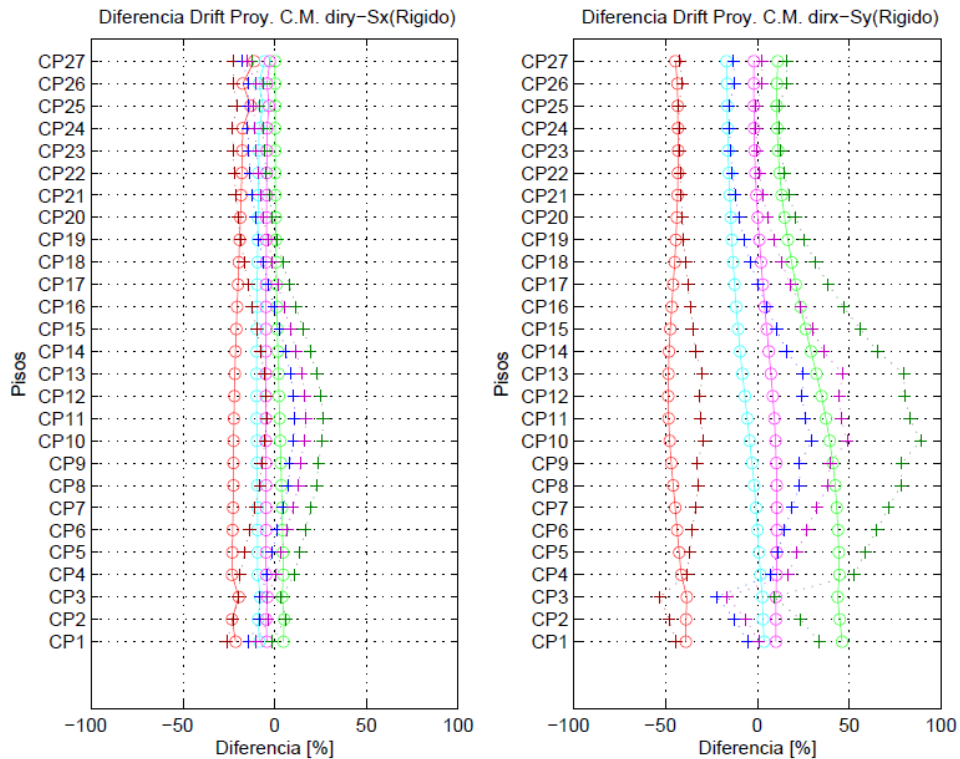


Figura A.70: Diferencia de Drifts de C.M. Proyecto, Edif. I (Indirecto, Diaf. Rigido)



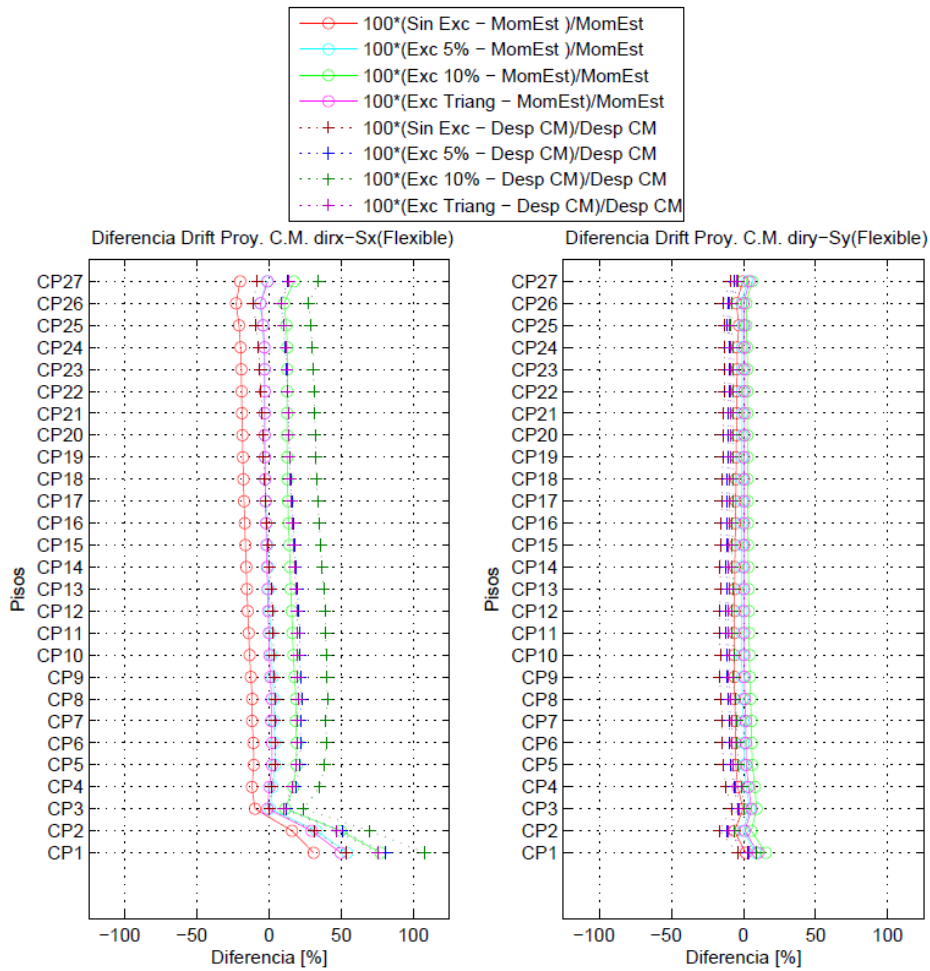


Figura A.71: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectado, Edif. I (Directo, Diaf. Flexible)

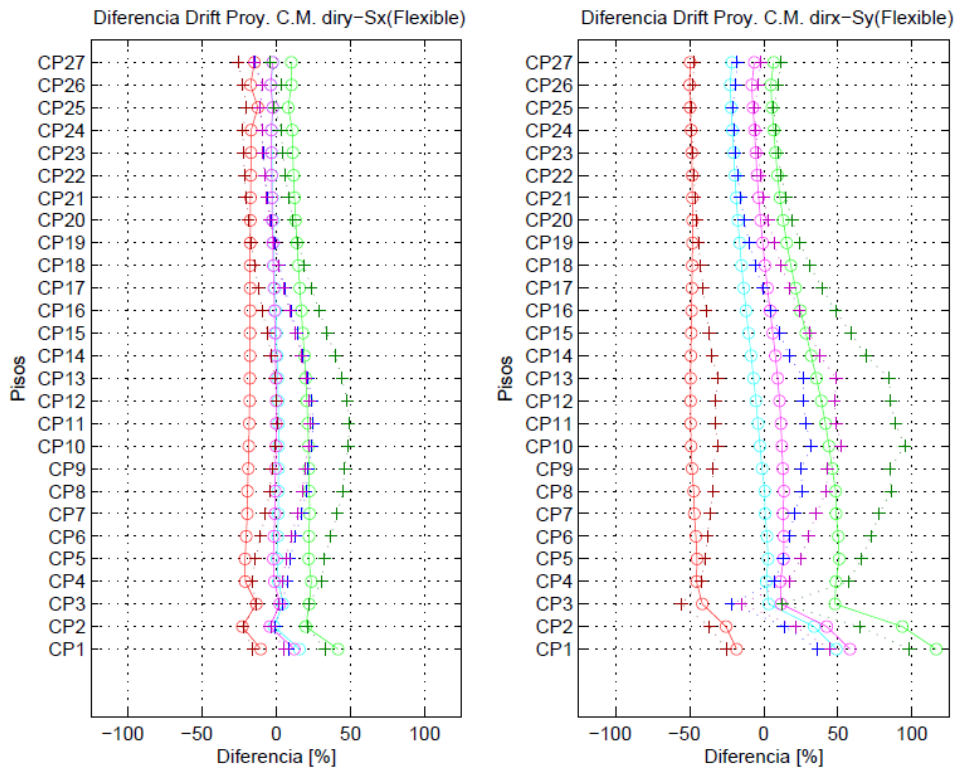
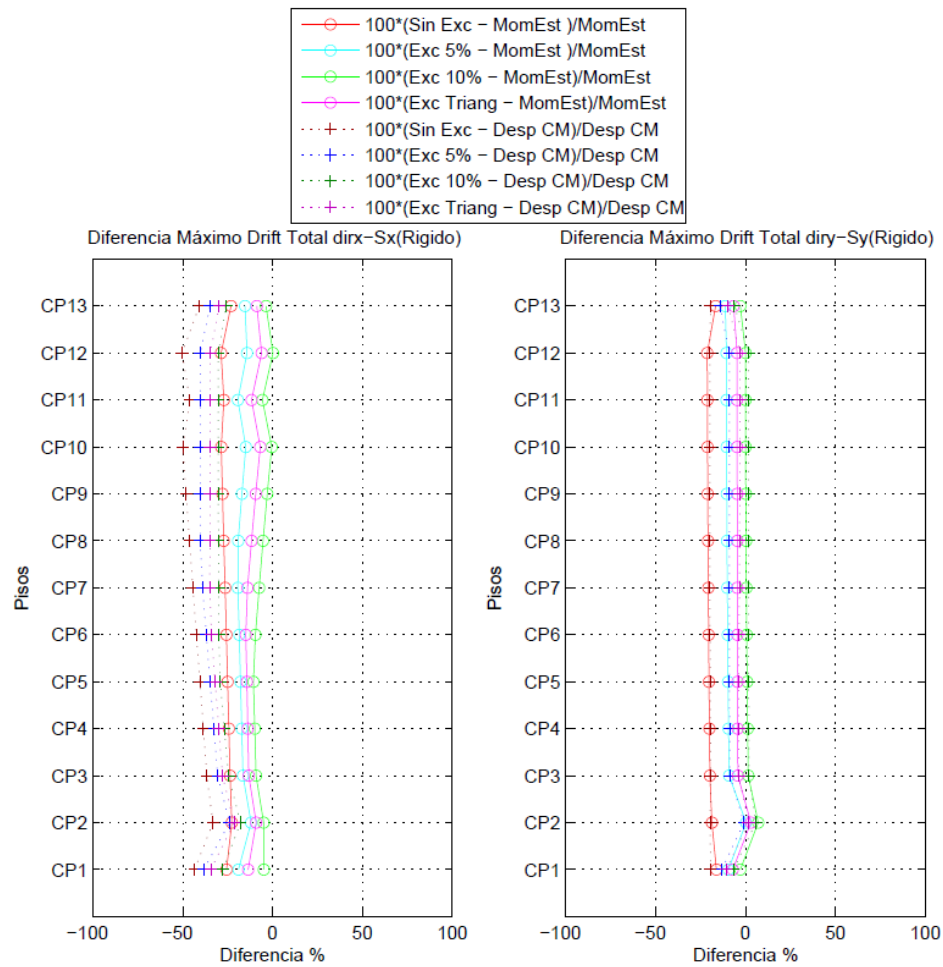
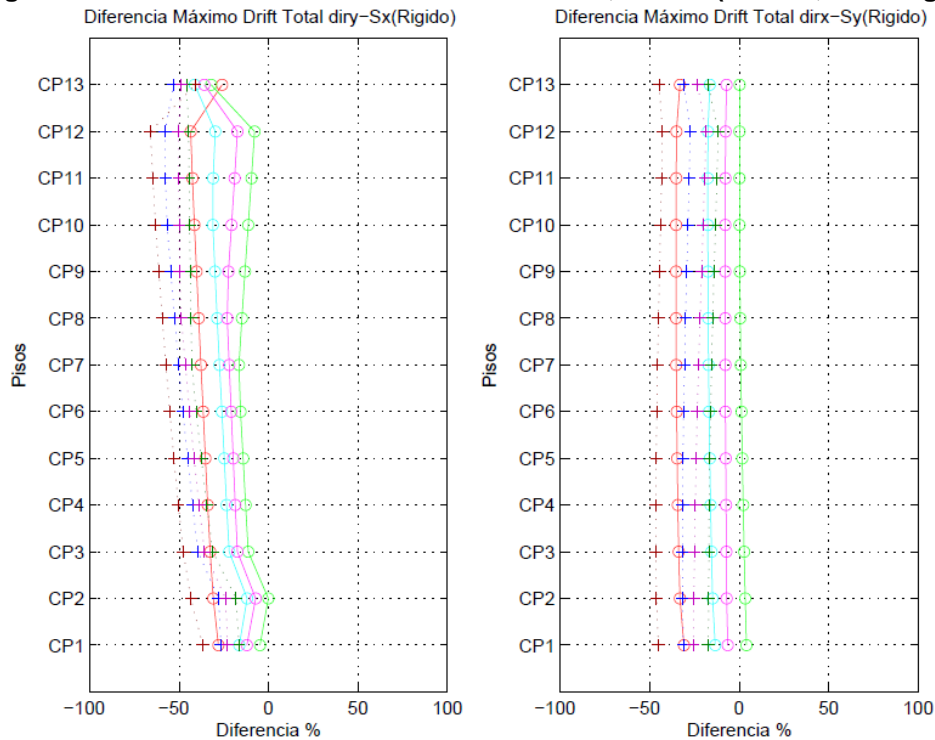


Figura A.72: Diferencia de Drifts de C.M. Proyectado, Edif. I (Indirecto, Diaf. Flexible)

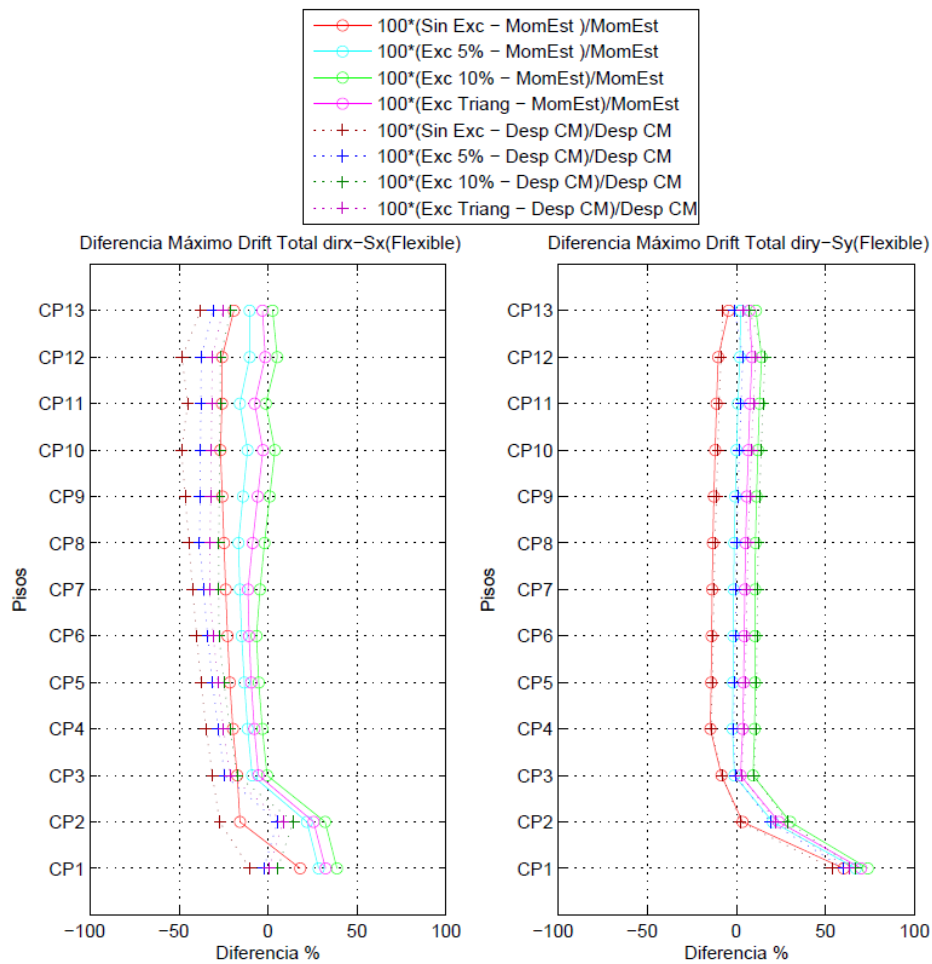


**Figura A.73: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. A (Directo, Diaf. Rigido).**

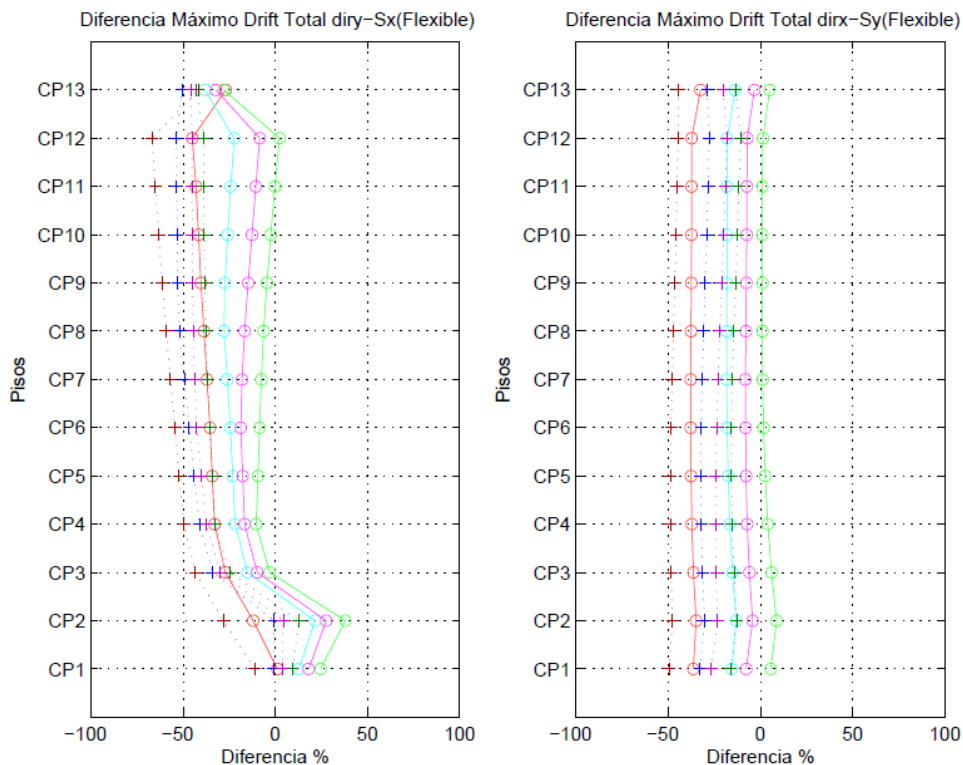


**Figura A.74: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. A (Indirecto, Diaf. Rigido).**





**Figura A.75: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. A (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.76: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. A (Indirecto, Diaf. Flexible).**

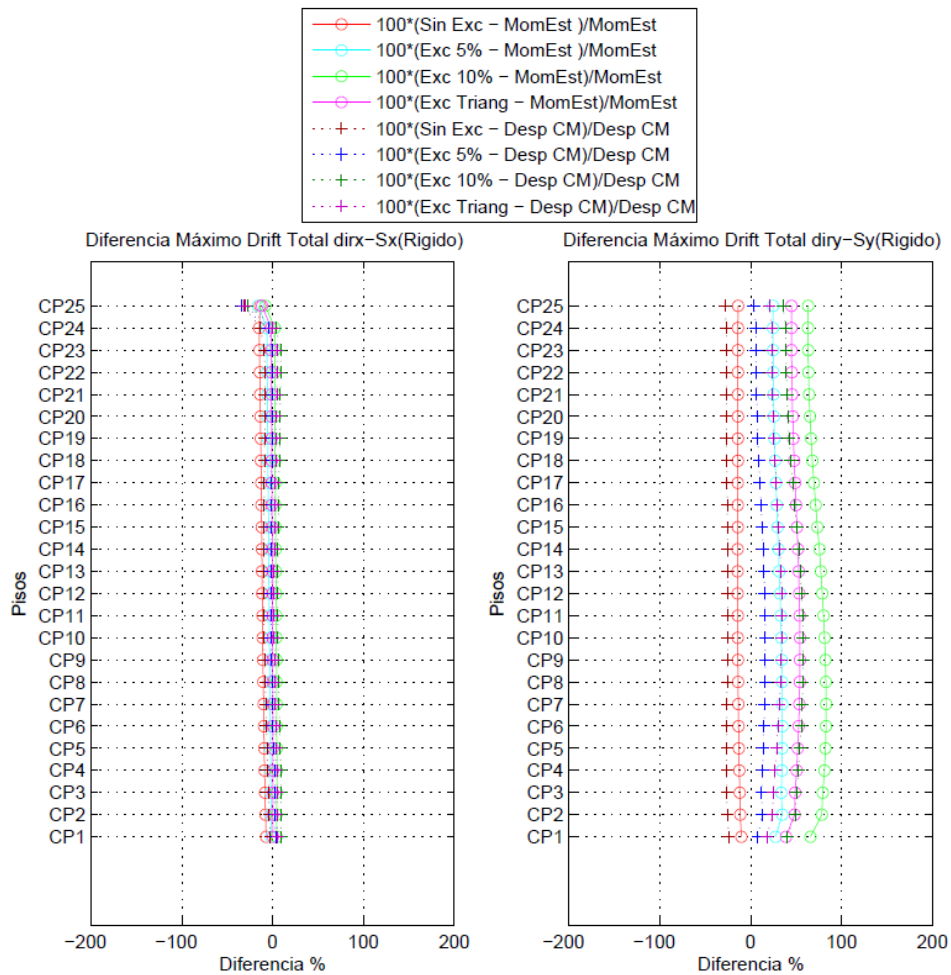


Figura A.77: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. B (Directo, Diaf. Rigido).

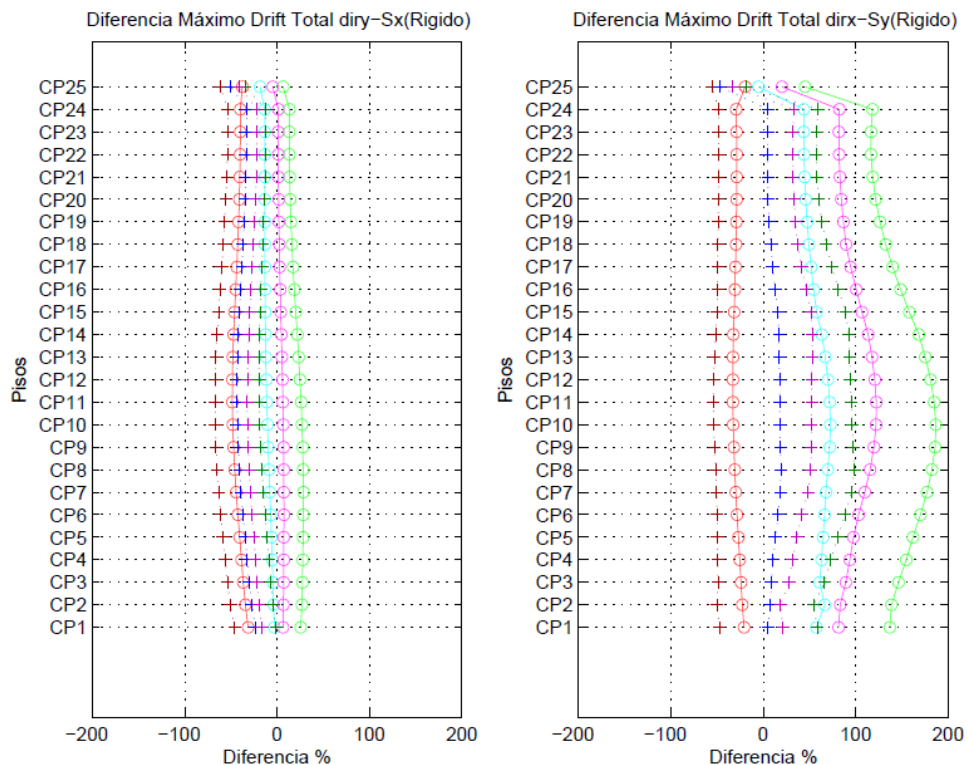
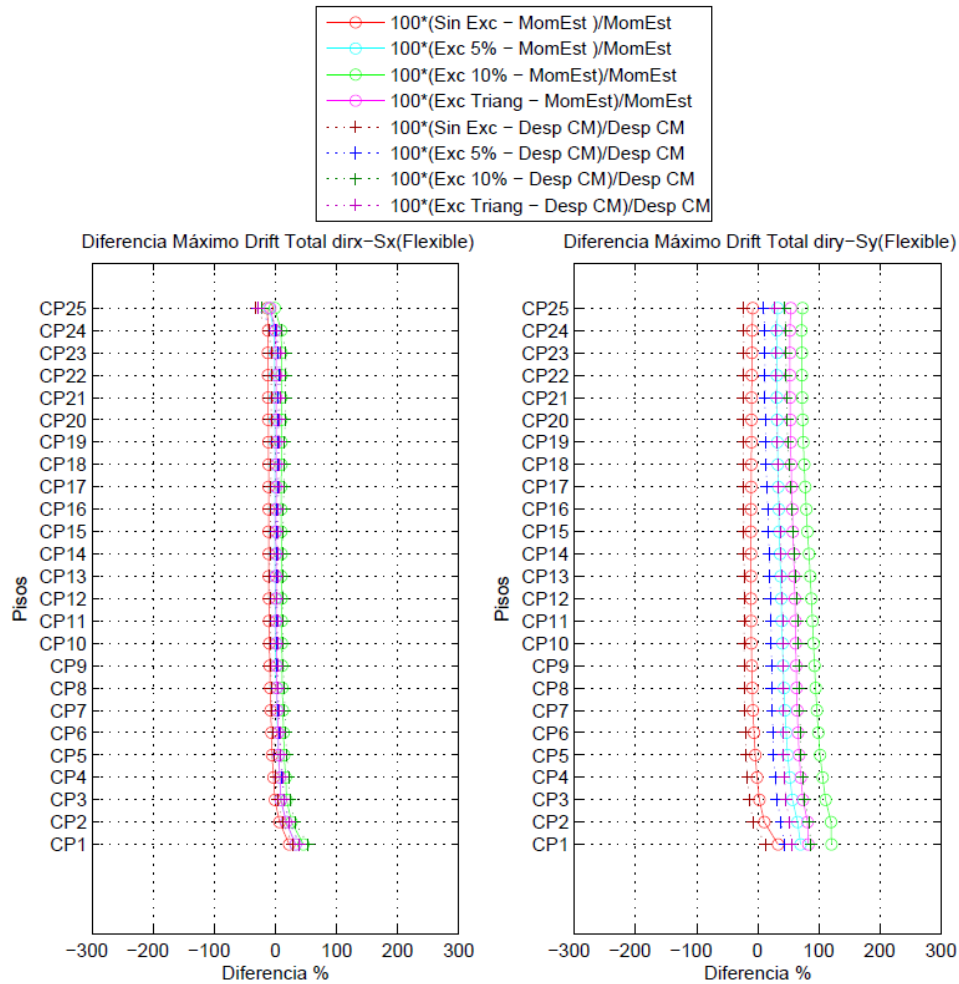
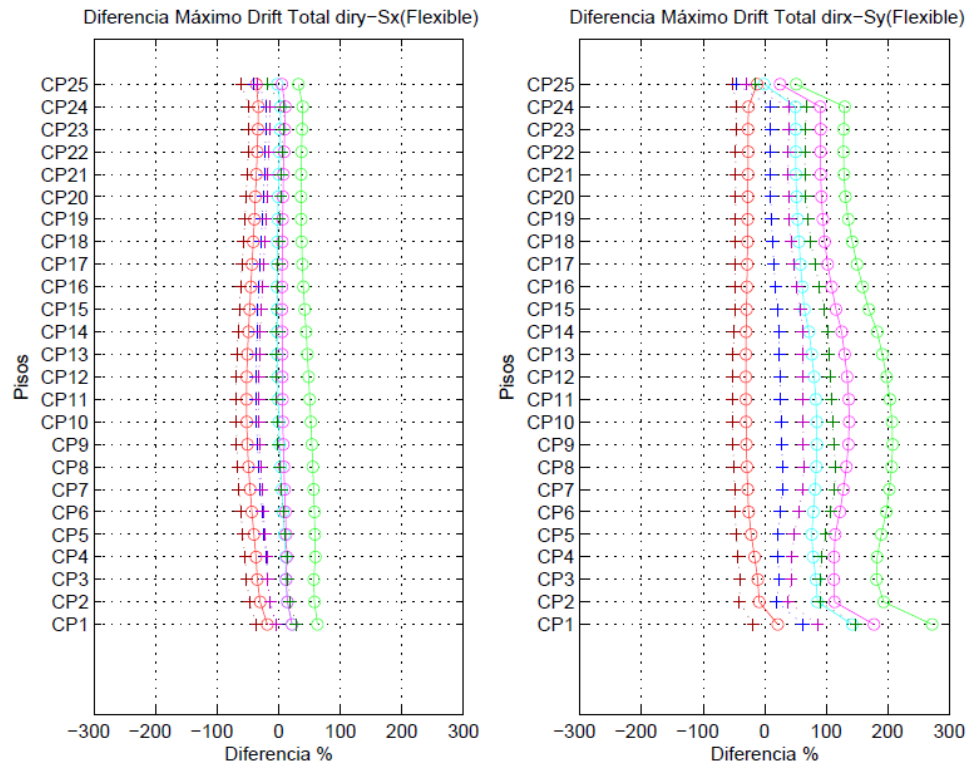


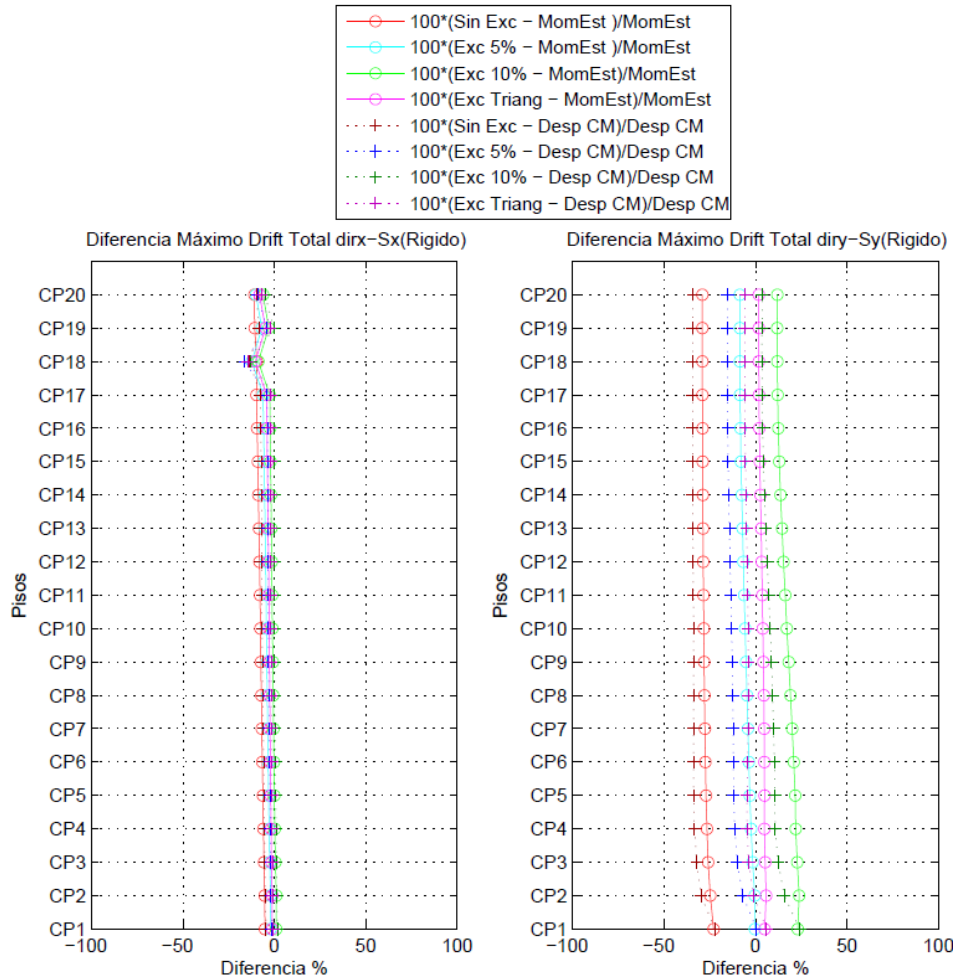
Figura A.78: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. B (Indirecto, Diaf. Rigido).



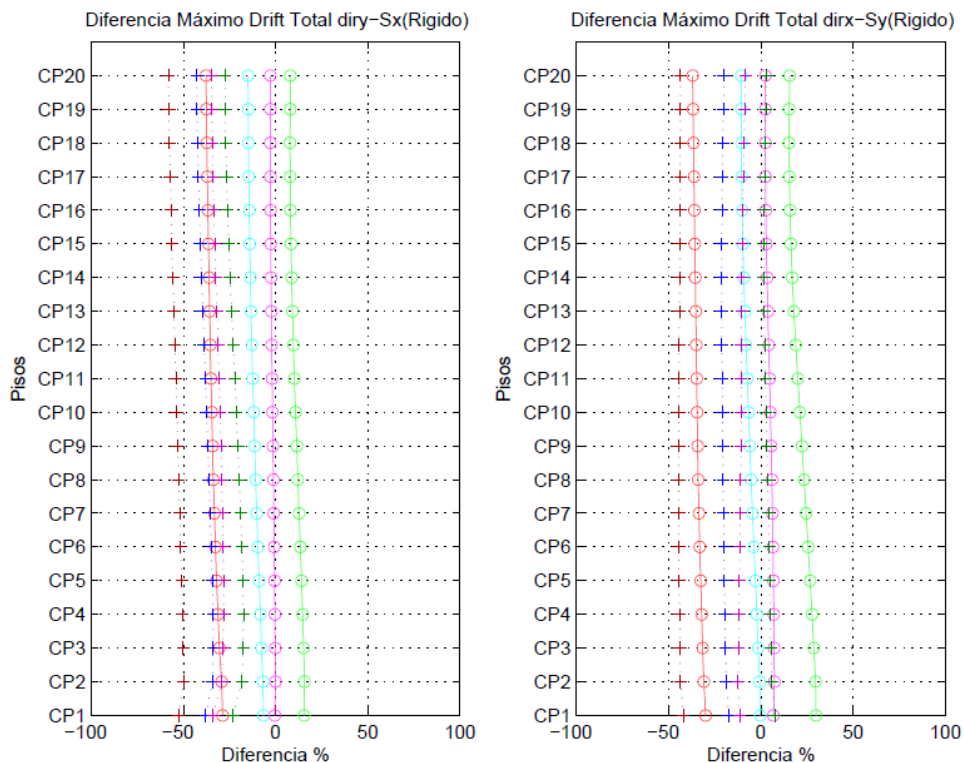
**Figura A.79: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. B (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.80: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. B (Indirecto, Diaf. Flexible).**



**Figura A.81: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. C (Directo, Diaf. Rigido).**



**Figura A.82: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. C (Indirecto, Diaf. Rigido).**

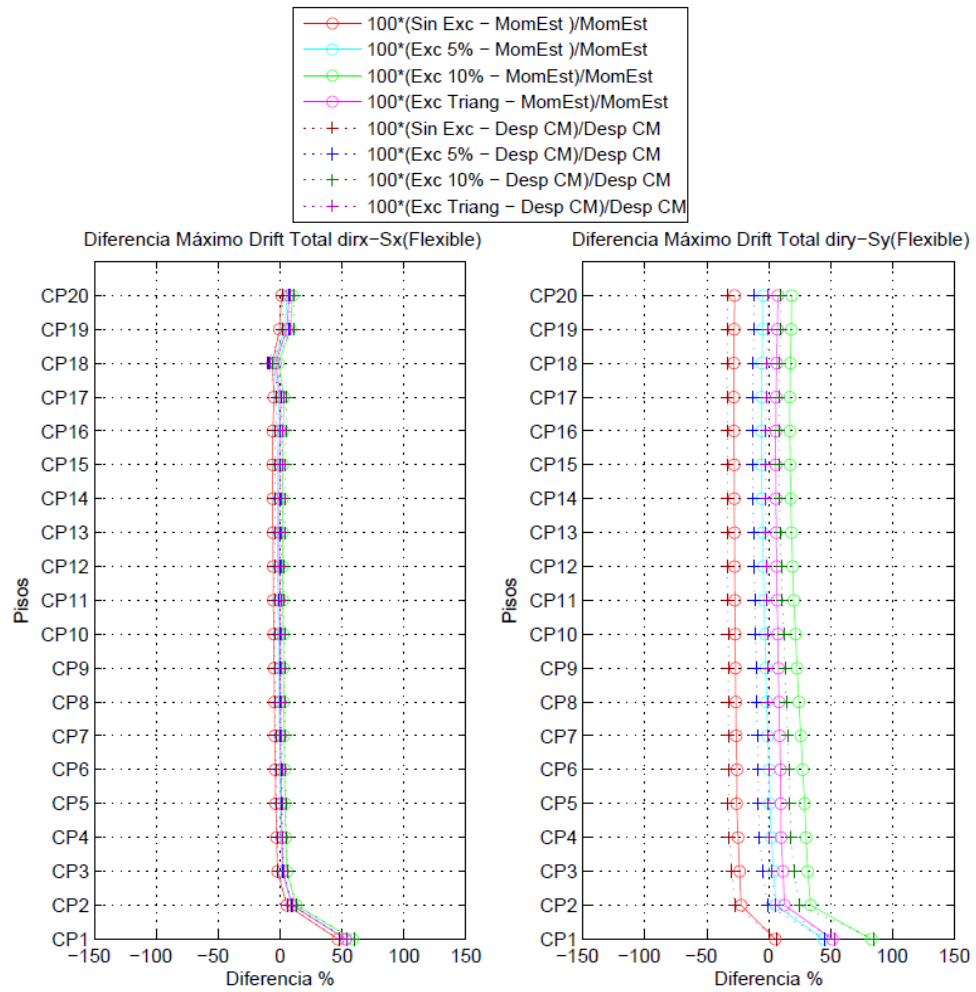


Figura A.83: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. C (Directo, Diaf. Flexible).

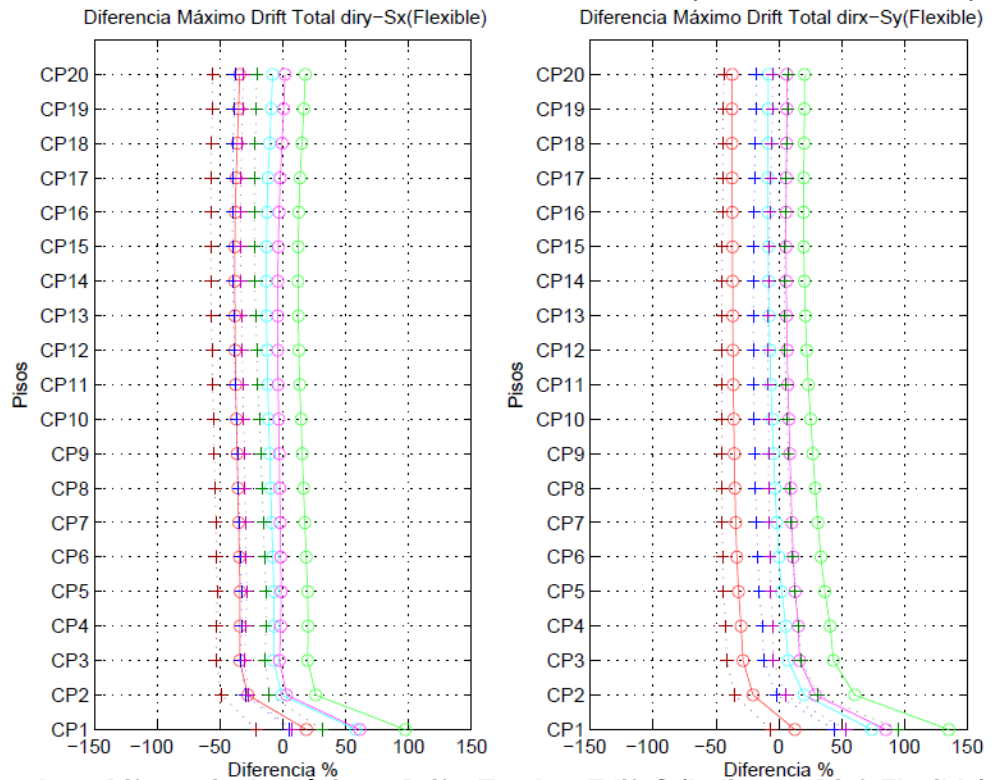
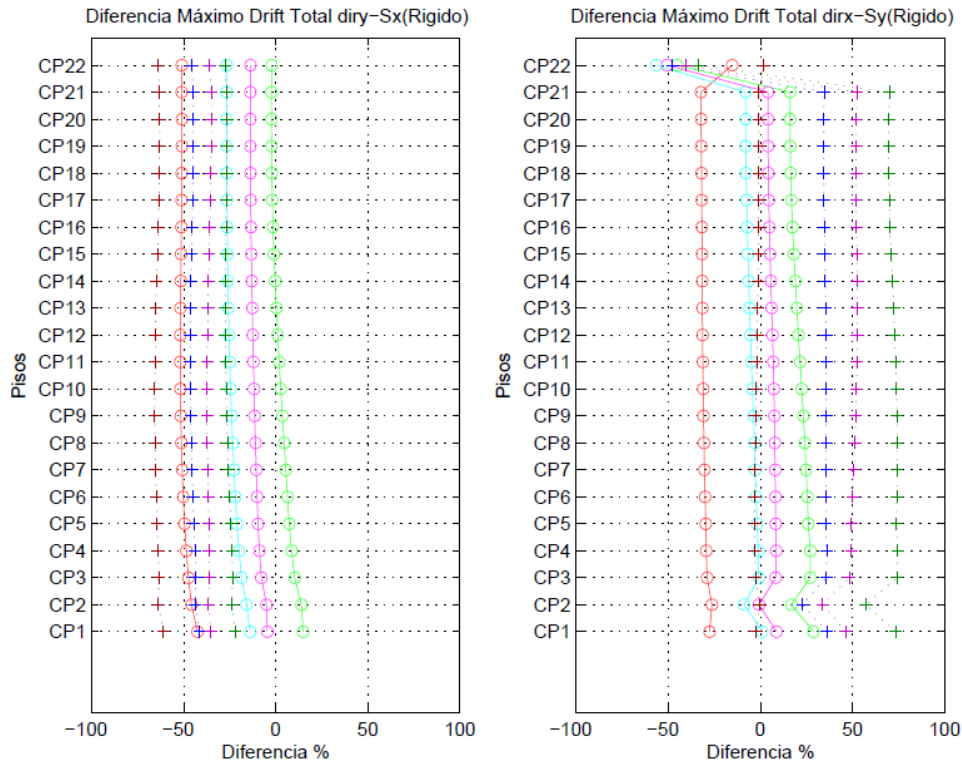
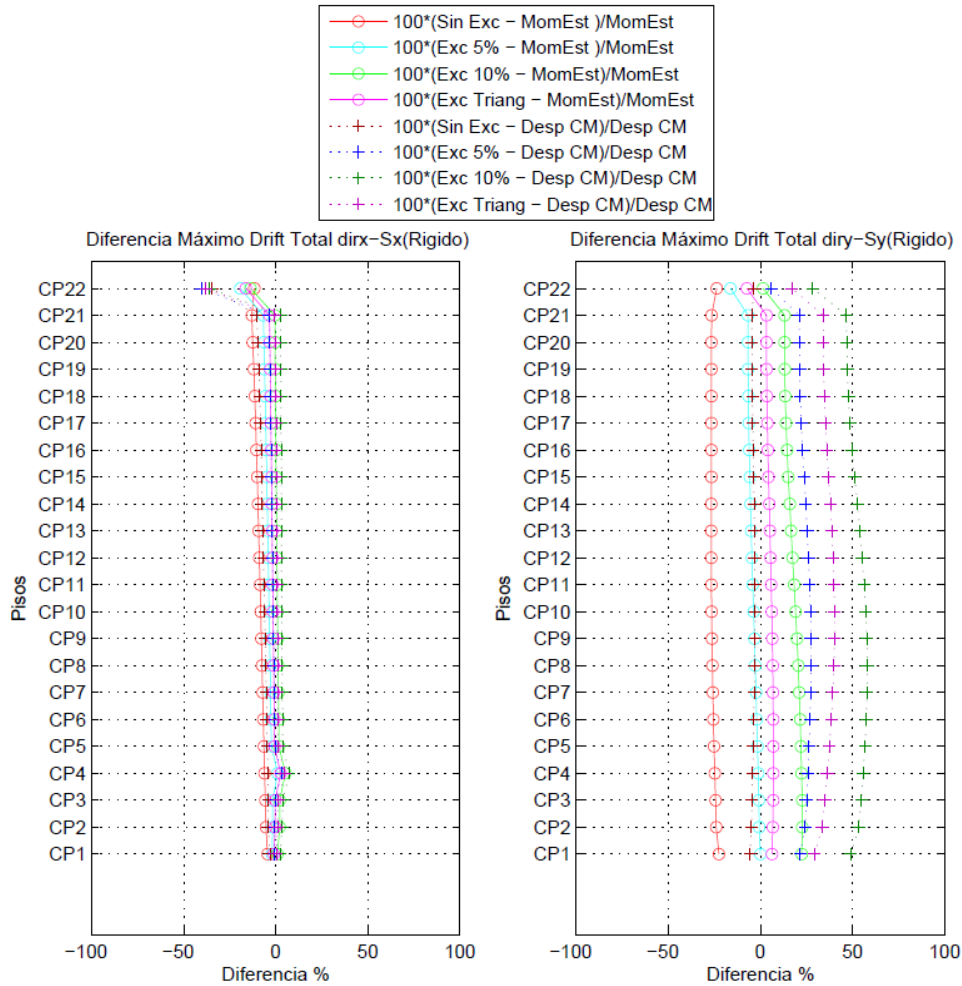


Figura A.84: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. C (Indirecto, Diaf. Flexible).





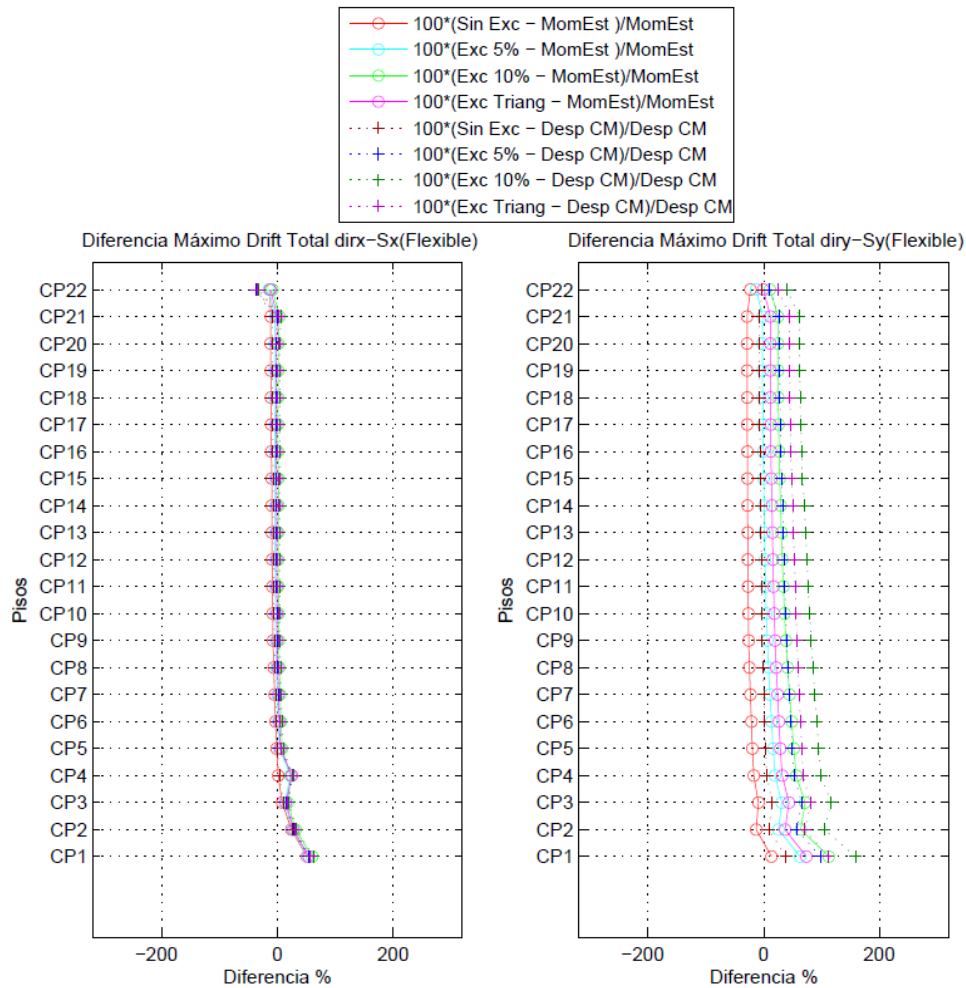


Figura A.87: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. D (Directo, Diaf. Flexible).

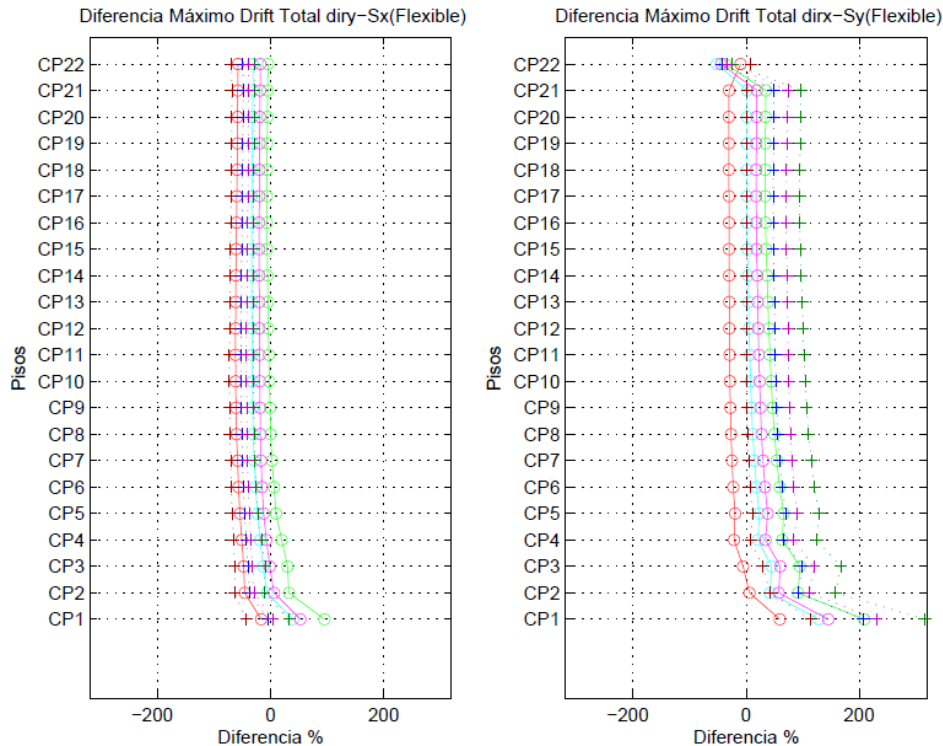
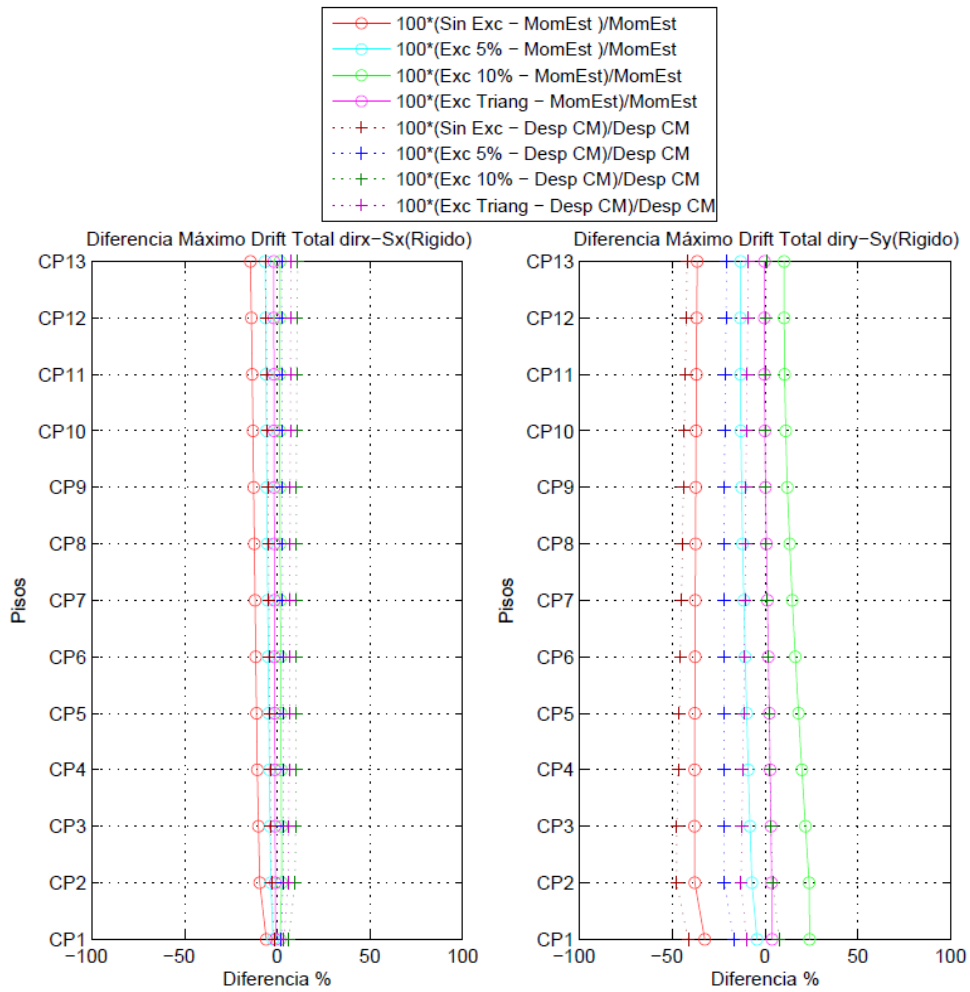
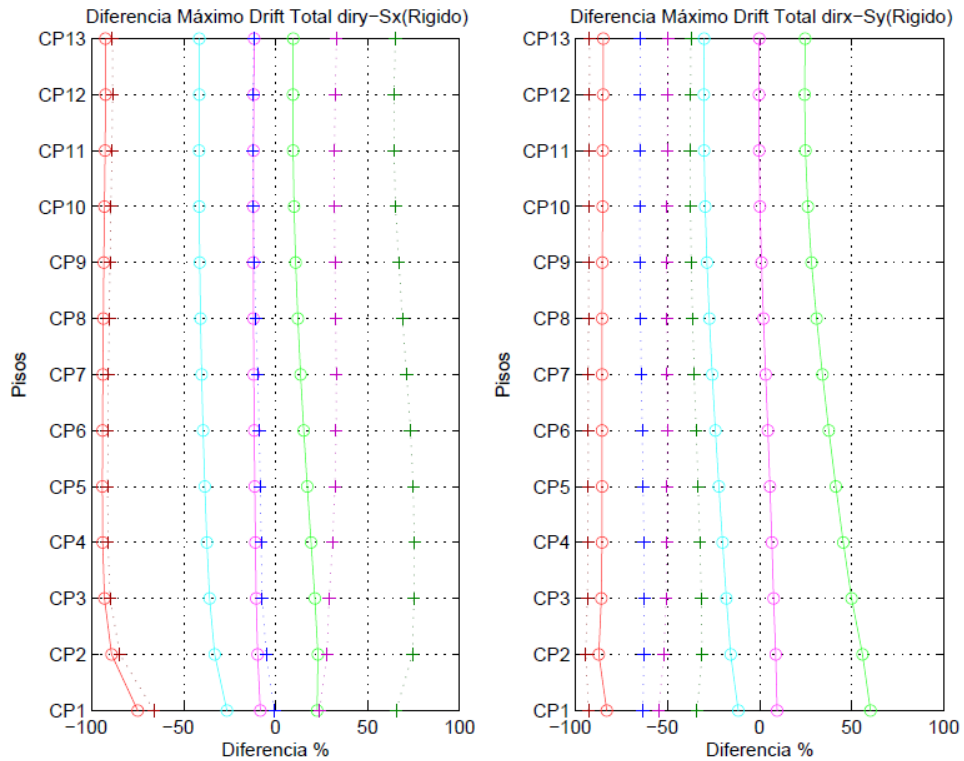


Figura A.88: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. D (Indirecto, Diaf. Flexible).

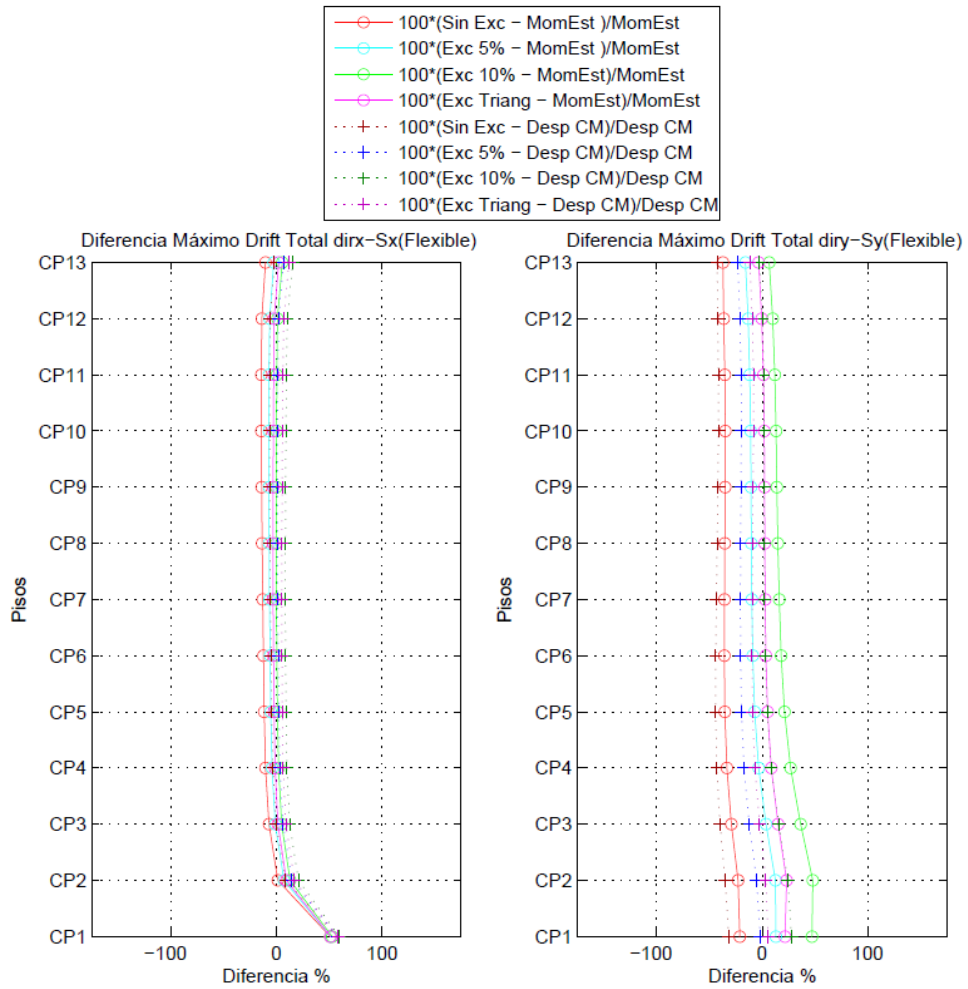


**Figura A.89: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. E (Directo, Diaf. Rigido).**

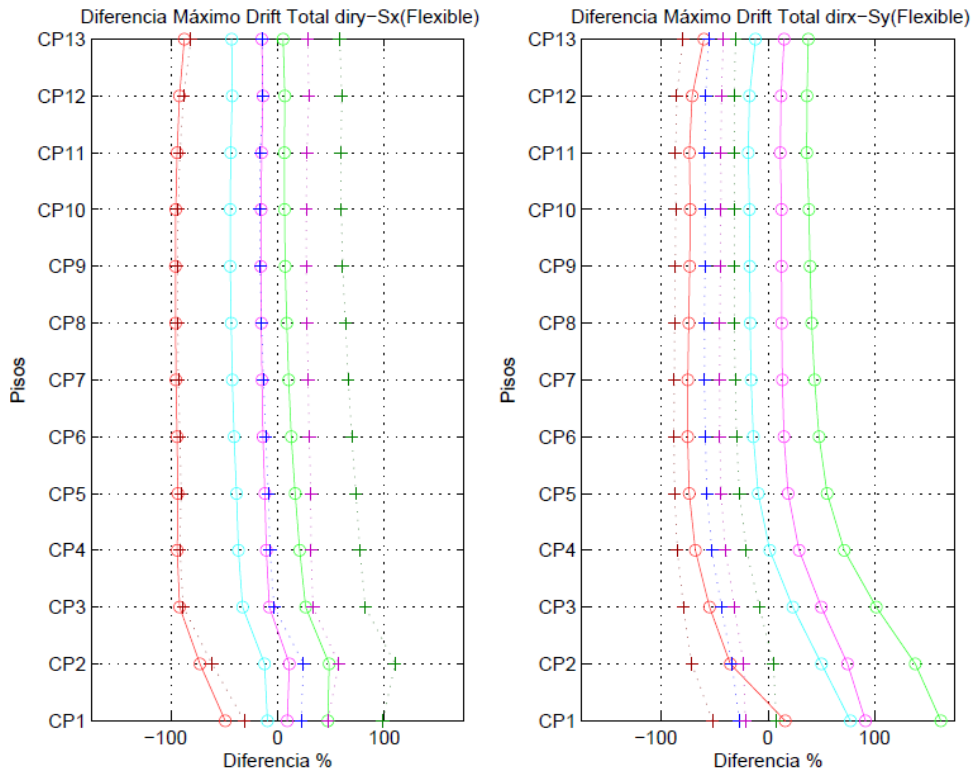


**Figura A.90: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. E (Indirecto, Diaf. Rigido).**





**Figura A.91: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. E (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.92: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. E (Indirecto, Diaf. Flexible).**

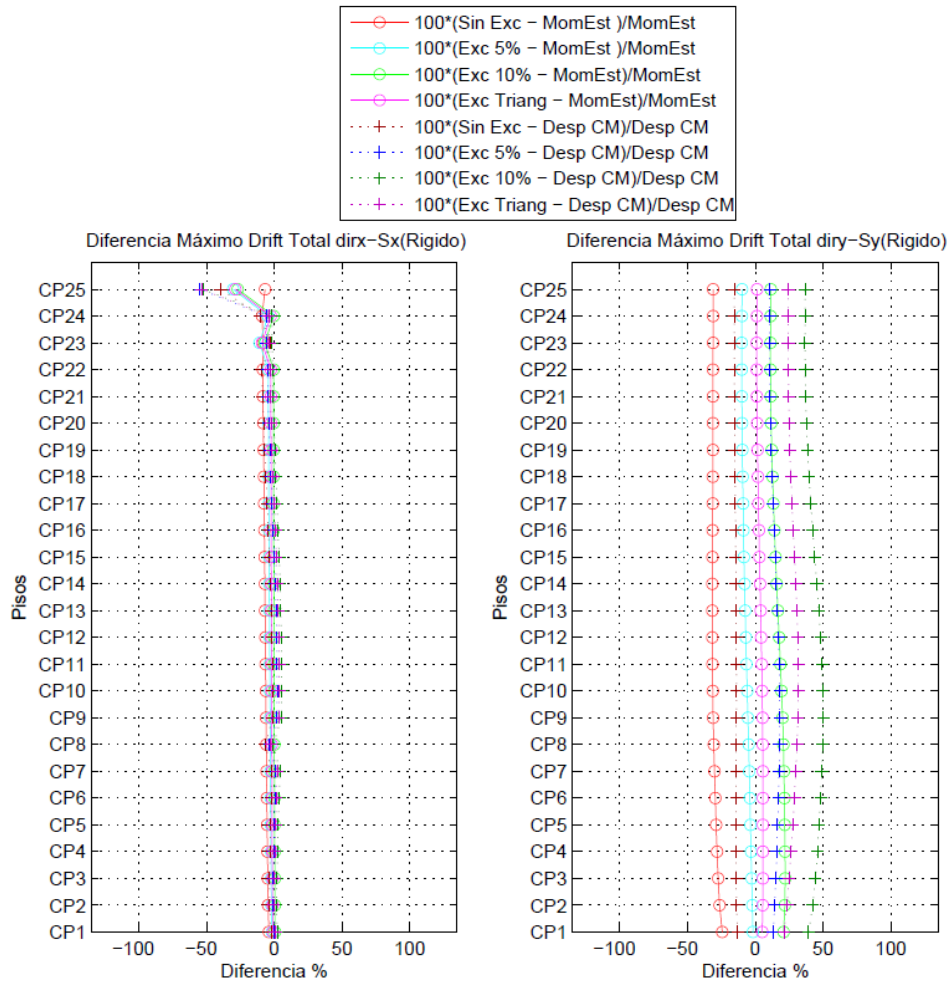


Figura A.93: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. F (Directo, Diaf. Rigido).

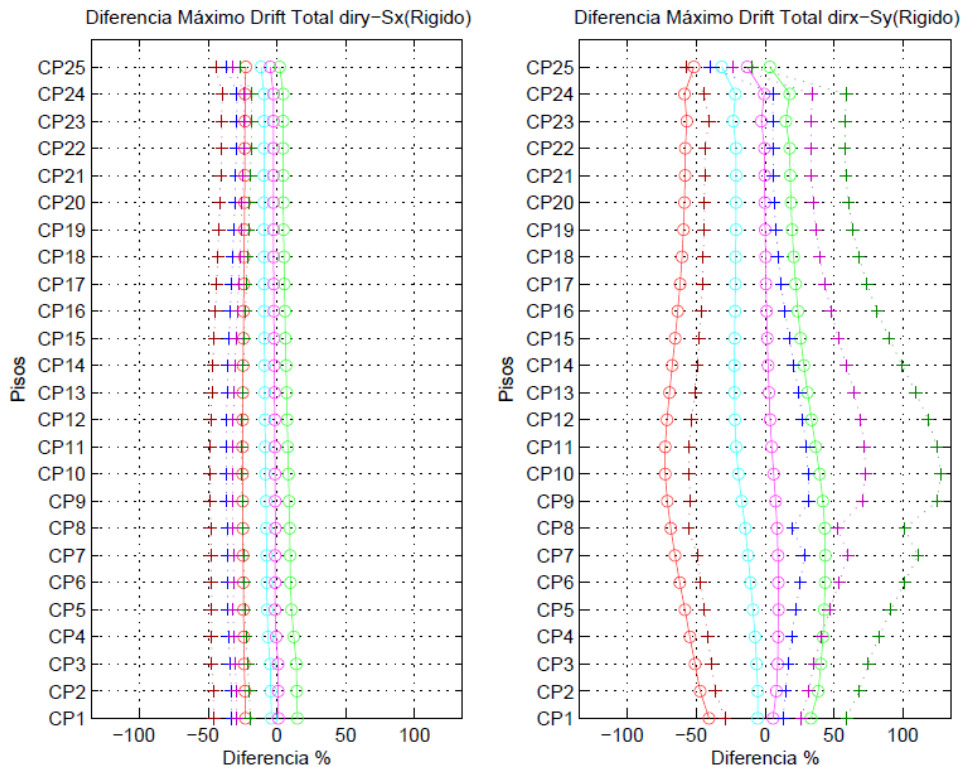


Figura A.94: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. F (Indirecto, Diaf. Rigido).

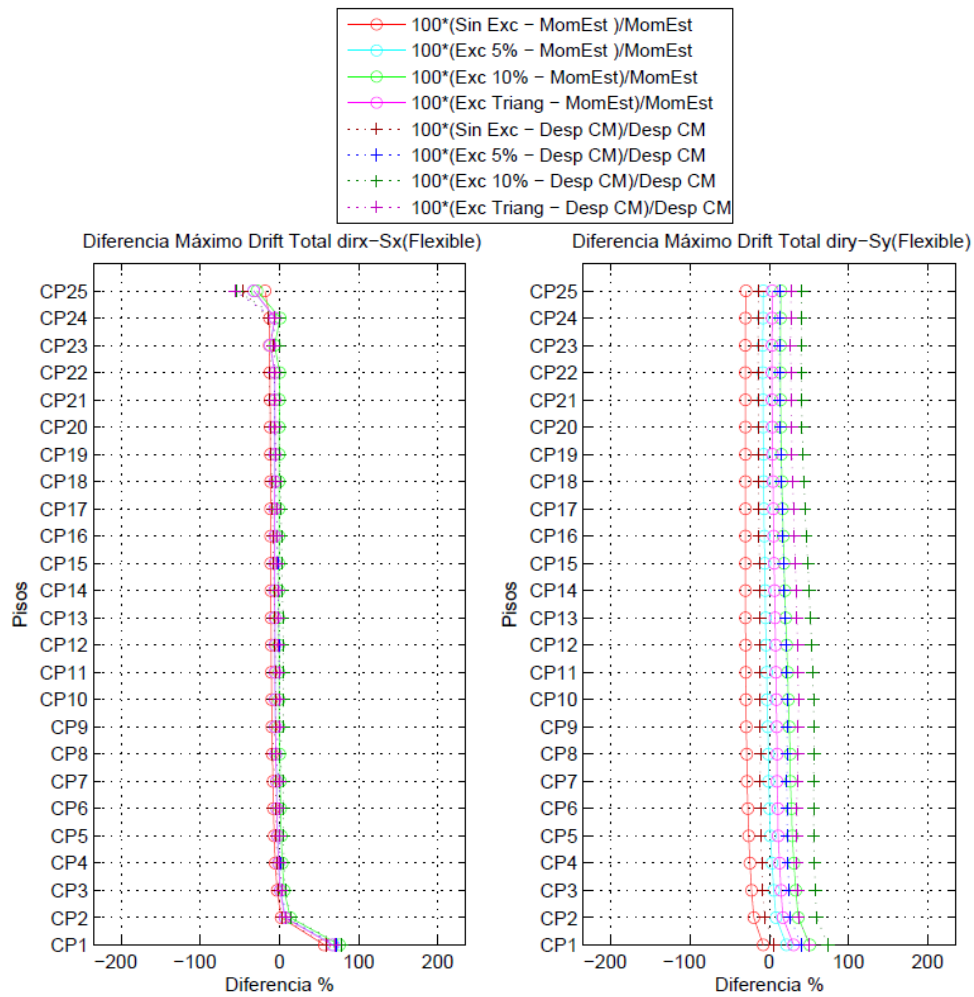


Figura A.95: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. F (Directo, Diaf. Flexible).

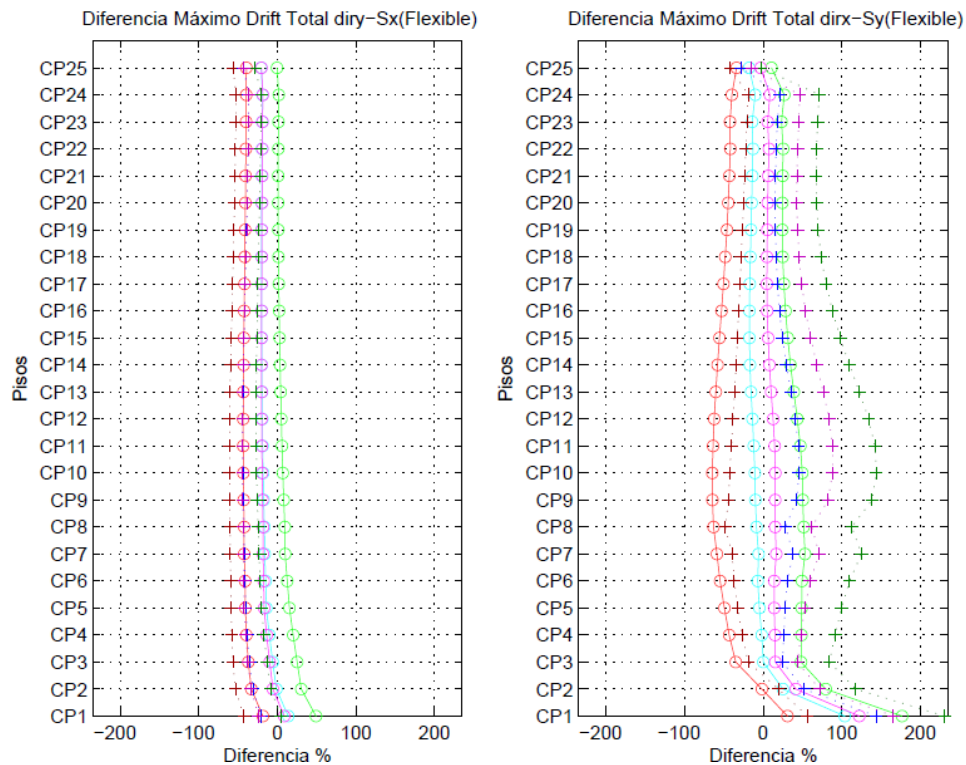
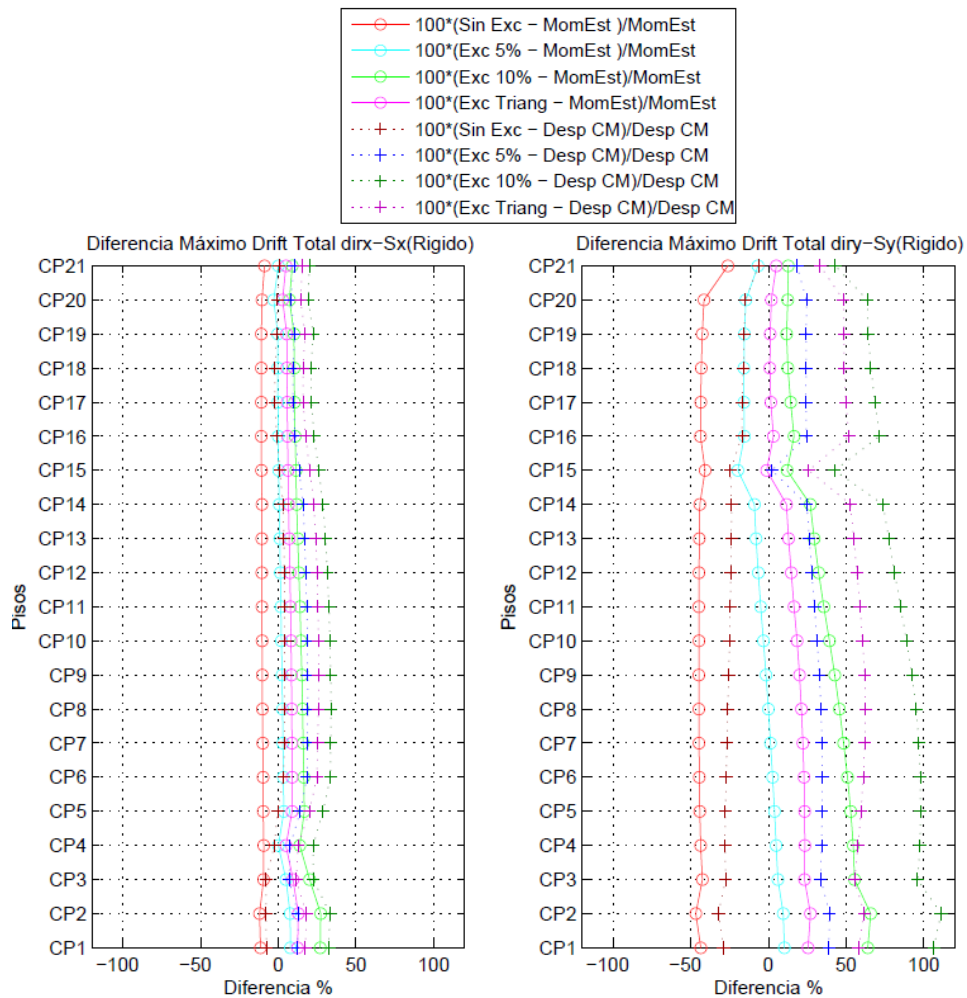
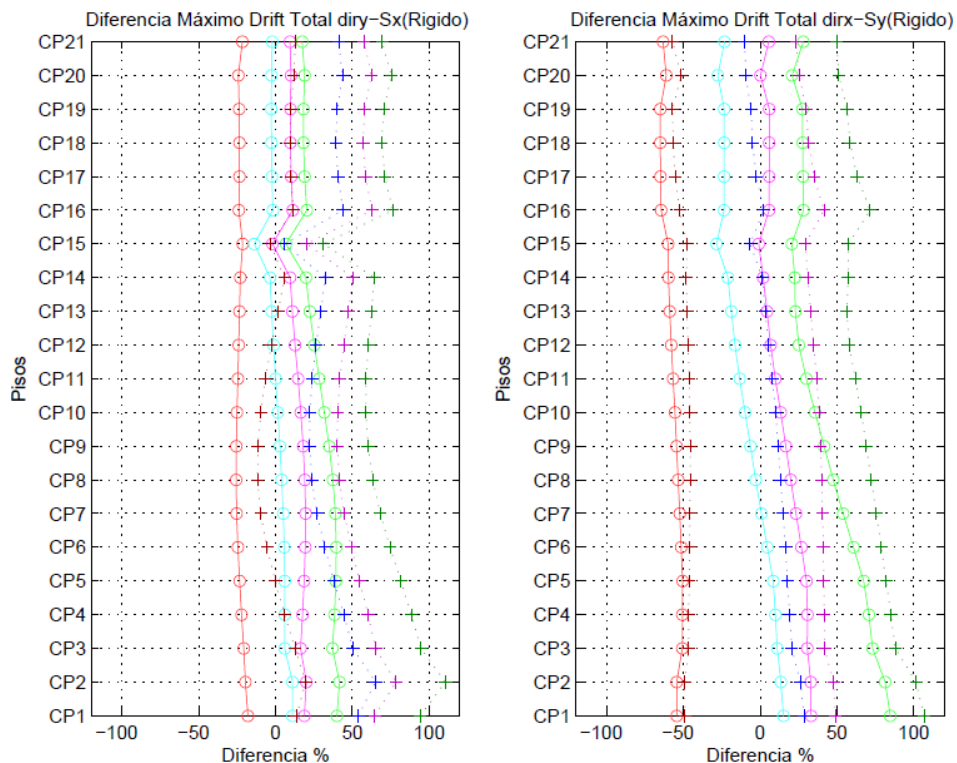


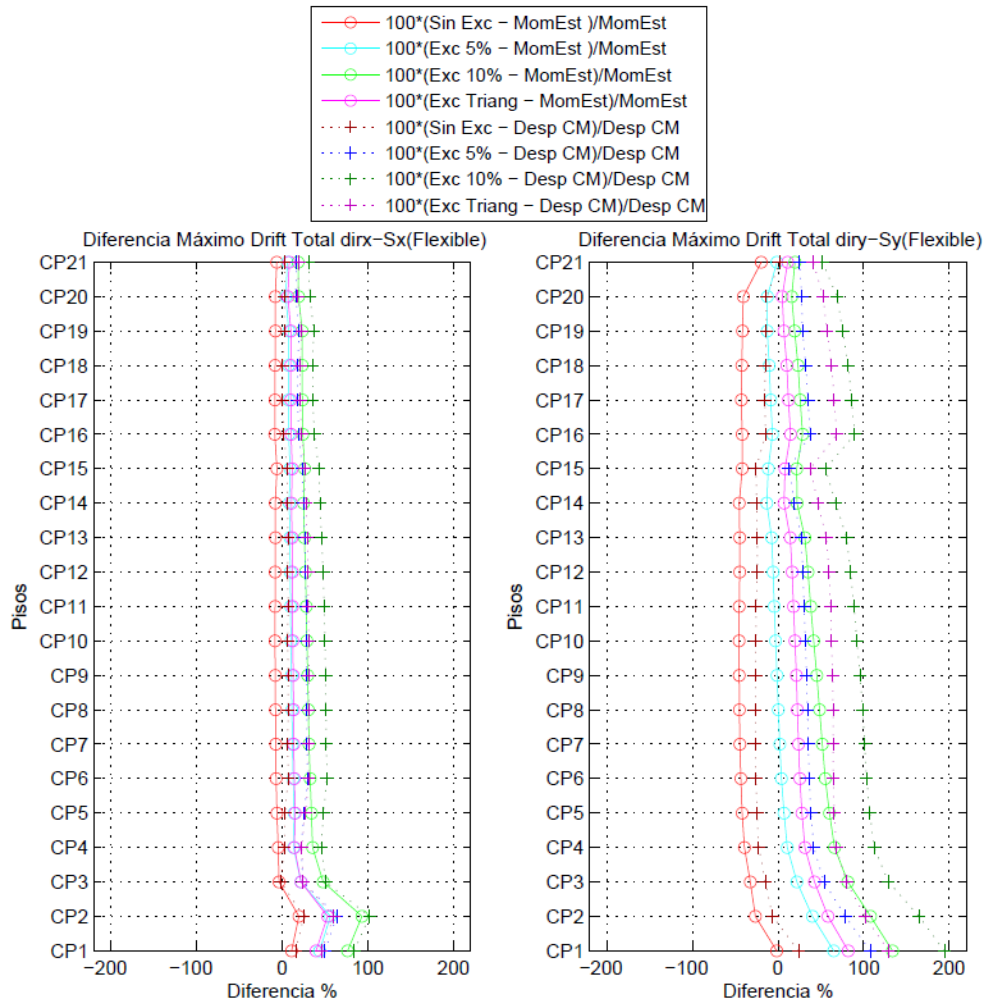
Figura A.96: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. F (Indirecto, Diaf. Flexible).



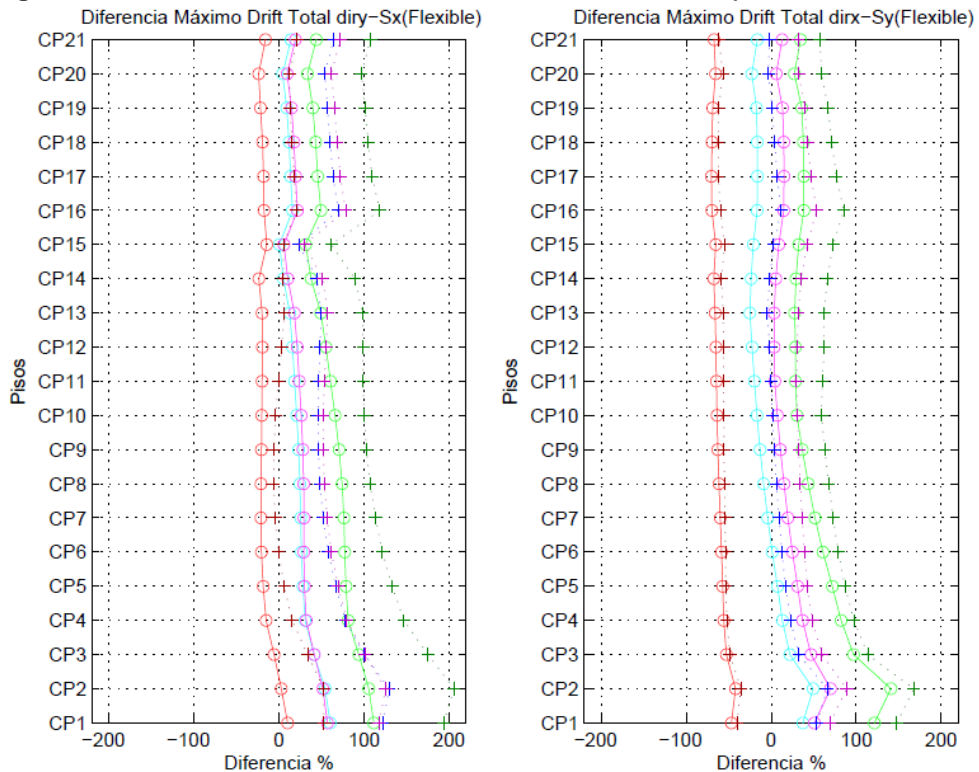
**Figura A.97: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. G (Directo, Diaf. Rigido).**



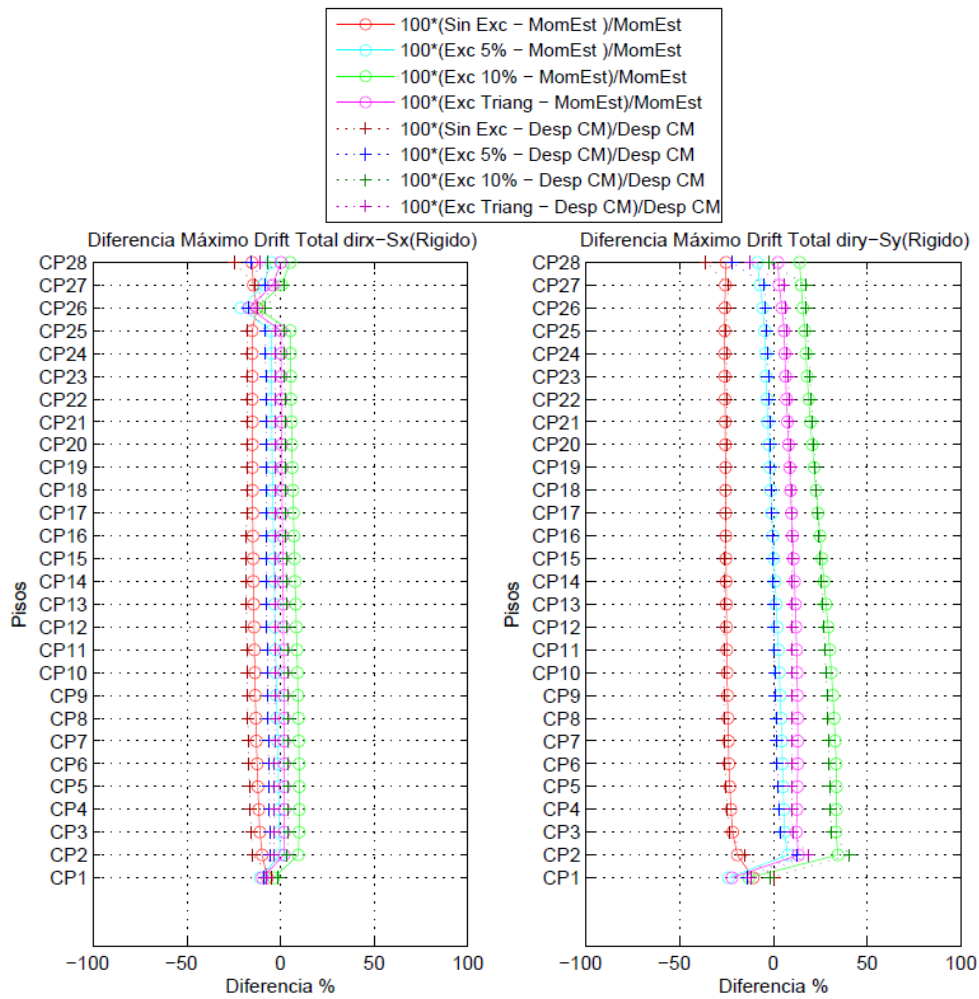
**Figura A.98: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. G (Indirecto, Diaf. Rigido).**



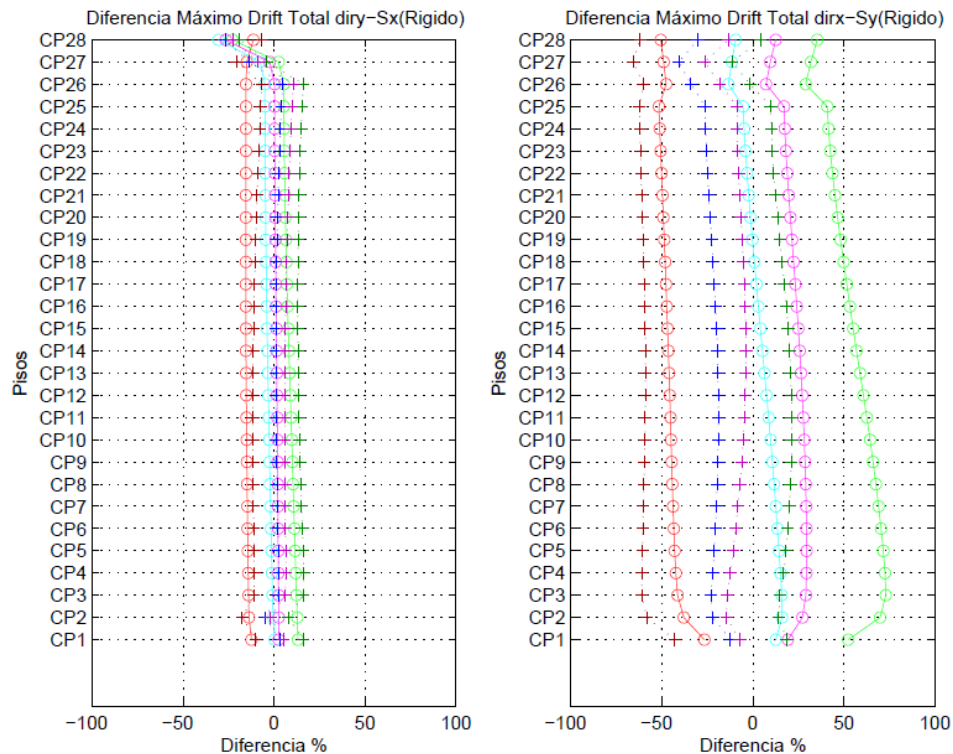
**Figura A.99: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. G (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.100: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. G (Indirecto, Diaf. Flexible).**

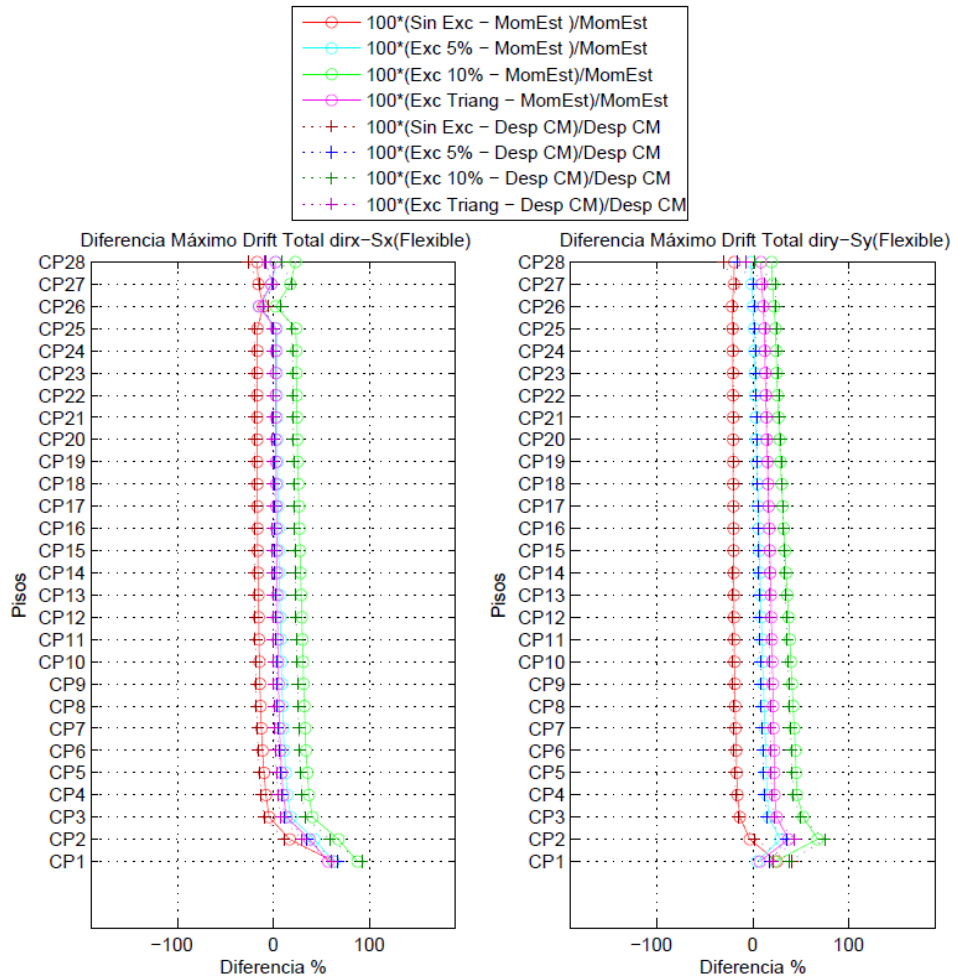


**Figura A.101: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. H (Directo, Diaf. Rigido).**

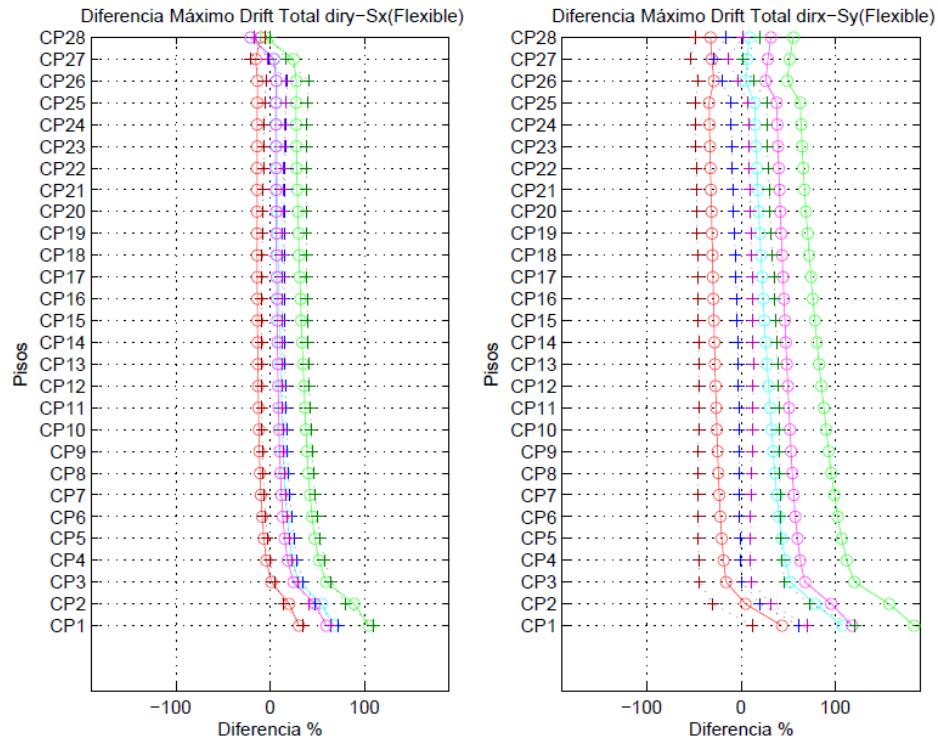


**Figura A.102: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. H (Indirecto, Diaf. Rigido).**





**Figura A.103: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. H (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.104: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. H (Indirecto, Diaf. Flexible).**

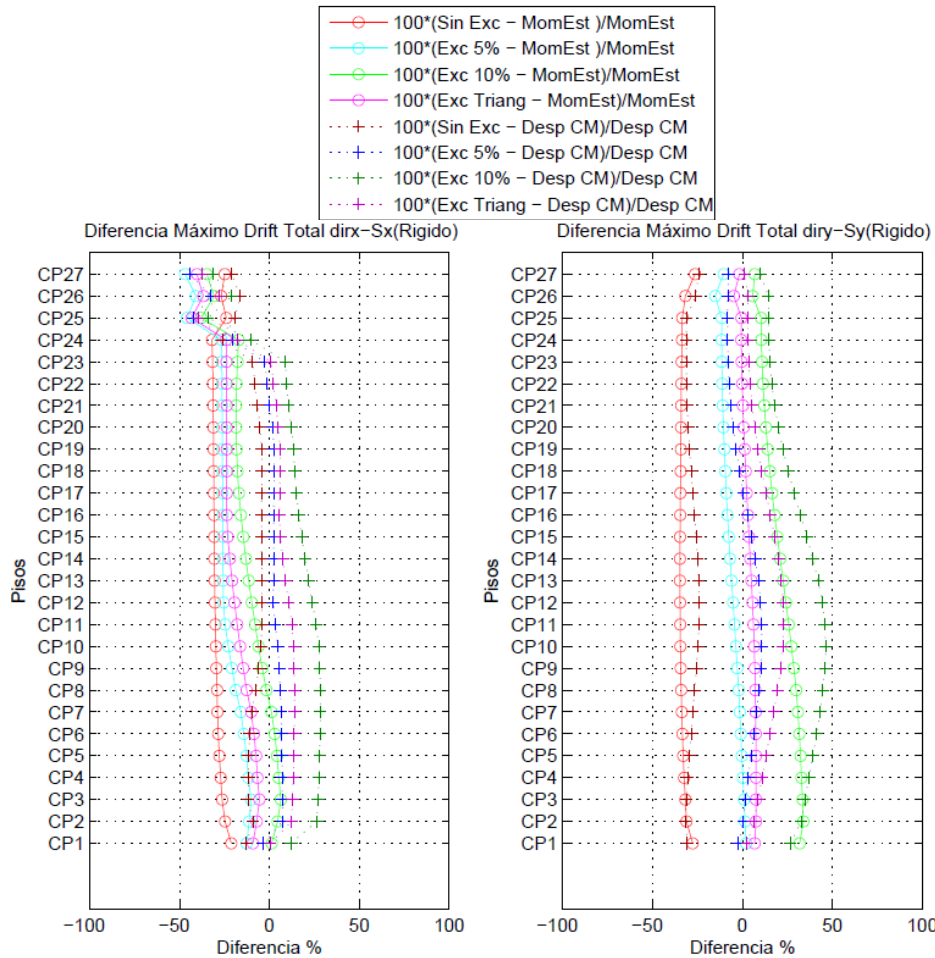


Figura A.105: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. I (Directo, Diaf. Rigido).

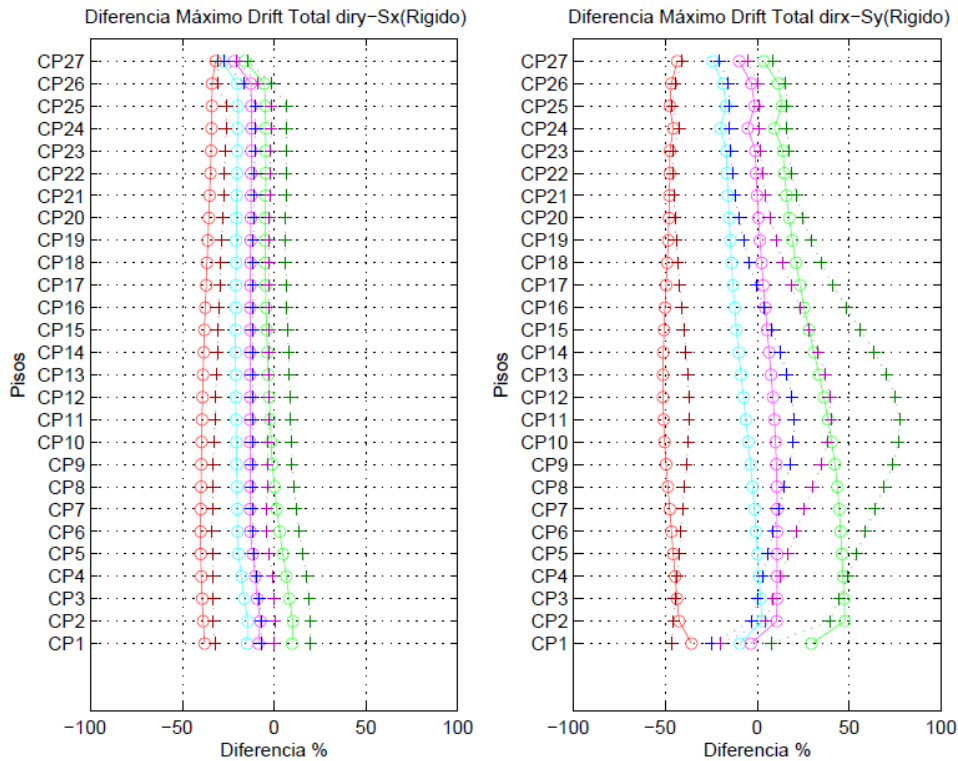
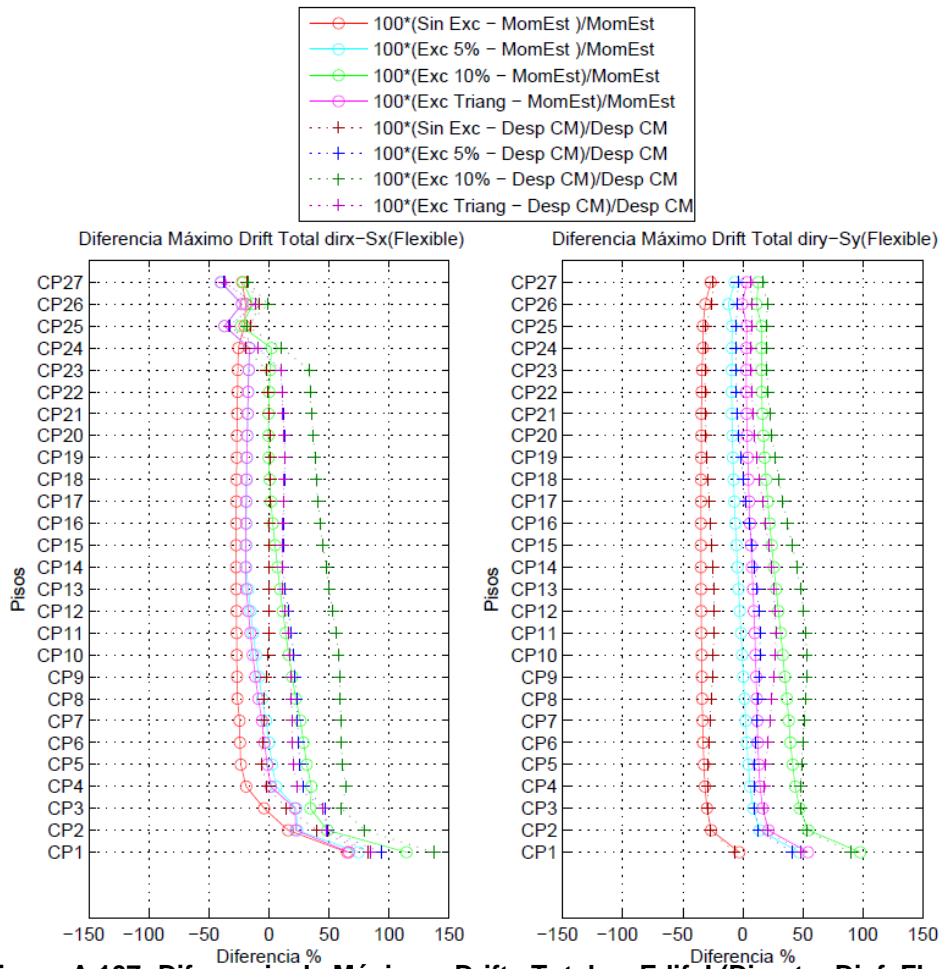
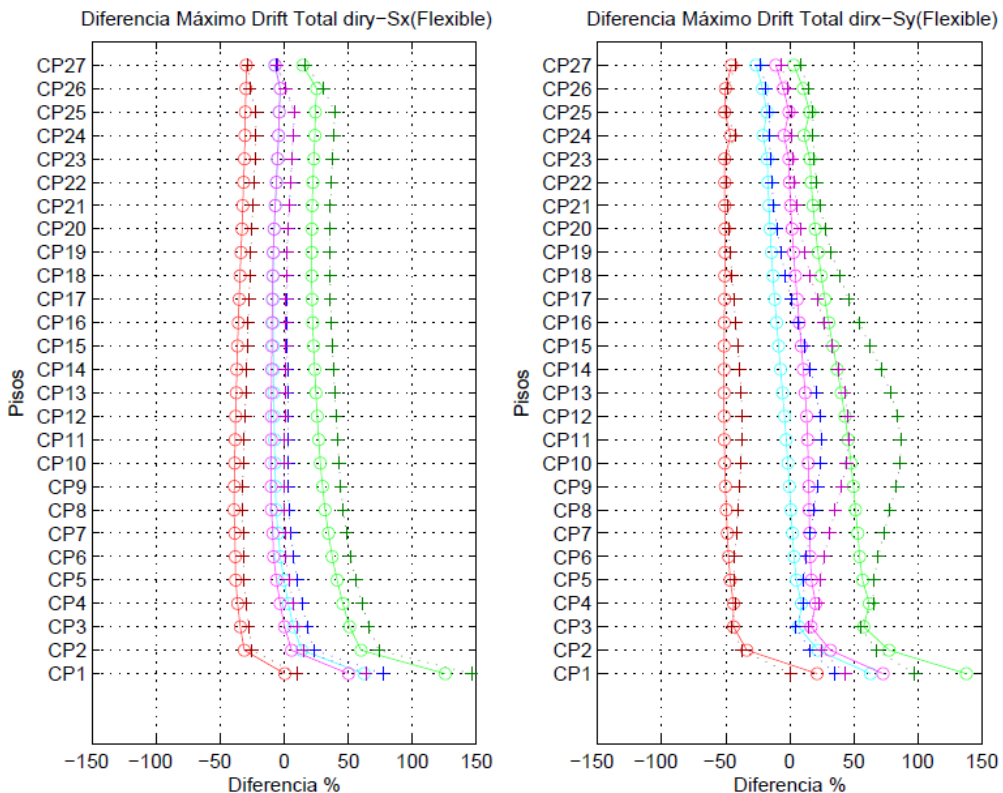


Figura A.106: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. I (Indirecto, Diaf. Rigido).

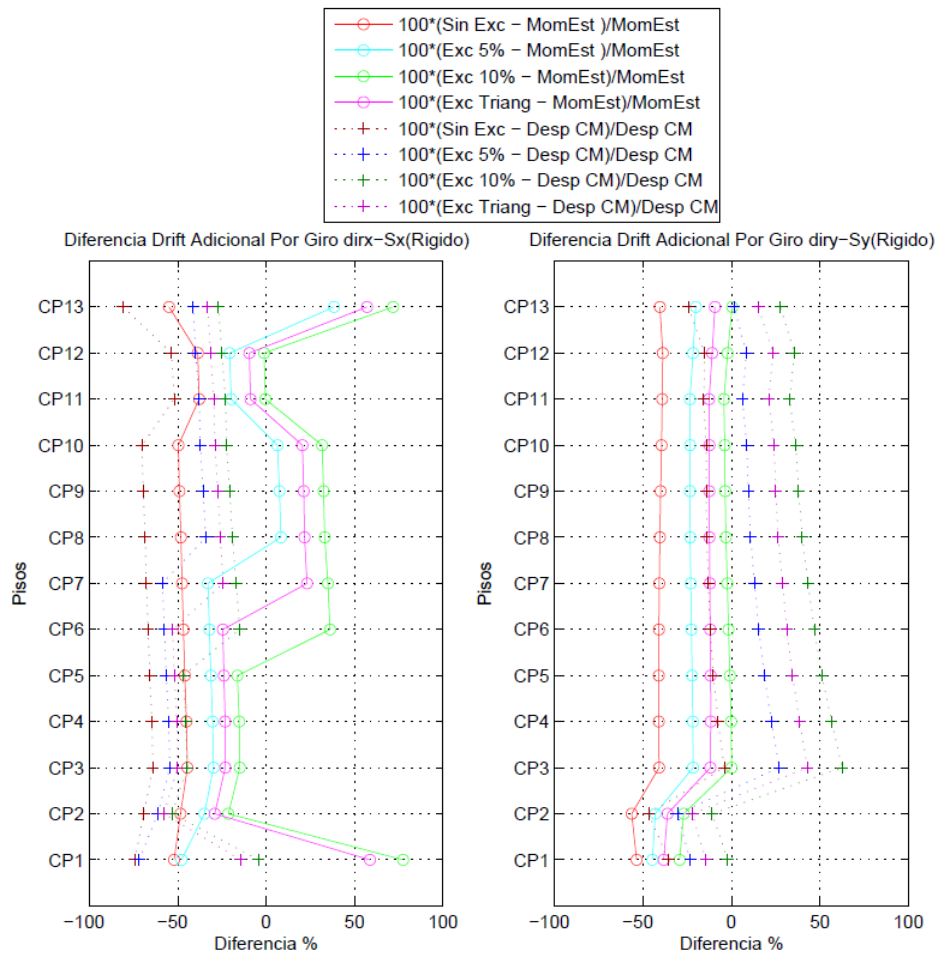




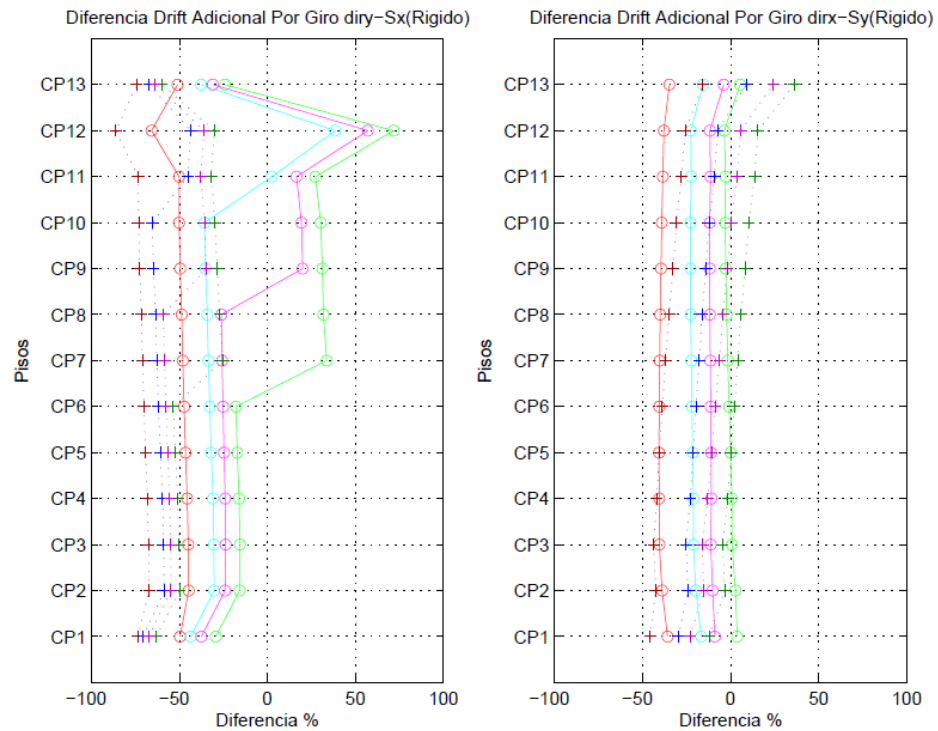
**Figura A.107: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. I (Directo, Diaf. Flexible).**



**Figura A.108: Diferencia de Máximos Drifts Totales, Edif. I (Indirecto, Diaf. Flexible)**



**Figura A.109: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. A (Directo, Diaf. Rigid.)**



**Figura A.110: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. A (Indirecto, Diaf. Rigid.)**

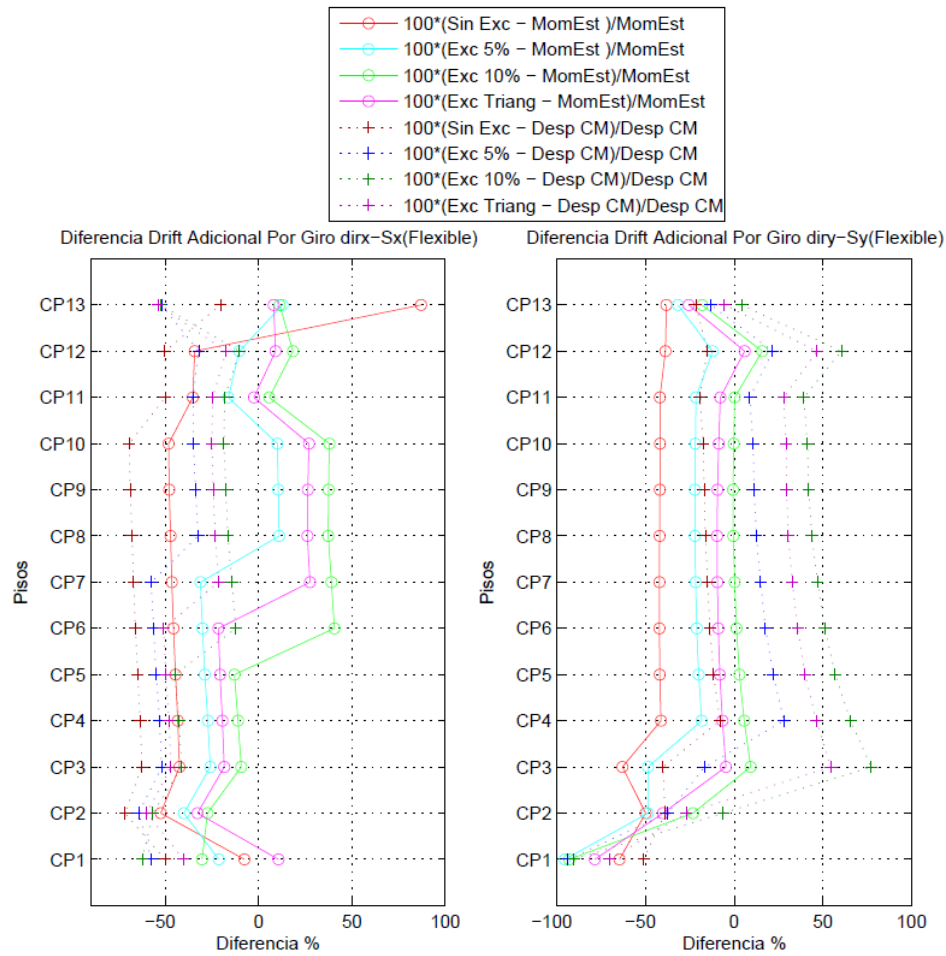


Figura A.111: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. A (Directo, Diaf. Flex.)

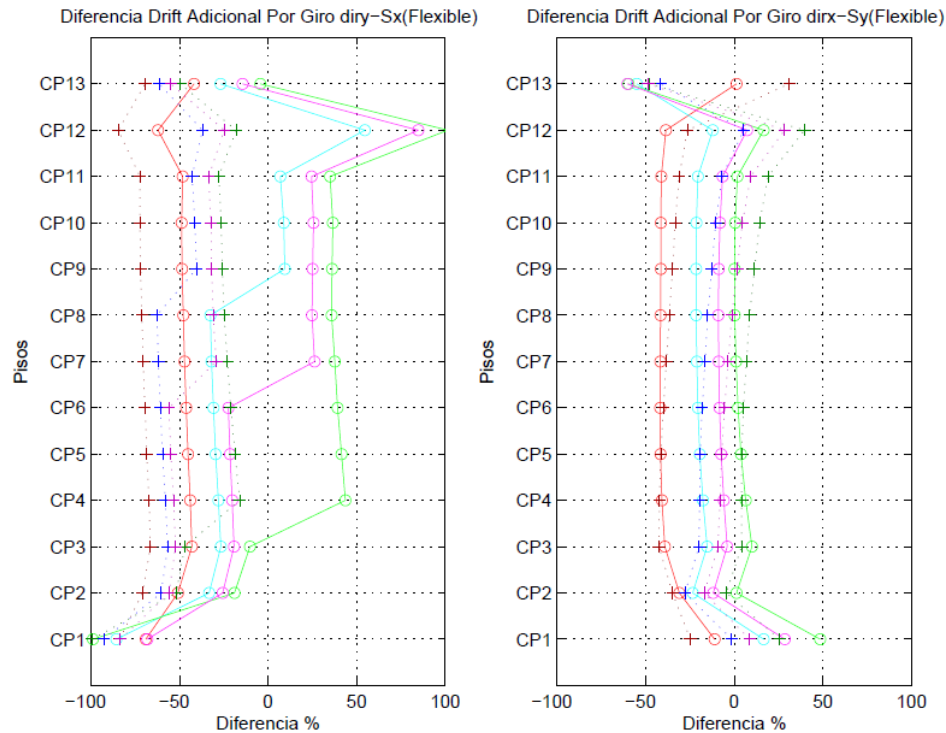
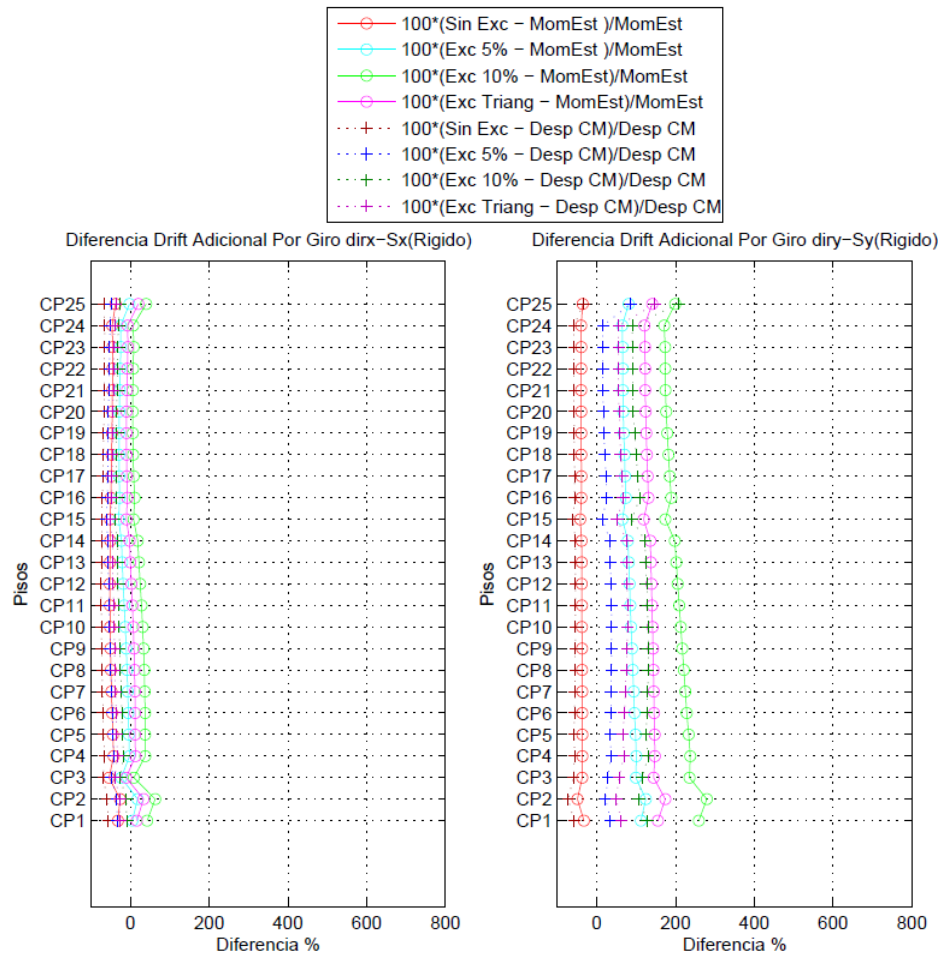
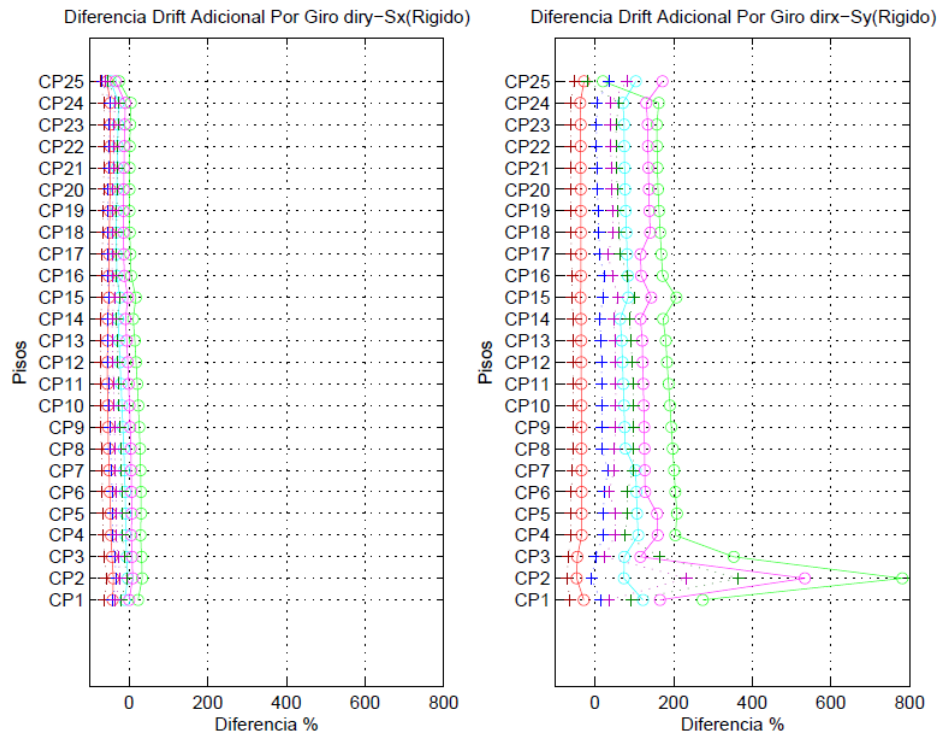


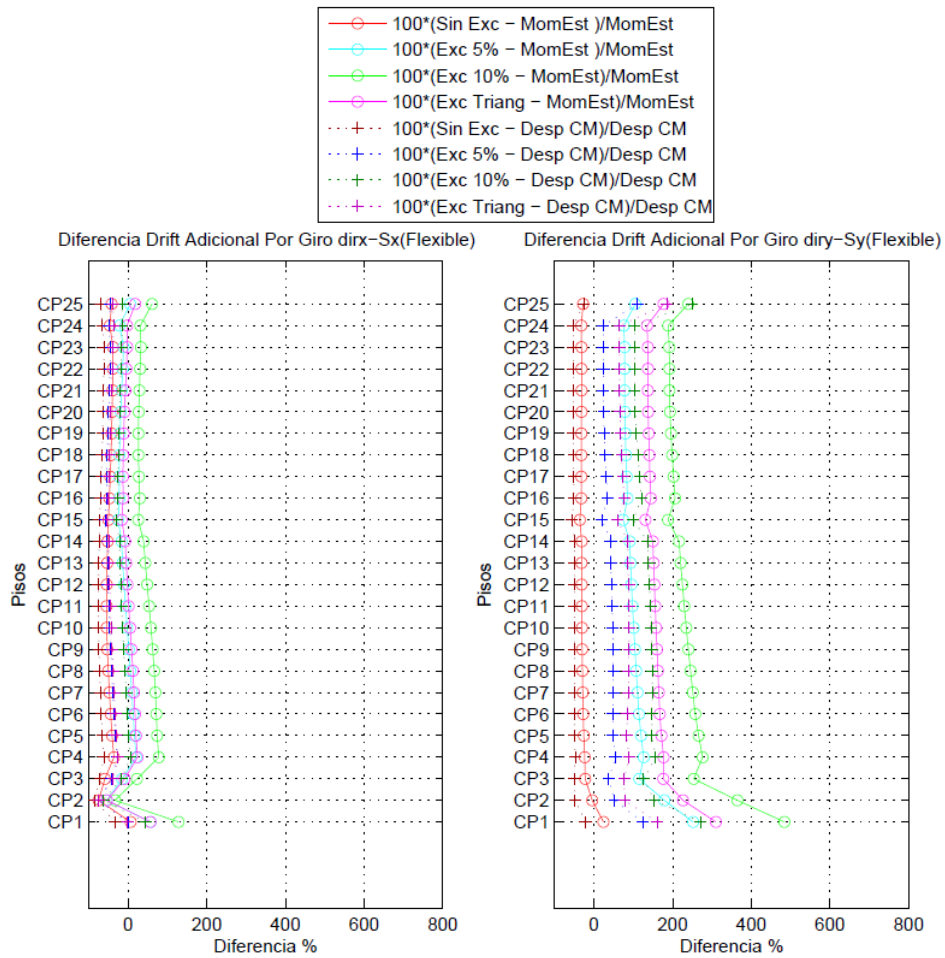
Figura A.112: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. A (Indirecto, Diaf. Flex.)



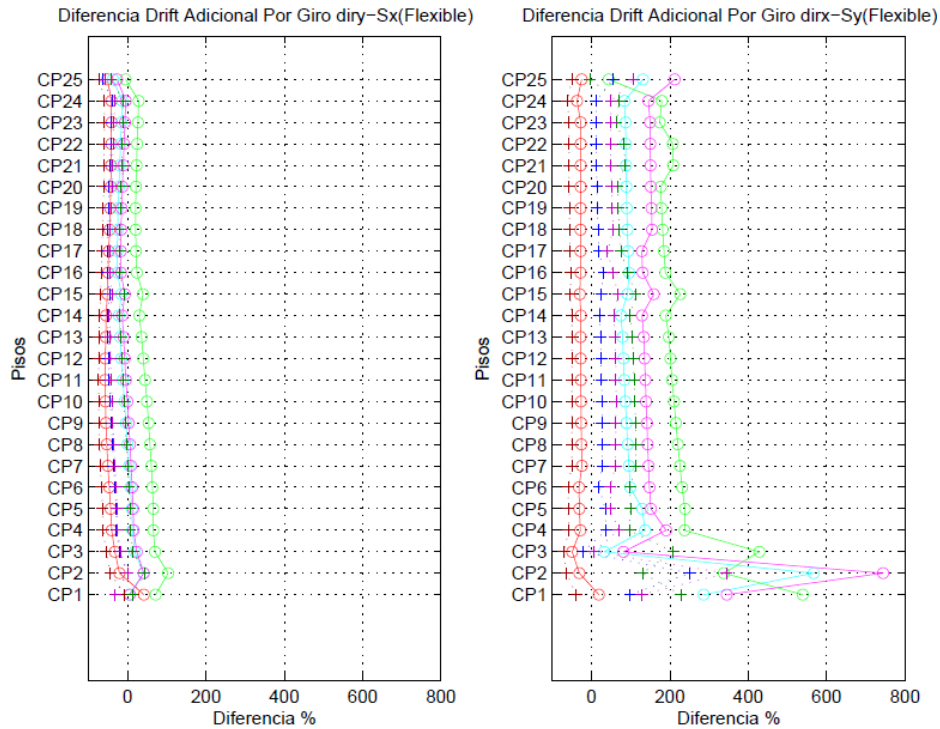
**Figura A.113: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. B (Directo, Diaf. Rigido.)**



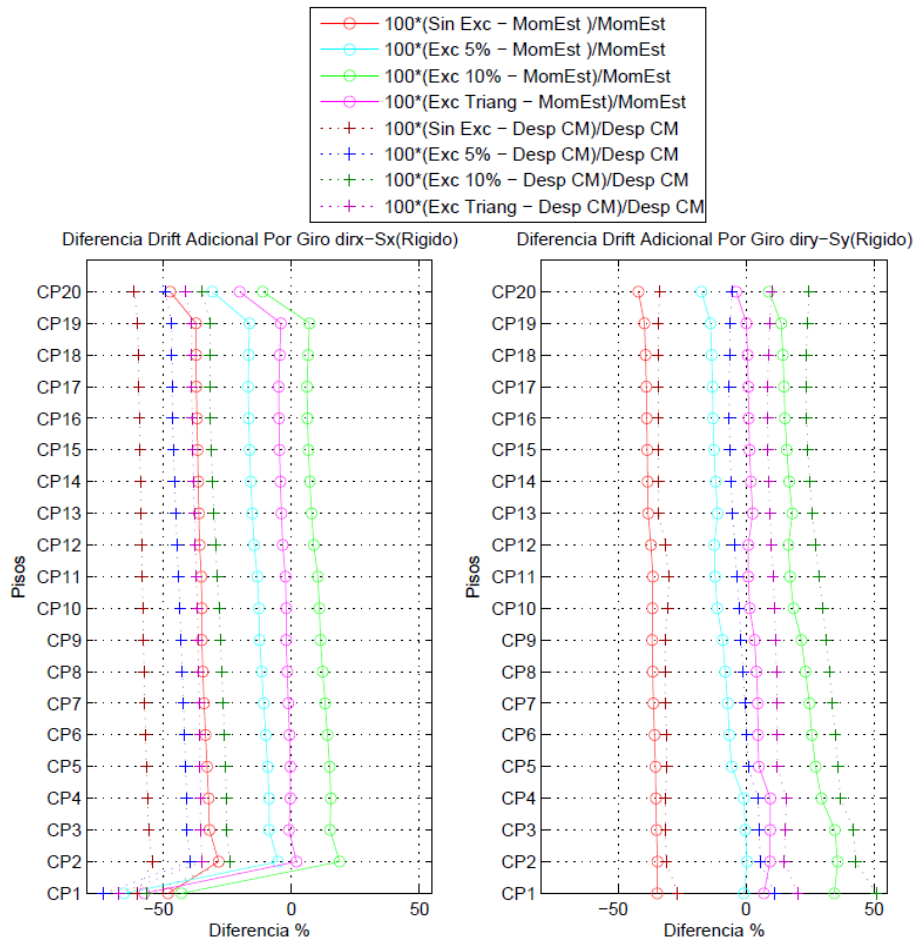
**Figura A.114: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. B (Indirecto, Diaf. Rigido.)**



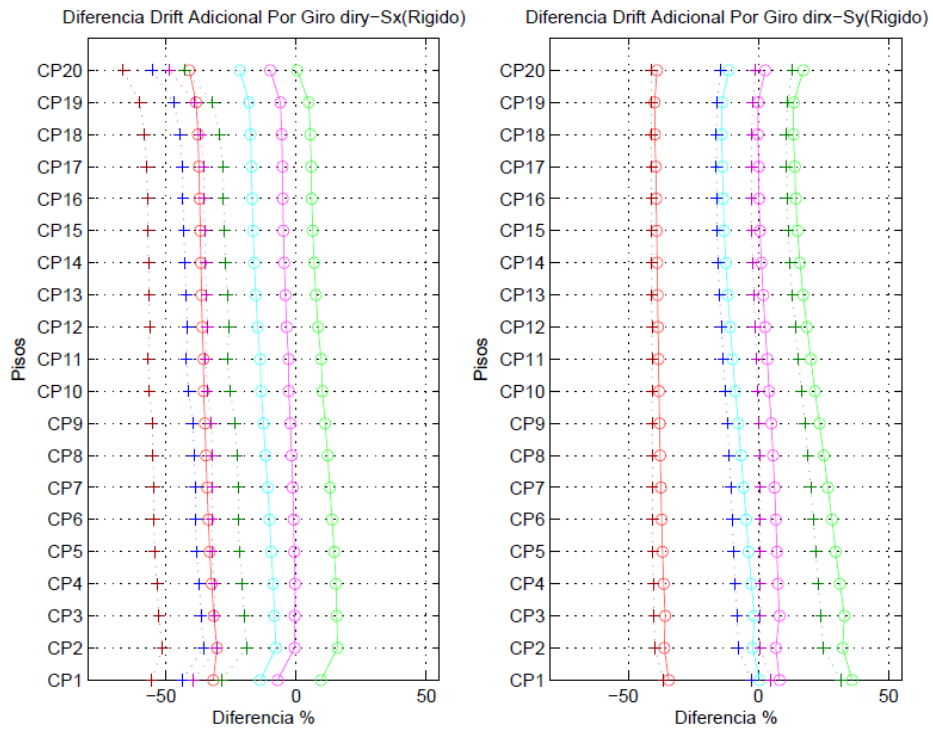
**Figura A.115: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. B (Directo, Diaf. Flex.)**



**Figura A.116: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. B (Indirecto, Diaf. Flex.)**

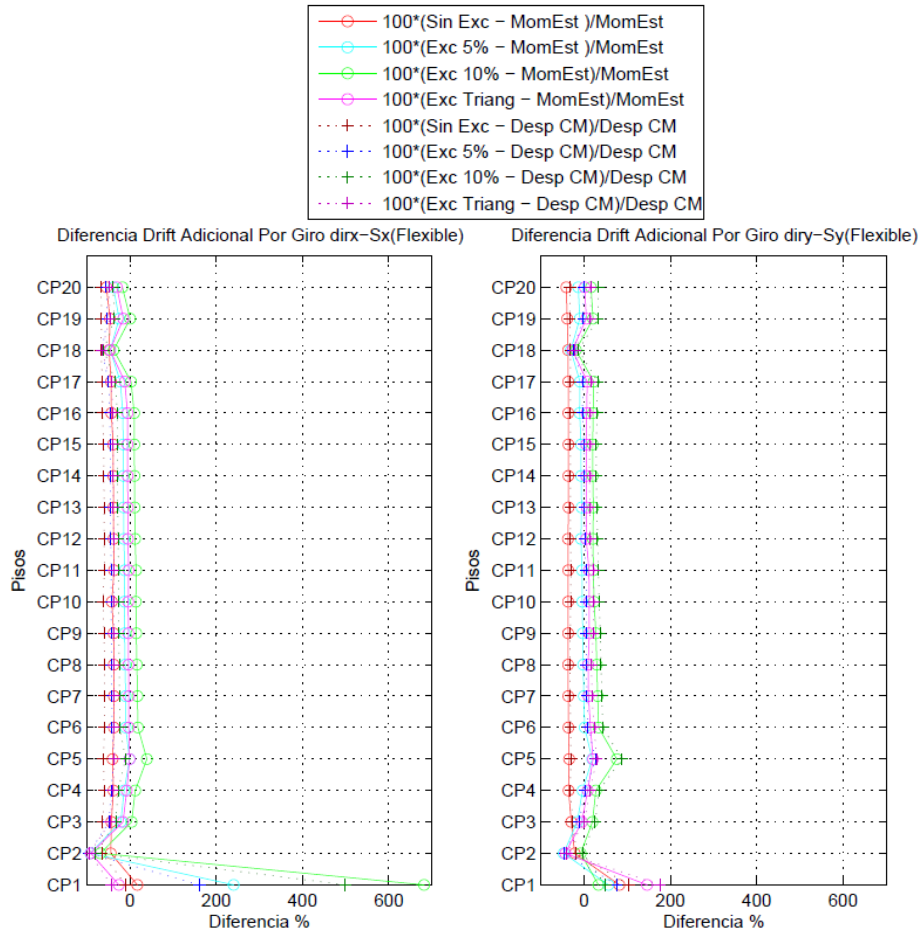


**Figura A.117: Dif. de Max. Drifts Adicionales (Giro), Edif. C (Directo, Diaf. Rigid.)**

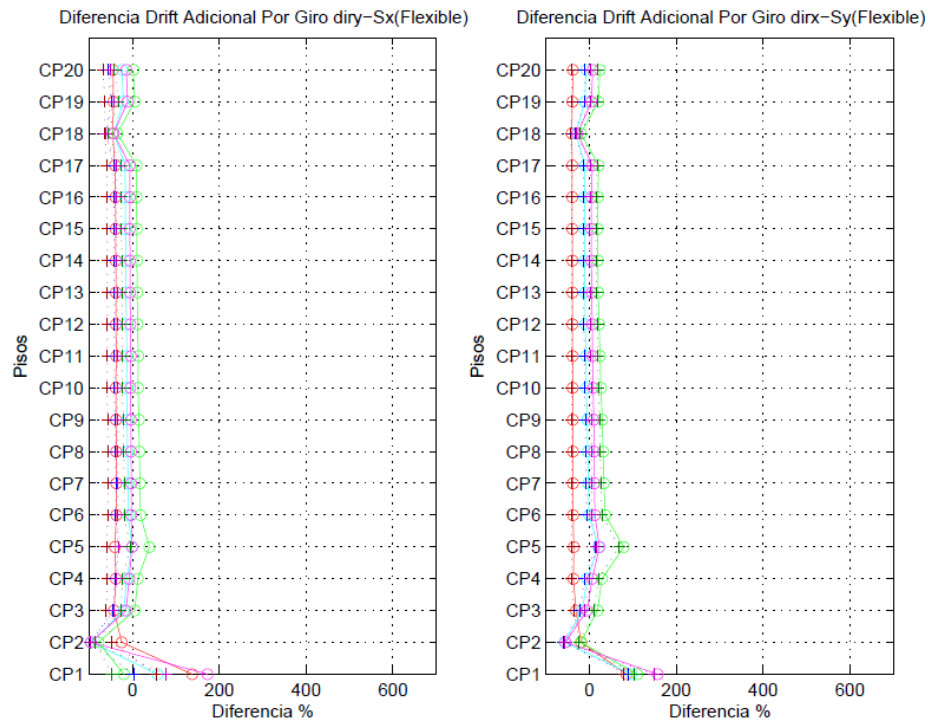


**Figura A.118: Dif. de Max. Drifts Adicionales (Giro), Edif. C (Indirecto, Diaf. Rigid.)**

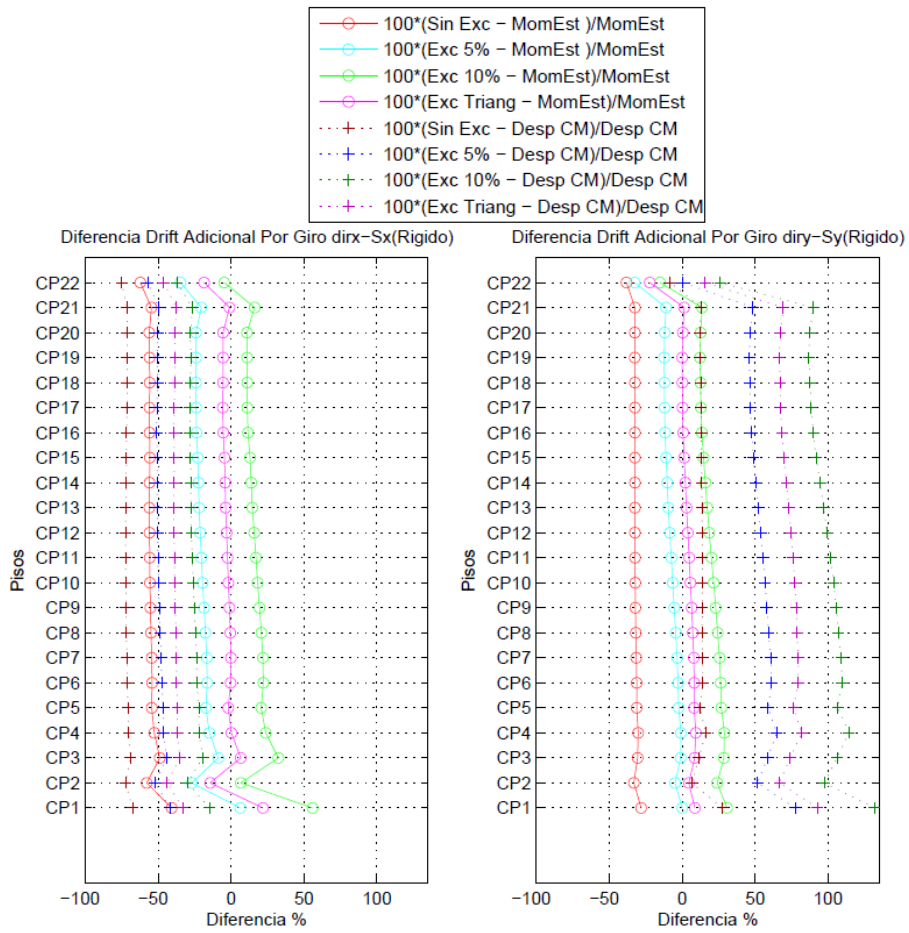




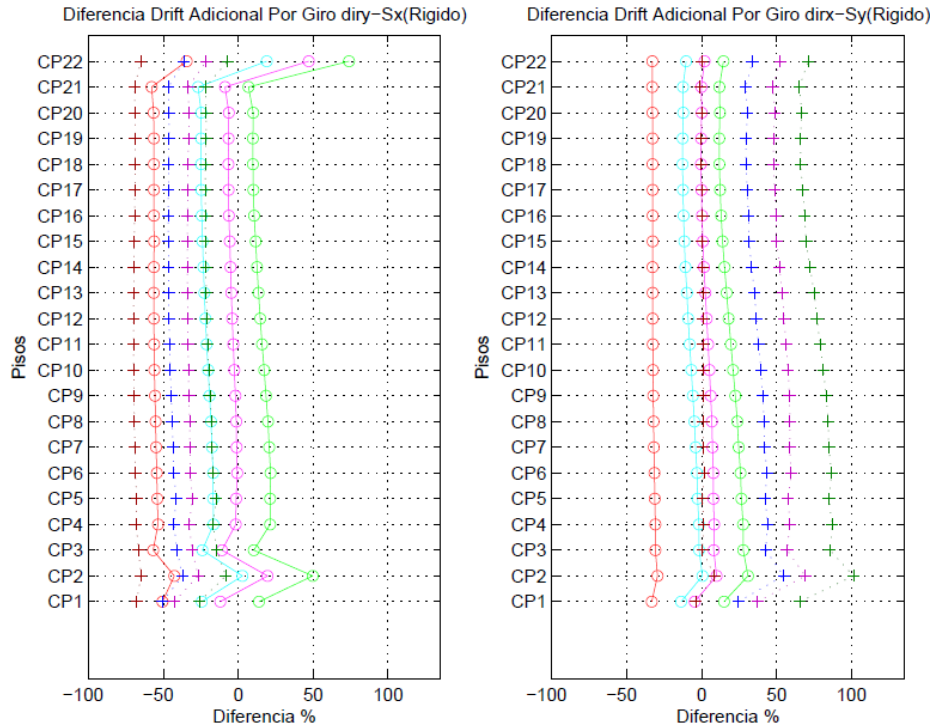
**Figura A.119: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. C (Directo, Diaf. Flex.)**



**Figura A.120: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. C (Indirecto, Diaf. Flex.)**



**Figura A.121: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. D (Directo, Diaf. Rigido.)**



**Figura A.122: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. D (Indirecto, Diaf. Rigido.)**



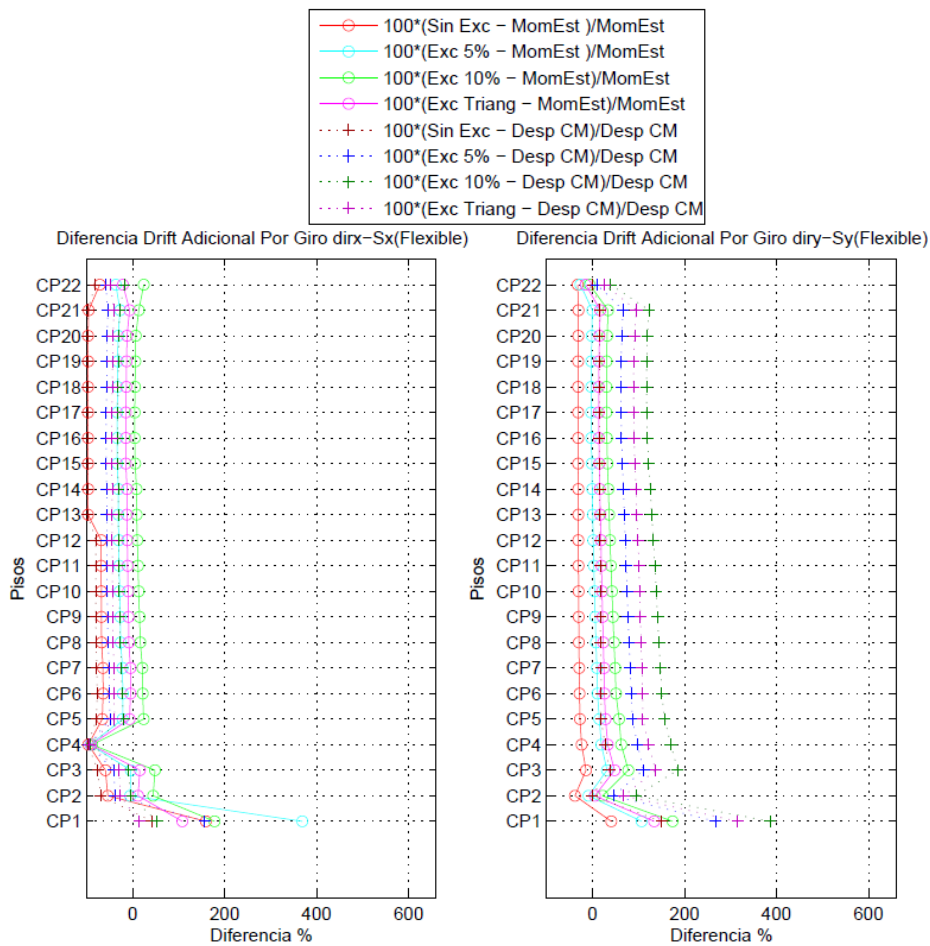


Figura A.123: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. D (Directo, Diaf. Flex.)

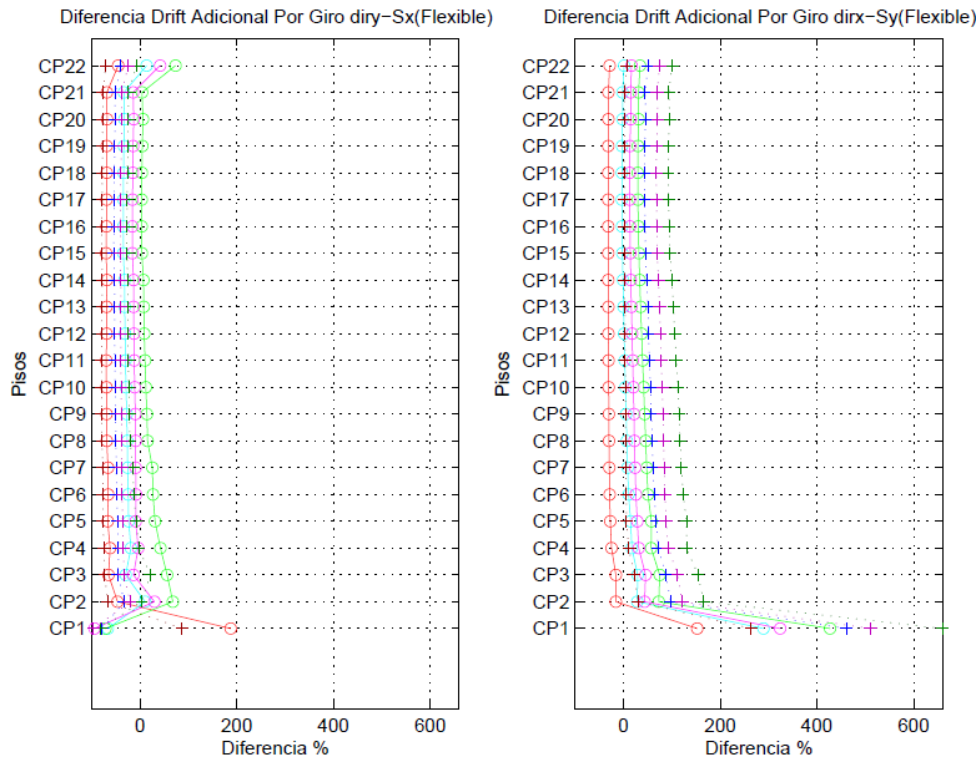
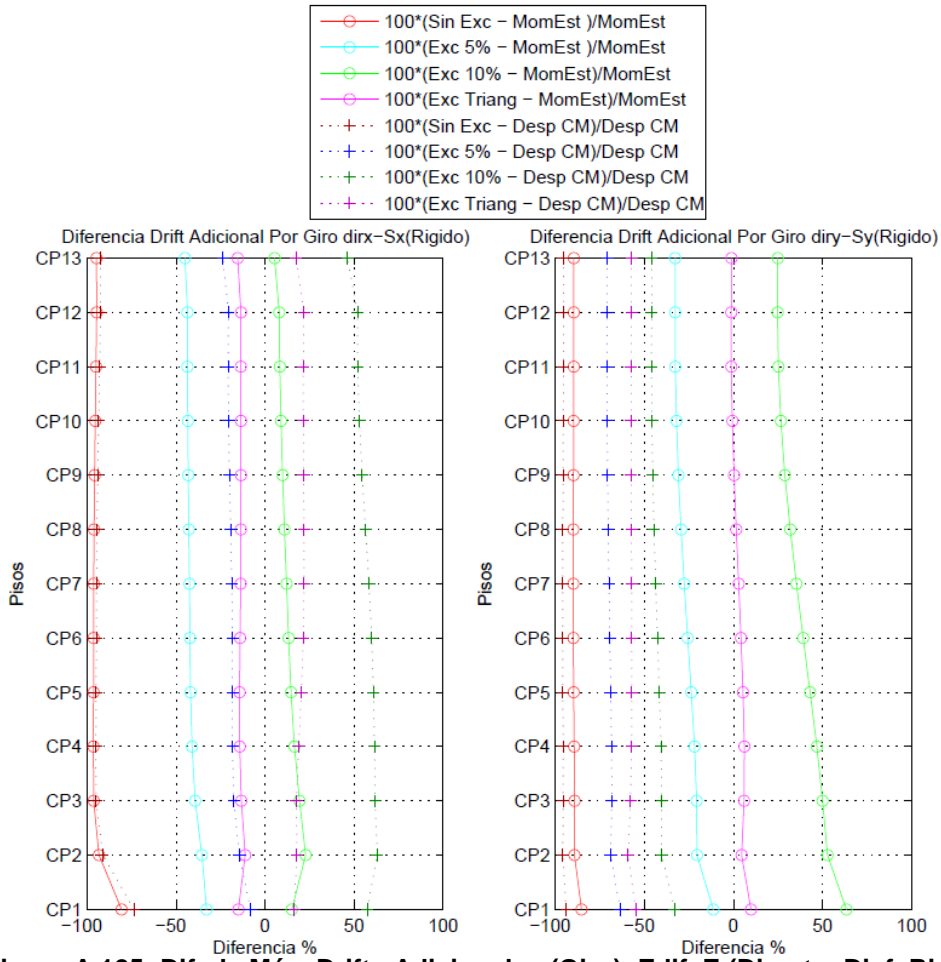
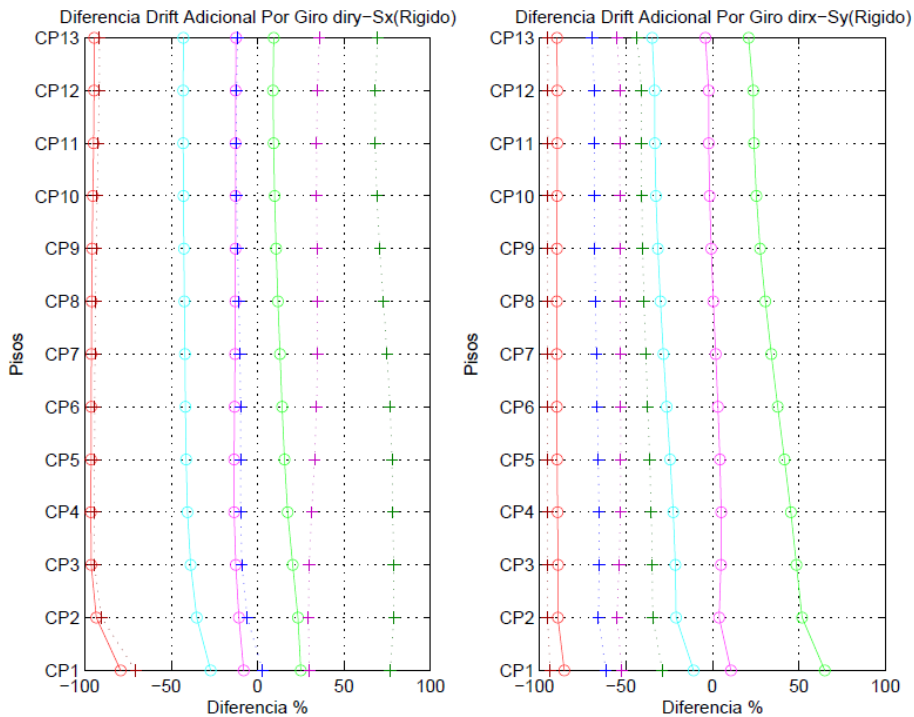


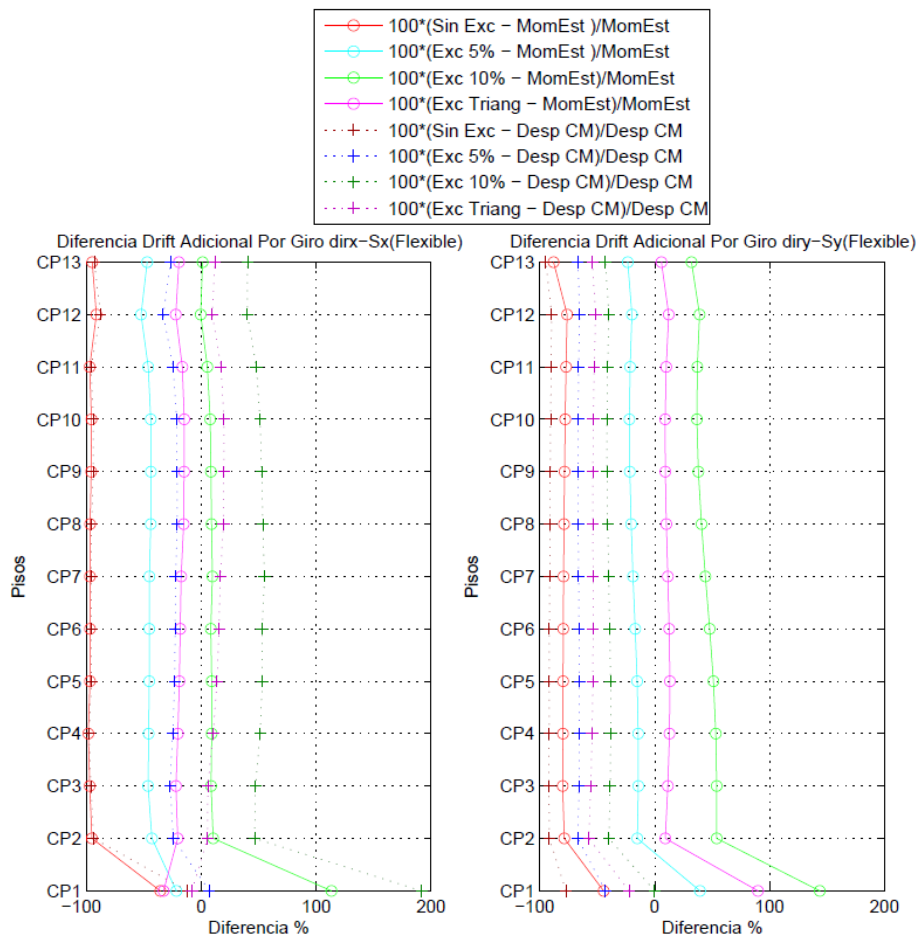
Figura A.124: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. D (Indirecto, Diaf. Flex.)



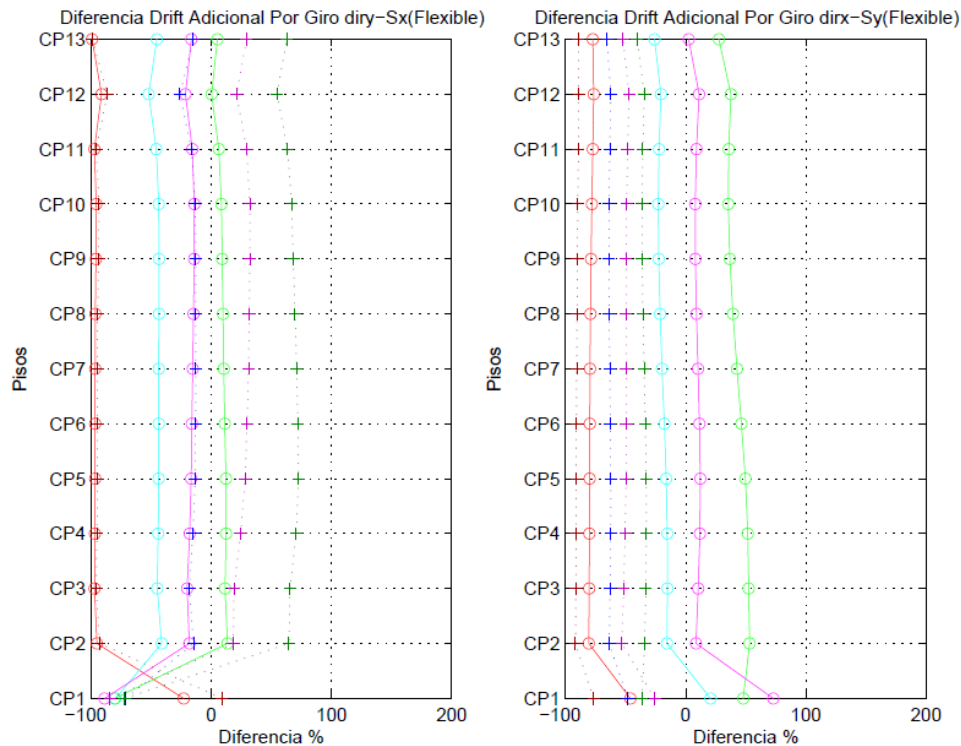
**Figura A.125: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. E (Directo, Diaf. Rigido.)**



**Figura A.126: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. E (Indirecto, Diaf. Rigido.)**



**Figura A.127: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. E (Directo, Diaf. Flex.)**



**Figura A.128: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. E (Indirecto, Diaf. Flex.)**

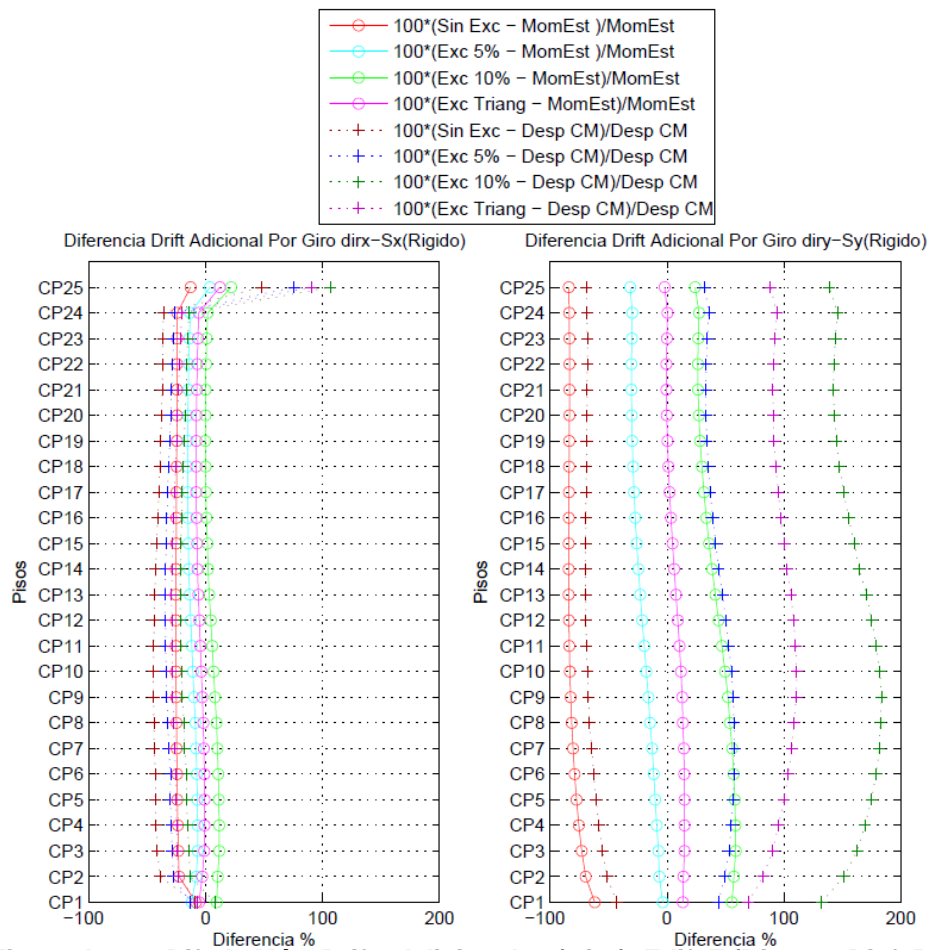


Figura A.129: Dif. de Max. Drifts Adicionales (Giro), Edif. F (Directo, Diaf. Rigid.)

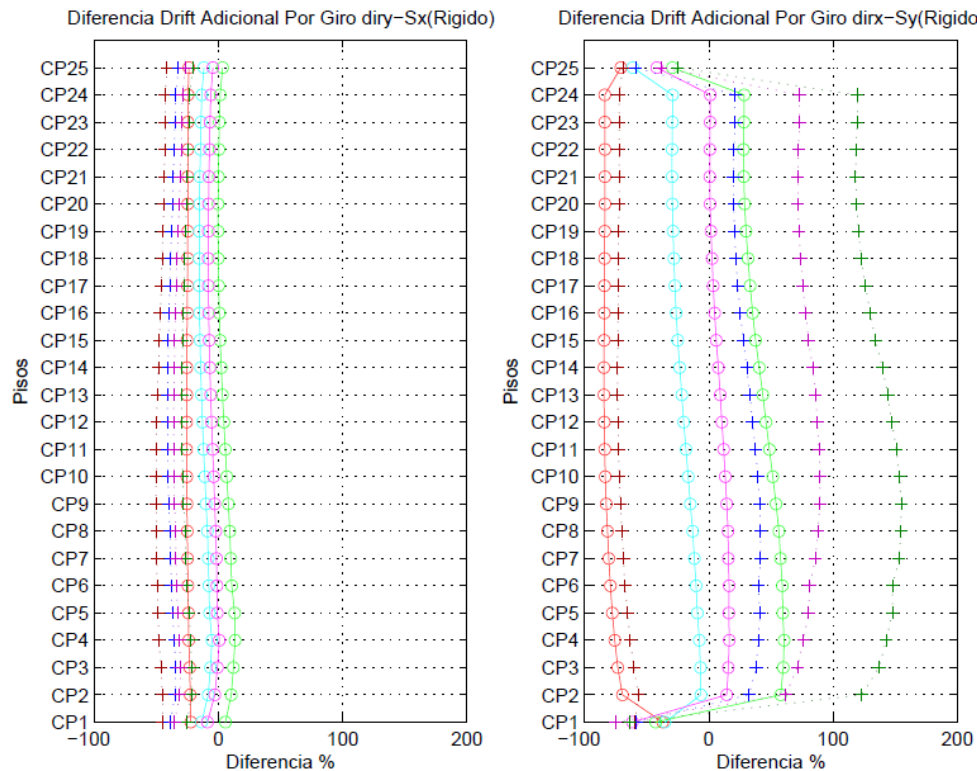


Figura A.130: Dif. de Max. Drifts Adicionales (Giro), Edif. F (Indirecto, Diaf. Rigid.)

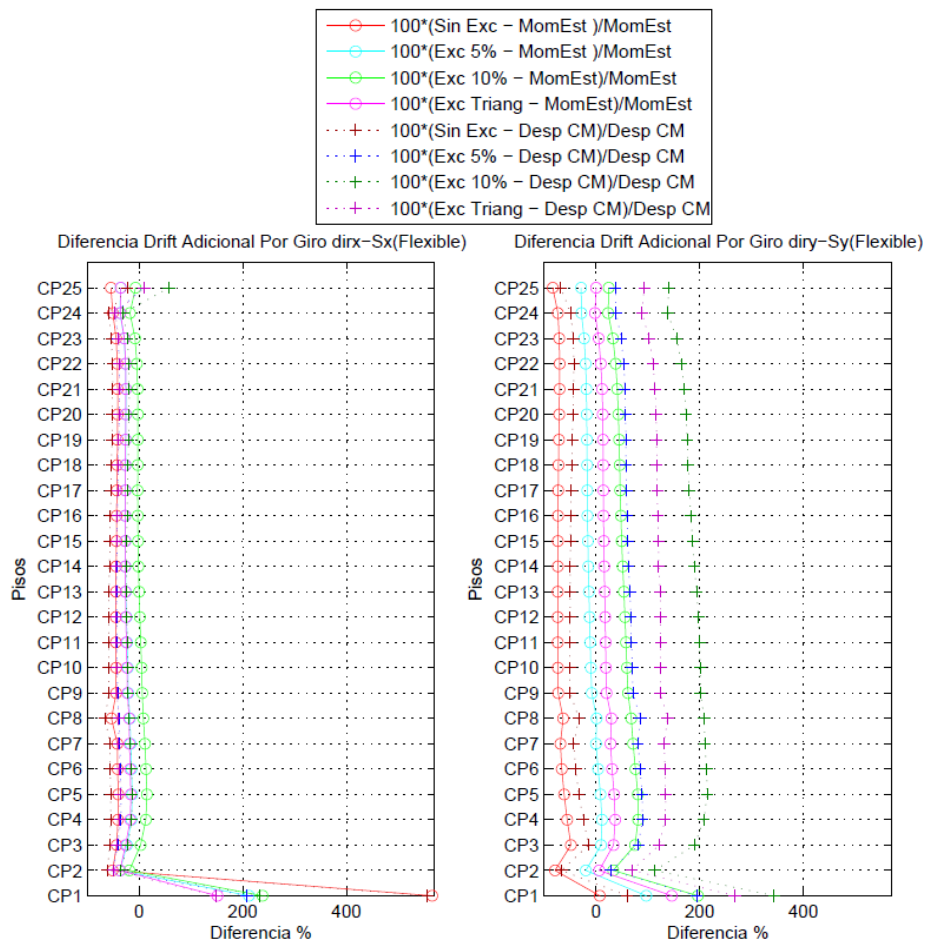


Figura A.131: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. F (Directo, Diaf. Flex.)

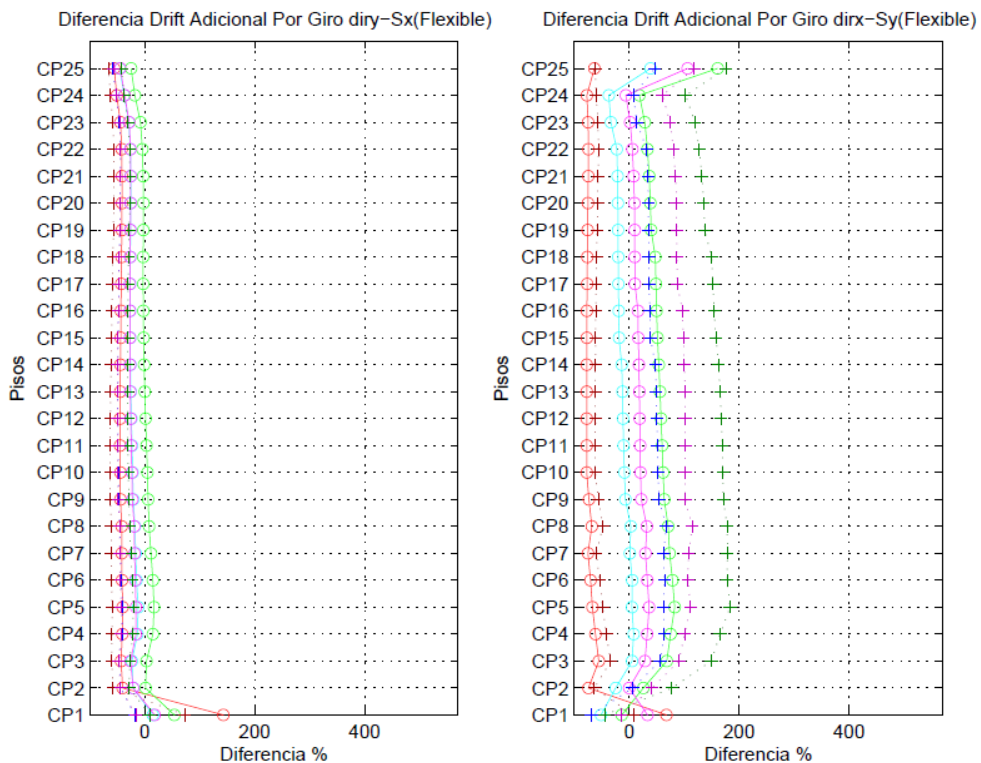


Figura A.132: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. F (Indirecto, Diaf. Flex.)

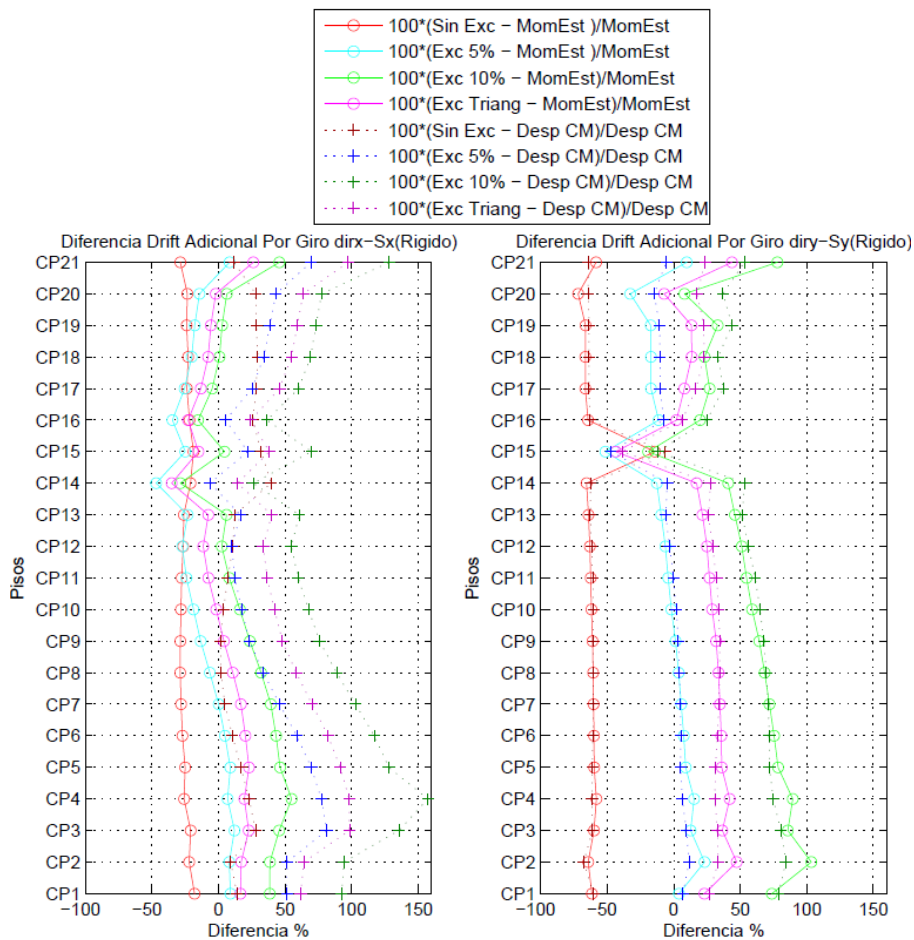


Figura A.133: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. G (Directo, Diaf. Rigido.)

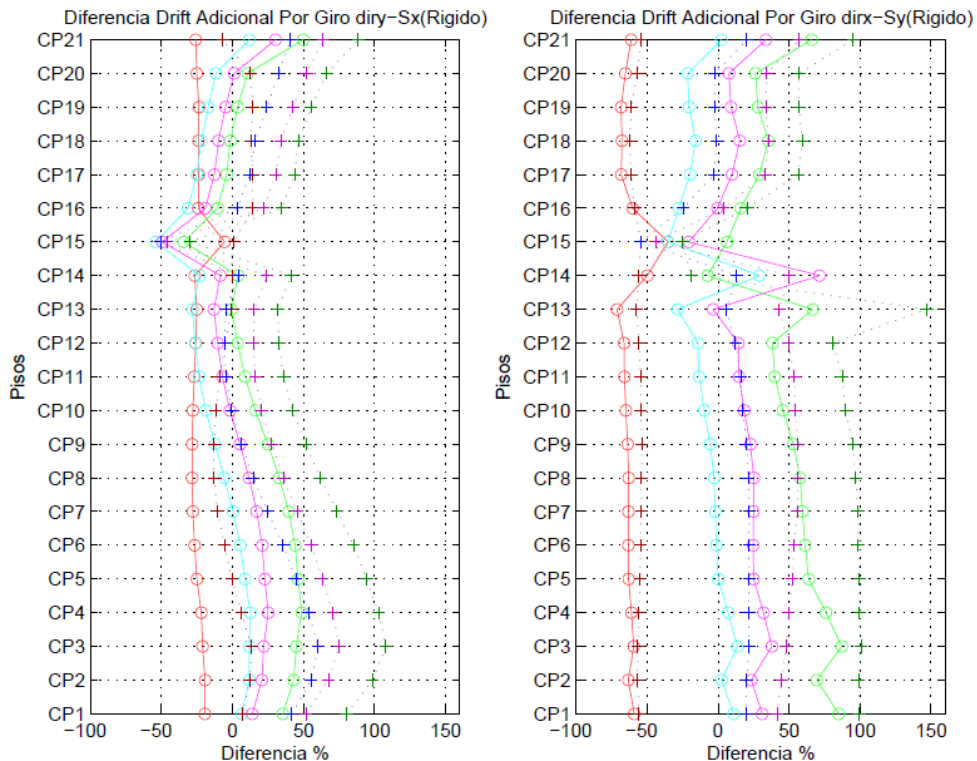
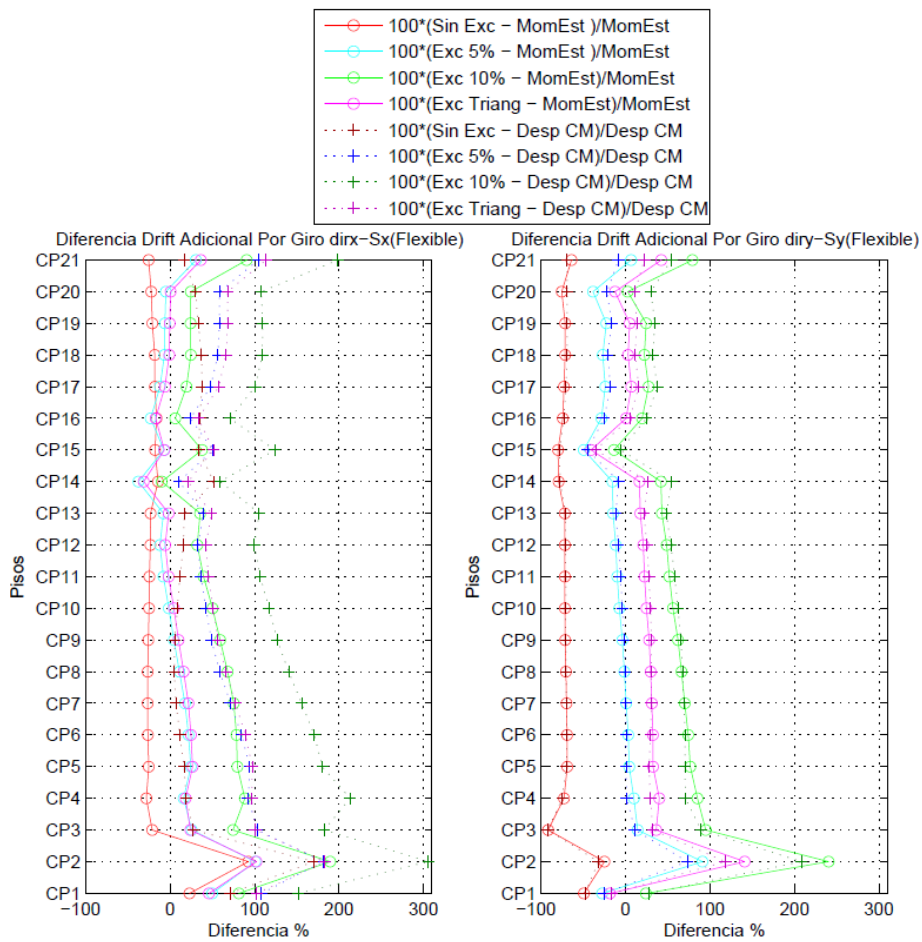
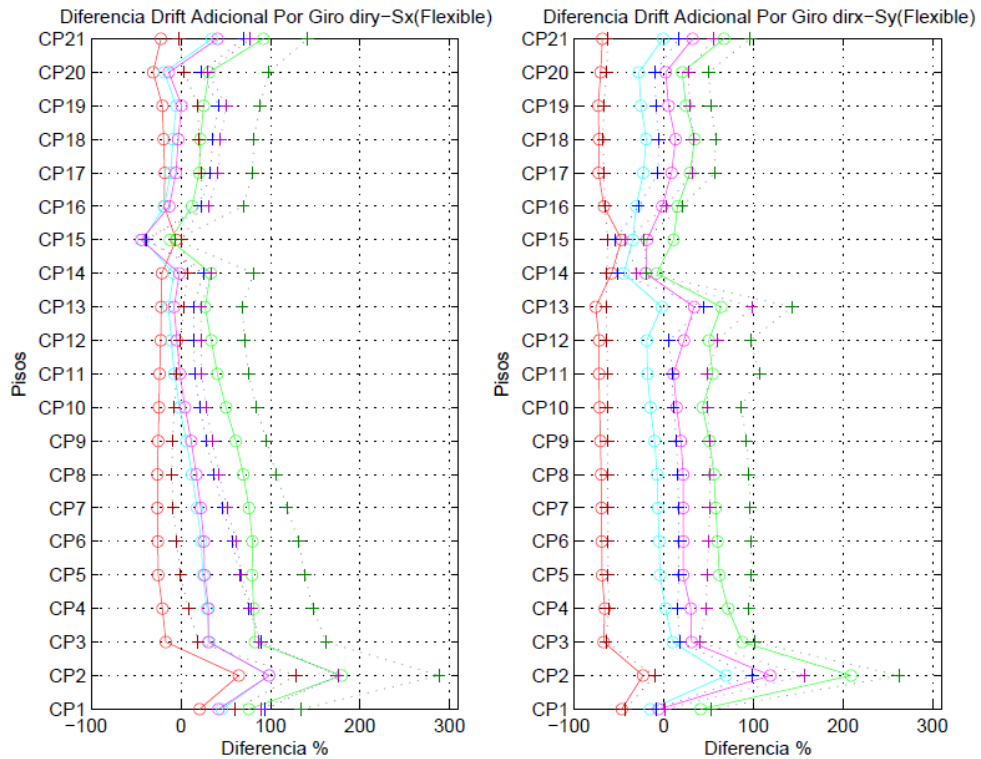


Figura A.134: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. G (Indirecto, Diaf. Rigido.)

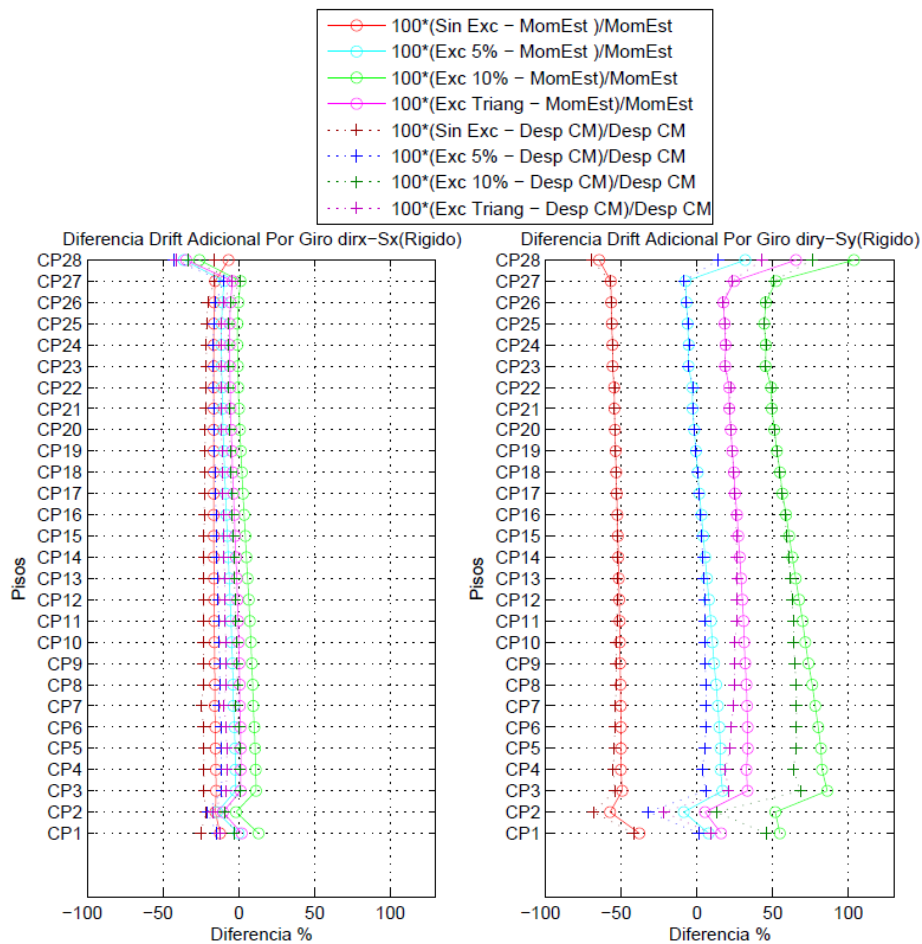




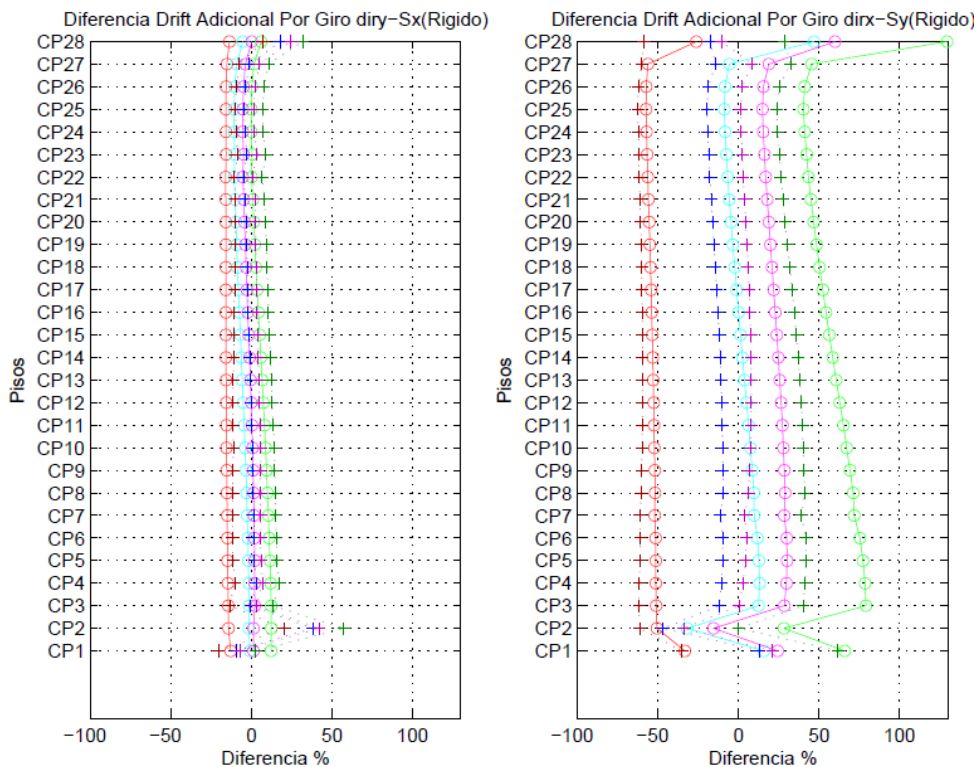
**Figura A.135: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. G (Directo, Diaf. Flex.)**



**Figura A.136: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. G (Indirecto, Diaf. Flex.)**

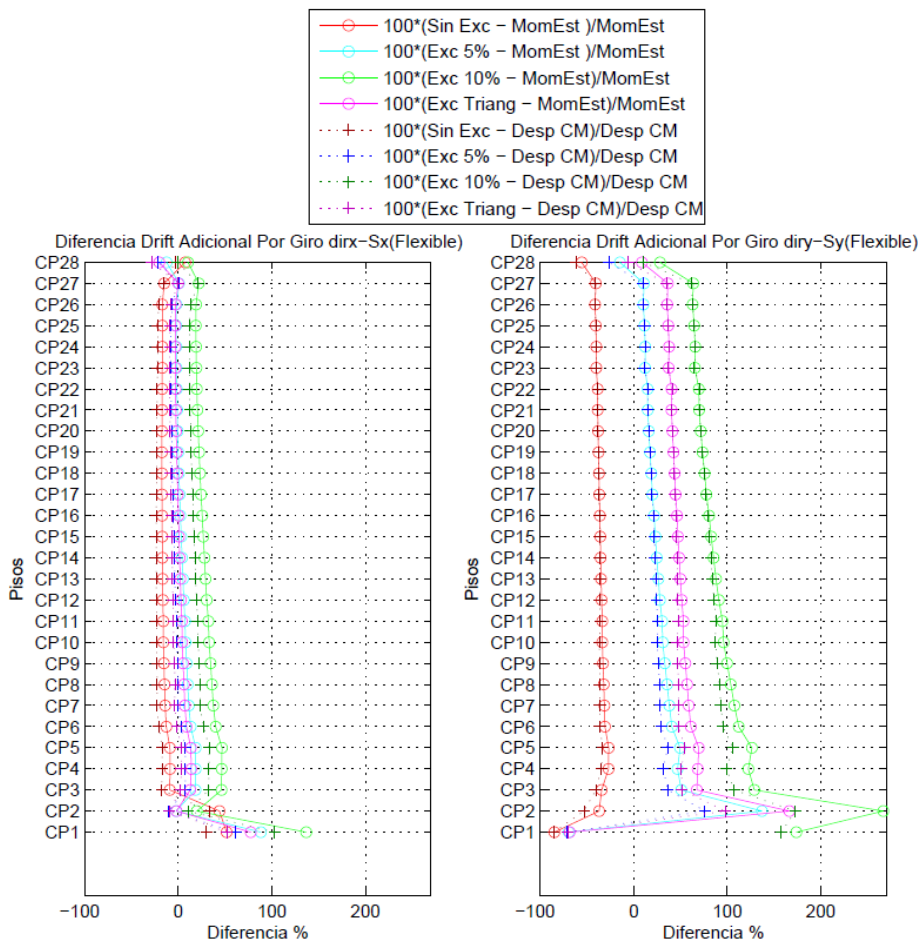


**Figura A.137: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. H (Directo, Diaf. Rigido.)**

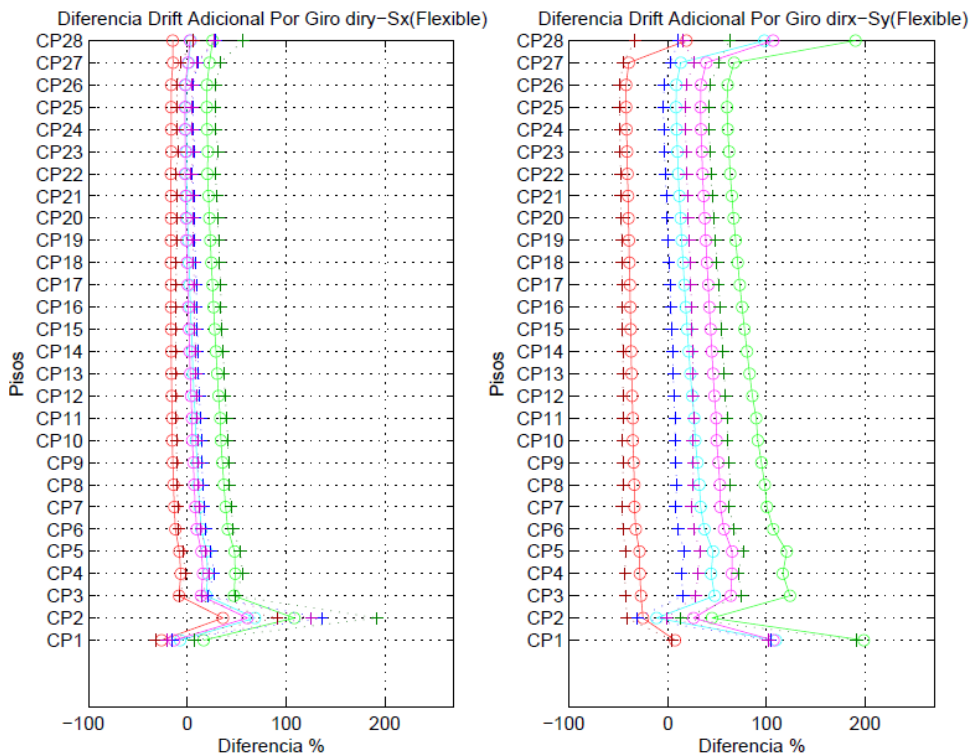


**Figura A.138: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. H (Indirecto, Diaf. Rigido.)**

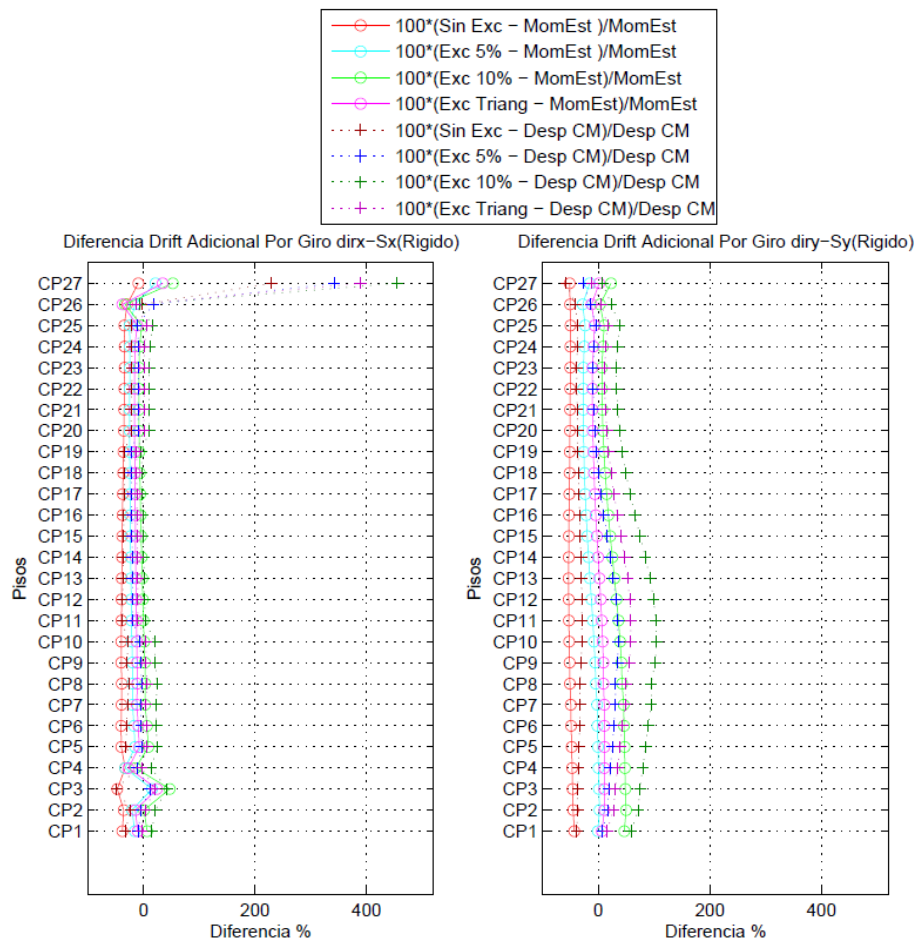




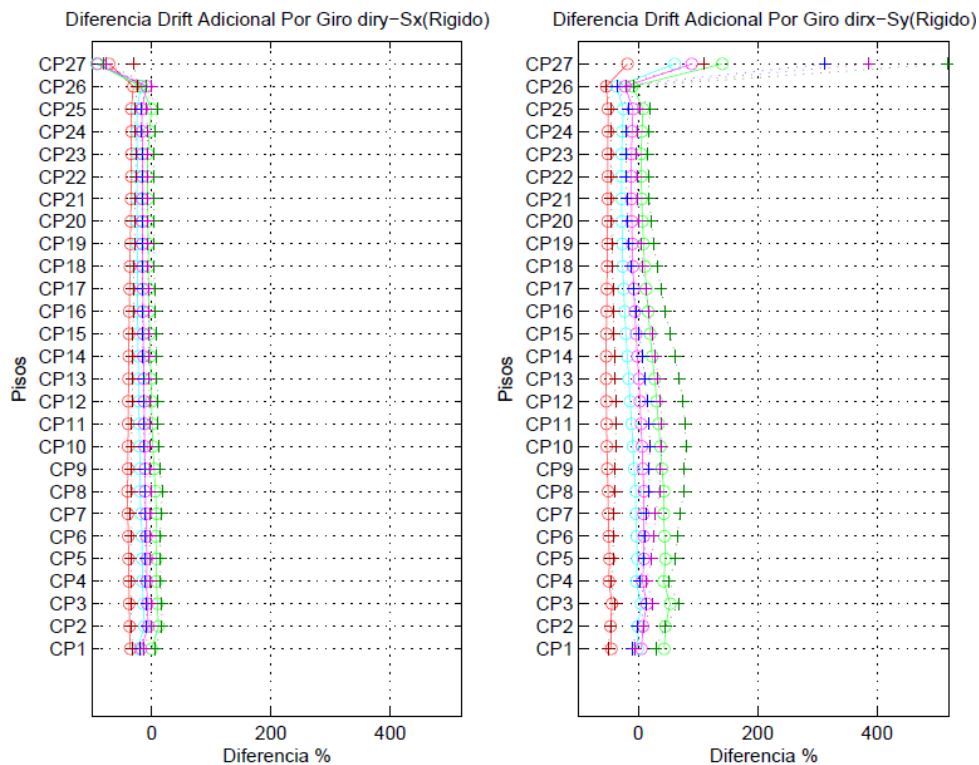
**Figura A.139: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. H (Directo, Diaf. Flex.)**



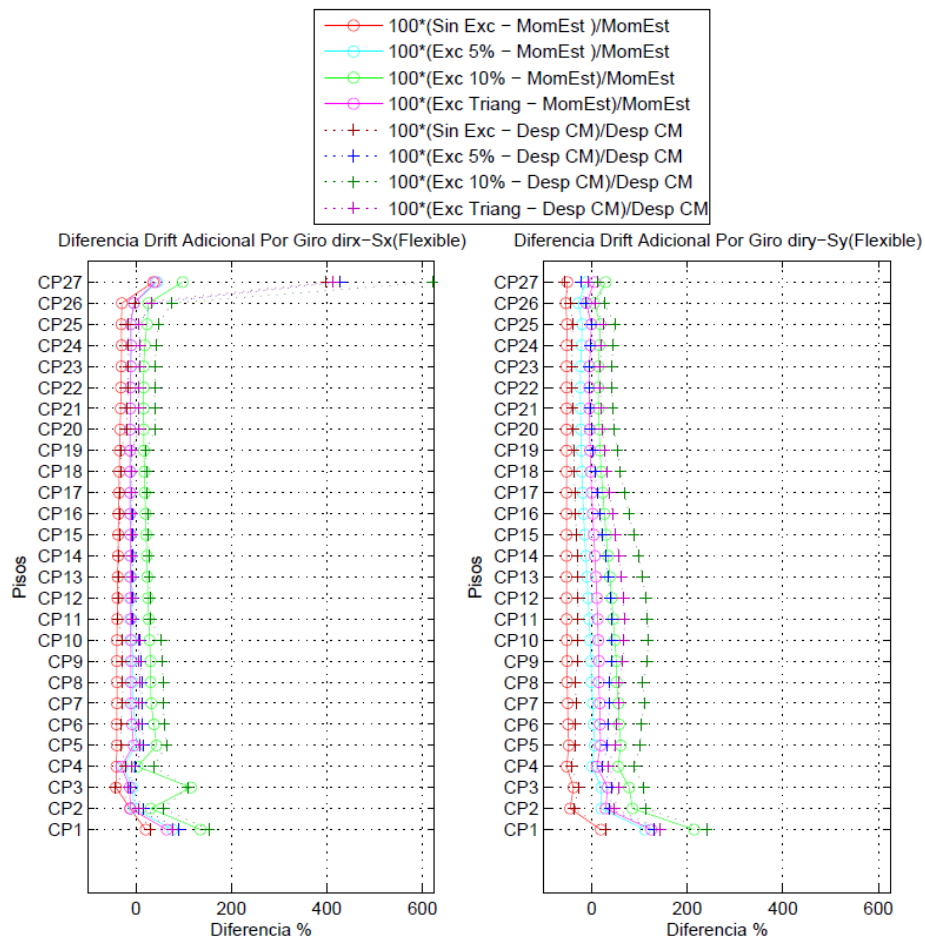
**Figura A.140: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. H (Indirecto, Diaf. Flex.)**



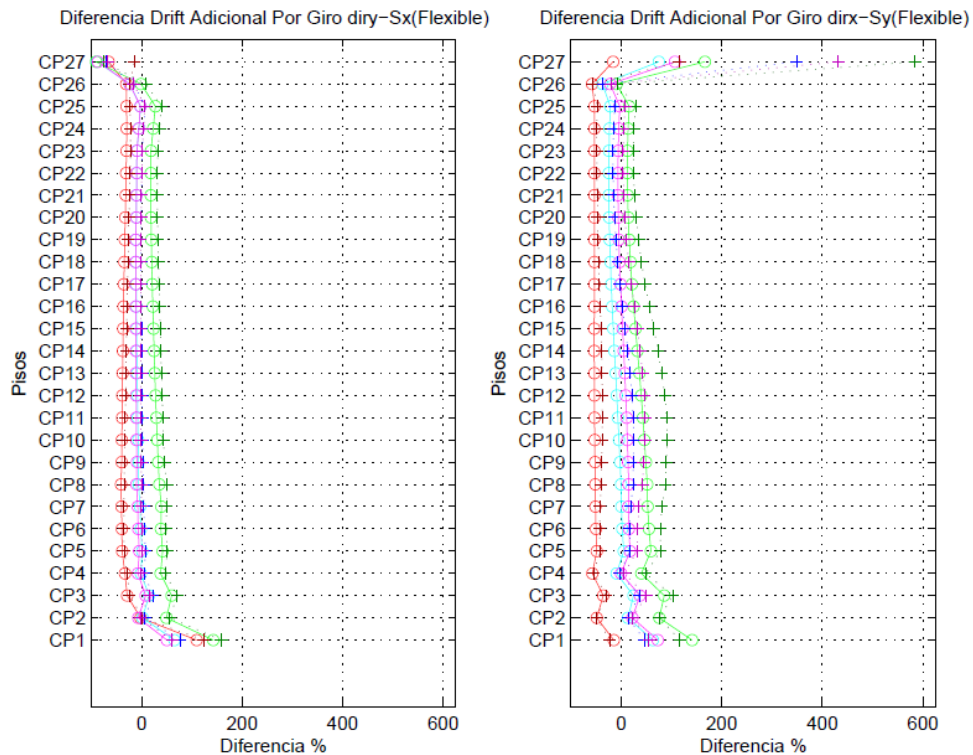
**Figura A.141: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. I (Directo, Diaf. Rigid.)**



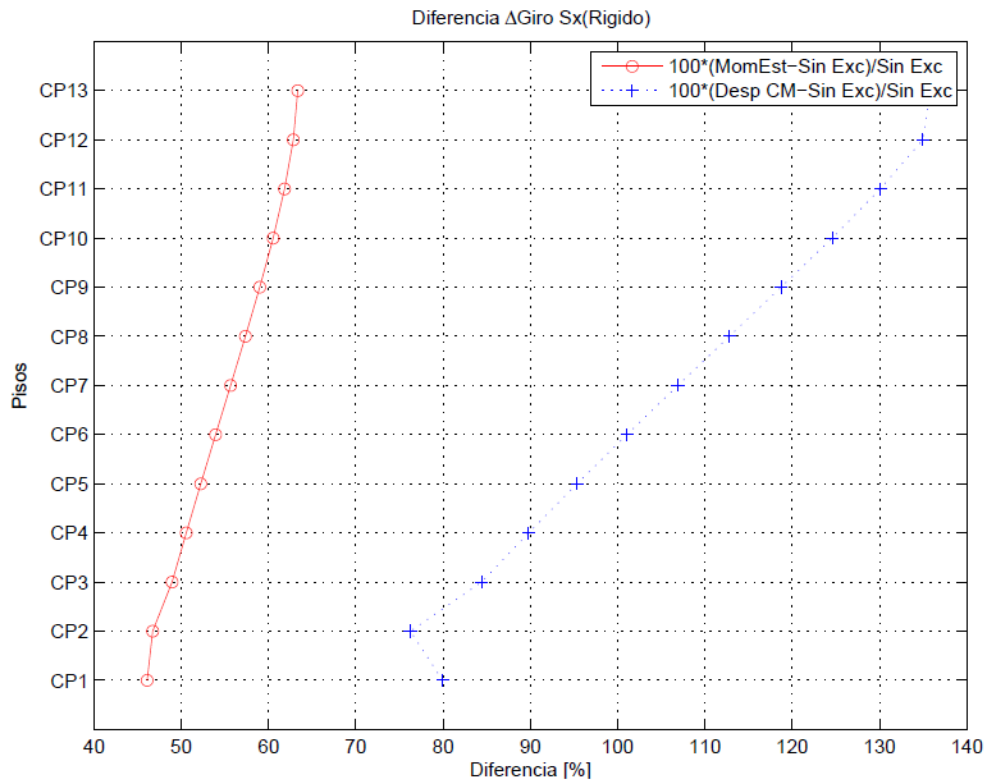
**Figura A.142: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. I (Indirecto, Diaf. Rigid.)**



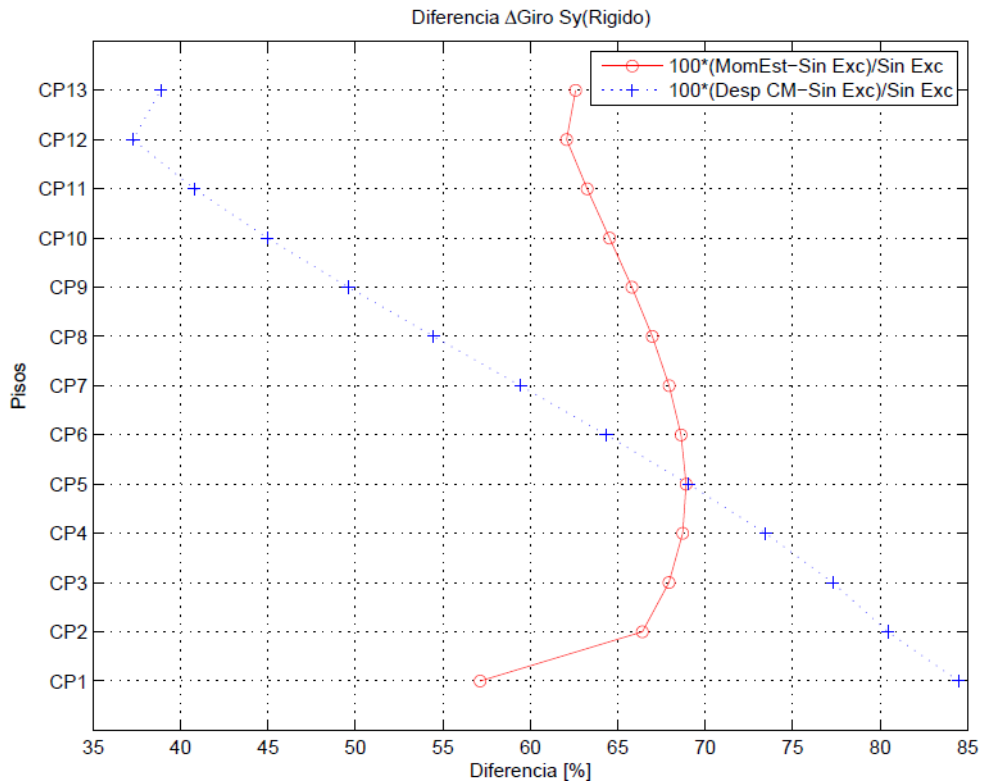
**Figura A.143: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. I (Directo, Diaf. Flex.)**



**Figura A.144: Dif. de Máx. Drifts Adicionales (Giro), Edif. I (Indirecto, Diaf. Flex.)**



**Figura A.145: Diferencia delta giro, Edif. A (Sismo X, Diafragma Rigido)**



**Figura A.146: Diferencia delta giro, Edif. A (Sismo Y, Diafragma Rigido)**

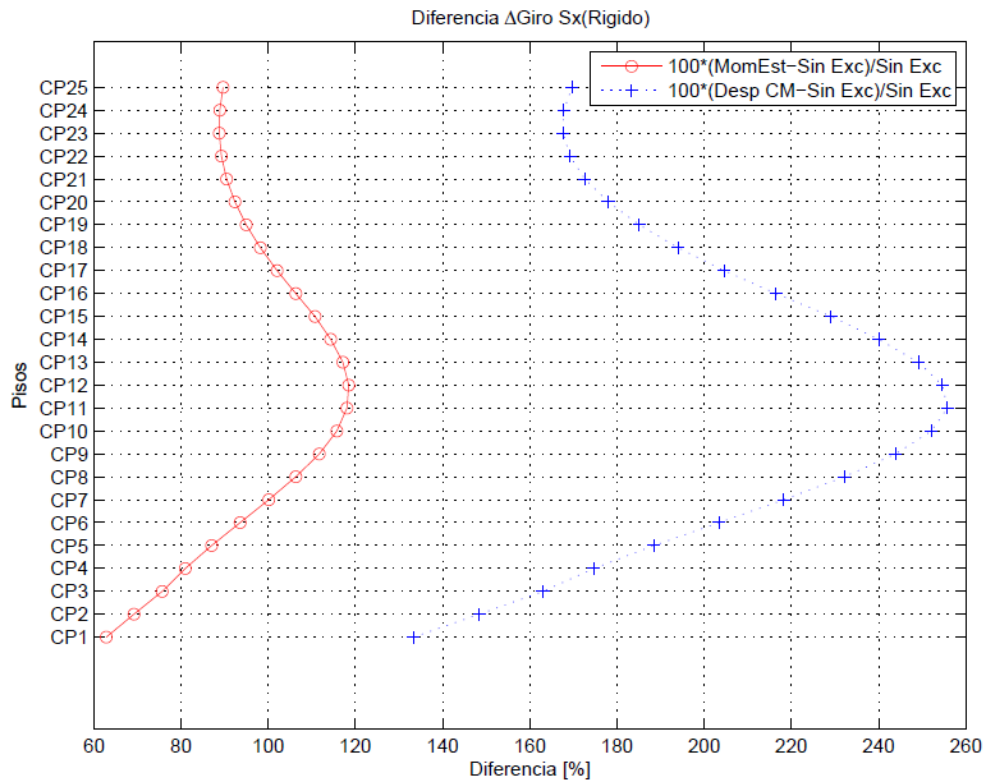


Figura A.147: Diferencia delta giro, Edif. B (Sismo X, Diafragma Rigido)

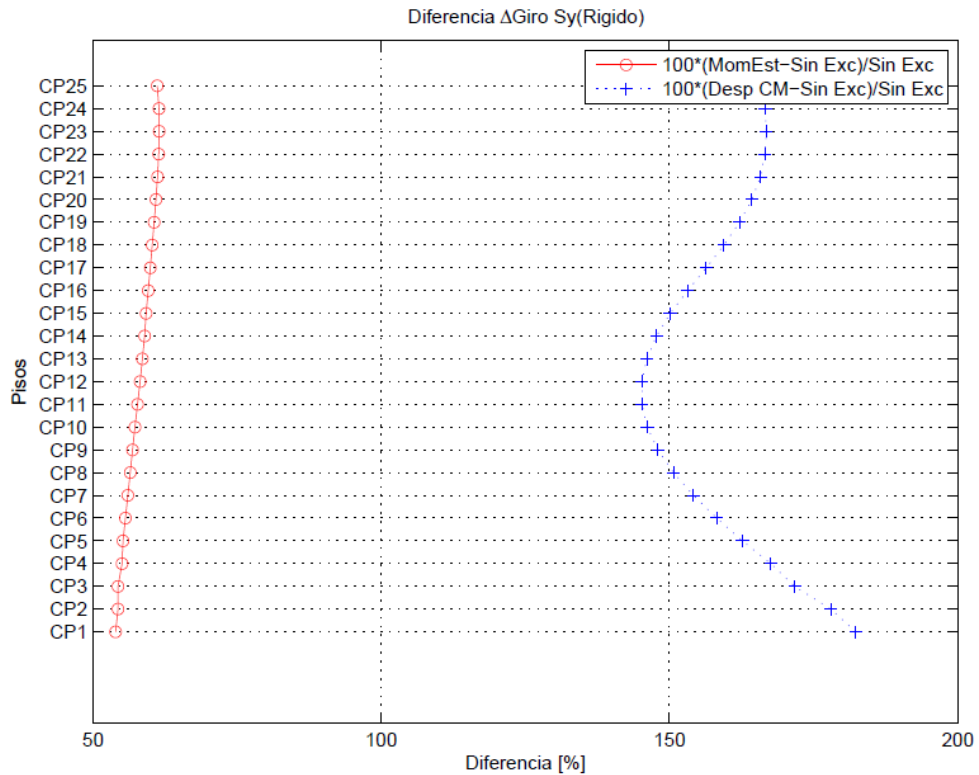


Figura A.148: Diferencia delta giro, Edif. B (Sismo Y, Diafragma Rigido)

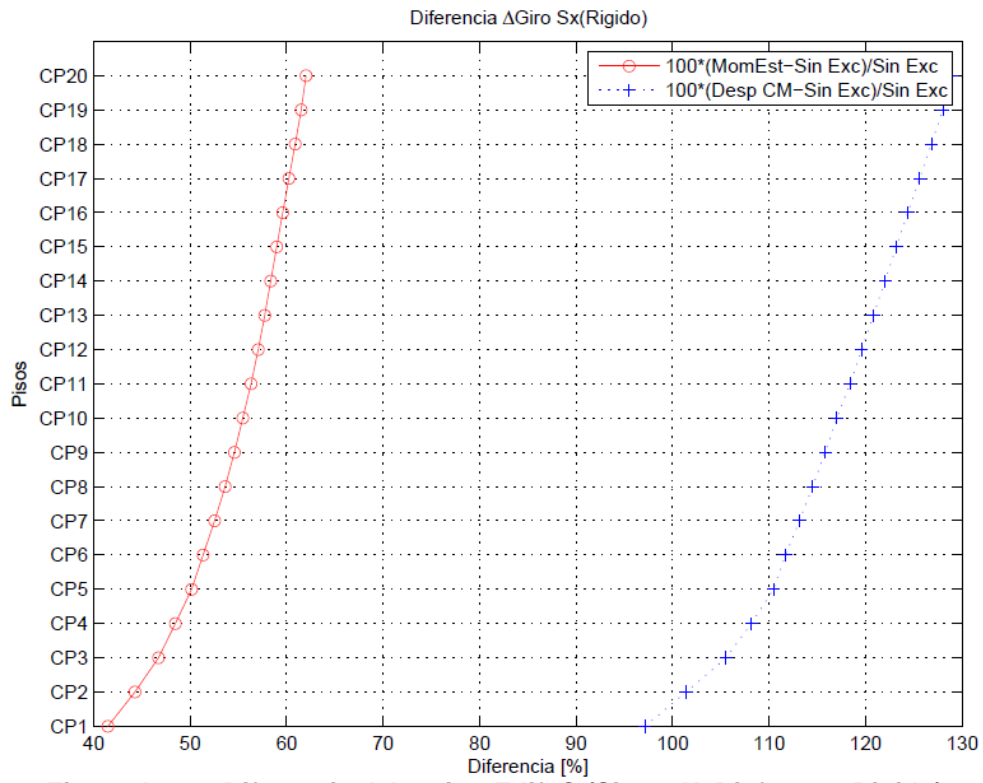


Figura A.149: Diferencia delta giro, Edif. C (Sismo X, Diafragma Rigido)

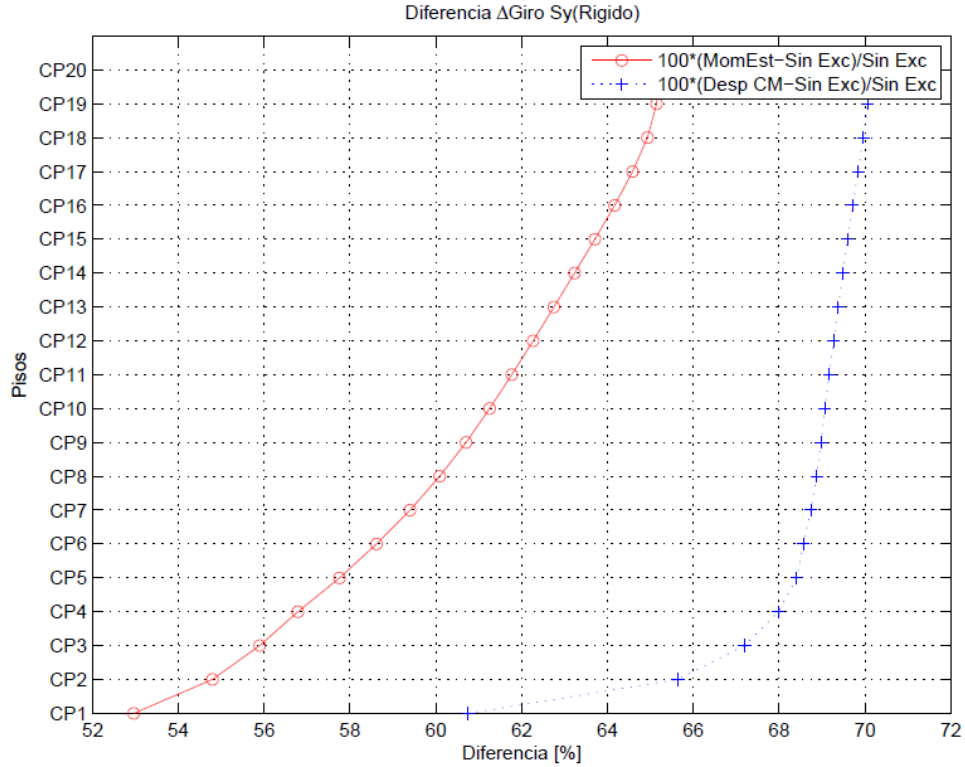


Figura A.150: Diferencia delta giro, Edif. C (Sismo Y, Diafragma Rigido)

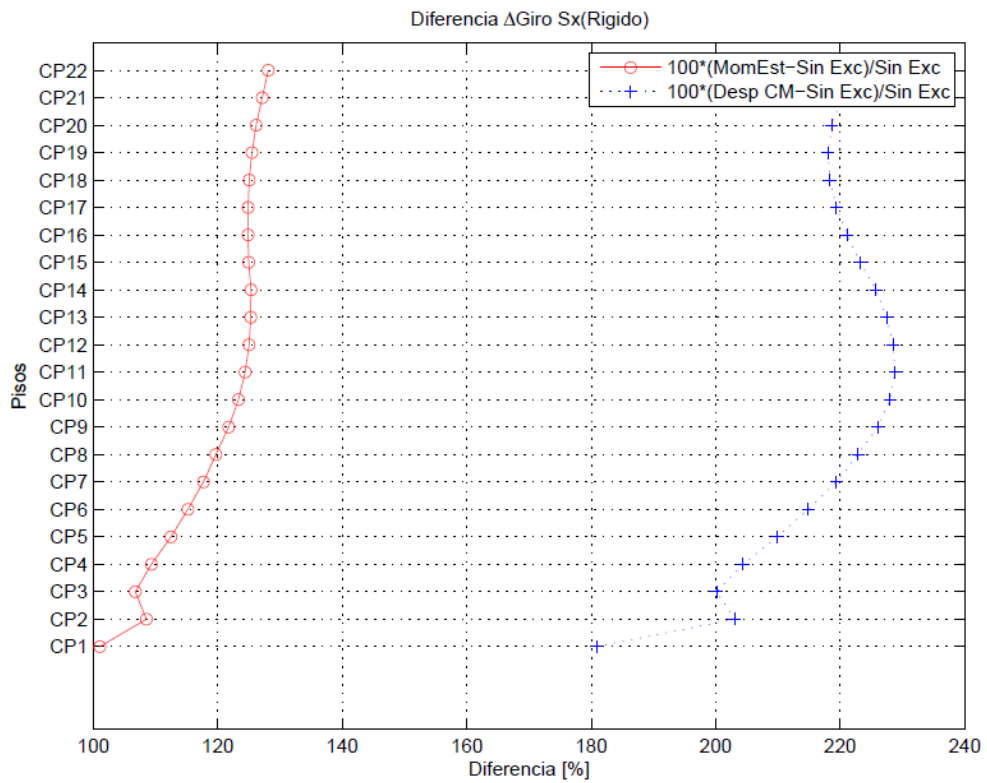


Figura A.151: Diferencia delta giro, Edif. D (Sismo X, Diafragma Rigido)

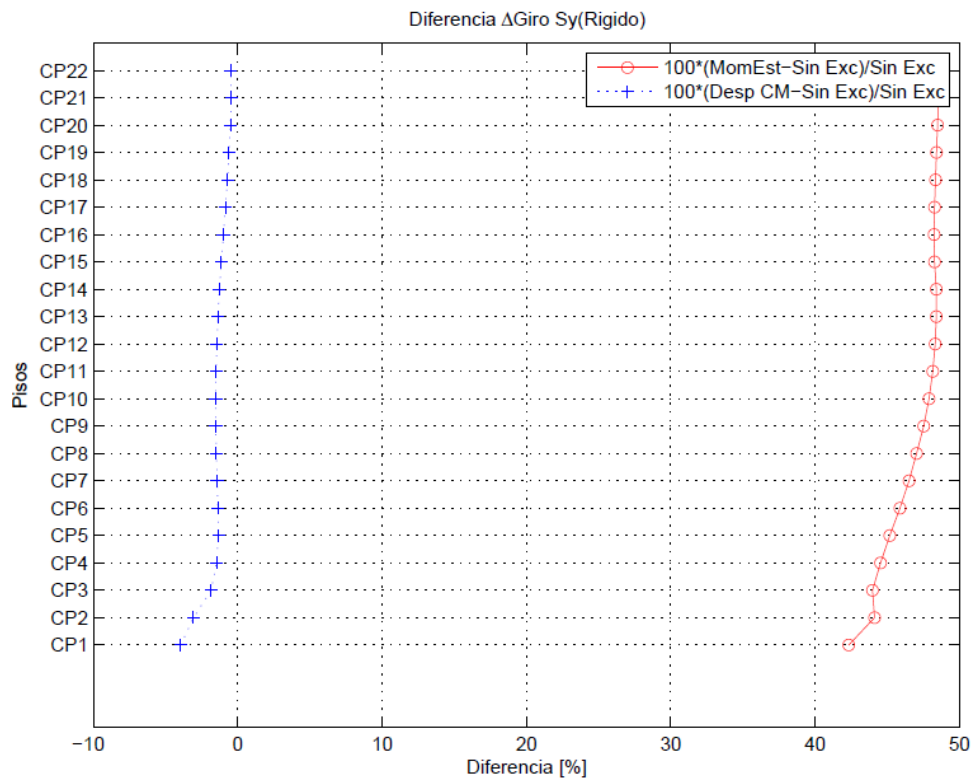
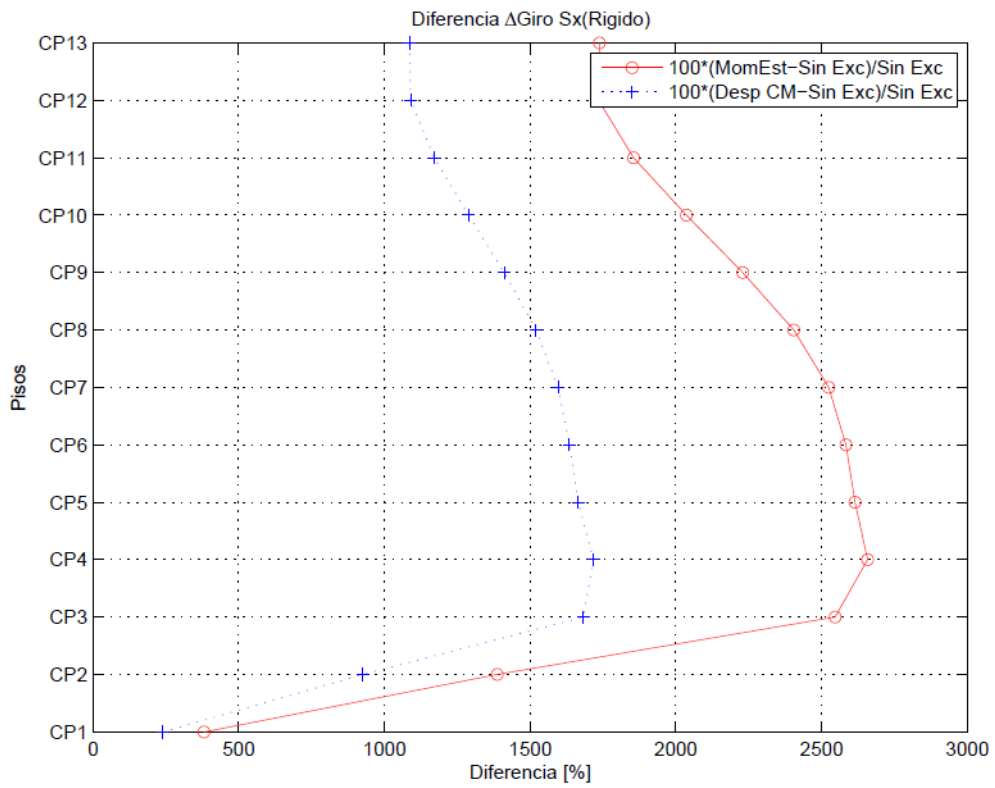
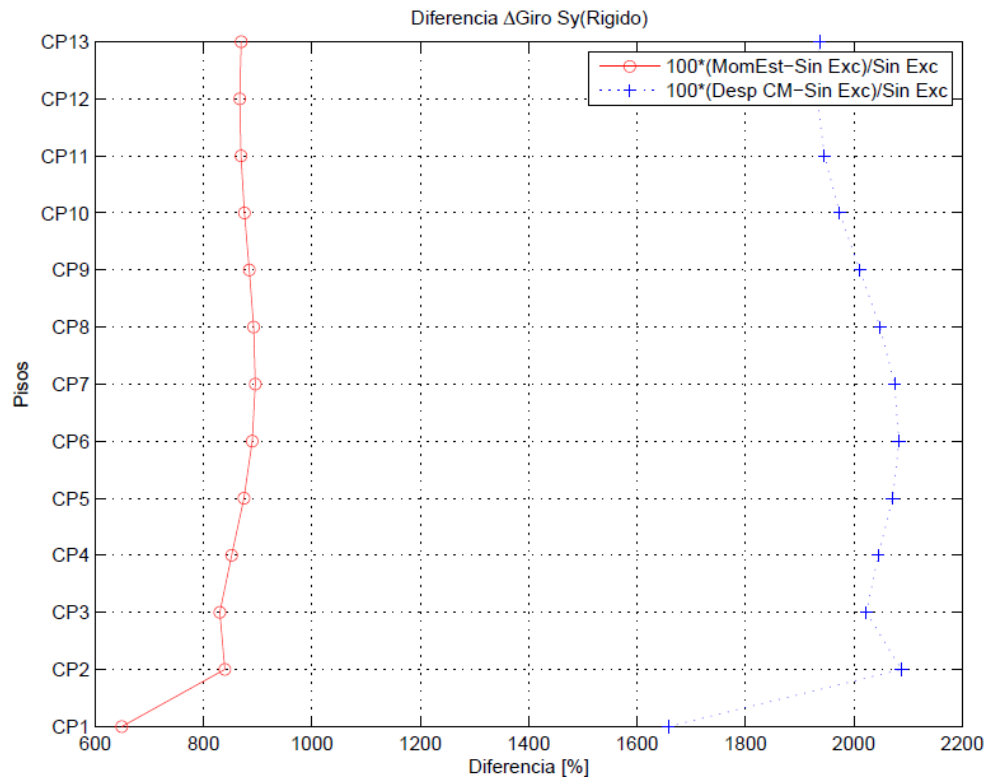


Figura A.152: Diferencia delta giro, Edif. D (Sismo Y, Diafragma Rigido)



**Figura A.153: Diferencia delta giro, Edif. E (Sismo X, Diafragma Rigido)**



**Figura A.154: Diferencia delta giro, Edif. E (Sismo Y, Diafragma Rigido)**



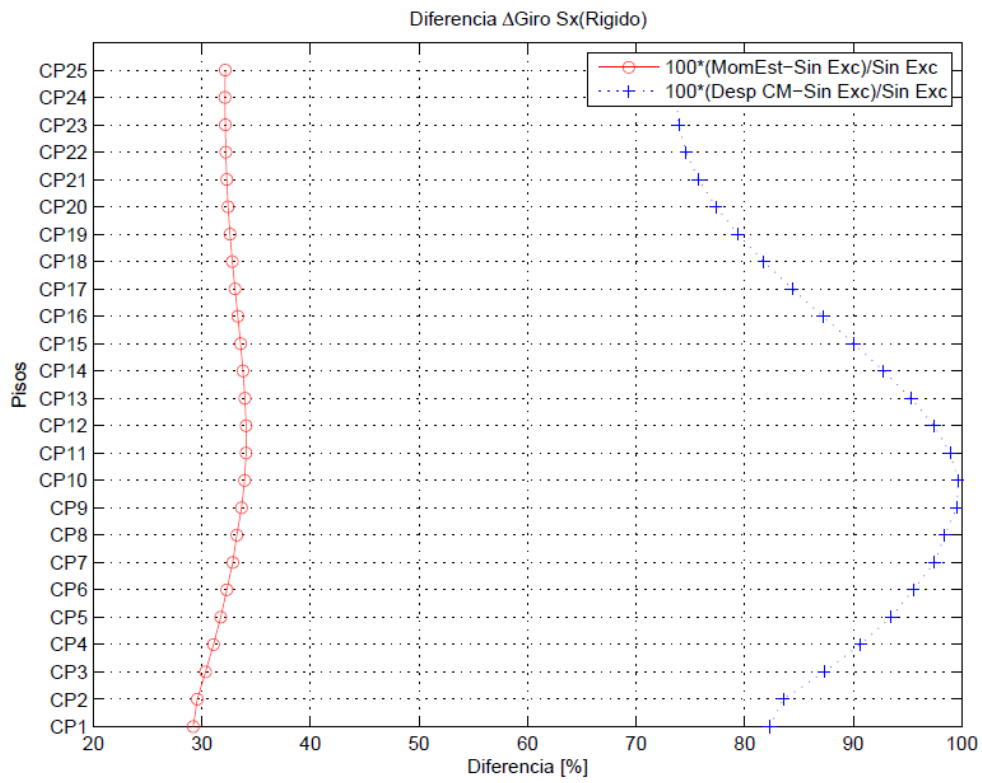


Figura A.155: Diferencia delta giro, Edif. F (Sismo X, Diafragma Rigido)

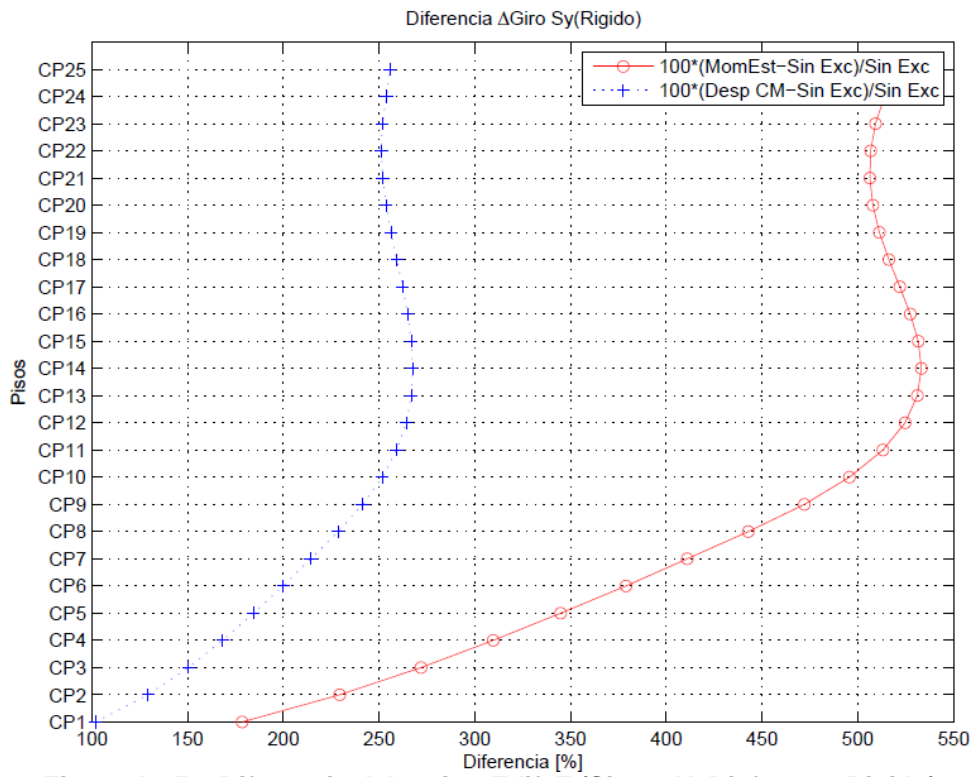


Figura A.156: Diferencia delta giro, Edif. F (Sismo Y, Diafragma Rigido)

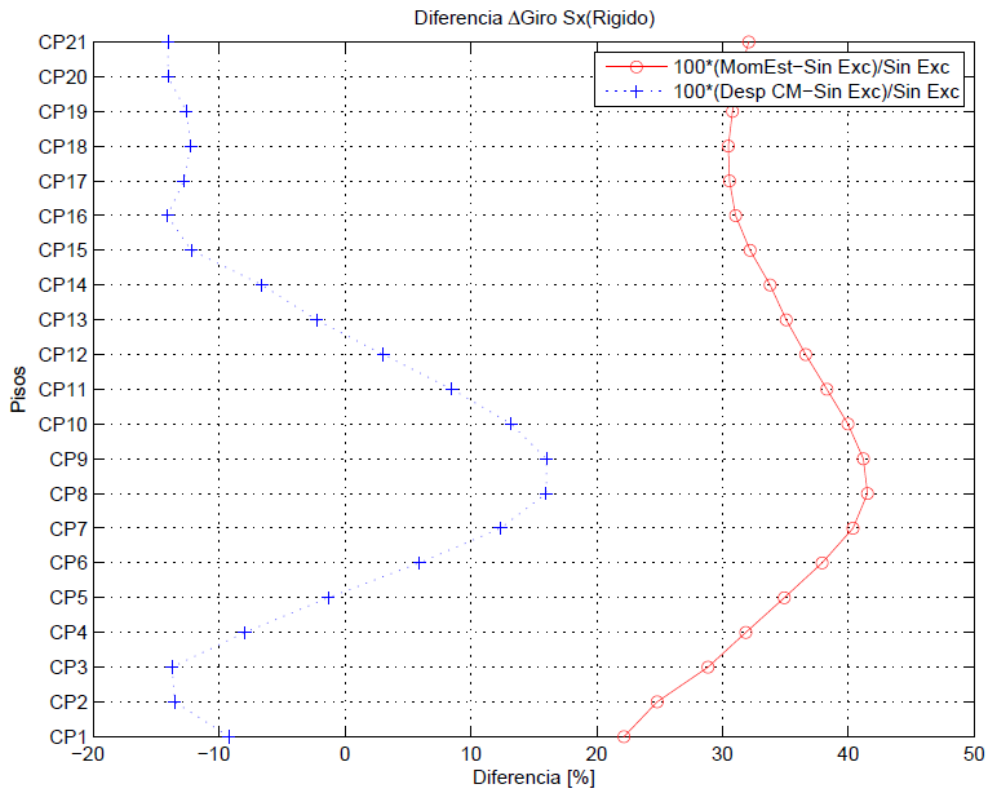


Figura A.157: Diferencia delta giro, Edif. G (Sismo X, Diafragma Rigido)

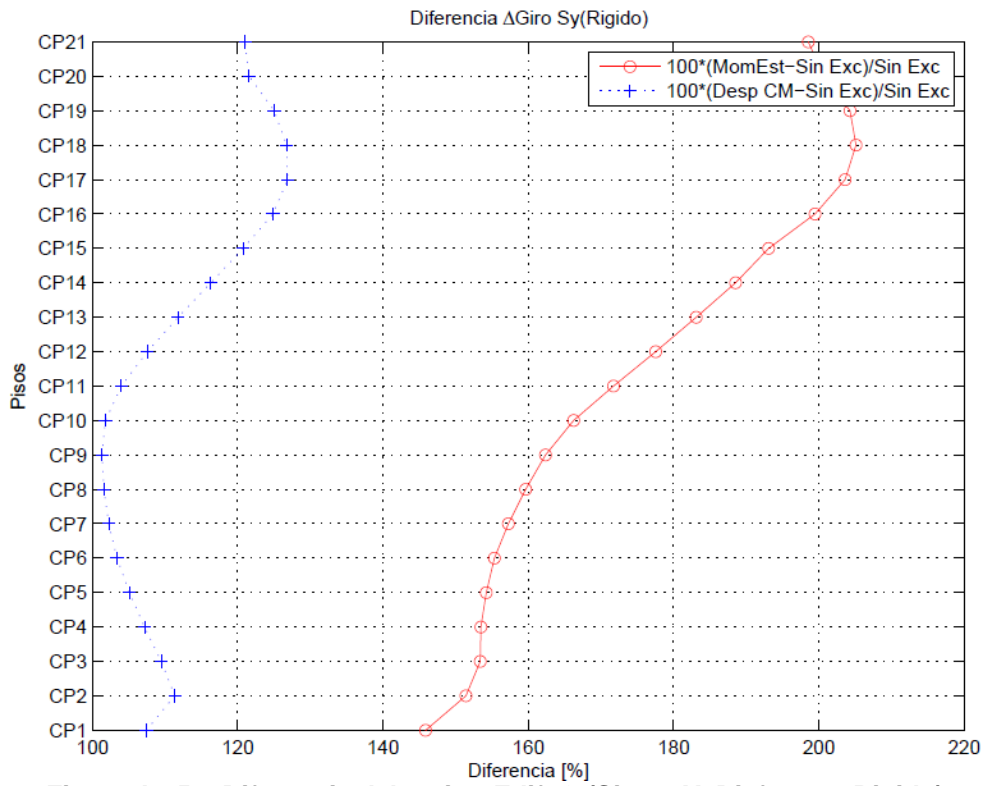


Figura A.158: Diferencia delta giro, Edif. G (Sismo Y, Diafragma Rigido)

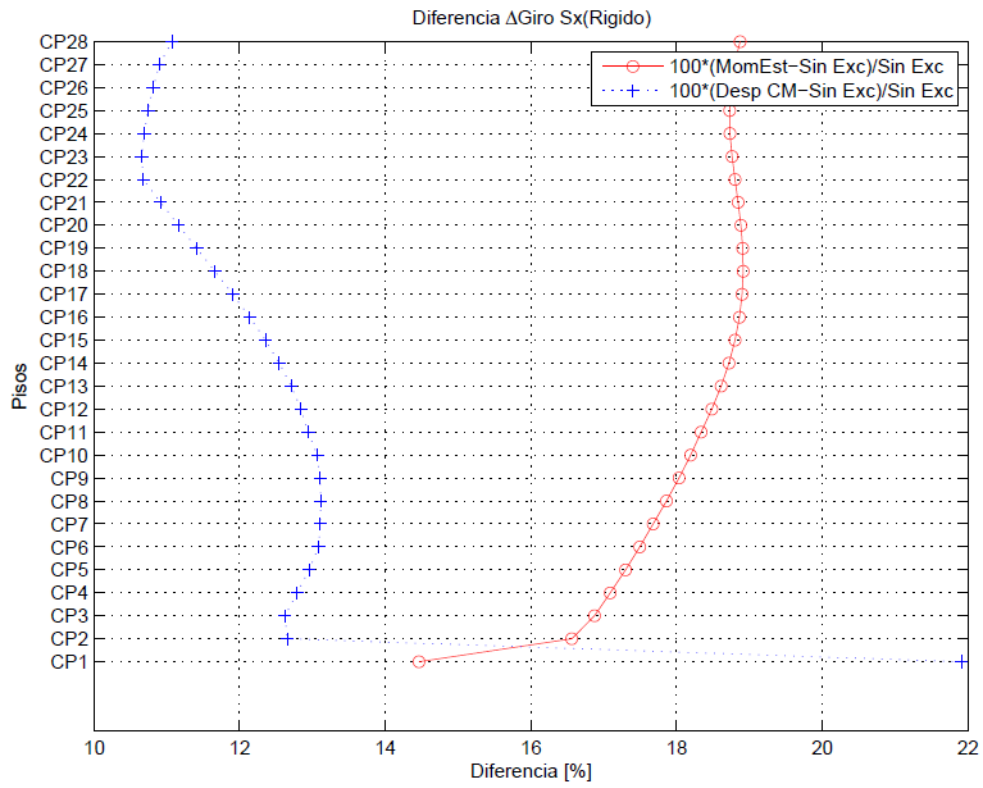


Figura A.159: Diferencia delta giro, Edif. H (Sismo X, Diafragma Rigido)

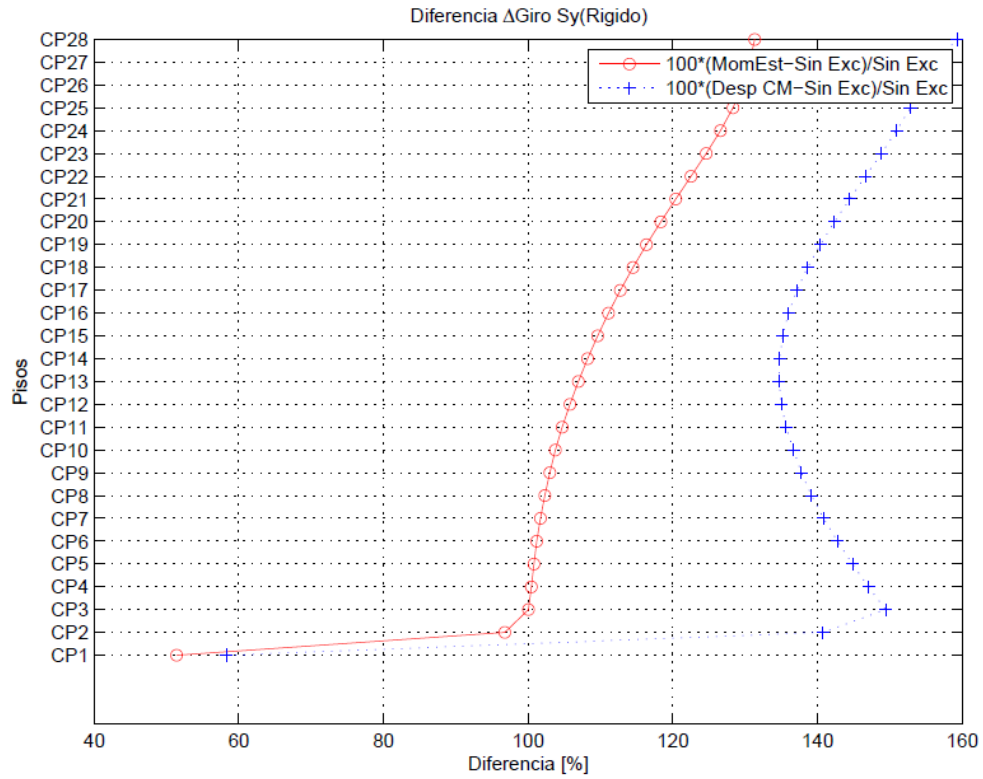


Figura A.160: Diferencia delta giro, Edif. H (Sismo Y, Diafragma Rigido)

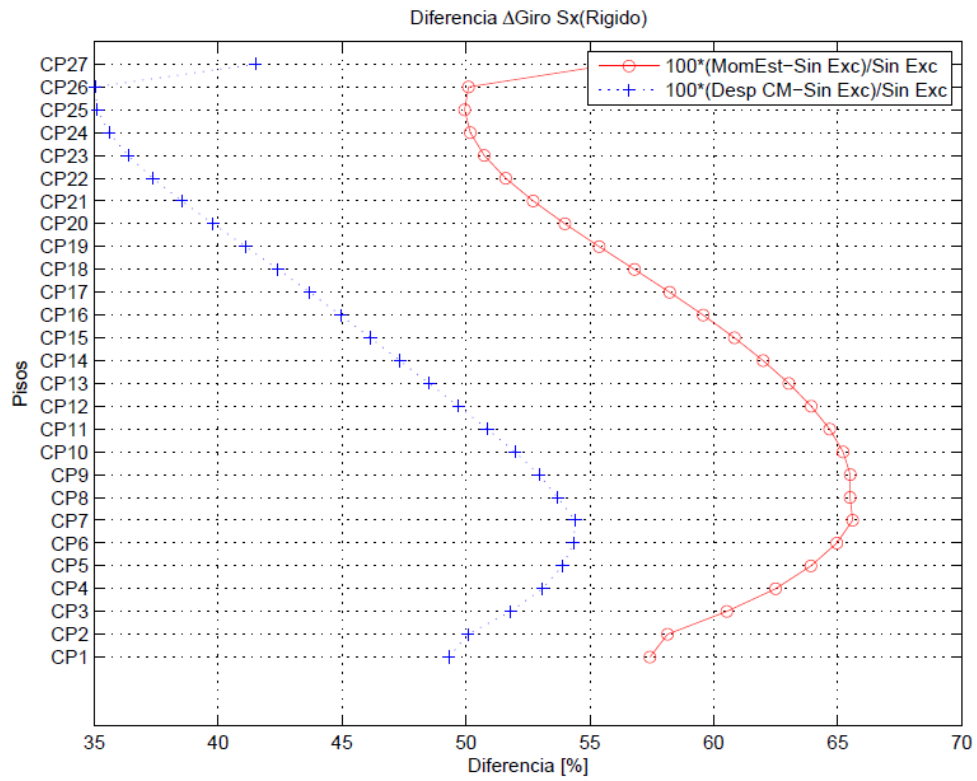


Figura A.161: Diferencia delta giro, Edif. I (Sismo X, Diafragma Rigido)

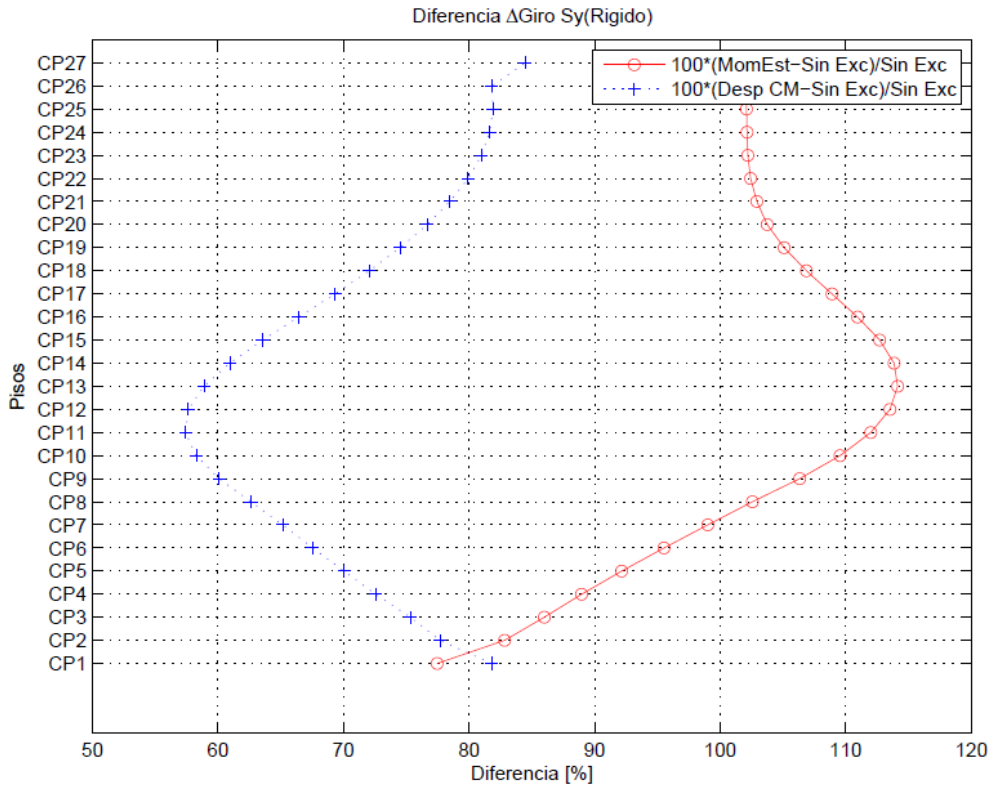


Figura A.162: Diferencia delta giro, Edif. I (Sismo Y, Diafragma Rigido)

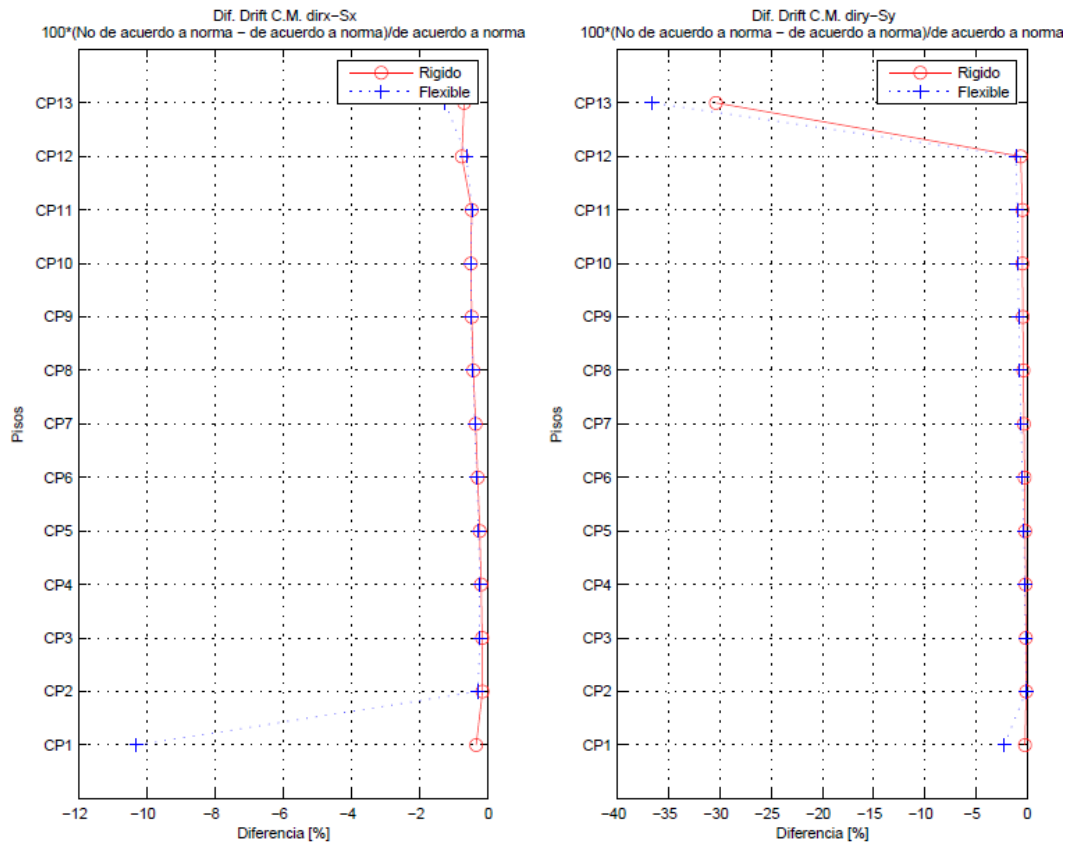


Figura A.163: Diferencia Drift CM, Edif. A (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

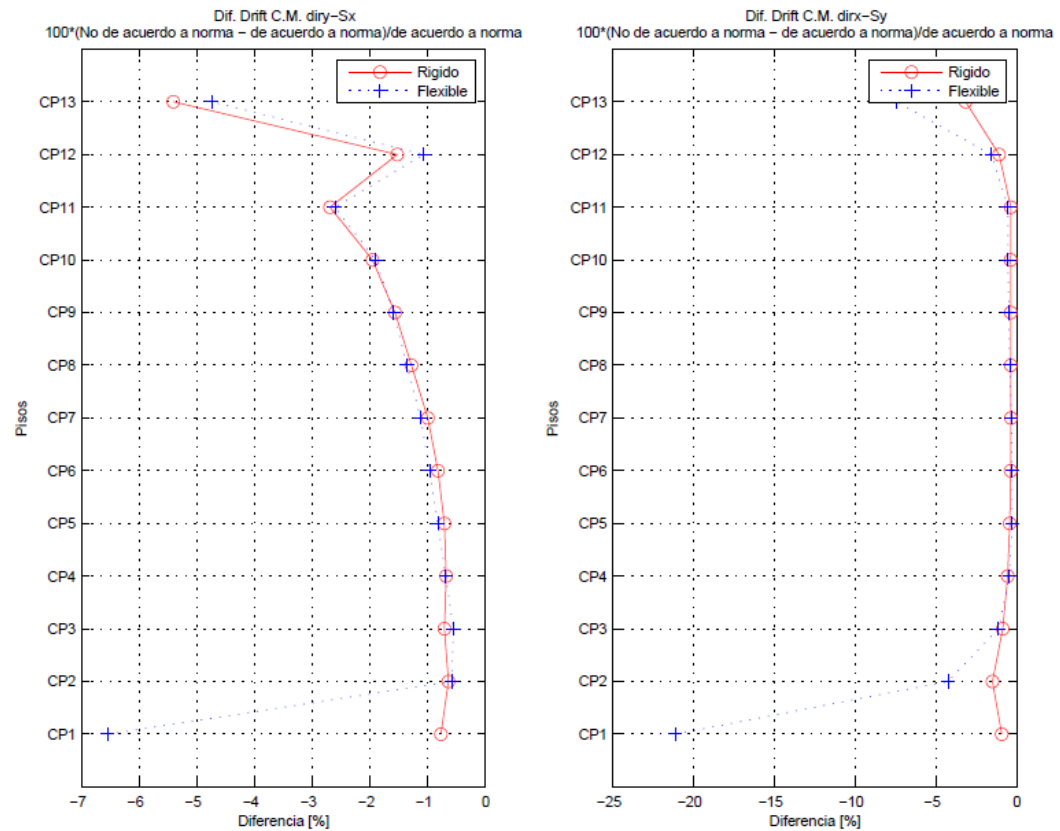


Figura A.164: Diferencia Drift CM, Edif. A (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

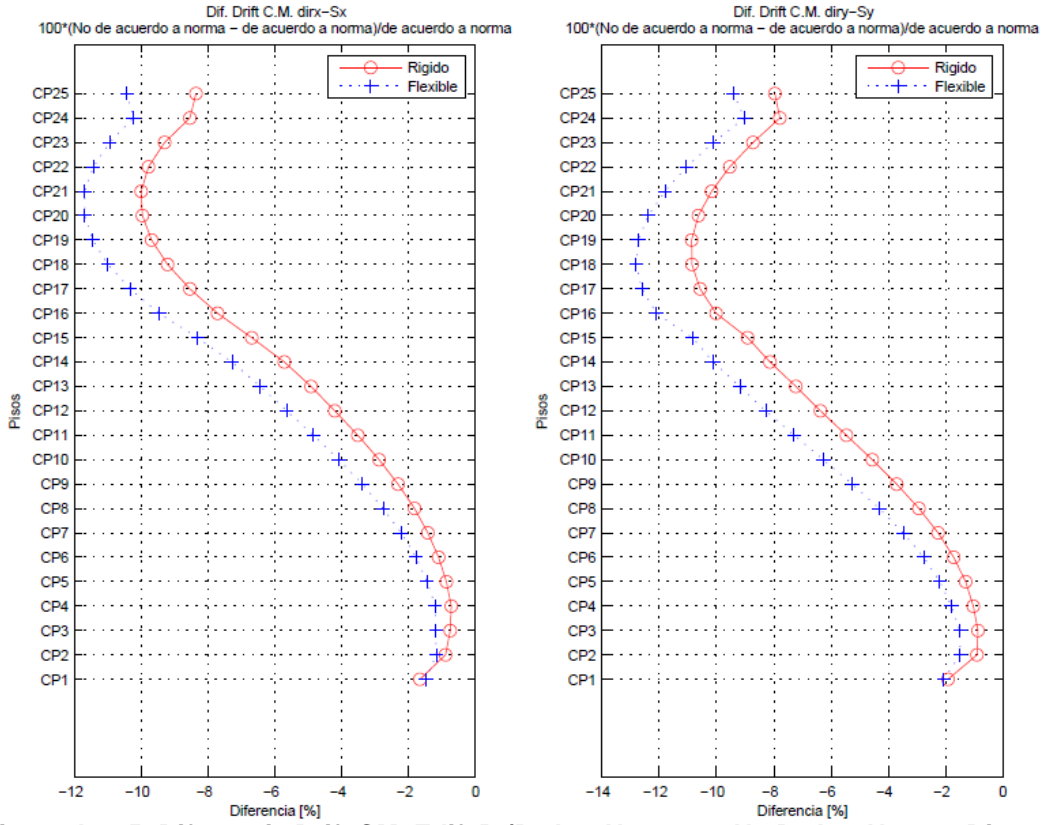


Figura A.165: Diferencia Drift CM, Edif. B (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

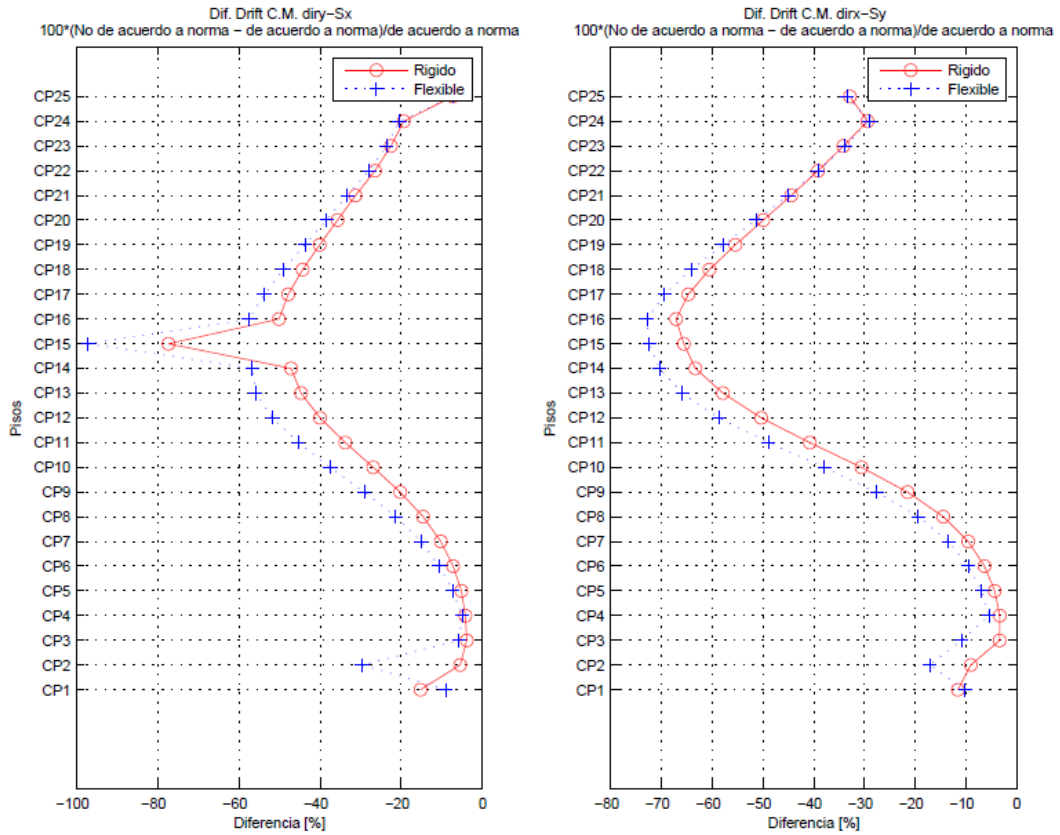


Figura A.166: Diferencia Drift CM, Edif. B (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

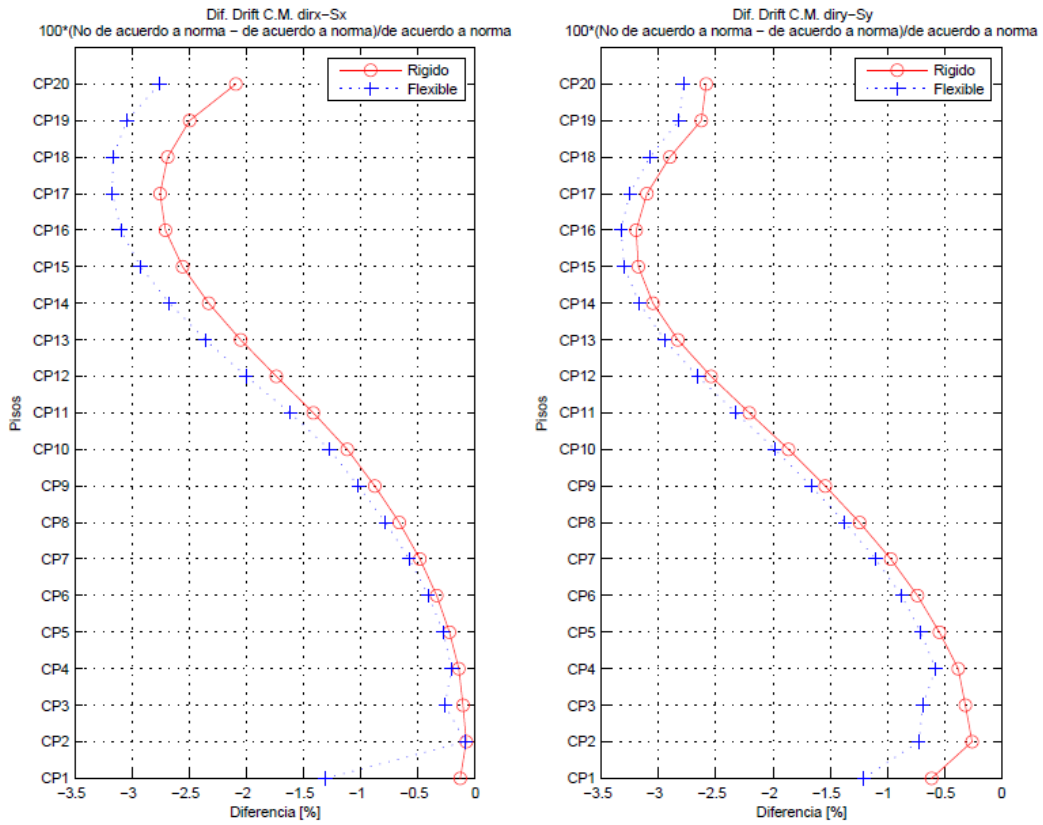


Figura A.167: Diferencia Drift CM, Edif. C (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

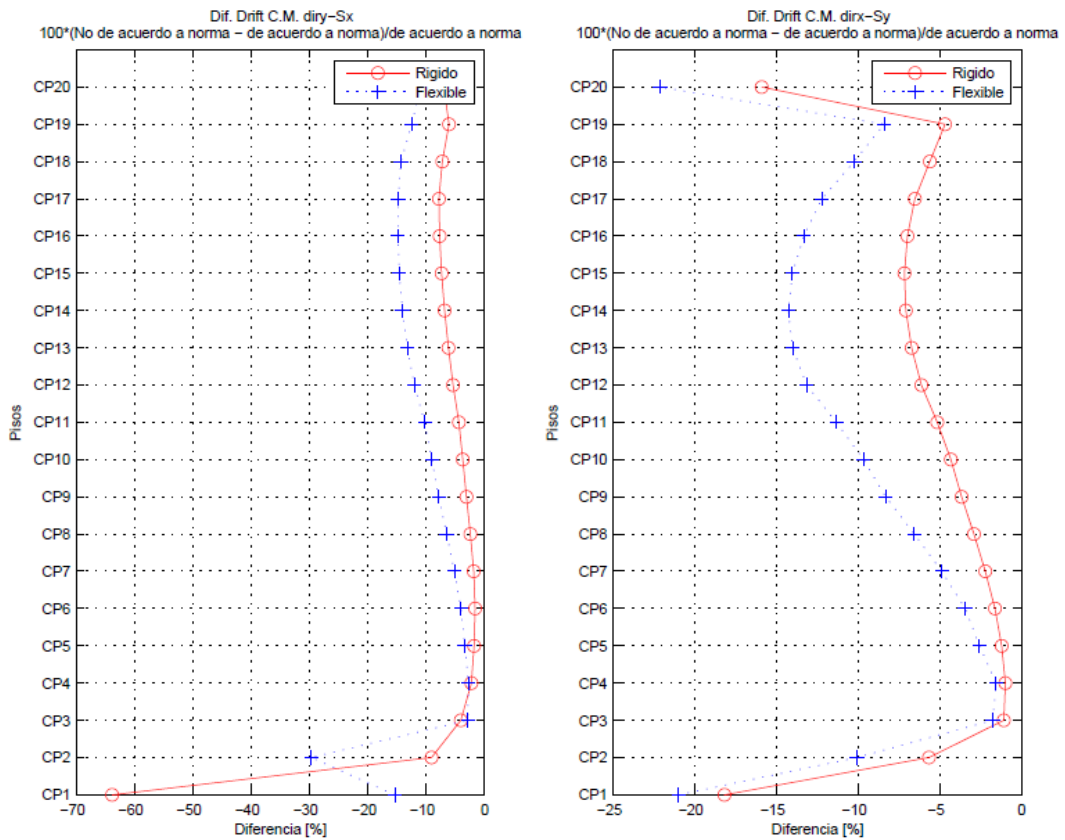


Figura A.168: Diferencia Drift CM, Edif. C (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

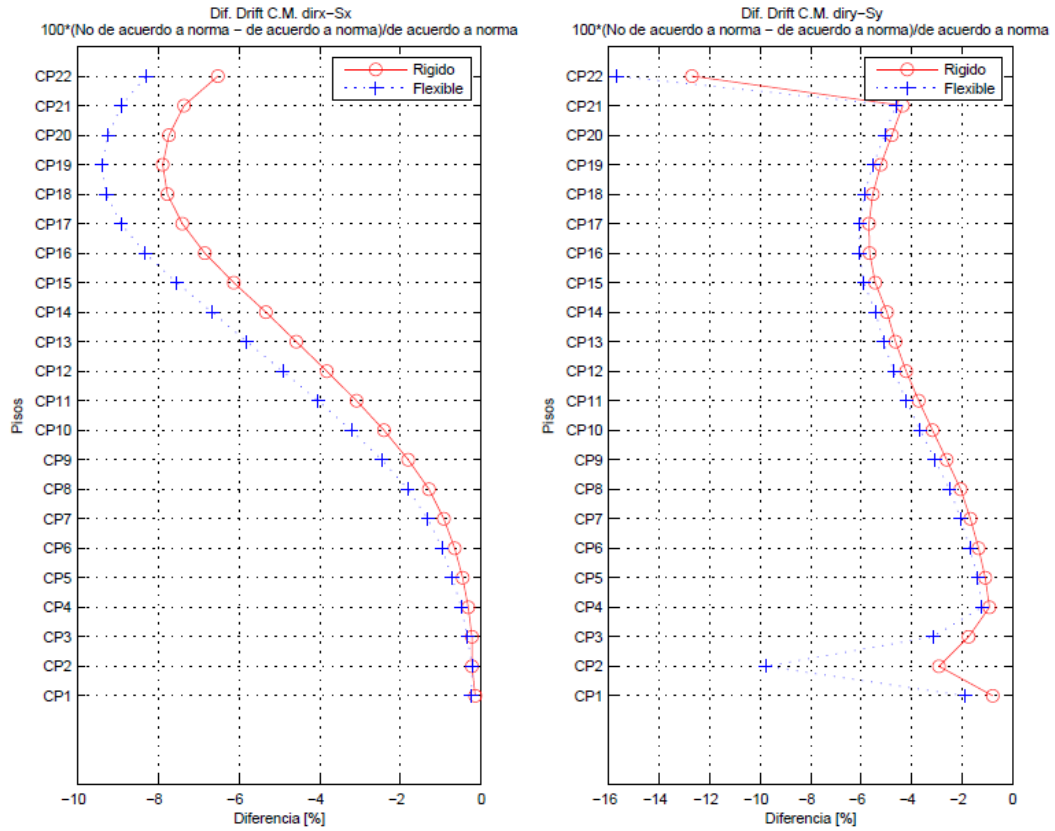


Figura A.169: Diferencia Drift CM, Edif. D (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

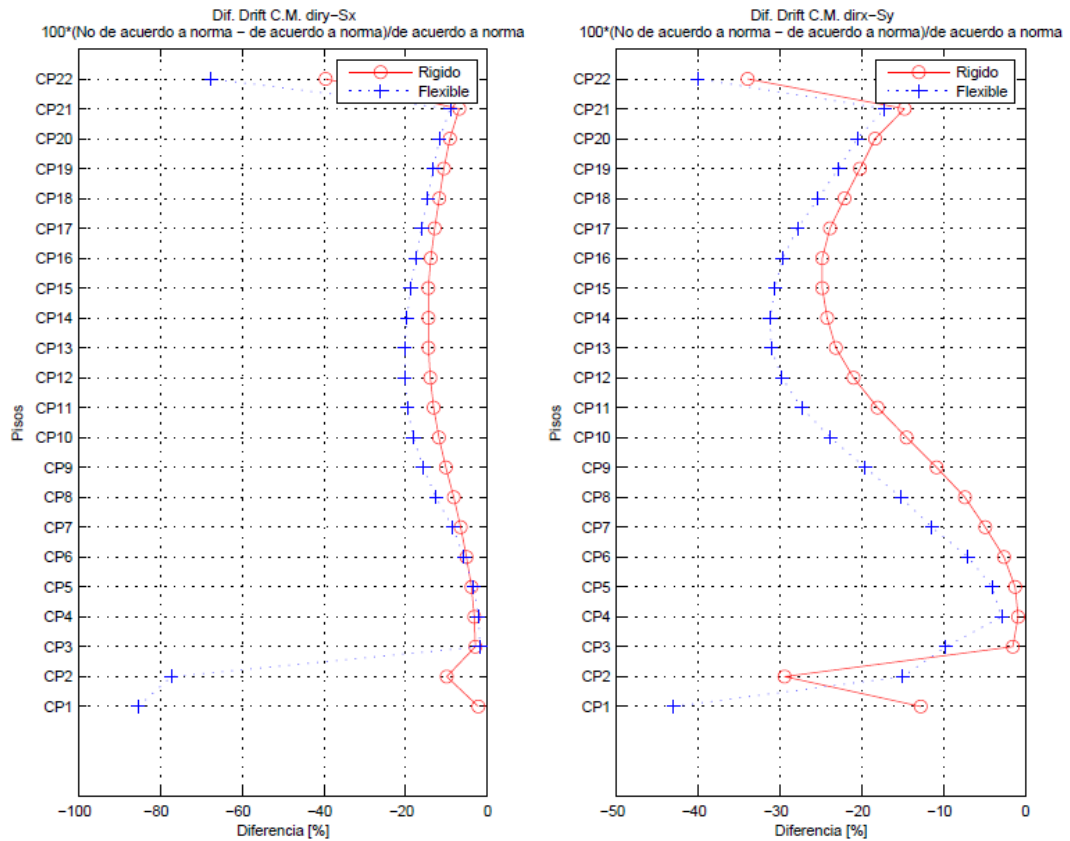


Figura A.170: Diferencia Drift CM, Edif. D (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)



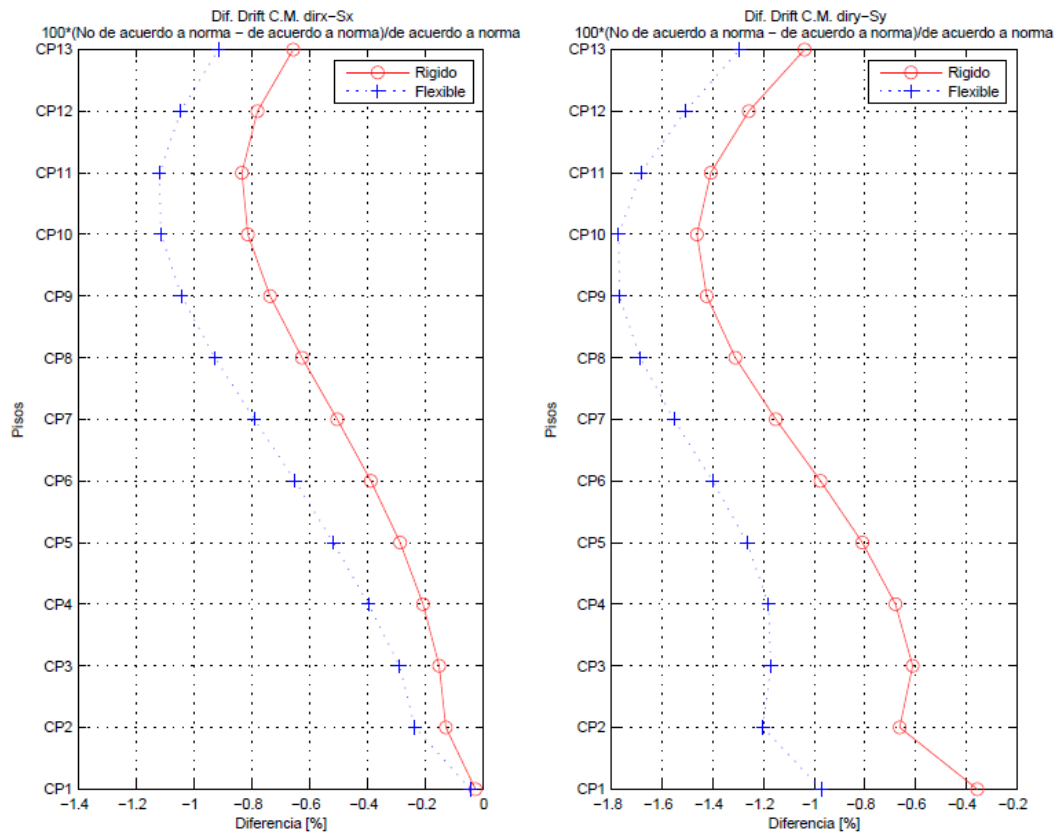


Figura A.171: Diferencia Drift CM, Edif. E (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

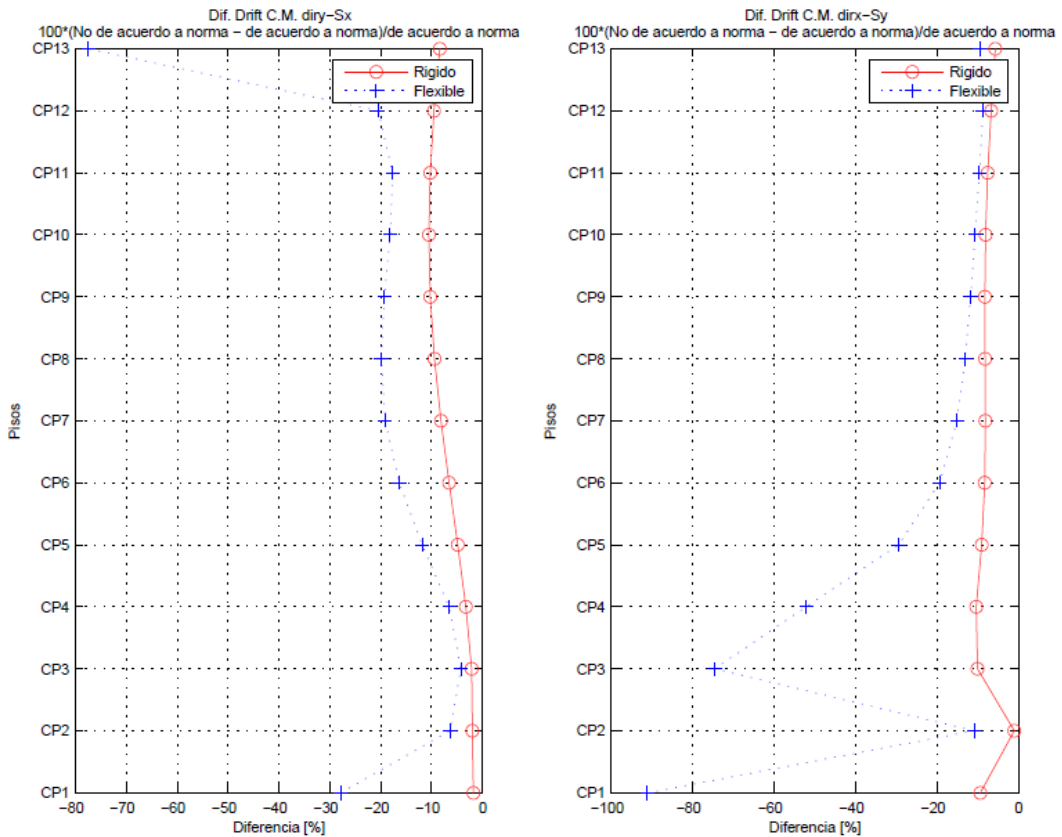


Figura A.172: Diferencia Drift CM, Edif. E (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

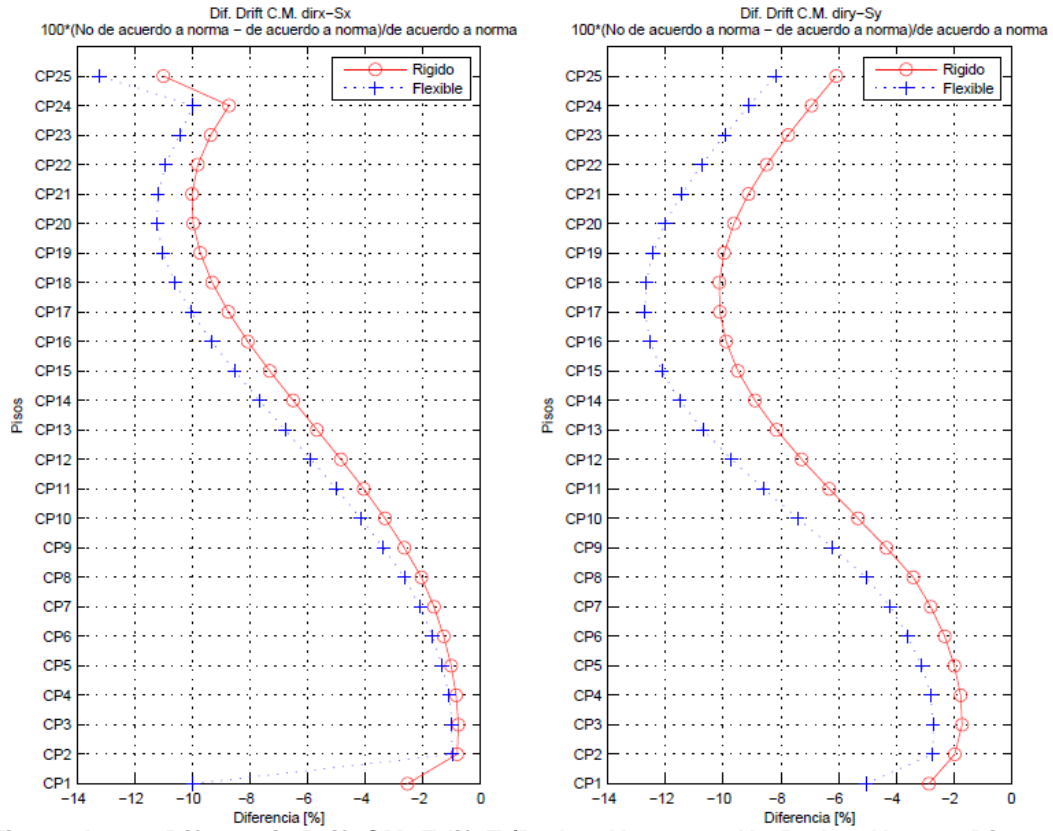


Figura A.173: Diferencia Drift CM, Edif. F (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

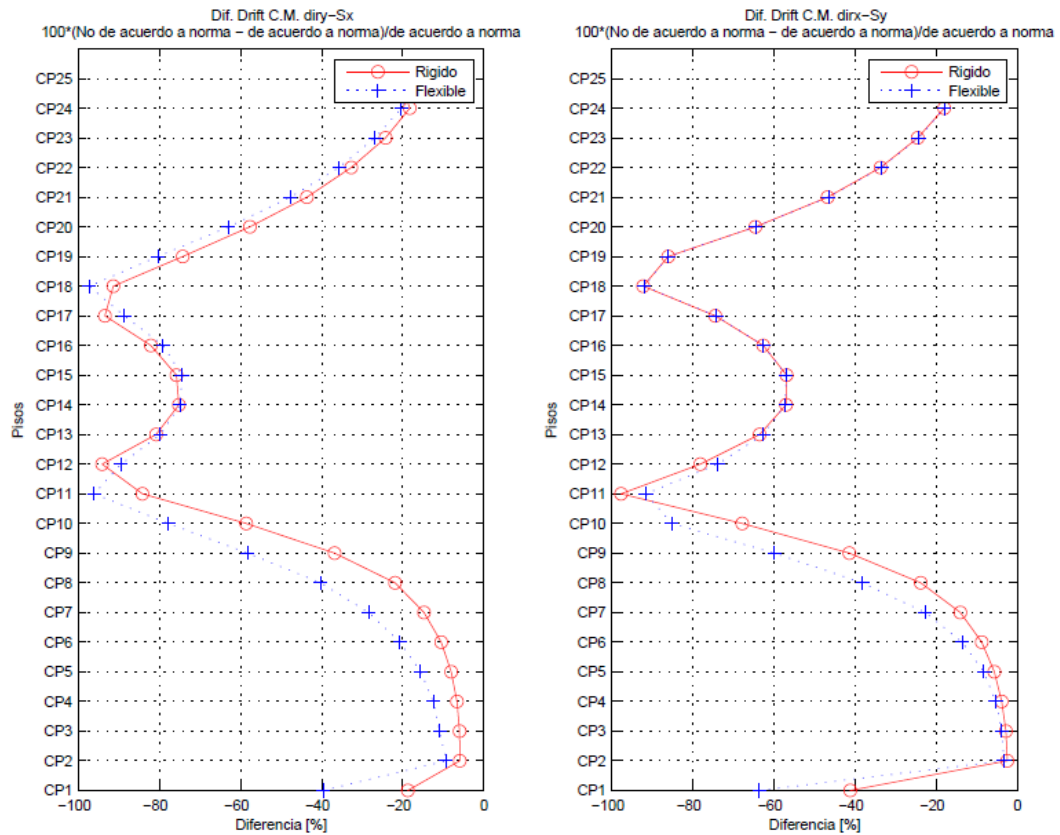


Figura A.174: Diferencia Drift CM, Edif. F (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

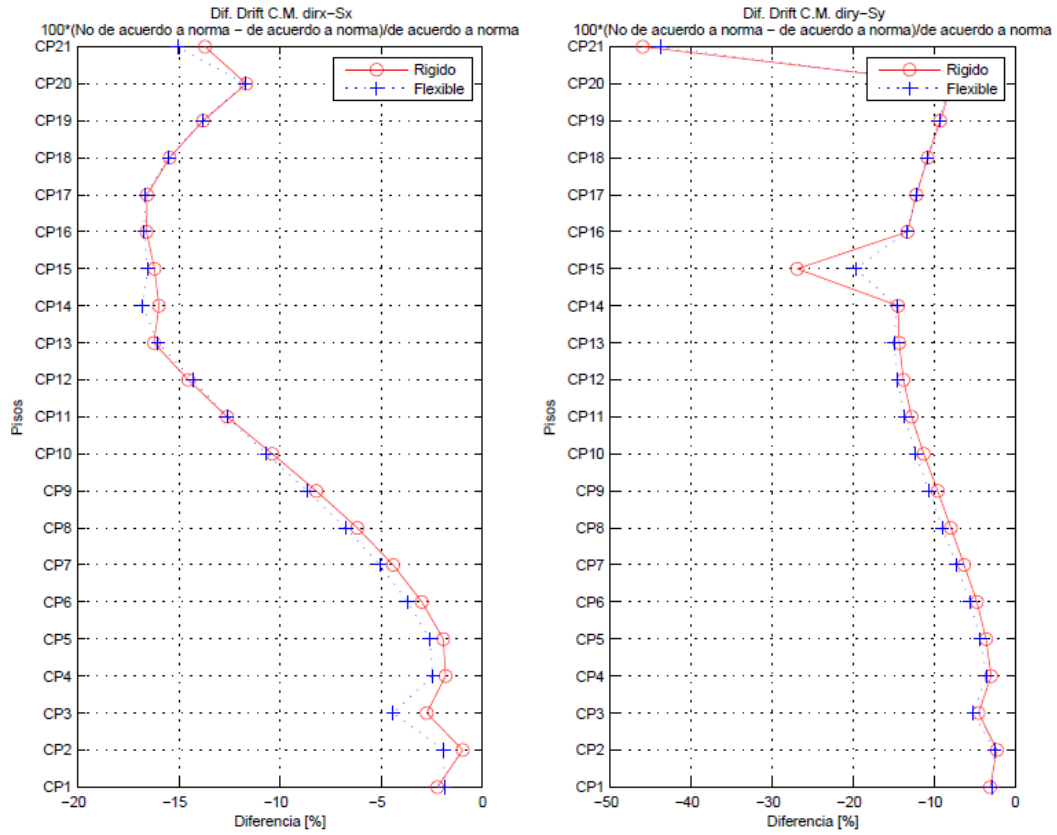


Figura A.175: Diferencia Drift CM, Edif. G (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

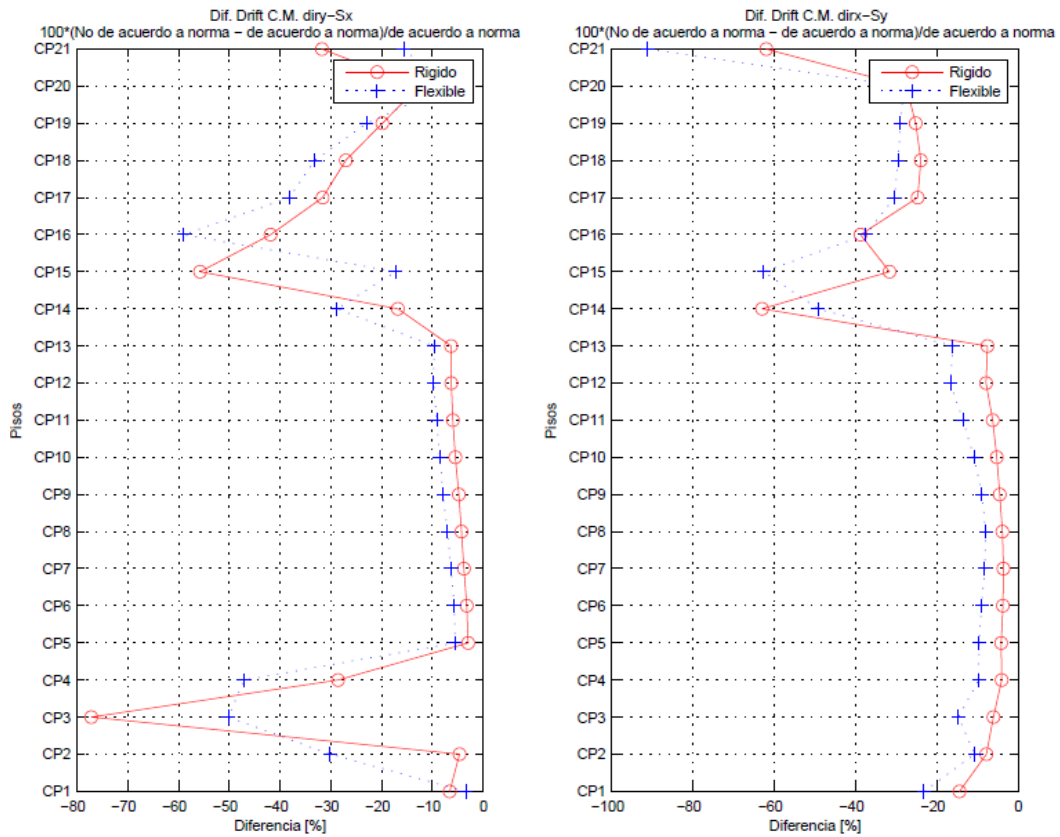


Figura A.176: Diferencia Drift CM, Edif. G (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

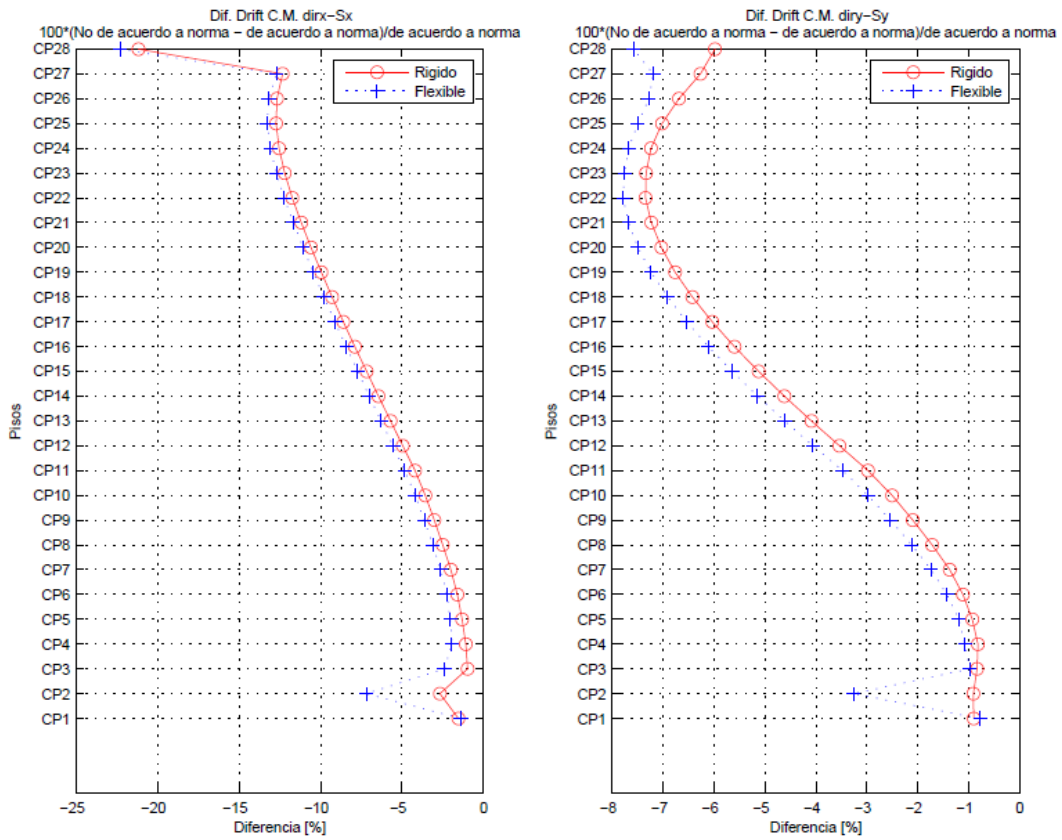


Figura A.177: Diferencia Drift CM, Edif. H (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

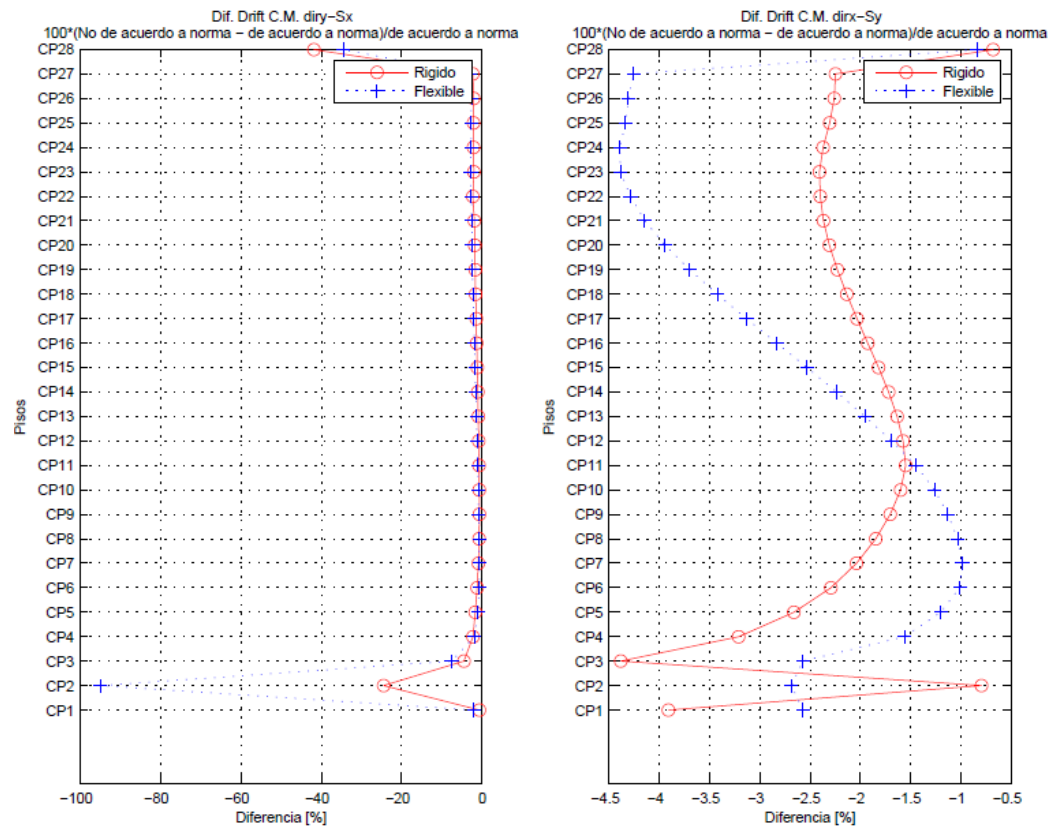


Figura A.178: Diferencia Drift CM, Edif. H (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)

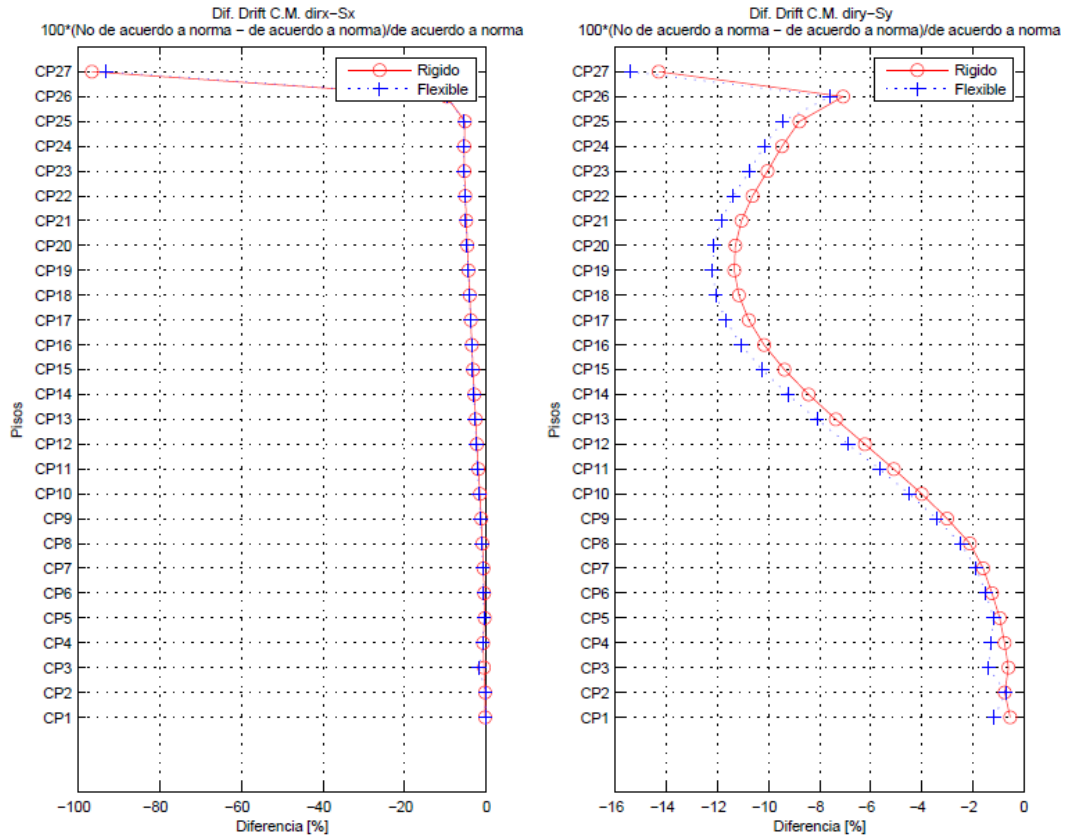


Figura A.179: Diferencia Drift CM, Edif. I (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Directo)

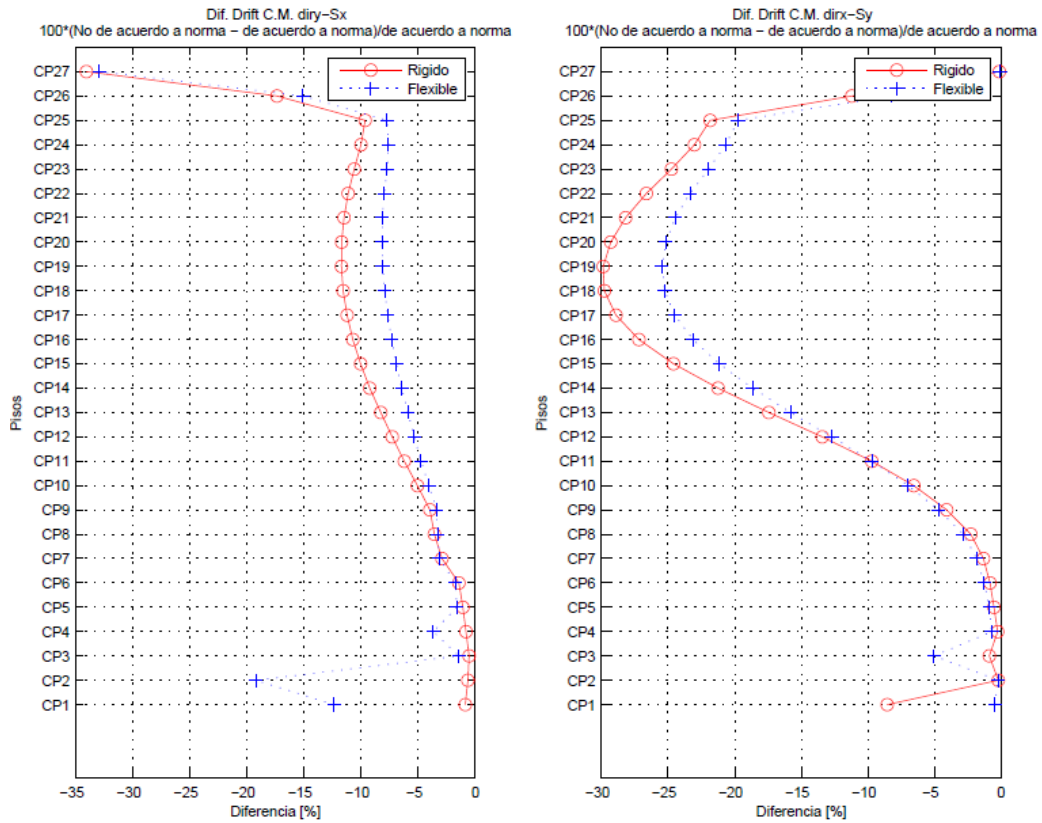


Figura A.180: Diferencia Drift CM, Edif. I (D. A. a Norma vs No D. A. a Norma, Indirecto)