



UNIVERSITAT
JAUME•I

UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

***ANÁLISIS NUMÉRICO DE LAS ACTUALES
CURVAS DE PANDEO EUROPEAS PARA PILARES
MIXTOS. REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN EL
CÁLCULO/ DISEÑO DE PILARES.***

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR

Juan Rios Peris

DIRECTOR

David Hernández Figueirido

Castellón, octubre de 2018



Agradecimientos

Antes de sumergirnos en el contenido de este Trabajo de Final de Grado me gustaría agradecer de todo corazón la ayuda recibida por parte de dos integrantes del grupo de Estructuras Mixtas de la Universitat Jaume I. Gracias David, y gracias Ana. Sin vosotros, la realización de este TFG no hubiera sido posible.

De igual manera, aprovecho la ocasión para dar las gracias a la UJI por estos cuatro años fantásticos y por haberme brindado la oportunidad de disfrutar de una experiencia internacional tan enriquecedora como es Euruji.

Índice de contenidos

Resumen	8
1. Estructuras Mixtas.....	9
1.1 Definición de las estructuras Mixtas	9
1.2 Tipos de pilares mixtos	9
1.2.1 Pilares de sección embebida o parcialmente embebida.....	9
1.2.2 Concrete Filled Tube (CFT).....	11
1.2.3 Concrete Filled Double Skin Steel Tube (CFDSST).....	12
1.3 Comparación entre los diferentes tipos de pilares mixtos	12
1.4 Aplicaciones	13
2. Normativa Europea de diseño de Estructuras Mixtas: Eurocódigo 4	14
2.1 Métodos de diseño de pilares mixtos	14
2.2 Limitaciones del método simplificado para pilares mixtos	15
2.3 Desarrollo teórico del método simplificado para pilares mixtos	15
2.4 Estado del arte de las actuales curvas de pandeo.....	19
3. Objeto y Justificación	25
3.1 Objeto	25
3.2 Justificación.....	25
4. Estudio a partir de los datos experimentales.....	26
4.1 Información sobre los datos experimentales	26
4.2 Clasificación de los pilares según los materiales utilizados y su sección transversal	28
4.3 Cálculos y Análisis.....	28
4.3.1 Cálculo del error teórico	28
4.3.2 Cálculo del porcentaje de pilares de cada clase que cumplen la normativa	29
4.3.3 Optimización, mejora y ampliación de la normativa vigente para las diferentes clases de pilares.....	34
4.3.3.1 Proceso de optimización	35
4.3.3.2 Proceso de mejora: hacer más seguras aquellas clases de pilares dentro de los límites de la normativa.....	38
4.3.3.3 Proceso de extensión de los límites actuales del método simplificado del EC4	45
4.3.4 Conclusiones	51
4.3.4.1 CCFT.....	51
4.3.4.2 RCFT.....	52
4.3.4.3 Aceros	52
5. Estudio económico.....	53
5.1 Presentación de los datos.....	53
5.2 Modelización de los pilares dependiendo de las ecuaciones utilizadas.....	54
5.3 Diferencia de área seccional entre el uso de las dos diferentes ecuaciones propuestas	57
5.4 Comparativa de costes de construcción.....	59
5.5 Conclusiones.....	61
6. Pliego de condiciones	62
7. Bibliografía.....	65
8. Anexos.....	67
Anexo 1: Base de datos experimental completa.....	67
CCFT.....	67
RCFT.....	78
Anexo 2: Código Visual Basic desarrollado a lo largo de este proyecto	84
CCFT.....	84
RCFT.....	93

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: a) Embebidos; b)-c) Parcialmente embebidos.....	9
Ilustración 2: d) RCFT; e) CCFT; f) Pilares CFT con perfil embebido.....	11
Ilustración 3: Pilares CFDSST formados por diferentes geometrías seccionales.....	12
Ilustración 4: a) Torres Petronas, Kuala Lumpur; b) Sail, Singapore.....	13
Ilustración 5: a) World Financial Center Shanghai; b) Sky Tree, Tokio.....	13
Ilustración 6: Visualización del fenómeno de pandeo debido a compresión simple	14
Ilustración 7: Coeficientes para longitud de pandeo (teoría elástica) [7].....	17
Ilustración 8: Definición del coeficiente de reducción por pandeo	18
Ilustración 9: Coeficiente de imperfección elástica a utilizar en función de la sección transversal.....	19
Ilustración 10: Valores del coeficiente de reducción por pandeo	20
Ilustración 11: Ejemplo de sección clase 4	21
Ilustración 12: Comportamiento mecánico de las diferentes clases de secciones transversales [11]	22
Ilustración 13: Clasificación de secciones transversales para pilares tubulares circulares (CCFT)	23
Ilustración 14: Clasificación de secciones transversales para pilares tubulares rectangulares (RCFT).....	23
Ilustración 15: Campos existentes en la base de datos para pilares CCFT	26
Ilustración 16: Campos existentes en la base de datos para pilares RCFT	27
Ilustración 17: Definición de las distintas clases de materiales en función de los límites elásticos.....	28
Ilustración 18: Porcentaje de pilares CCFT que respeta el Eurocódigo 4 en función de las distintas clases	30
Ilustración 19: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 1que respeta el Eurocódigo 4	30
Ilustración 20: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 2que respeta el Eurocódigo 4	30
Ilustración 21: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 3que respeta el Eurocódigo 4	31
Ilustración 22: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 4 que respeta el Eurocódigo 4	31
Ilustración 23: Porcentaje de pilares CCFT por tipo de material que respeta el Eurocódigo 4	31
Ilustración 24: Porcentaje de pilares RCFT que respeta el Eurocódigo 4 en función de las distintas clases	32
Ilustración 25: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 1 que respeta el Eurocódigo 4	32
Ilustración 26: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 2 que respeta el Eurocódigo 4	32
Ilustración 27: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 3 que respeta el Eurocódigo 4	33
Ilustración 28: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 4 que respeta el Eurocódigo 4	33
Ilustración 29: Porcentaje de pilares RCFT por tipo de material que respeta el Eurocódigo 4	33
Ilustración 30: Modificaciones propuestas para la optimización	35
Ilustración 31: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M2.....	35
Ilustración 32: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M2 de las diferentes modificaciones propuestas	36
Ilustración 33: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M7.....	36
Ilustración 34: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M7 de las diferentes modificaciones propuestas	36
Ilustración 35: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M2.....	37
Ilustración 36: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M2 de las diferentes modificaciones propuestas	37
Ilustración 37: Modificaciones propuestas para la mejora de la seguridad de aquellas clases contenidas en el EC4..	38
Ilustración 38: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M2.....	38

Ilustración 39: Porcentaje de cumplimiento para la clase C2M2 de las diferentes modificaciones propuestas	39
Ilustración 40: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C2M2	39
Ilustración 41: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C2M7	40
Ilustración 42: Porcentaje de cumplimiento para la clase C2M7 de las diferentes modificaciones propuestas	40
Ilustración 43: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C2M7	40
Ilustración 44: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M7.....	41
Ilustración 45: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M7 de las diferentes modificaciones propuestas	41
Ilustración 46: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C3M7	42
Ilustración 47: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M2.....	42
Ilustración 48: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M2 de las diferentes modificaciones propuestas	43
Ilustración 49: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase.....	43
Ilustración 50: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M7.....	44
Ilustración 51: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M7 de las diferentes modificaciones propuestas	44
Ilustración 52: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M1.....	45
Ilustración 53: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M1 de las diferentes modificaciones propuestas	46
Ilustración 54: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M6.....	46
Ilustración 55: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M6 de las diferentes modificaciones propuestas	46
Ilustración 56: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C1M6	47
Ilustración 57: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M1.....	48
Ilustración 58: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M1 de las diferentes modificaciones propuestas	48
Ilustración 59: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M1 (pilares RCFT).....	49
Ilustración 60: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M1 (pilares RCFT) de las diferentes modificaciones propuestas.....	49
Ilustración 61: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M6 (pilares RCFT).....	50
Ilustración 62: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M6 (pilares RCFT) de las diferentes modificaciones	50
Ilustración 63: Resumen del proceso de mejora 4.3.3.2	51
Ilustración 64: Edificio propuesto para el estudio.....	53
Ilustración 65: Datos del pilar CCFT a analizar bajo condiciones estáticas	55
Ilustración 66: Coeficientes parciales de seguridad para las resistencias y las propiedades de los materiales en las combinaciones fundamentales.....	55
Ilustración 67: Desglose de precios de un perfil de acero S355 en el año 2018 según CYPE	59
Ilustración 68: Desglose de precios de un hormigón C25 fabricado en central en el año 2018 según CYPE	60
Ilustración 69: Proceso de soldadura por inducción.....	63
Ilustración 70: Características según el proceso de fabricación del acero [15].....	63
Ilustración 71: Ejemplo gráfico de pilar CFDSST elaborado por el grupo de estructuras mixtas de la UJI.....	64

Resumen

Este Trabajo de Final de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales presenta como objetivo final, optimizar las curvas de pandeo para pilares mixtos de tipo CFT utilizadas en el método simplificado de diseño de pilares mixtos, método contenido en la normativa europea vigente para el diseño de pilares mixtos: el Eurocódigo 4 (EC4).

Asimismo, también se busca reducir una de las limitaciones que posee este método, más concretamente, la limitación que trata sobre el rango de valores que puede tomar el límite elástico de los materiales utilizados. Esto es interesante principalmente desde el punto de vista del hormigón, ya que, en la actualidad, existen hormigones de resistencias mucho mayores a las contempladas dentro de estos límites, que ofrecen grandes ventajas.

Para llevar a cabo este objetivo, dispongo de una base de datos que recoge informaciones sobre 939 pilares de tipo CFT (Concrete Filled Tube) que han sido ensayados en laboratorio en un periodo que va desde 1957 hasta 2012. Esta base de datos estaba en propiedad de David Hernández Figueirido (tutor de este TFG), quién me la transmitió con el fin de poder llevar a cabo este trabajo.

El objetivo principal de estos ensayos fue determinar el esfuerzo de compresión a partir del cual se producía fractura en el pilar. Cabe destacar también que, dentro de esta base de datos, 546 pilares poseen una geometría circular (CCFT) y 393 una geometría rectangular (RCFT).

¿Cómo se desarrollará pues este TFG? Empezaremos explicando qué son las estructuras mixtas, qué tipos de pilares mixtos hay, cuáles son sus ventajas, etc.

Seguidamente, presentaremos la normativa vigente para el diseño de estructuras mixtas, el Eurocódigo 4.

A continuación, clasificaremos los pilares de la base de datos en función de las propiedades mecánicas de los materiales que los forman y de la propensión de estos a sufrir el fenómeno denominado como pandeo local.

Con esta clasificación en mano, analizaremos cómo responde cada clase a la normativa propuesta por el EC4, mediante el estudio de las diferentes curvas de pandeo utilizadas en el método simplificado de diseño de pilares mixtos, con el objetivo de determinar qué clases pueden ser optimizadas, es decir, en cuales se puede reducir el margen de seguridad, y cuales necesitan ser mejoradas para poder quedar así del lado de la seguridad.

Finalmente se presentarán las soluciones propuestas en el apartado 4.3.4 "Conclusiones" y se presentará el ahorro económico que estas soluciones pueden aportar mediante el estudio económico de un ejemplo práctico.

1. Estructuras Mixtas

1.1 Definición de las estructuras Mixtas

Para establecer el significado de estructuras mixtas echaremos mano del Eurocódigo 4 (EC4). Para bien comprender la definición, debemos entender primero qué es un elemento mixto. En el EC4 se define un elemento mixto como un “elemento estructural compuesto por hormigón y acero estructural o conformado en frío, interconectados por conectadores para limitar el desplazamiento longitudinal entre el hormigón y acero; y el despegue de un componente del otro” [1]. Sin embargo, un elemento mixto puede ser utilizado en diferentes tipos de estructuras. Lo que realmente define una estructura mixta, es la siguiente precisión, la cual se encuentra también en el EC4: “en una estructura mixta, la unión entre el acero y el hormigón tiene la suficiente resistencia y rigidez para permitir que ambos componentes sean calculados como parte de un único elemento estructural” [1].

Las estructuras mixtas ofrecen ventajas respecto a otras estructuras formadas también por acero y hormigón, como por ejemplo el hormigón armado, ya que son más dúctiles y más resistentes al fuego.

Una estructura mixta puede constituir tanto un pilar como una viga. Sin embargo, en el presente trabajo vamos a focalizarnos única y exclusivamente en el estudio de los pilares.

1.2 Tipos de pilares mixtos

Las informaciones aquí expuestas se han obtenido a partir del Eurocódigo 4, tanto de su versión original [1] como de la versión llevada a cabo por el profesor G. Hanswille [2]. También se ha echado mano del artículo titulado: “Design of Concrete Filled Tubular Beam-columns with High Strength Steel and Concrete” [3]. Estos son los diferentes tipos de pilares:

1.2.1 Pilares de sección embebida o parcialmente embebida

En los pilares de sección embebida, el perfil de acero está totalmente cubierto por el hormigón (Ilustración 1: a).

En los pilares de sección parcialmente embebida, el perfil de acero se encuentra parcialmente cubierto por hormigón (Ilustración 1: b y c).

Como podéis observar en las imágenes, este tipo de pilar no se encuentra recubierto por una piel de acero exterior, a diferencia de los pilares que estudiaremos a continuación.

Respecto a su geometría, estos pilares pueden adoptar diferentes formas: rectangulares, octogonales, circulares, etc.

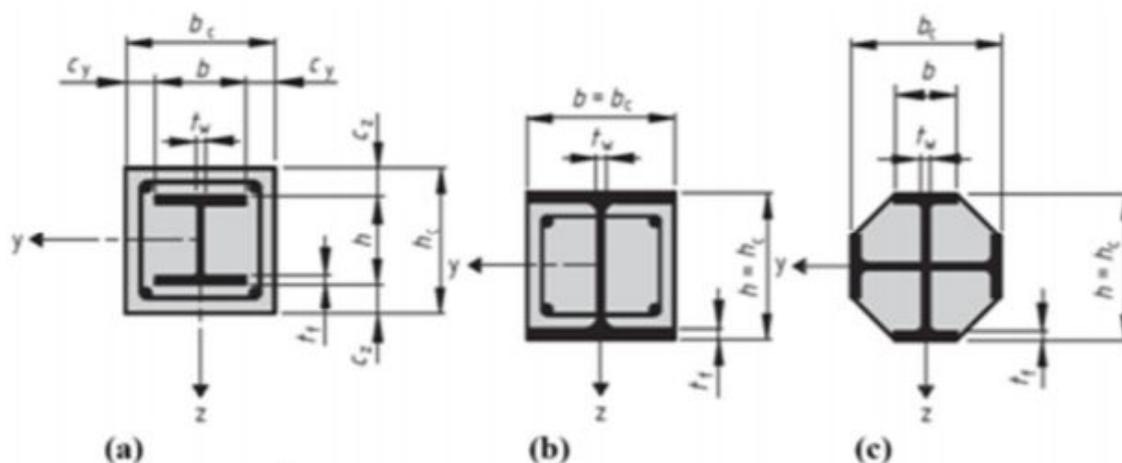


Ilustración 1: a) Embebidos; b)-c) Parcialmente embebidos

Ventajas de los pilares embebidos

- Buena resistencia al fuego.
- Buena solución calidad/precio, ya que su coste es más barato que el resto de pilares mixtos.
- Alta capacidad portante (bearing resistance).

Desventajas de los pilares embebidos

- Dificultad a la hora de realizar el encofrado.
 - Dificil conexión con vigas.
 - En algunos casos es necesario añadir una protección en los bordes.
 - Si necesitamos fortalecer el pilar más tarde, es bastante complicado.
-

Ventajas de los pilares parcialmente embebidos

- Sin necesidad de encofrado.
- Sin necesidad de añadir protección en los bordes.
- Alta capacidad portante (bearing resistance).
- Si necesitamos fortalecer el pilar más tarde, es más fácil que en los pilares embebidos.
- Fácil conexión con vigas y otros elementos estructurales.

Desventajas de los pilares parcialmente embebidos

- Baja resistencia al fuego en comparación con los pilares embebidos.

1.2.2 Concrete Filled Tube (CFT)

Pilares tubulares formados por una piel de acero hueca, la cual puede adoptar diferentes geometrías seccionales (cuadradas, ovaladas, etc.). Esta piel/capa de acero es rellena por hormigón.

A saber que el programa experimental del trabajo ha sido realizado utilizando este tipo de pilares. Más concretamente, pilares de sección rectangular (RCFT) y circular (CCFT). También podemos encontrar pilares CFT conteniendo un perfil de acero en su interior:

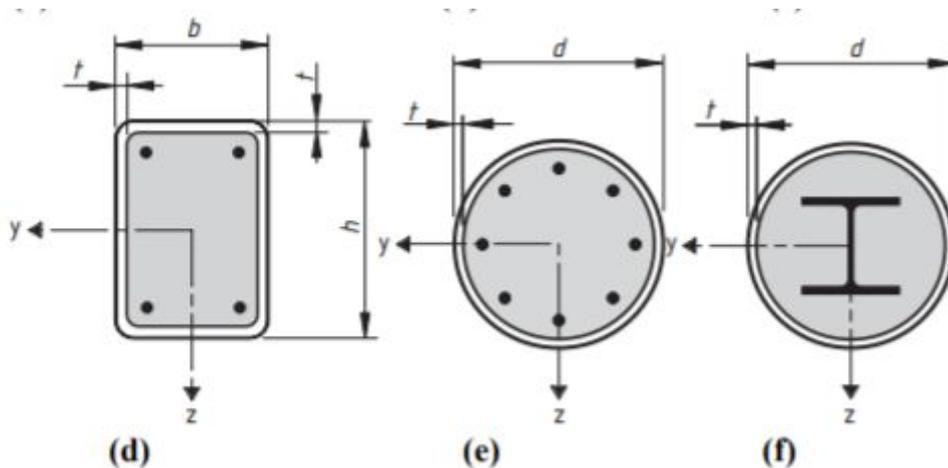


Ilustración 2: d) RCFT; e) CCFT; f) Pilares CFT con perfil embebido

Ventajas CFT

- Permiten construir estructuras esbeltas garantizando una buena resistencia.
- Presenta ventajas respecto al resto de pilares mixtos en caso de flexión desviada.
- Sin necesidad de añadir protección en los bordes.

Desventajas CFT

- Alto coste de producción del contorno.
- Para mejorar sus propiedades contra el fuego es necesario incluir armadura de acero.

1.2.3 Concrete Filled Double Skin Steel Tube (CFDSST)

Perfiles tubulares de acero de doble piel huecos rellenos de hormigón entre ambas camisas. Cada una de las capas de acero puede adoptar geometrías distintas, es decir, no tienen por qué adoptar las dos la misma (Ilustración 4: b).

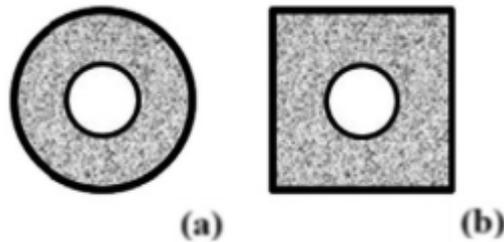


Ilustración 3: Pilares CFDSST formados por diferentes geometrías seccionales

Ventajas CFDSST

- Alta resistencia contra el fuego sin necesidad de añadir armadura.
- Permiten construir estructuras esbeltas garantizando una muy buena resistencia.
- Sin necesidad de añadir protección en los bordes.

Desventajas CFDSST

- El coste de los materiales es elevado.

1.3 Comparación entre los diferentes tipos de pilares mixtos

Después de haber estudiado las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de pilares, vemos que tanto los pilares CFT como los CFDSST cuentan con la ventaja de que el propio perfil tubular constituye el encofrado. Este confinamiento aumenta la resistencia y la ductilidad del hormigón (incrementando su capacidad de carga) y además, dificulta su disgregación. Otra ventaja a recalcar de los pilares tubulares respecto a los pilares de sección embebida o parcialmente embebida es que proporcionan una mayor eficiencia del proceso constructivo ya que, las capas de acero soportan una carga considerable hasta que se produce el fraguado y el endurecimiento del hormigón fresco.

De acuerdo con las investigaciones de Kunal R. Harale y Snehal P. Kitture [4], los pilares CFDSST tienen las mismas ventajas que los pilares CFT además de ser: más ligeros, tener mayor resistencia a la flexión y tener mejor rendimiento frente a las cargas cíclicas. Los pilares CFDSST también son más resistentes al fuego que los pilares CFT gracias a la capa de acero interior.

Por lo tanto, queda claro que los pilares CFDSST poseen mejores propiedades que los CFST, sin embargo, son los segundos los preferidos por los constructores a la hora de realizar edificios esbeltas. ¿Por qué? Debido a la falta de normativa y guías de diseño. No obstante, a medida que los pilares CFDSST se normalicen, pasarán a ser los pilares más utilizados en la construcción de estructuras de gran altura.

1.4 Aplicaciones

Tras estudiar las propiedades de los pilares tubulares de acero rellenos de hormigón, queda clara su importancia a la hora de construir edificaciones esbeltas. Como he comentado antes, debido a la falta de normativa y de investigaciones respecto a los pilares CFDSST, los constructores optan por los pilares CFT a la hora de construir este tipo de edificaciones. A continuación podemos observar algunos edificios famosos que han sido construidos con este tipo de pilar mixto:



(a)



(b)

Ilustración 4: a) Torres Petronas, Kuala Lumpur; b) Sail, Singapore.



(a)



(b)

Ilustración 5: a) World Financial Center Shanghai; b) Sky Tree, Tokio

2. Normativa Europea de diseño de Estructuras Mixtas: Eurocódigo 4

2.1 Métodos de diseño de pilares mixtos

Para diseñar correctamente un pilar mixto, debemos verificar las exigencias básicas de seguridad de este. Para ello, se utilizará el método de los Estados Límites Últimos. Los ELU son los que, de ser superados, provocan el colapso o rotura del pilar y por ende, de la construcción en la que ha sido usado dicho pilar. Existen dos Estados Límites Últimos: uno de resistencia de las secciones y otro de pandeo. En este TFG nos centraremos en este último.

Antes de continuar, refrescaremos el concepto de pandeo a fin de facilitar la comprensión a posibles lectores no relacionados con el mundo ingenieril. El fenómeno de pandeo se define como así: cuando la carga de compresión P sobre una columna o pilar alcanza un valor determinado P_{cr} , su situación de equilibrio pasa a ser inestable de modo que cualquier perturbación, por pequeña que sea, provoca una curvatura creciente que ocasiona el colapso de la pieza: se dice que la pieza padea. [5]. Esto sucede en elementos esbeltos, como es el caso de los pilares.

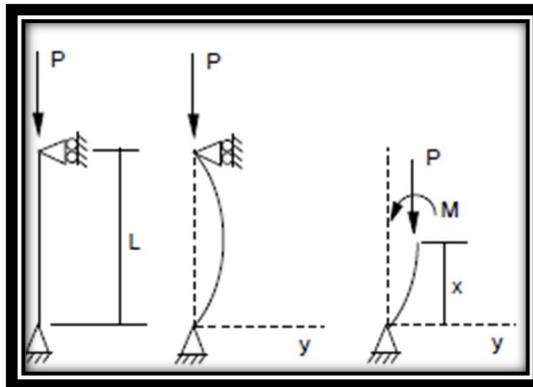


Ilustración 6: Visualización del fenómeno de pandeo debido a compresión simple

El Eurocódigo 4, proporciona dos posibles métodos para calcular la resistencia de cálculo a pandeo:

El primero, es un método que tiene en cuenta los efectos de segundo orden: estrés residual, imperfecciones geométricas, inestabilidad local, posibles fisuras del hormigón, etc. Todos estos efectos de segundo orden deben considerarse en cualquier dirección en la que puede ocurrir el fallo del pilar. Además, las fuerzas internas deben determinarse a través de un análisis elasto-plástico. Dado que es un método bastante complejo y que solo puede ser resuelto utilizando programas informáticos de métodos numéricos, el Eurocódigo ofrece un segundo método, conocido con el nombre de "método simplificado", con el cuál es posible calcular la resistencia de cálculo a pandeo sin utilizar ningún tipo de software. Sin embargo el uso de este método simplificado acarrea ciertas condiciones/ limitaciones que veremos a continuación.

2.2 Limitaciones del método simplificado para pilares mixtos

- Solo puede ser usado en pilares de sección transversal doblemente simétrica y uniforme.
- Debe existir interacción completa entre las secciones del componente estructural de acero.
- La esbeltez relativa del pilar, $\bar{\lambda}$, debe ser menor o igual que 2.
- En caso de haber armadura, $\rho_s = \frac{A_s}{A_c}$ = proporción de armadura longitudinal $\leq 6\%$. Donde A_s y A_c son las áreas de las secciones transversales de la armadura y del hormigón respectivamente.
- En el caso de una sección de acero embebida (ver Ilustración 1: a), los límites del máximo espesor de la capa exterior del hormigón son: $\max c_z = 0,3 h$; $\max c_y = 0,4 b$
- El límite elástico del acero debe estar comprendido entre: $235 \leq f_{yd} \leq 460 \text{ Mpa}$. Y el del hormigón entre: $25 \leq f_{yd} \leq 50 \text{ Mpa}$.
- El cociente anchura-profundidad de las secciones transversales debe estar comprendido entre los límites 0.2 y 5.
- La tasa de contribución del acero, δ , debe estar comprendida entre 0,2 y 0,9. $\delta = \frac{A_a * f_{yd}}{N_{pl,Rd}}$

En lo que sigue, solamente será considerado el Método simplificado, dado que los pilares CFT utilizados en el estudio son de sección transversal doblemente simétrica constante a lo largo de su altura y además respetan todas las otras condiciones.

Otro de los factores que influye en el diseño de pilares mixtos es el fenómeno de pandeo local. Posteriormente se dedicará una sección con el fin de explicar detalladamente este fenómeno (ver apartado 2.5 Pandeo Local).

2.3 Desarrollo teórico del método simplificado para pilares mixtos

Nota: Al igual que en la sección anterior, para la redacción de esta sección me he basado principalmente en el Eurocódigo 4 [1], aunque también me he servido del libro “Perfiles Tubulares en Aplicaciones Estructurales” [6].

En la actualidad, existen dos métodos de comprobación posibles dentro del método simplificado. Uno está basado en la aplicación de un esfuerzo axial de compresión simple y el otro, en la aplicación de un esfuerzo de compresión junto a un momento flector. Es en el primero de los dos donde se usan las curvas de pandeo, y por tanto, el que atrae nuestra atención.

Comprobación aplicando un esfuerzo de compresión axial:

La condición de ELU de pandeo es:

El esfuerzo axial de cálculo N_{ED} no debe superar la resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$. Por lo tanto,

$$N_{ED} < N_{b,Rd}$$

A partir de la condición anterior obtenemos:

$$N_{ED} < N_{pl,Rd} \cdot \chi \quad \text{ya que} \quad N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi$$

Siendo: N_{ED} = esfuerzo axil de cálculo

χ = coeficiente de reducción por pandeo

$N_{pl,Rd}$ = valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección sometida a esfuerzo normal, según la ecuación siguiente:

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd}$$

donde:

A_a, A_c y A_s = áreas de las secciones transversales del acero estructural, del hormigón y de la armadura

f_{yd}, f_{cd} y f_{sd} = son las resistencias de cálculo de los materiales. Esta es calculada dividiendo el límite elástico del material por un coeficiente de seguridad.

Sin embargo, en los pilares mixtos de sección transversal circular (CCFT), el hormigón puede aumentar su resistencia debido al confinamiento, siempre y cuando la esbeltez relativa no supere 0,5 y la relación e/d sea menor que 0,1 (e sería la excentricidad de la carga y d el diámetro exterior de la columna). En estos casos, la resistencia plástica de la sección sería calculada de la siguiente forma:

$$N_{pl,Rd} = \eta_a \cdot A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} \cdot \left(1 + \eta_c \frac{t \cdot f_y}{d \cdot f_{ck}}\right) + A_s \cdot f_{sd} \quad \text{donde:}$$

t es el espesor de la capa de acero.

Para los casos donde la excentricidad es igual a 0 ($e=0$), los valores de los coeficientes $\eta_a = \eta_{a0}$ y $\eta_c = \eta_{c0}$ vienen dados por las expresiones siguientes:

$$\eta_{a0} = 0,25 (3 + 2 \bar{\lambda}) \quad \text{debe ser} \leq 1$$

$$\eta_{c0} = 4,9 - 18,5 \bar{\lambda} + 17 \bar{\lambda}^2 \quad \text{debe ser} \geq 0$$

En los casos donde aparte de excentricidad, también tenemos flexión junto a la carga de compresión, las fórmulas usadas son otras. No obstante, podemos decir que este caso escapa del perímetro delimitado para este TFG.

Una vez explicada la manera de obtener la resistencia plástica de la sección sometida a un esfuerzo normal, nos centramos ahora en calcular χ . El coeficiente de reducción por pandeo χ se determina a partir de la esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ y de un parámetro llamado coeficiente de imperfección elástica α , que adopta un valor u otro en función de la curva de pandeo elegida.

La esbeltez reducida se define como: $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}}$ donde:

N_{cr} es la carga de pandeo crítica elástica del elemento (carga crítica de Euler). Su valor viene dado por la siguiente expresión:

$$N_{cr} = \frac{(EI)\pi^2}{l^2} \text{ donde:}$$

l = longitud de pandeo de la pieza

EI = rigidez efectiva de la sección mixta. Resultante de la siguiente expresión:

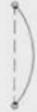
$$EI = E_a \cdot I_a + 0.6 E_{cm} \cdot I_c + E_s \cdot I_s \text{ donde:}$$

I_a, I_c y I_s son los momentos de inercia de las áreas de las secciones transversales del acero estructural, del hormigón y de la armadura respectivamente.

E_a y E_s son los módulos de elasticidad del acero estructural y de la armadura

$0.6 E_{cm} \cdot I_c$ es la rigidez efectiva de la sección de hormigón siendo E_{cm} el módulo de elasticidad del hormigón

Respecto a la longitud de pandeo de la pieza, esta depende de la relación de rigideces entre los soportes en cada uno de sus extremos. En nuestro caso, hemos cogido la longitud del pilar como longitud de pandeo, ya que en los experimentos llevados a cabo, se cumplen las condiciones del primer caso de la tabla siguiente:

	Apoyos de los extremos de la barra	Desplazamiento de los extremos de la barra	Figura de pandeo	$\alpha = l_0/l$
1	Ambos extremos articulados	No se pueden desplazar		1,0
2	Ambos extremos empotrados elásticamente	No se pueden desplazar		$\geq 0,7$
3	Un extremo empotrado rigidamente; el otro extremo articulado	No se pueden desplazar		$\geq 0,7$
4	Ambos extremos rigidamente empotrados	No se pueden desplazar		$\geq 0,5$
5	Un extremo empotrado rigidamente; el otro extremo libre	Uno se puede desplazar		$\geq 2,0$
6	Ambos extremos rigidamente empotrados	Uno se puede desplazar		$\geq 1,0$
7	Ambos extremos empotrados elásticamente	Uno se puede desplazar		$\geq 1,3$

l = longitud real l_0 = longitud de pandeo

Ilustración 7: Coeficientes para longitud de pandeo (teoría elástica) [7]

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación [8], el coeficiente de reducción por pandeo χ adopta la siguiente expresión:

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_k^2}} \geq 1 & \bar{\lambda}_k \geq 0,2 \\ 1 & \bar{\lambda}_k < 0,2 \end{cases}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + \bar{\lambda}_k^2]$$

Ilustración 8: Definición del coeficiente de reducción por pandeo

Siendo: $\bar{\lambda}_k = \bar{\lambda}$, es decir, la esbeltez reducida anteriormente presentada.

α = coeficiente de imperfección elástica. Su valor depende de la curva de pandeo elegida.

A continuación, dedicaremos un apartado al análisis de las actuales curvas de pandeo.

2.4 Estado del arte de las actuales curvas de pandeo

Se llama curva de pandeo a la representación del coeficiente de reducción por pandeo χ en función del coeficiente de imperfección elástica α y de la esbeltez relativa. Estas curvas representan por medio del coeficiente α , la diferente sensibilidad de una pieza al fenómeno de pandeo, así como la influencia de las posibles tensiones residuales existentes, que depende de: el tipo de sección, el plano de pandeo (y,z), el tipo de acero y el proceso de fabricación de la pieza. Existen cinco tipos de curvas diferentes: a, b, c, d; y cada tipo de curva lleva asociada un coeficiente de imperfección elástica α :

La ilustración 10 es una tabla sacada de la versión del Eurocódigo 4 redactada por el profesor G.Hanswille [9], la cual asigna a las estructuras mixtas una curva de pandeo a utilizar en función de su sección transversal:

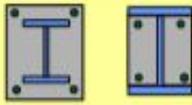
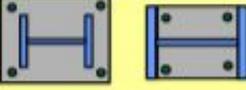
cross-section	buckling curve
 buckling about strong axis $v = 0,85$	b
 buckling about weak axis $v = 0,85$	c
 $\rho_s \leq 3\%$ $v = 1,00$	a
 $3\% < \rho_s \leq 6\%$ $v = 1,00$	b
 $v = 1,00$	b
 $v = 0,85$	b

Ilustración 9: Coeficiente de imperfección elástica a utilizar en función de la sección transversal

donde:

$$\rho_s = \frac{A_s}{A_c} = \text{proporción de armadura longitudinal (explicado anteriormente)}$$

v = coeficiente que expresa el endurecimiento del hormigón gracias al confinamiento (1 para perfiles tubulares; 0,85 para perfiles embebidos o parcialmente embebidos). Si trabajaremos con pilares embebidos, este coeficiente multiplicaría los términos del hormigón en la ecuación de la resistencia plástica de la sección, vista anteriormente.

La ilustración 11 muestra los valores de α para cada curva de pandeo, así como su aspecto en el gráfico:

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coefficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales

⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostramiento

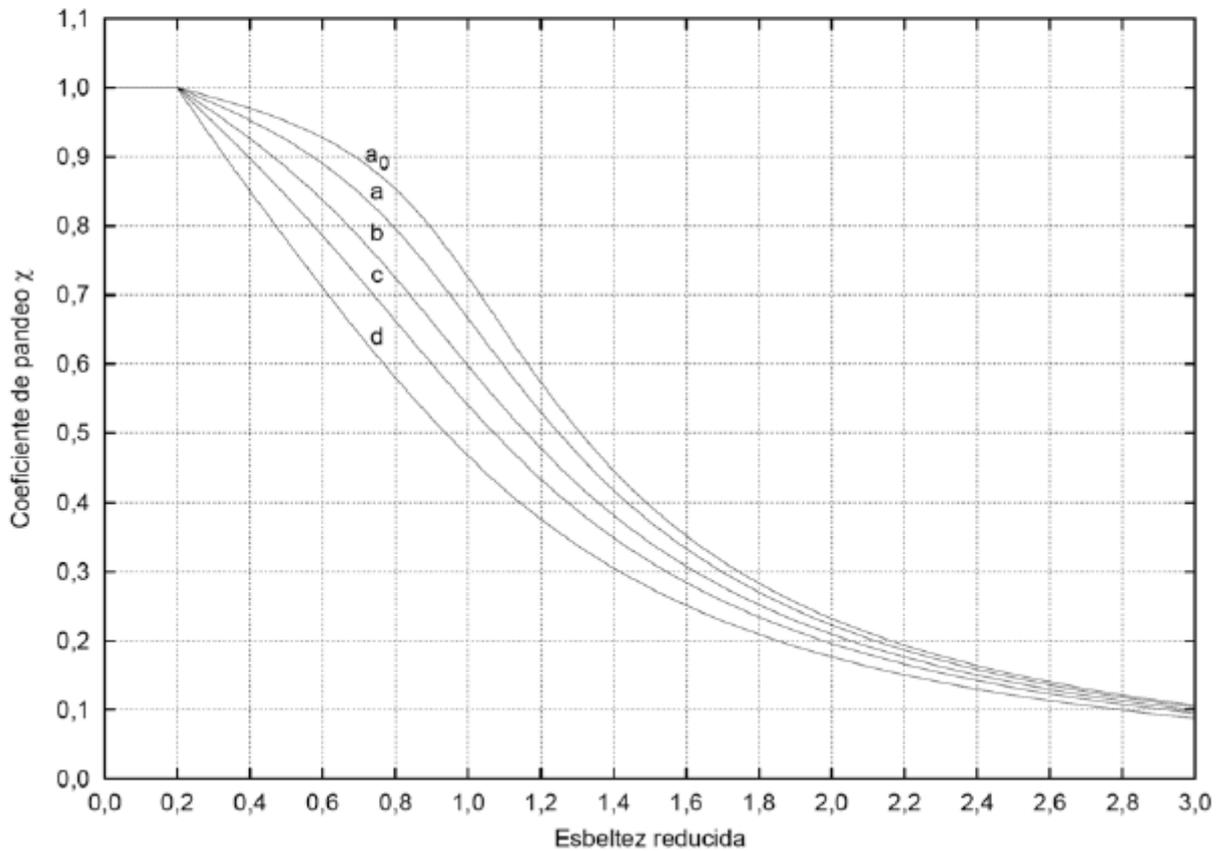


Ilustración 10: Valores del coeficiente de reducción por pandeo

Antes de adentrarnos de lleno en lo que es la memoria descriptiva, explicaremos el fenómeno de pandeo local, ya que, como hemos comentado anteriormente, es otro de los factores que influye en el diseño de pilares mixtos.

2.5 Pandeo local

¿Qué es el pandeo local? “Es el fenómeno que se produce en componentes estructurales muy delgadas sometidas a compresión en alguna zona para los que al llegar a un valor de la carga o tensión local actuante cambia repentinamente la forma de deformarse en dicha zona de compresión a flexión y compresión, apareciendo ondulaciones que pueden conducir a la rotura de tal elemento” [9]. Por tanto, el parámetro fundamental en este tipo de falla es la relación ancho/espesor de cada uno de los elementos que conforman la sección.

El objetivo de clasificar las secciones transversales en distintas clases, es identificar el grado en el que la resistencia y la capacidad de rotación de una sección transversal se ven limitadas debido al pandeo local.

Basándome en el Eurocódigo 3 [10], las diferentes clases son:

- Clase 1 (plásticas): son aquellas que pueden alcanzar su momento resistente plástico sin limitación alguna.
- Clase 2 (compactas): son aquellas que pueden alcanzar su momento resistente plástico pero tienen limitada su capacidad de giro debido al pandeo local.
- Clase 3 (semicompactas): en ellas la tensión en la fibra más comprimida, asumiendo una distribución elástica de tensiones, puede alcanzar su límite de elasticidad, sin embargo, el pandeo local o abollamiento impiden alcanzar el momento plástico.
- Clase 4 (esbeltas): en ellas el pandeo local aparecerá antes de alcanzar el límite elástico en una o varias partes de la sección.

Un ejemplo de este tipo de sección se da en las latas metálicas de Coca-Cola, donde, por mucha fuerza de compresión que ejerzamos, no llegamos a deformar el material de forma plástica ya que este abolla antes de llegar al límite elástico.



Ilustración 11: Ejemplo de sección clase 4

En la ilustración siguiente, podéis ver un resumen de cómo se comportan mecánicamente las distintas clases de secciones transversales:

Clase	Modelo de comportamiento	Resistencia de cálculo	Capacidad de rotación de la rótula plástica	Análisis global de la estructura
1		PLÁSTICA sobre toda la sección 	importante	elástico o plástico
2		PLÁSTICA sobre toda la sección 	limitada	elástico
3		ELÁSTICA sobre toda la sección 	ninguna	elástico
4		ELÁSTICA sobre la sección reducida 	ninguna	elástico

Ilustración 12: Comportamiento mecánico de las diferentes clases de secciones transversales [11]

A continuación veremos cómo se clasifican los diferentes tipos de pilares mixtos.

- Por lo que respecta a los pilares tubulares circulares, toda la información está contenida en la ilustración 14. Simplemente me gustaría remarcar que si la relación $\frac{d}{t} \geq 90 \epsilon^2$, entonces la sección transversal es de clase 4 y por tanto el pilar abolla antes de llegar a su límite elástico.

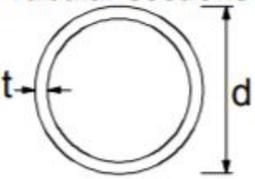
Tubular sections						
						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Ilustración 13: Clasificación de secciones transversales para pilares tubulares circulares (CCFT)

- Para pilares tubulares rectangulares, la clasificación es la siguiente:

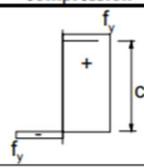
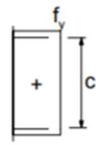
Class	Part subject to compression
	
1	$c/t \leq 33\epsilon$
2	$c/t \leq 38\epsilon$
	
3	$c/t \leq 42\epsilon$

Ilustración 14: Clasificación de secciones transversales para pilares tubulares rectangulares (RCFT)

Para evitar el pandeo local y por tanto, la abolladura antes de llegar al límite elástico, en el resto de pilares mixtos, debemos respetar las limitaciones siguientes:

- Para secciones embebidas ninguna comprobación es necesaria siempre y cuando

$$c_z \geq \begin{cases} 40mm \\ b/6 \end{cases} \quad \text{ver ilustración 1:a) para localizar } c_z.$$

- Para secciones parcialmente embebidas el valor máximo no debe superar: $\frac{d}{t} = 44\varepsilon$ ver ilustración 1:b) para localizar d y t.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \text{siendo } f_y \text{ el límite elástico del acero en N/mm}^2$$

3. Objeto y Justificación

3.1 Objeto

El objetivo de este Trabajo de Final de Grado es, analizar las diferentes curvas de pandeo utilizadas en el método simplificado de diseño de pilares mixtos (ver apartado 2.3 Desarrollo teórico del método simplificado para pilares mixtos), el cual está contenido dentro de la normativa europea vigente para el diseño de pilares mixtos, es decir, el Eurocódigo 4, e, intentar optimizar estas curvas en función de los materiales que forman el pilar, así como, reducir una de las limitaciones que posee este método, más concretamente, la limitación que trata sobre el rango de valores que puede tomar el límite elástico de los materiales.

3.2 Justificación

Pero, ¿por qué realizar este trabajo? La primera razón es porque como podéis ver en el apartado 2.2, “Limitaciones del método simplificado para pilares mixtos”, este método solo puede ser usado para aceros con un límite elástico comprendido entre: $235 \leq f_y \leq 460 \text{ Mpa}$, y para hormigones de $25 \leq f_c \leq 50 \text{ Mpa}$. Sin embargo, en la actualidad existen hormigones de alta resistencia gracias al desarrollo de nuevos y mejores aditivos. Estos hormigones presentan ventajas frente a los hormigones convencionales ya que, obviamente, pueden soportar mayores cargas de compresión con una misma sección, lo que permite reducir el tamaño de los pilares.

Debido a estos motivos, David Hernández decidió que sería interesante que yo pudiera llevar a cabo un análisis de datos experimentales, el cual explicaré en el próximo apartado, para ver si se podía extender el uso de este método simplificado a pilares formados con hormigones poseyendo límites elásticos mayores a los anteriormente comentados.

La segunda razón para realizar este trabajo y por ello no menos importante es, que dependiendo del límite elástico de los materiales que forman el pilar (dentro de las limitaciones) así como del tipo de clase según la sección transversal, en ciertos casos, estas curvas de pandeo quedan muy del lado de la seguridad, lo que supone un sobre coste, y en otros casos, no respetan la normativa. La idea es pues, identificar estos casos gracias al análisis de los datos experimentales y según sean de un tipo o de otro, hacerlos que cumplan u optimizarlos, es decir, modificar ligeramente las ecuaciones de estas curvas de pandeo con el objetivo de hacerlas más precisas, y por ende, reducir los costes.

4. Estudio a partir de los datos experimentales

4.1 Información sobre los datos experimentales

Los datos experimentales que he utilizado para realizar mi estudio me fueron transmitidos por David Hernández, el cual los ha ido recopilando con el paso de los años. Estos datos se componen de 546 pilares CCFT junto con 393 pilares RCFT, lo que hace un total de 939 pilares. Cada uno de estos pilares ha sido sometido a un ensayo, en el cual se le ha aplicado una carga centrada de compresión, sin ningún tipo de excentricidad, hasta llegar a la rotura. La fuerza de compresión necesaria para provocar esta rotura ha sido registrada, igual que otros campos conteniendo información sobre las dimensiones del pilar, los materiales empleados, etc. Es necesario saber que estos campos varían en función de la geometría del pilar, es decir, de si el pilar es CCFT o RCFT. A continuación, os mostraré un ejemplo de los campos existentes en la base de datos para cada tipo de pilar, así como el rango de valores existente en cada campo. Para vuestra información, saber que podéis consultar la totalidad de la base de datos experimental ordenada por antigüedad y separada en función de la geometría de la sección (véase anexo 1).

Para pilares CCFT:

Año	Autor	Referencia	D mm	t mm	F _y N/mm ²	F _c N/mm ²	L mm	N _{exp} kN
1957	Kloppel & Goder	75	95,00	3,58	360,00	24,40	1980,00	473,00
1978	Zhong (new)	74*	140,00	5,00	378,28	23,10	840,00	1283,80
1982	Tang et al	Tang-47	140,00	5,30	378,30	21,86	840,00	1326,00
2007	Gupta	D2M3C1	47,28	1,87	360,00	16,11	340,00	215,00

Ilustración 15: Campos existentes en la base de datos para pilares CCFT

El rango de valores para cada campo de esta base de datos varía entre:

$$1957 \leq \text{Año} \leq 2012$$

$$44,45 \leq D \text{ (mm)} \leq 500$$

$$1,24 \leq t \text{ (mm)} \leq 12,80$$

$$178,28 \leq F_y \text{ (MPa)} \leq 614$$

$$10 \leq F_c \text{ (Mpa)} \leq 134$$

$$340 \leq L \text{ (mm)} \leq 5560$$

$$45,20 \leq N_{\text{exp}} \text{ (KN)} \leq 12838$$

Para comprender el significado de D y t véase la “Ilustración 2: d) RCFT; e) CCFT; f) Pilares CFT con perfil embebido”. L es la longitud del pilar o altura y N_{exp} es el axil experimental realizado para producir la fractura del pilar.

Para pilares RCFT:

año	autor	Denom.	b (mm)	h (mm)	t (mm)	R_{ext} (mm)	R_{int} (mm)	L (mm)	Fy (MPa)	Fc (Mpa)	N_{exp} (kN)
1976	Bridge	SHC-2	199,90	199,90	10,01	25,02	15,01	3050,00	290,00	30,60	2869,00
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,38	8,45	5,07	1422,40	324,23	34,08	385,34
2010	Chitawadagi	A2t3M30-0,5	40,00	60,00	2,65	0,00	0,00	500,00	250,00	34,19	220,00

Ilustración 16: Campos existentes en la base de datos para pilares RCFT

El rango de valores para cada campo de esta base de datos varía entre:

$$1967 \leq \text{Año} \leq 2012$$

$$25 \leq b \text{ (mm)} \leq 508$$

$$50 \leq h \text{ (mm)} \leq 360$$

$$0,71 \leq t \text{ (mm)} \leq 12$$

$$0 \leq R_{ext} \text{ (mm)} \leq 25,02$$

$$0 \leq R_{int} \text{ (mm)} \leq 15,01$$

$$217,48 \leq Fy \text{ (MPa)} \leq 550$$

$$15,84 \leq Fc \text{ (Mpa)} \leq 122,10$$

$$250 \leq L \text{ (mm)} \leq 15926$$

$$41,60 \leq N_{exp} \text{ (KN)} \leq 8142,30$$

De igual manera que para los CCFT, en caso de duda sobre el significado de b,h,t o los R, consultar la “Ilustración 2: d) RCFT; e) CCFT; f) Pilares CFT con perfil embebido”. Aunque en la imagen no se indica ni R_{ext} ni R_{int} , se aprecia fácilmente que la sección rectangular no es totalmente recta y se comprende por lo tanto a que corresponden estos radios.

Cabe destacar que estas dos bases de datos experimentales, CCFT y RCFT, me han sido transmitidas en sendos archivos Excel, a partir de los cuáles he podido trabajar directamente, como explicaré en el próximo apartado.

4.2 Clasificación de los pilares según los materiales utilizados y su sección transversal

El análisis de los datos ha sido facilitado enormemente gracias a la posibilidad que ofrece Excel de utilizar macros. Estas son escritas mediante el lenguaje de programación “Visual Basic” (VB) y permiten automatizar los cálculos. En caso de interés mayor, podéis encontrar en el anexo 2 todo el código Visual Basic implementado a lo largo de la realización de este proyecto.

Usando esta herramienta, hemos empezado clasificando los distintos pilares en función de:

- Su sección transversal: cuatro tipos de clases dependiendo de la propensión del pilar a sufrir pandeo local. Para ver cómo se calcula cada clase para los pilares CCFT consúltese la Ilustración 13. Para los pilares RCFT véase la Ilustración 14. Ambas se encuentran en el apartado 2.5 Pandeo Local.
- Los límites de elasticidad del acero y del hormigón. Se han diferenciado diez clases distintas de materiales según el código siguiente:

	$F_y \geq 355 \text{ Mpa}$	$F_y < 355 \text{ Mpa}$
$F_c \leq 25 \text{ Mpa}$	1	6
$F_c \leq 50 \text{ Mpa}$	2	7
$F_c \leq 70 \text{ Mpa}$	3	8
$F_c \leq 90 \text{ Mpa}$	4	9
$F_c \geq 90 \text{ Mpa}$	5	10

Ilustración 17: Definición de las distintas clases de materiales en función de los límites elásticos

Una clase de pilares irá definida pues por la siguiente nomenclatura: C_M_; por ejemplo la clase C4M5 hace referencia a los pilares que tiene una sección transversal de clase 4 y sus materiales pertenecen a la clase 5 de materiales ($F_y \geq 355 \text{ Mpa}$ y $F_c \geq 90 \text{ Mpa}$).

4.3 Cálculos y Análisis

Antes de meternos de lleno con esta sección, me gustaría recordar que tanto el desarrollo teórico como las ecuaciones utilizadas a continuación están explicadas al detalle en el apartado 2.3 “Desarrollo teórico del método simplificado para pilares mixtos”. Sin embargo, para facilitar el seguimiento de la lectura, iré recordando las ecuaciones más importantes.

Es necesario saber que todo el proceso explicado a continuación se ha desarrollado de igual manera tanto para los pilares CCFT como para los RCFT.

4.3.1 Cálculo del error teórico

Una vez clasificados los distintos pilares, hemos comenzado por calcular la resistencia plástica de la sección sometida a esfuerzo normal, $N_{pl,Rd}$, para cada uno de ellos en función de los campos disponibles en las bases de datos según la ecuación presente aquí abajo. En ella, los términos con el subíndice s son iguales a 0 dado que ningún pilar de la base de datos tiene refuerzo por armadura.

Además, las resistencias de cálculo de los materiales f_{yd} , f_{cd} y f_{sd} son calculadas dividiendo el límite elástico del material por un coeficiente de seguridad, no obstante, en nuestro caso, dado que los pilares han sido creados con el máximo rigor en los diferentes laboratorios y que el objetivo del ensayo es ser lo más preciso posible en la obtención del axil crítico, el coeficiente de seguridad utilizado es igual a 1.

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd}$$

Con la resistencia plástica ya en mano, hemos procedido al cálculo de la esbeltez relativa $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}}$.

Una vez obtenida la esbeltez relativa, hemos calculado el coeficiente de reducción por pandeo teórico, a partir de esta y del coeficiente de imperfección elástica α , utilizando un valor igual a 0,21 como indica el Eurocódigo 4 para los pilares CFT. Seguidamente, calculamos el axil teórico de resistencia a pandeo que deberíamos haber obtenido a partir del coeficiente de reducción por pandeo previamente calculado y de la resistencia plástica: $N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi$

Para calcular el error cometido, comparamos el axil experimental contenido en la base de datos para cada pilar con el axil teórico que deberíamos haber obtenido, es decir, el previsto por la normativa.

$$\text{Error} = \frac{N_{exp}}{N_{b,Rd \text{ teórico}}}$$

El valor obtenido a partir de esta ecuación puede tener dos significados. Si el Error ≥ 1.00 , quiere decir que el pilar queda del lado de la seguridad, es decir, que ha hecho falta aplicar una carga mayor a la prevista para hacer fallar al pilar ensayado. Por otro lado, si el Error < 1.00 , significa que el pilar falla antes de lo previsto y por tanto es inseguro.

4.3.2 Cálculo del porcentaje de pilares de cada clase que cumplen la normativa

Para poder identificar cómo reaccionan los pilares respecto a la normativa contenida en el Eurocódigo 4 en función de las dos clasificaciones distintas que hemos hecho (materiales y "pandeo local"), he decidido que una buena manera de empezar es ver qué porcentaje de cada clase cumple y cual no. Por ello, he creado una tabla que lo calcula para cada clase y posteriormente lo he representado gráficamente.

En las gráficas que veremos a continuación M1 hace referencia a los materiales de la clase 1, es decir, aquellos con un $f_y \geq 355$ MPa y un $F_c \leq 25$ MPa. Y así, sucesivamente. A su vez, las secciones transversales hacen referencia a la propensión al pandeo local como hemos explicado anteriormente (mismo razonamiento que en el apartado 4.2).

En los gráficos, resaltaremos en rojo las clases de materiales que son propensos a una revisión de la fórmula propuesta por el Eurocódigo 4 en busca de una optimización. El criterio de selección/ fiabilidad ha sido el siguiente:

- Si número de unidades por clase < 10 , esta clase no se tiene en cuenta ya que es peligroso generalizar con tan pocos datos.
- Si número de unidades por clase entre 10 y 40, el porcentaje de cumplimiento ha de ser mayor del 97,5%.
- Si número de unidades por clase entre 40 y 100, el porcentaje de cumplimiento ha de ser mayor del 95%.
- Si número de unidades por clase > 100 , el porcentaje de cumplimiento ha de ser mayor del 93%.

En naranja resaltaremos las clases de materiales que sí que están consideradas dentro de los límites del método simplificado (únicamente en referencia a los hormigones, dado que sólo tenemos 20 aceros de los 939 con $f_y < 235$ Mpa) pero que sin embargo, no cumplen los criterios explicados justo arriba y deben ser por tanto revisadas.

Para los pilares CCFT:

Sumatorio Teórico		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Total
C1	Suma	18	39	1	4	5	50	162	37	13	15	344
	Contar	18	41	1	5	6	50	174	40	14	17	366
	Porcentaje	100,00%	95,12%	100,00%	80,00%	83,33%	100,00%	93,10%	92,50%	92,86%	88,24%	93,99%
C2	Suma	5	15	1		4	5	30	3			63
	Contar	7	25	4		4	6	38	5			89
	Porcentaje	71,43%	60,00%	25,00%		100,00%	83,33%	78,95%	60,00%			70,79%
C3	Suma	2	12	0			1	8	2			25
	Contar	4	12	3			4	12	6			41
	Porcentaje	50,00%	100,00%	0,00%			25,00%	66,67%	33,33%			60,98%
C4	Suma	11	11	1		4	3	5	1			36
	Contar	11	12	1		6	3	16	1			50
	Porcentaje	100,00%	91,67%	100,00%		66,67%	100,00%	31,25%	100,00%			72,00%
Total	Suma	36	77	3	4	13	59	205	43	13	15	468
	Contar	40	90	9	5	16	63	240	52	14	17	546
	Porcentaje	90,00%	85,56%	33,33%	80,00%	81,25%	93,65%	85,42%	82,69%	92,86%	88,24%	85,71%

Ilustración 18: Porcentaje de pilares CCFT que respeta el Eurocódigo 4 en función de las distintas clases



Ilustración 19: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 1 que respeta el Eurocódigo 4



Ilustración 20: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 2 que respeta el Eurocódigo 4

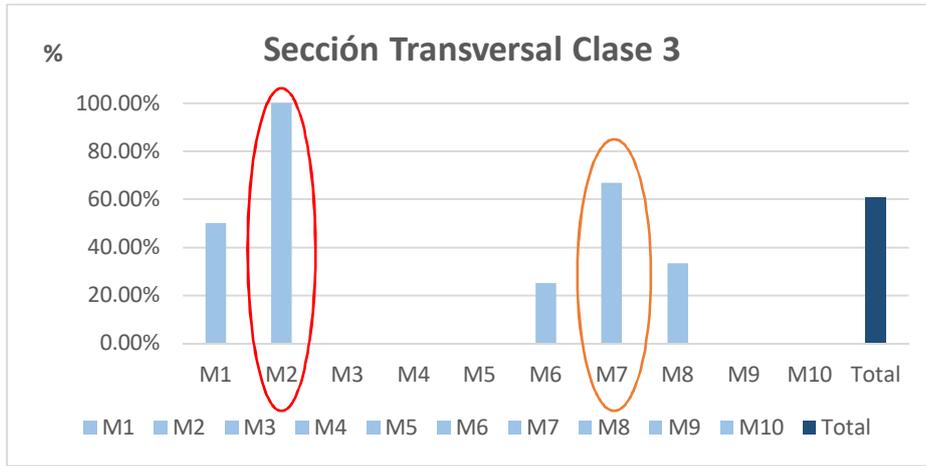


Ilustración 21: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 3 que respeta el Eurocódigo 4



Ilustración 22: Porcentaje de pilares CCFT de clase transversal 4 que respeta el Eurocódigo 4

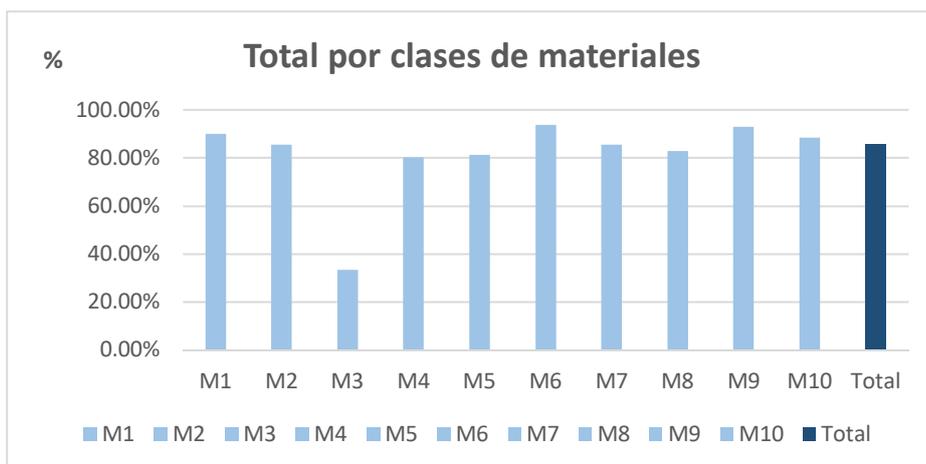


Ilustración 23: Porcentaje de pilares CCFT por tipo de material que respeta el Eurocódigo 4

Para los pilares RCFT:

Sumatorio Teórico		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Total
C1	Suma	12	1	22	7	7	0	0	3	1	2	55
	Contar	12	1	33	9	13	2	2	5	4	2	83
	Porcentaje	100,00%	100,00%	66,67%	77,78%	53,85%	0,00%	0,00%	60,00%	25,00%	100,00%	66,27%
C2	Suma	5		24	0	3	0				1	33
	Contar	7		28	1	3	6				2	47
	Porcentaje	71,43%		85,71%	0,00%	100,00%	0,00%				50,00%	70,21%
C3	Suma	4	1	6	10	3	14	3	8			49
	Contar	4	1	6	11	3	14	3	8			50
	Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	90,91%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%			98,00%
C4	Suma	14	2	20	5	17	20	5	13		8	104
	Contar	40	3	36	17	31	48	5	16		17	213
	Porcentaje	35,00%	66,67%	55,56%	29,41%	54,84%	41,67%	100,00%	81,25%			47,06%
Total	Suma	35	4	72	22	30	34	8	24	1	11	241
	Contar	63	5	103	38	50	70	10	29	4	21	393
	Porcentaje	55,56%	80,00%	69,90%	57,89%	60,00%	48,57%	80,00%	82,76%	25,00%	52,38%	61,32%

Ilustración 24: Porcentaje de pilares RCFT que respeta el Eurocódigo 4 en función de las distintas clases

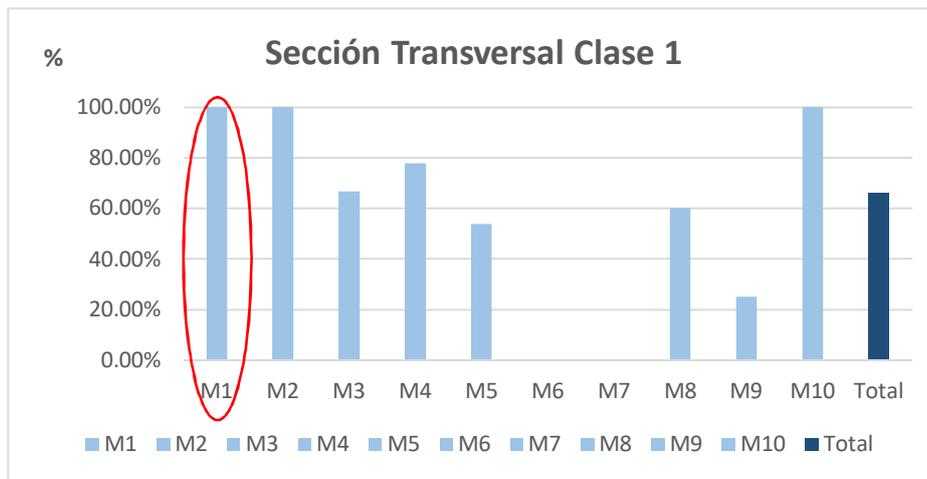


Ilustración 25: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 1 que respeta el Eurocódigo 4



Ilustración 26: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 2 que respeta el Eurocódigo 4

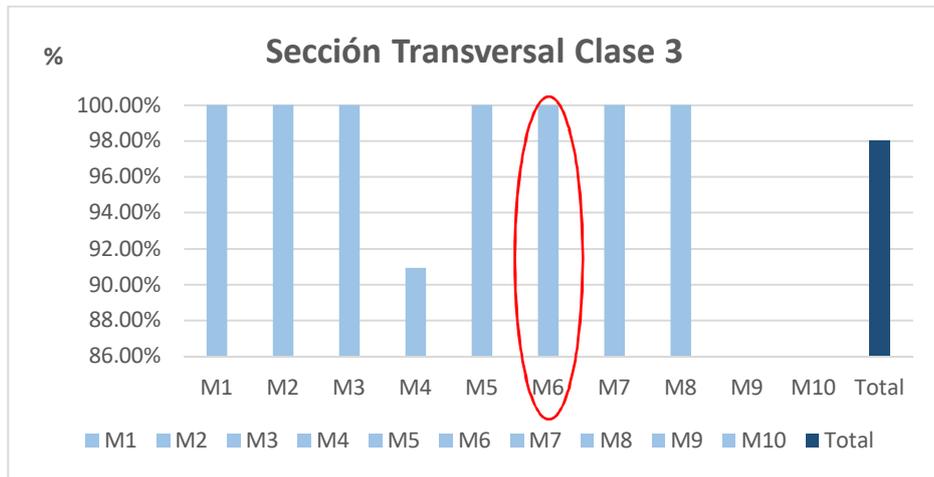


Ilustración 27: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 3 que respeta el Eurocódigo 4

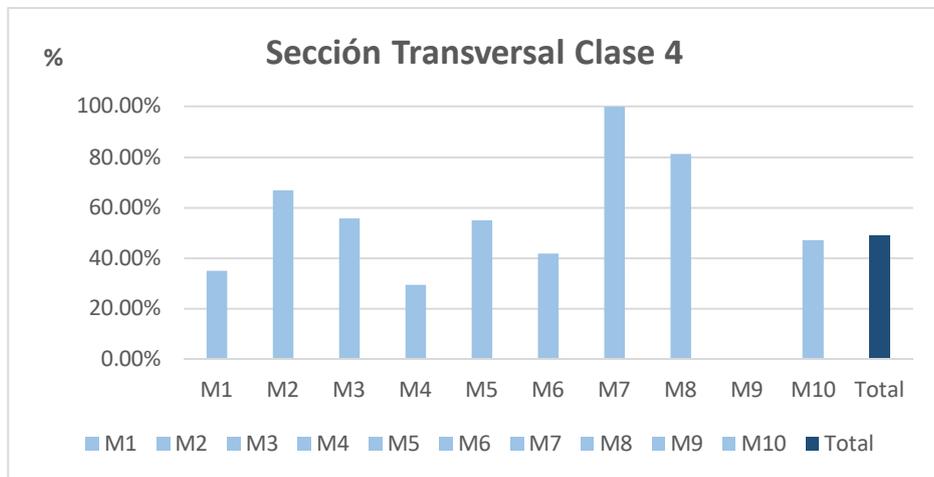


Ilustración 28: Porcentaje de pilares RCFT de clase transversal 4 que respeta el Eurocódigo 4

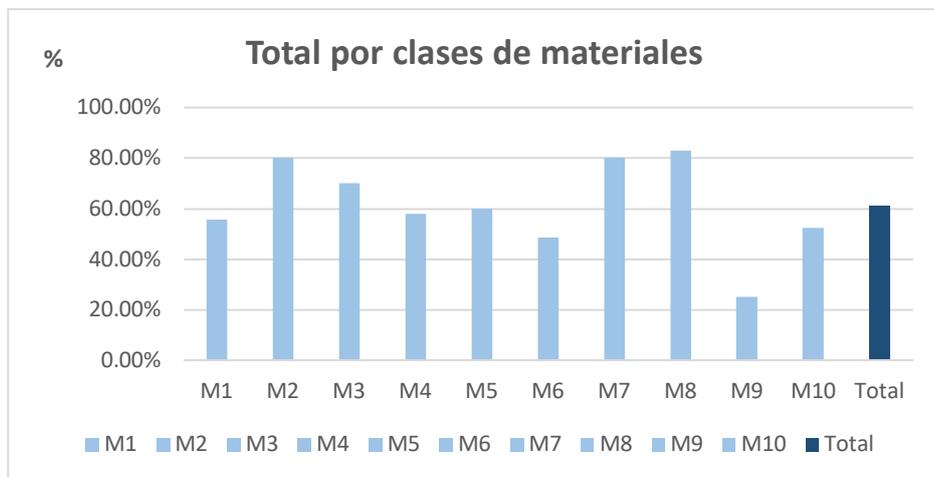


Ilustración 29: Porcentaje de pilares RCFT por tipo de material que respeta el Eurocódigo 4

4.3.3 Optimización, mejora y ampliación de la normativa vigente para las diferentes clases de pilares

Tanto la optimización como la mejora que pretendemos llevar a cabo consiste en modificar la ecuación que permite obtener las diferentes ecuaciones de pandeo. Si nos fijamos bien en la ecuación siguiente, vemos que solo existen dos parámetros que podamos modificar.

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_k^2}} \geq 1 & \bar{\lambda}_k \geq 0,2 \\ 1 & \bar{\lambda}_k < 0,2 \end{cases}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + \bar{\lambda}_k^2]$$

El primero es el coeficiente de imperfección elástica, α , que no es ni más ni menos que la pendiente de cada una de las curvas. Si observamos la Ilustración 10: Valores del coeficiente de reducción por pandeo, observamos que cuánto menor es el valor de α menos inclinación tiene la curva. Esto significa un mayor valor del coeficiente de reducción por pandeo y por lo tanto, una mayor capacidad por parte del pilar para soportar cargas de compresión ya que, $N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi$.

El segundo parámetro que podríamos modificar es el valor de 0,2. Este valor actúa como un límite ya que cualquier pilar con una esbeltez relativa menor a 0,2; tendrá obligatoriamente un $\chi=1$, lo que supondría que el efecto de pandeo no tendría lugar en este pilar.

El objetivo planteado de aumentar el rango de tipos de hormigón a la hora de utilizar el método simplificado también intentará resolverse con modificaciones sobre la ecuación anteriormente presentada.

Empezaremos intentando buscar una nueva ecuación para aquellas clases de materiales que hemos identificado anteriormente como optimizables, posteriormente intentaremos mejorar las clases que no cumplen con los requisitos de seguridad pero que sí que están dentro de los límites y, finalmente, intentaremos extender estos límites para poder así incorporar hormigones de mayor resistencia.

Notas importantes:

1. El término “teórico” hace referencia al modelo propuesto por el Eurocódigo 4 en el método simplificado.
2. Definimos fiabilidad como la probabilidad de que los pilares que forman una determinada clase queden del lado de la seguridad. Repetimos, para afianzar conceptos: los pilares quedan del lado de la seguridad cuando el axil experimental es mayor que el axil teórico supuesto por el modelo.
3. Definimos el error medio (E_m) como la suma de errores de cada pilar. Este error es definido como el cociente entre el axil experimental extraído de la base de datos y el axil teórico correspondiente a cada uno de los diferentes modelos de ecuaciones propuestos. Si $E > 1$ nos encontramos del lado de la seguridad, mientras que si $E < 1$, esto significa que el pilar rompe antes de lo previsto por el modelo utilizado y, por lo tanto, es inseguro.

$$E_m = \sum E = \frac{N_{exp}}{N_{teórico}}$$

4.3.3.1 Proceso de optimización

Si nos fijamos en la Ilustración 17: Definición de las distintas clases de materiales en función de los límites elásticos, vemos que las únicas dos clases de materiales que cumplen con los límites establecidos por el método simplificado propuesto en el EC4 son las clases M2 y M7 ya que, son estas las que contienen los pilares construidos con hormigones de límite elástico mayor que 25 Mpa y menor que 50 Mpa. Para los pilares CCFT tenemos pues tres clases para intentar optimizar: C1M2, C1M7 y C3M2. Para los pilares RCFT no optimizaremos ninguna clase ya que, aunque hayan clases M2 o M7 al 100% de cumplimiento, no tenemos suficientes pilares dentro de la clase para poder generalizar ($\text{unidades} < 10$).

El proceso de optimización ha sido el siguiente: gracias a las macros de Excel, he probado distintas modificaciones de la ecuación que nos sirve para obtener el coeficiente de reducción por pandeo, cambiando los valores del límite y de α como he comentado anteriormente.

Denominación	Valor α	Valor límite
015	0,15	0,45
018	0,18	0,45
0154	0,15	0,40
01835	0,18	0,35

Ilustración 30: Modificaciones propuestas para la optimización

A continuación, he representado estas nuevas curvas en una gráfica junto con los puntos resultantes de cada clase para ver cual se adaptaba mejor a la línea de tendencia que formaban estos puntos (puntos=pilares). Después, para asegurarme de realizar la buena elección, he calculado el porcentaje de puntos que respectan los nuevos axiles teóricos, esta vez calculados con la nueva ecuación y finalmente, en caso de quedarnos con uno de los modelos propuestos, he calculado el error medio y la desviación típica para poder así cuantificar la mejora respecto al modelo original. En la página siguiente, encontraréis los resultados para las tres clases CCFT estudiadas.

C1M2

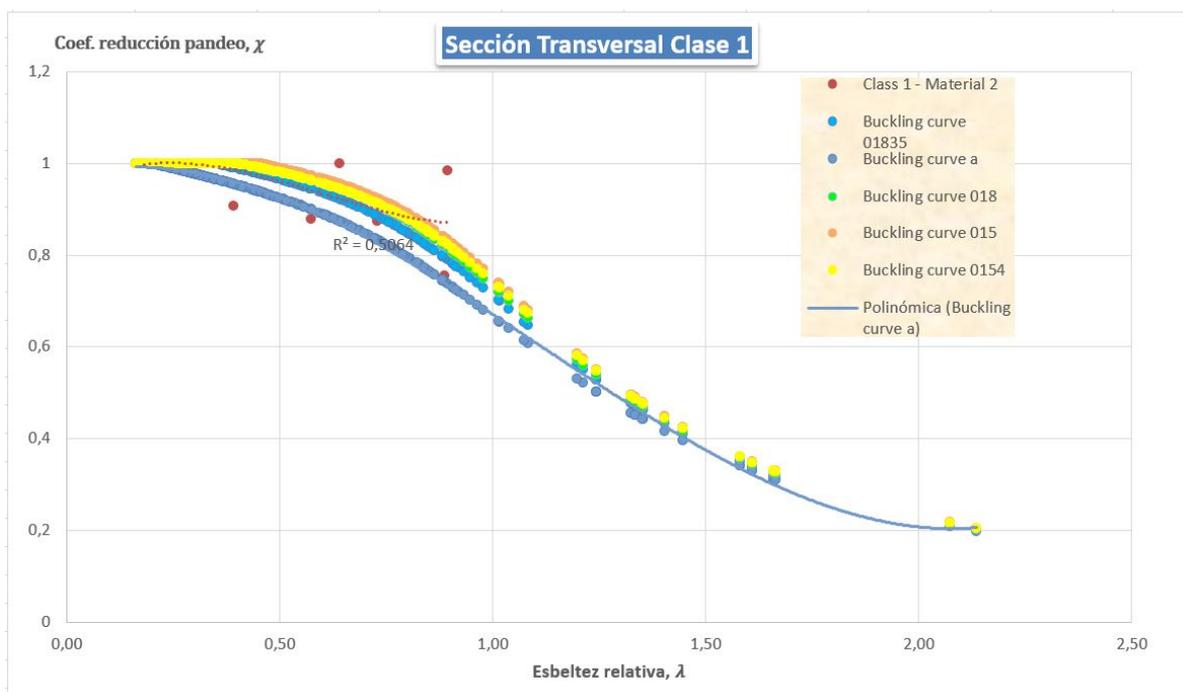


Ilustración 31: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M2

CCFT		015	018	0154	01835	Teórico
Clase C1M2	Suma	36	36	37	37	39
	Contar	41	41	41	41	41
	Porcentaje	87,80%	87,80%	90,24%	90,24%	95,12%

Ilustración 32: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M2 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado: Todas las modificaciones propuestas reducen en más de un 5% la fiabilidad de cumplimiento respecto al teórico. Además, ninguna de las modificaciones cumple los criterios expuestos en el apartado 4.3.2, “Cálculo del porcentaje de pilares de cada clase que cumplen la normativa”. Criterios que hemos utilizado para definir cuando una clase es suficientemente fiable o no. Por lo tanto, llegamos a la conclusión que la clase C1M2 ya está optimizada siguiendo el modelo teórico.

C1M7

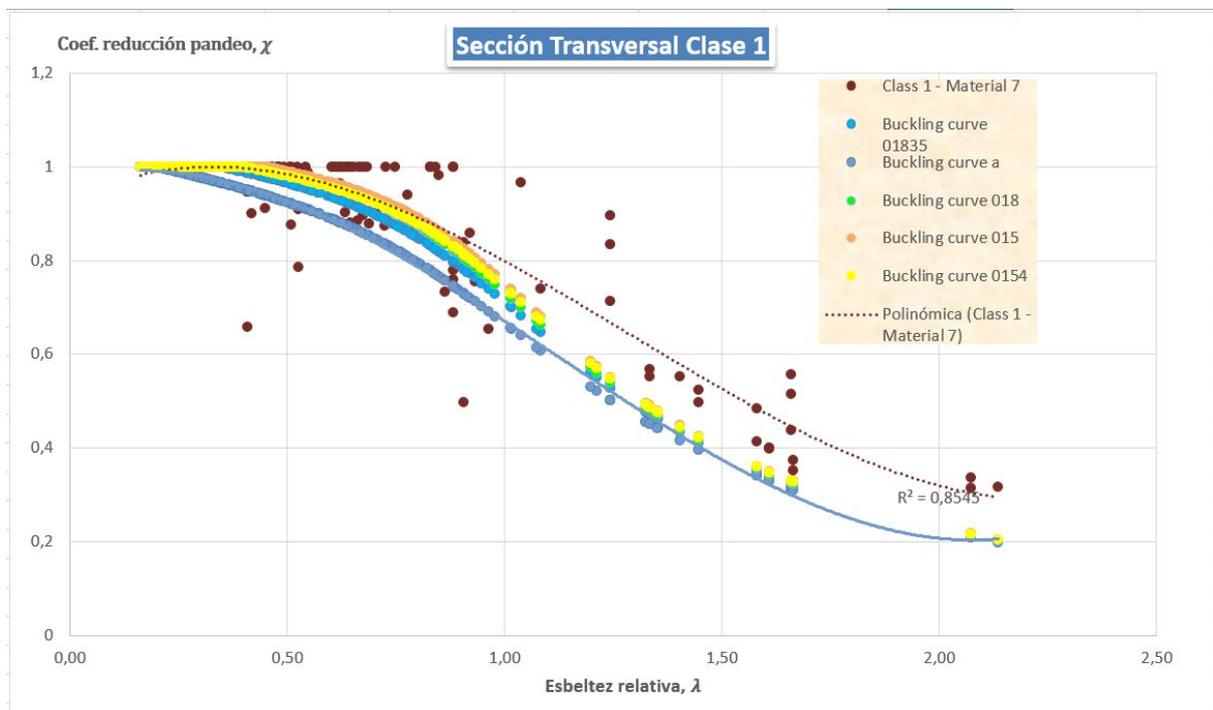


Ilustración 33: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M7

CCFT		015	018	0154	01835	Teórico
Clase C1M7	Suma	141	144	145	150	162
	Contar	174	174	174	174	174
	Porcentaje	81,03%	82,76%	83,33%	86,21%	93,10%

Ilustración 34: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M7 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado: De igual manera que para la clase C1M2, todas las modificaciones propuestas reducen en más de un 5% la fiabilidad de cumplimiento respecto al teórico. Visto que los criterios de fiabilidad tampoco cumplen, llegamos a la conclusión que la clase C1M7 ya está optimizada siguiendo el modelo teórico. Como curiosidad, decir que cuanto mayor es la esbeltez relativa, mayor es el margen de seguridad que presentan los pilares de esta clase frente a la totalidad de modelos.

C3M2

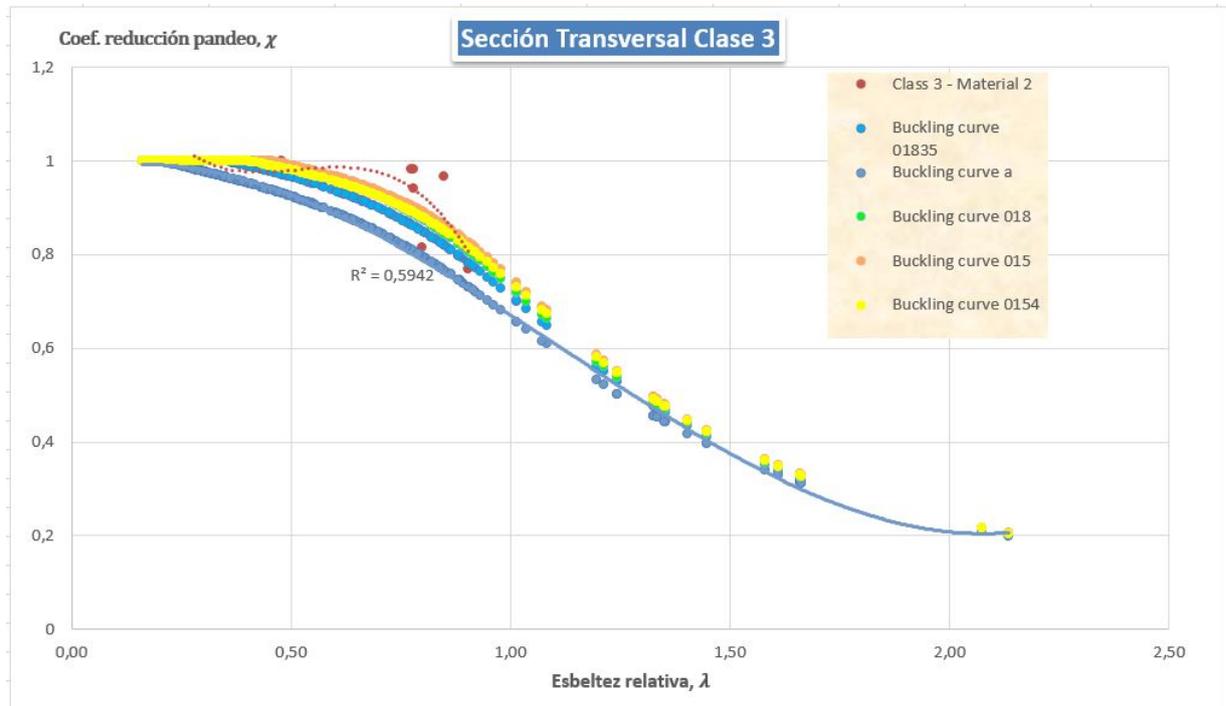


Ilustración 35: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M2

CCFT		015	018	0154	01835	Teórico
Clase C3M2	Suma	9	9	9	10	12
	Contar	12	12	12	12	12
	Porcentaje	75,00%	75,00%	75,00%	83,33%	100,00%

Ilustración 36: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M2 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado: Al igual que ocurre con las otras dos categorías estudiadas anteriormente, la clase C3M2 ya está optimizada siguiendo el modelo teórico.

4.3.3.2 Proceso de mejora: hacer más seguras aquellas clases de pilares dentro de los límites de la normativa

Empecemos recordando que las únicas dos clases de materiales que están contenidas dentro de los límites del EC4 son la M2 y la M7 (siempre hablando desde el punto de vista del hormigón). Se supone pues, que todos los pilares pertenecientes a estas clases deberían estar del lado de la seguridad usando la ecuación propuesta en el EC4.

Sin embargo, echando un vistazo al apartado 4.3.2 “Cálculo del porcentaje de pilares de cada clase que cumplen la normativa” vemos que no es así. En este mismo apartado se han identificado las clases C2M2, C2M7, C3M7, C4M2 y C4M7 de los pilares de geometría circular como clases a revisar. En relación con los pilares RCFT, no hay categorías a mejorar ya que, aunque vemos que hay resultados inferiores a los criterios de fiabilidad, no disponemos de suficientes unidades para poder generalizar.

En este caso, las modificaciones propuestas para las mejoras han sido las siguientes:

Denominación	Valor α	Valor límite
02115	0,21	0,15
034	0,34	0,20
03415	0,34	0,15
049	0,49	0,20

Ilustración 37: Modificaciones propuestas para la mejora de la seguridad de aquellas clases contenidas en el EC4

A continuación, encontraréis el estudio de mejora de las respectivas clases.

C2M2

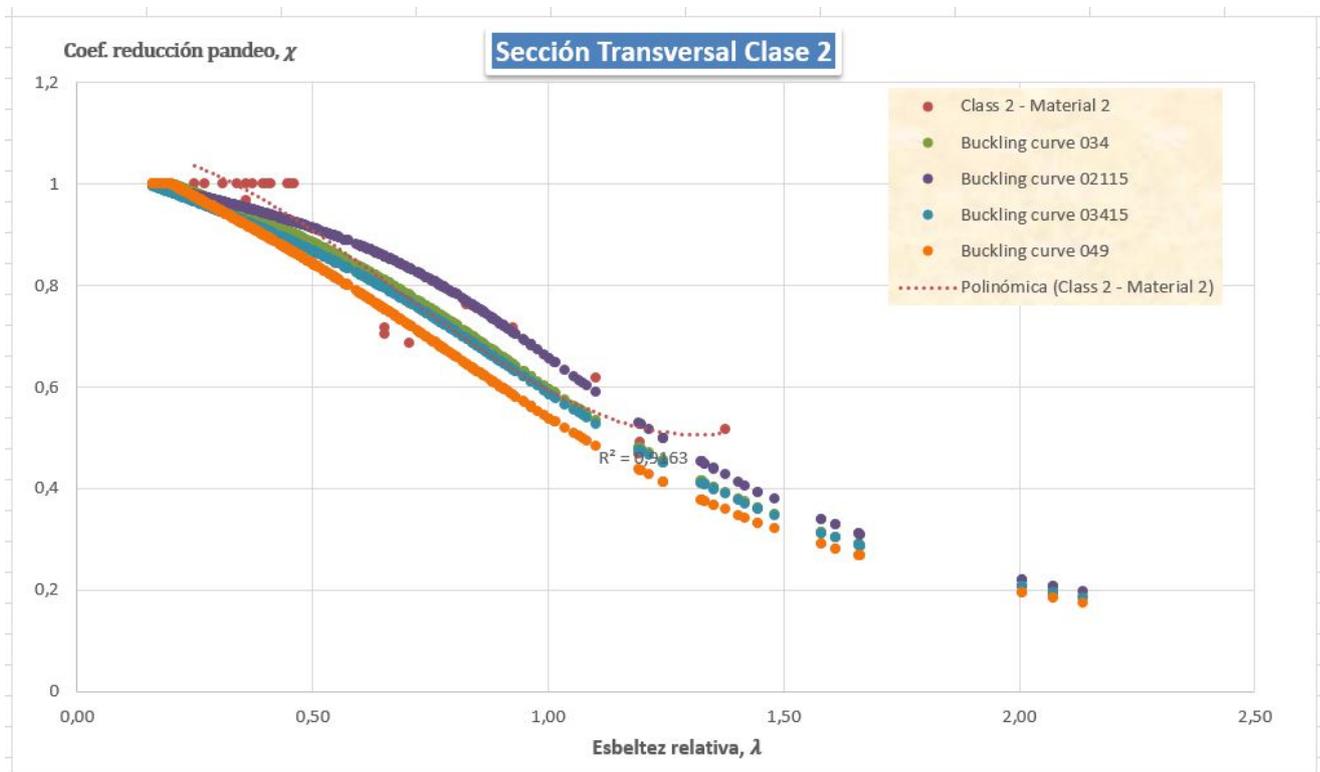


Ilustración 38: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M2

CCFT		Teórico	02115	034	03415	049
C2M2	Suma	15	16	18	19	22
	Contar	25	25	25	25	25
	Porcentaje	60,00%	64,00%	72,00%	76,00%	88,00%

Ilustración 39: Porcentaje de cumplimiento para la clase C2M2 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado1: Podemos observar tanto en el gráfico como en la Ilustración 39: Porcentaje de cumplimiento para la clase C2M2 de las diferentes modificaciones propuestas, que la modificación del límite no influye en la fiabilidad del modelo, ya que para valores de esbeltez relativa bajos, los pilares de esta clase presentan valores del coeficiente de reducción por pandeo muy altos. Sin embargo, el hecho de disminuir la pendiente de la curva, es decir de aumentar α , sí que tiene un efecto significativo. Mejoramos la fiabilidad ni más ni menos que un 28%. Aun así, el porcentaje de cumplimiento sigue siendo demasiado bajo.

A continuación, compararemos el error medio y la desviación típica del modelo 049 con los valores del modelo teórico.

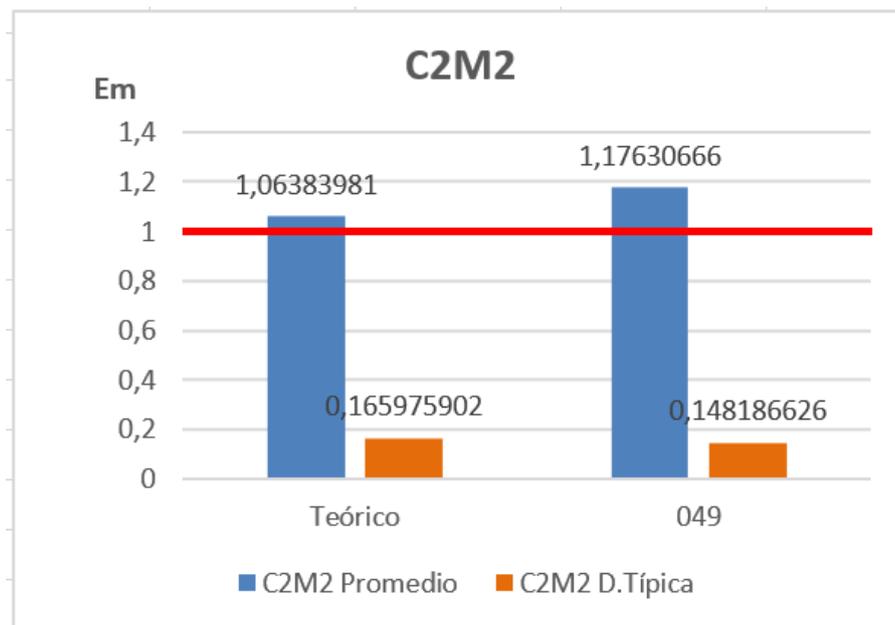


Ilustración 40: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C2M2

Resultado2: la Ilustración 40 muestra como el hecho de utilizar el modelo 049 mejora tanto el error como la desviación típica pero, el hecho de que el valor del error medio suba hasta 1,176 quiere decir que muchos de los pilares de esta categoría tiene un margen de seguridad excesivamente grande respecto al modelo propuesto (049).

C2M7

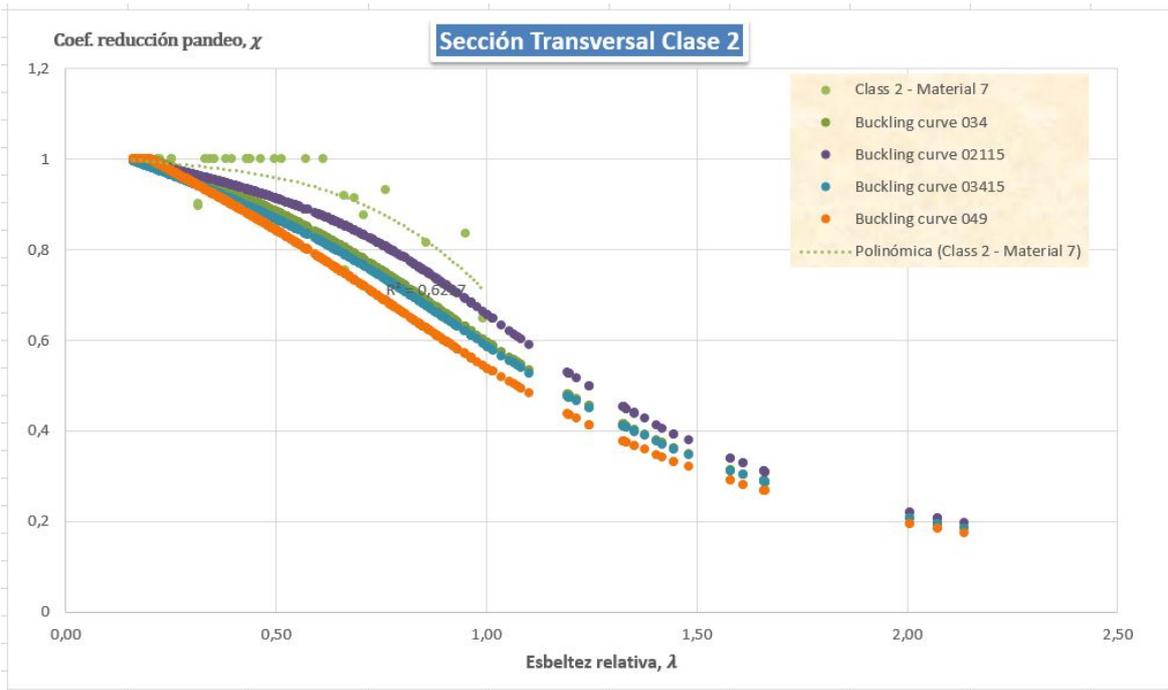


Ilustración 41: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C2M7

CCFT		Teórico	02115	034	03415	049
C2M7	Suma	30	30	32	35	36
	Contar	38	38	38	38	38
	Porcentaje	78,95%	78,95%	84,21%	92,11%	94,74%

Ilustración 42: Porcentaje de cumplimiento para la clase C2M7 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado: para la clase C2M7 queda claro pues que el modelo 049 también es el que mejores resultados da.

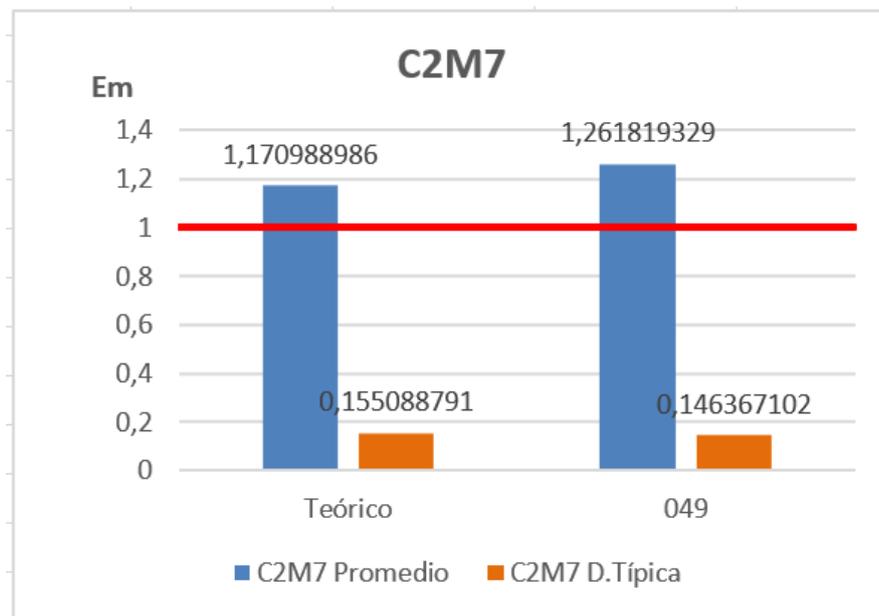


Ilustración 43: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C2M7

C3M7

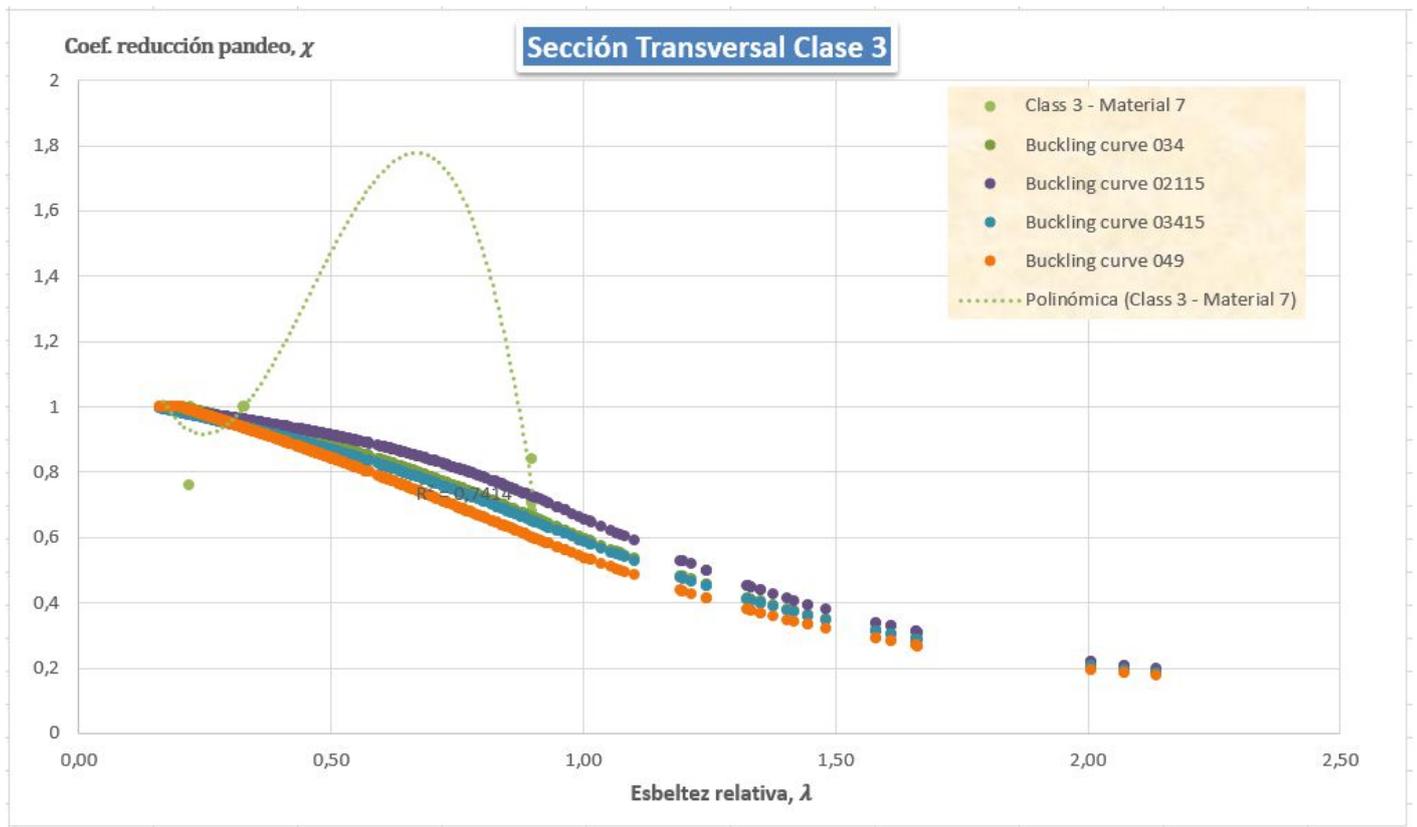


Ilustración 44: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M7

CCFT		Teórico	02115	034	03415	049
C3M7	Suma	8	8	11	11	11
	Contar	12	12	12	12	12
	Porcentaje	66,67%	66,67%	91,67%	91,67%	91,67%

Ilustración 45: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M7 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultado: en este caso, vemos que a partir del modelo 034 el porcentaje de cumplimiento se mantiene hasta el final sin cambiar, por lo tanto, el modelo que mejor se adapta a la clase C3M7 es el 034 puesto que de esta manera evitaremos que los pilares tengan un margen muy grande de seguridad, como pasaría por ejemplo con el modelo 049. Esto nos permitirá ahorrar en material figura 44. Por último quisiera remarcar el hecho de que reducir el límite de la ecuación no hace variar en nada los resultados. Esto se ve rápidamente dado que el porcentaje de cumplimiento del modelo 034 (donde el límite está establecido en 0,2) y del modelo 03415 es exactamente el mismo.

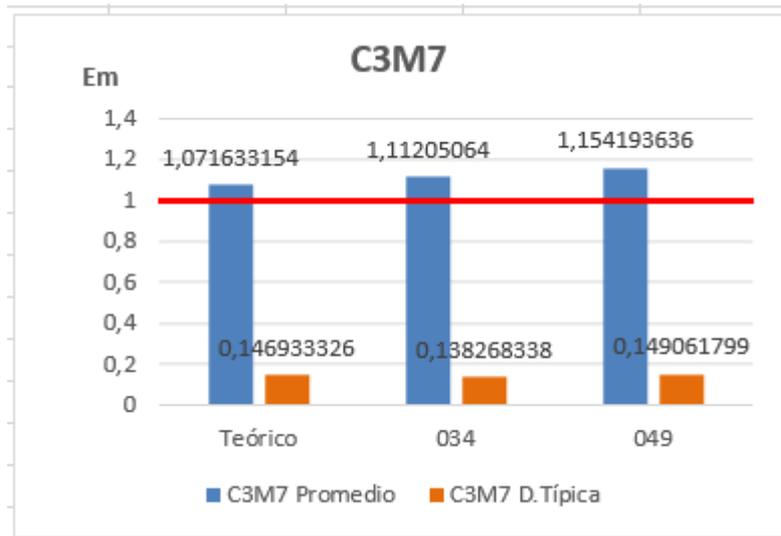


Ilustración 46: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C3M7

C4M2

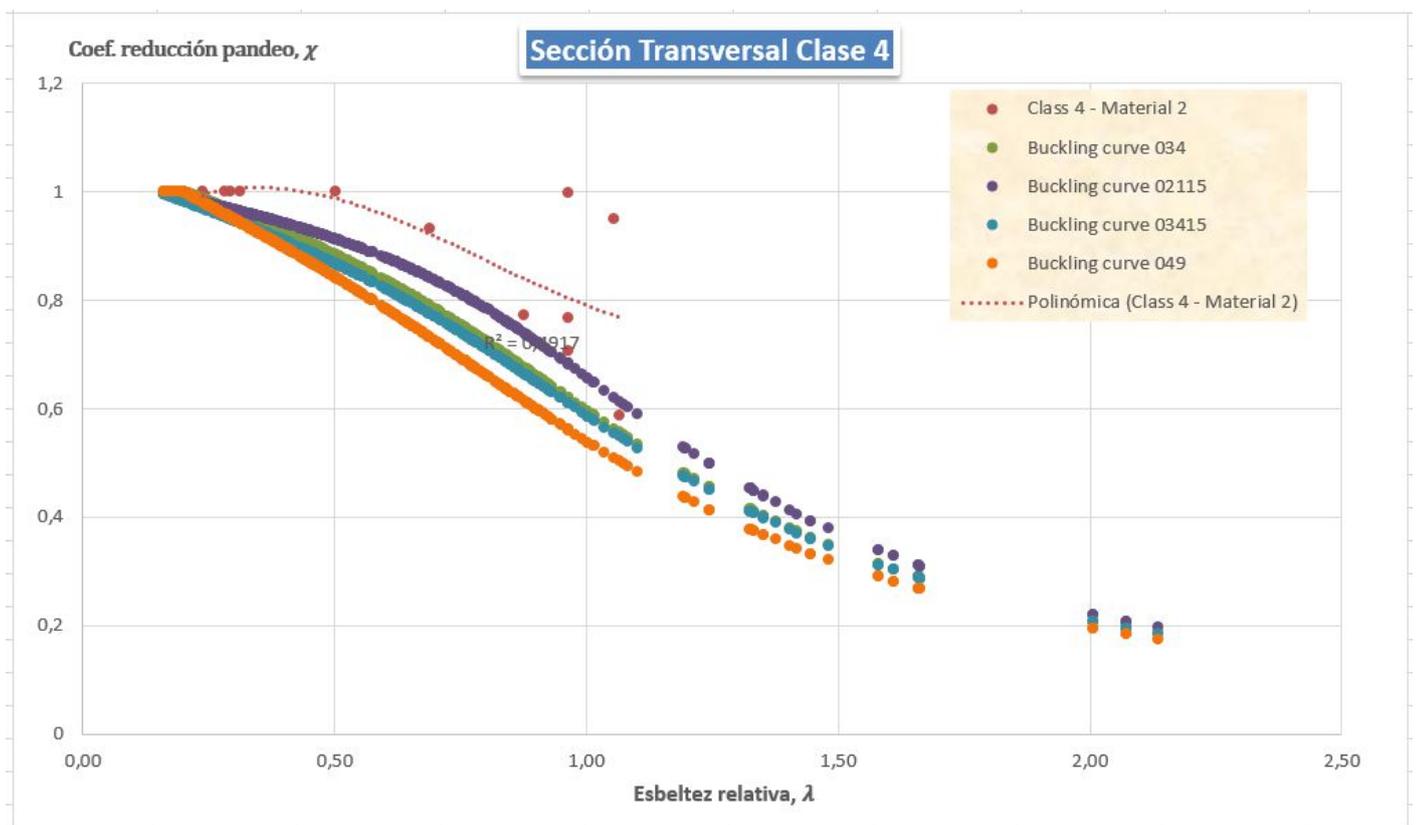


Ilustración 47: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M2

CCFT		Teórico	02115	034	03415	049
C4M2	Suma	11	11	12	12	12
	Contar	12	12	12	12	12
	Porcentaje	91,67%	91,67%	100,00%	100,00%	100,00%

Ilustración 48: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M2 de las diferentes modificaciones propuestas

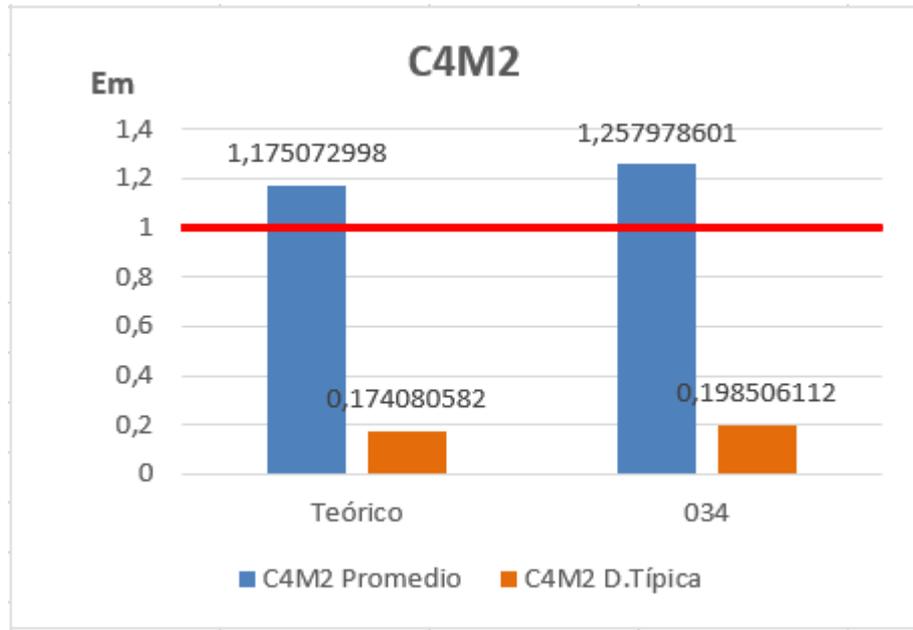


Ilustración 49: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase

Resultados: en la Ilustración 47 se puede ver perfectamente como la curva de tendencia de los pilares que forman esta clase tiene una pendiente mucho menor que las curvas de los modelos propuestos. Esto quiere decir que el uso de estos pilares no está para nada optimizado y que por lo tanto, estos tienen un margen de seguridad muy alto. Esto puede verse fácilmente observando figura 49, donde el valor del error medio del modelo teórico es muy alto. Pero entonces, ¿por qué se encuentra esta clase en el apartado de mejora en vez de en el apartado de optimización? Porque tenemos un valor atípico, y el hecho de tener solamente 12 pilares hace que cualquier valor atípico modifique mucho el porcentaje de cumplimiento.

C4M7

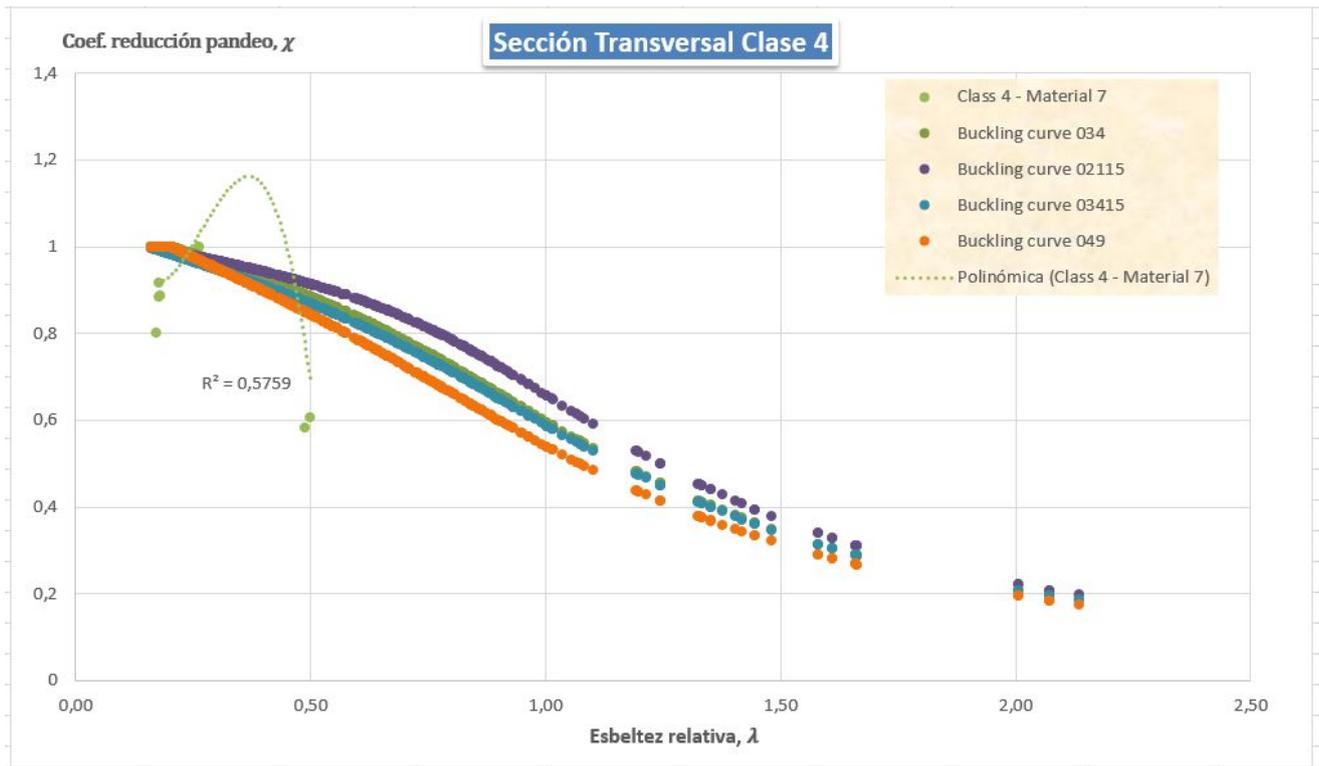


Ilustración 50: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M7

CCFT		Teórico	02115	034	03415	049
C4M7	Suma	5	5	5	8	10
	Contar	16	16	16	16	16
	Porcentaje	31,25%	31,25%	31,25%	50,00%	62,50%

Ilustración 51: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M7 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultados: para la clase C4M7 ninguno de los modelos propuestos permite mejorar la fiabilidad hasta llegar a niveles decentes. Sin embargo sí que observamos que en este caso la modificación del límite sí que tiene un impacto significativo (comparar el porcentaje de cumplimiento de 034 con 03415). En el apartado 5.5 “Conclusiones” analizaremos el porqué.

4.3.3.3 Proceso de extensión de los límites actuales del método simplificado del EC4

En esta sección estudiaremos aquellas clases que hemos identificado como optimizables pero que actualmente no entran dentro de los límites del método simplificado impuestos por el EC4. El estudio de estas clases nos permitirá saber si es posible extender este método a hormigones poseyendo un límite elástico mayor de 50Mpa o menor de 25 Mpa.

Los modelos propuestos serán los mismos que hemos propuesto en el apartado 4.3.3.1 "Proceso de optimización". Para más información véase la Ilustración 30. Sin embargo, en este apartado, el modelo 0154 es llamado 154 debido a un fallo de escritura (recordar pues, 154=0154).

Las clases identificadas son las siguientes: respecto a los pilares CCFT, estudiaremos las clases C1M1, C1M6 y C4M1. En cuanto a los pilares RCFT, analizaremos las clases C1M1 y C3M6.

CCFT

C1M1

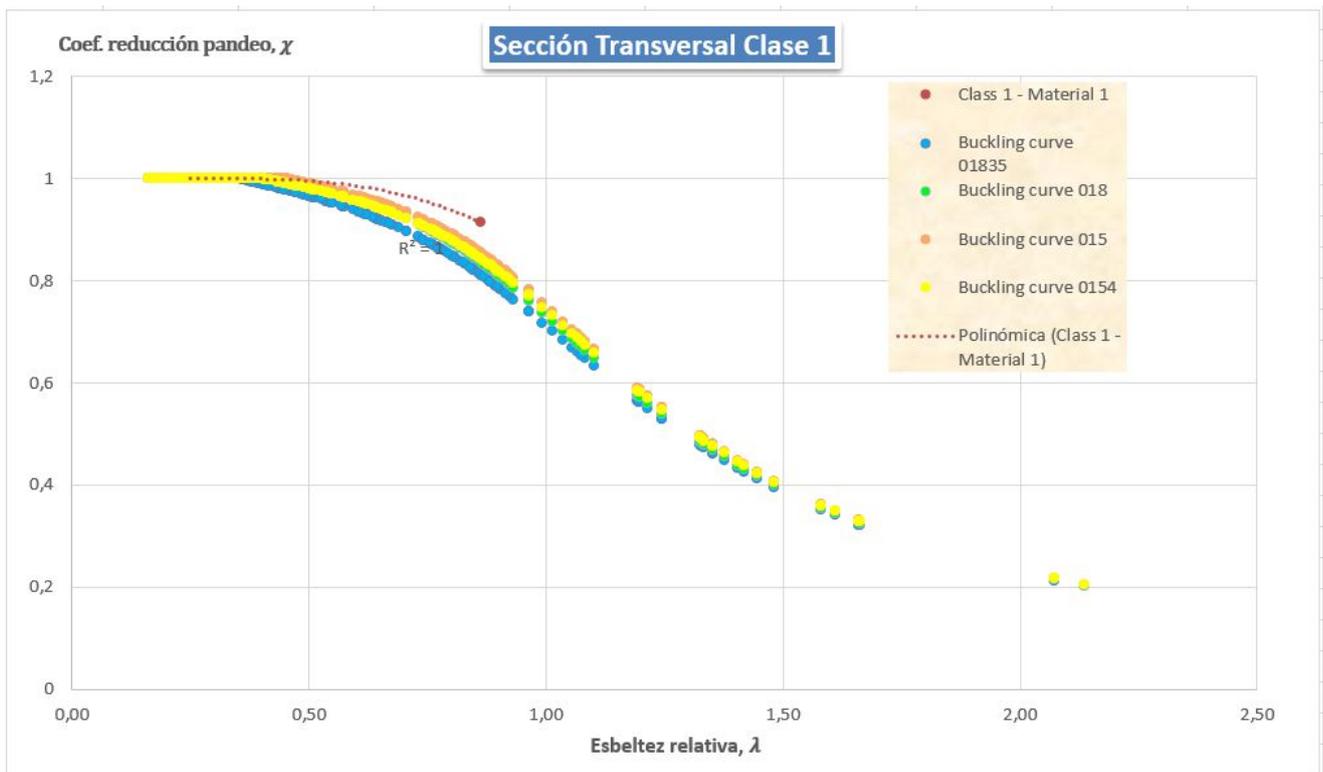


Ilustración 52: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M1

CCFT		015	018	154	01835	Teórico
C1M1	Suma	18	18	18	18	18
	Contar	18	18	18	18	18
	Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ilustración 53: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M1 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultados: Viendo las dos ilustraciones anteriores queda claro pues que el modelo más agresivo (015) será el que se adapte mejor a los pilares de esta clase ya que, habiendo un 100% de fiabilidad, este modelo significará un ahorro significativo. Como trataremos en el apartado 4.3.4, las ilustraciones anteriores nos muestran que podemos incluir en el método simplificado los hormigones de $f_c < 25 \text{ Mpa}$ mientras que su sección transversal sea de clase 1 y el acero que lo rodea tenga un $f_y > 355 \text{ Mpa}$.

C1M6

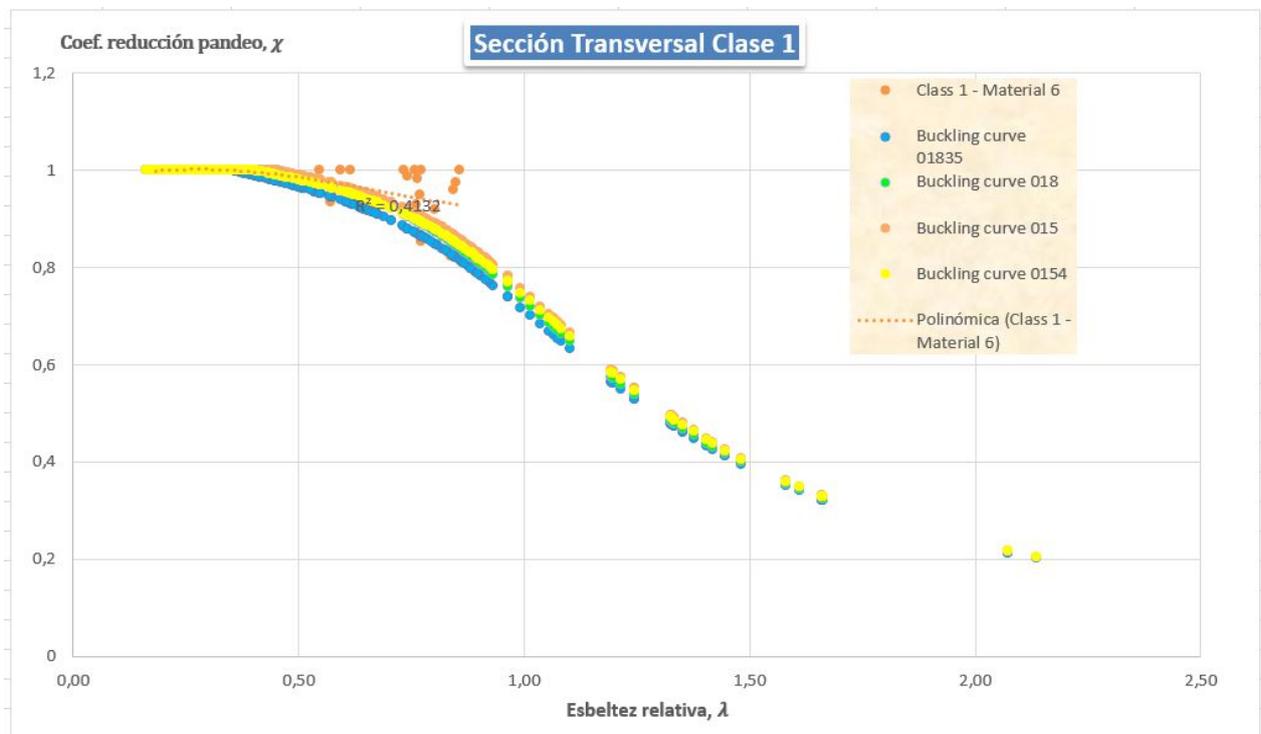


Ilustración 54: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M6

CCFT		015	018	154	01835	Teórico
C1M6	Suma	42	44	43	47	50
	Contar	50	50	50	50	50
	Porcentaje	84,00%	88,00%	86,00%	94,00%	100,00%

Ilustración 55: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M6 de las diferentes modificaciones propuestas

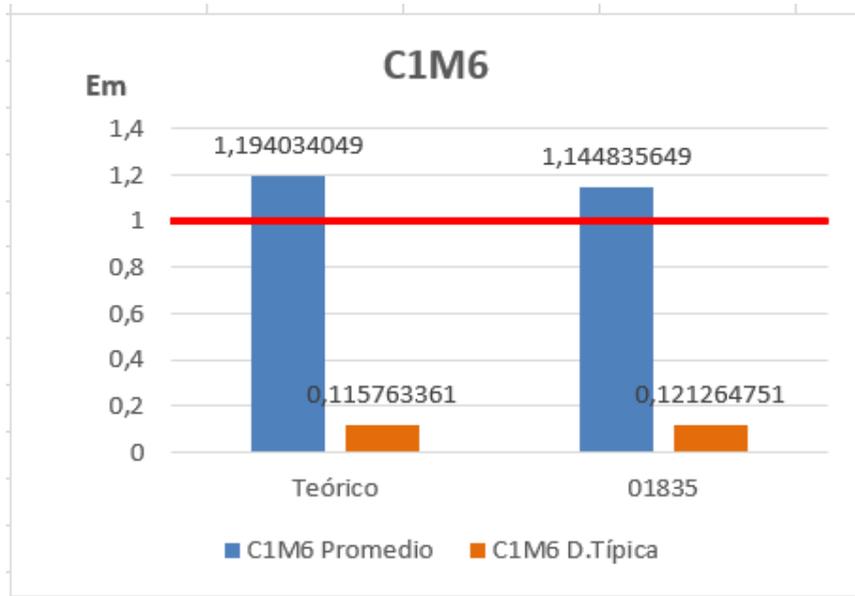


Ilustración 56: Error medio y desviación típica del modelo propuesto elegido para la clase C1M6

Resultados: aunque el valor de la fiabilidad no llegue al 95% que hemos establecido en los criterios, estamos en un valor muy muy próximo (94%) y, observando la Ilustración 54 a la vez que vemos el resultado del error medio del modelo 01835 sabemos que la mayoría de puntos de la clase tiene un margen de seguridad muy grande. Por lo que podemos afirmar que los pilares elaborados con hormigones de $f_c < 25 \text{ Mpa}$ y aceros de $f_y < 355 \text{ Mpa}$ pueden ser diseñados con mucha fiabilidad mediante el método simplificado siempre y cuando su sección transversal sea de clase 1.

C4M1

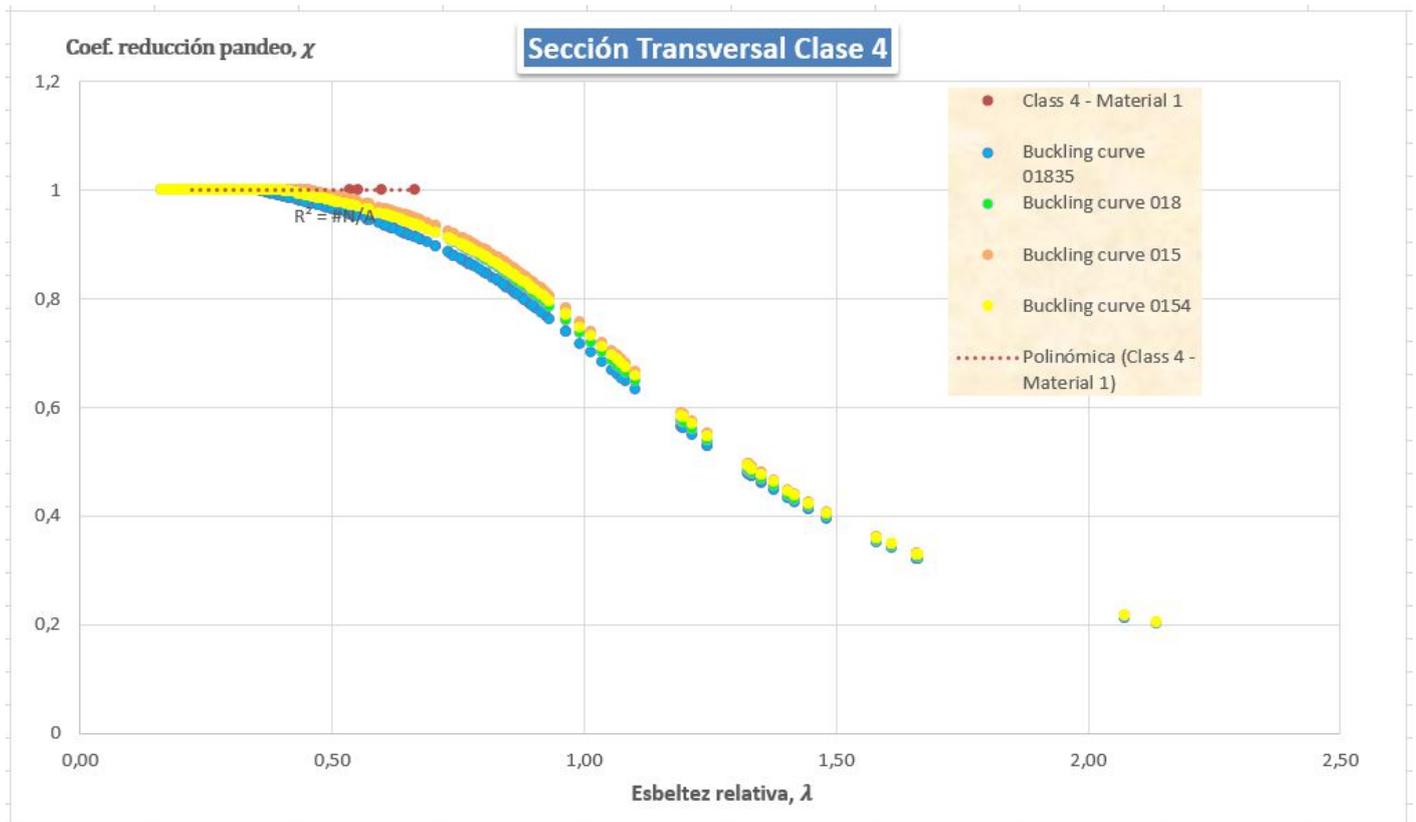


Ilustración 57: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C4M1

CCFT		015	018	154	01835	Teórico
C4M1	Suma	11	11	11	11	11
	Contar	11	11	11	11	11
	Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ilustración 58: Porcentaje de cumplimiento para la clase C4M1 de las diferentes modificaciones propuestas

Resultados: todos los pilares de la clase C4M1 tiene un valor del coeficiente de reducción por pandeo igual a 1. Lo que quiere decir que el fenómeno de pandeo no afecta a los pilares de esta clase. Por lo tanto, seleccionaremos el modelo 015 y, igual que hemos explicado para la clase C1M1, podemos afirmar que los pilares elaborados con hormigones de $f_c < 25 \text{ Mpa}$ pueden ser diseñados con total fiabilidad mediante el método simplificado siempre y cuando su sección transversal sea de clase 4.

RCFT

C1M1

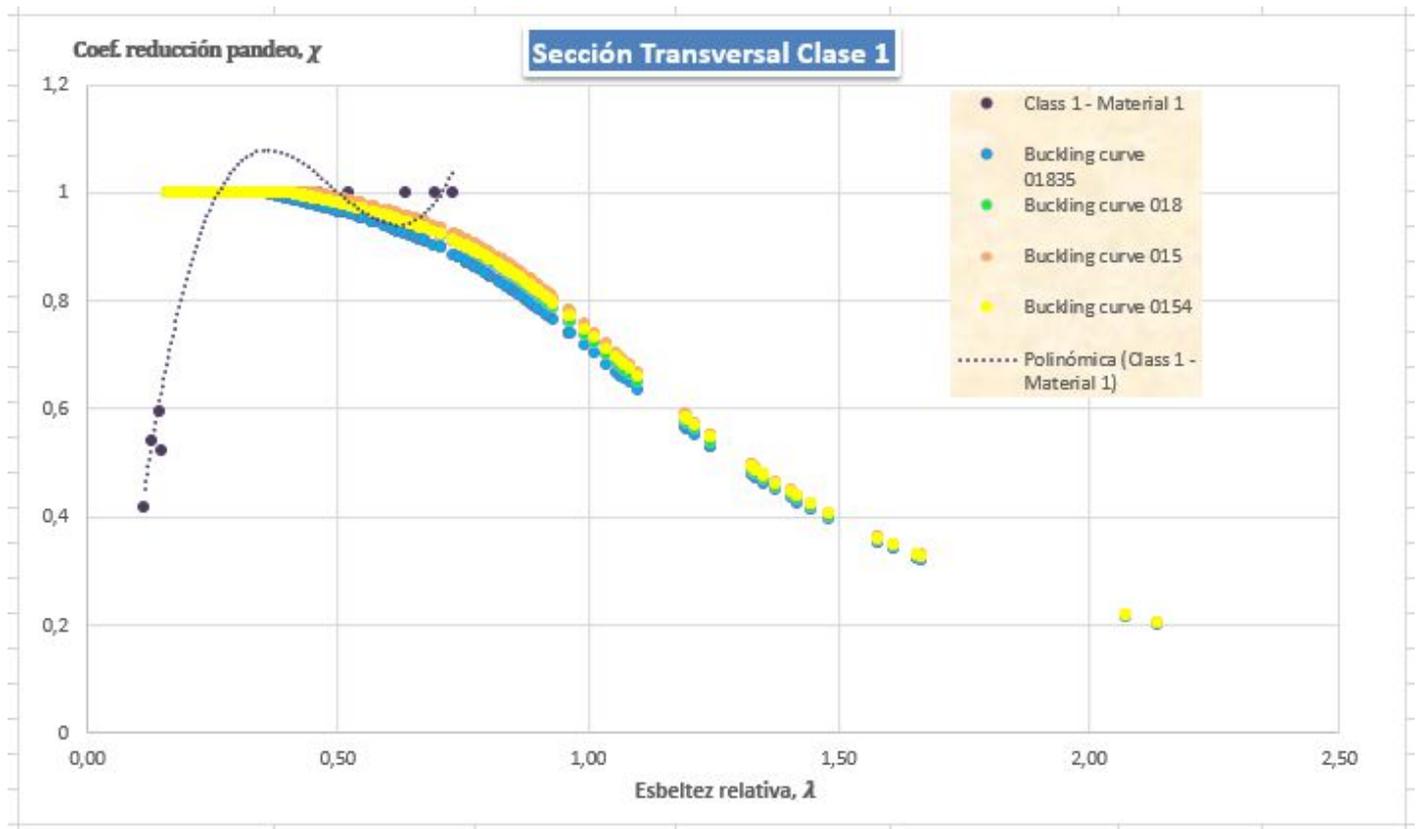


Ilustración 59: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C1M1 (pilares RCFT)

RCFT		015	018	154	01835	Teórico
C1M1	Suma	10	10	10	11	12
	Contar	12	12	12	12	12
	Porcentaje	83,33%	83,33%	83,33%	91,67%	100,00%

Ilustración 60: Porcentaje de cumplimiento para la clase C1M1 (pilares RCFT) de las diferentes modificaciones propuestas

Resultados: si miramos los resultados de la Ilustración 60 y a continuación los de la Ilustración 59, pensaréis que hay un error. Os explico, en la fórmula que he escrito en las macros de Excel, puse la condición de que si la esbeltez relativa era menor que el límite (0,45 para las modelos 015 y 018, 0,4 para el modelo 154 y 0,35 para 01835), $\chi=1$ obligatoriamente. Esto es lo que nos indica la ecuación actual del EC4. Sin embargo, esta clase no está dentro de las limitaciones del método simplificado, por lo tanto, podemos decir que he cometido un pequeño error. Si despreciáramos por un momento esos puntos del gráfico que aparece por debajo de la zona de seguridad, llegaríamos a la conclusión de que el uso del modelo actual presente en el método simplificado, es decir, el modelo al que nosotros hemos llamado teórico a lo largo de todo el trabajo, con $\alpha=0,21$ y límite=0,2, resulta adecuado para la clase C1M1. ¿Qué significaría esto? Que podríamos incluir dentro de las limitaciones del método los pilares RCFT formados por hormigón de $f_c < 25 \text{ Mpa}$ si su sección transversal es de clase 1. Sin embargo, teniendo en cuenta que hay cuatro pilares por debajo de la zona de seguridad de los 12 disponibles, diremos que la clase C1M1 de pilares RCFT no puede ser diseñada utilizando el método simplificado del EC4.

C3M6

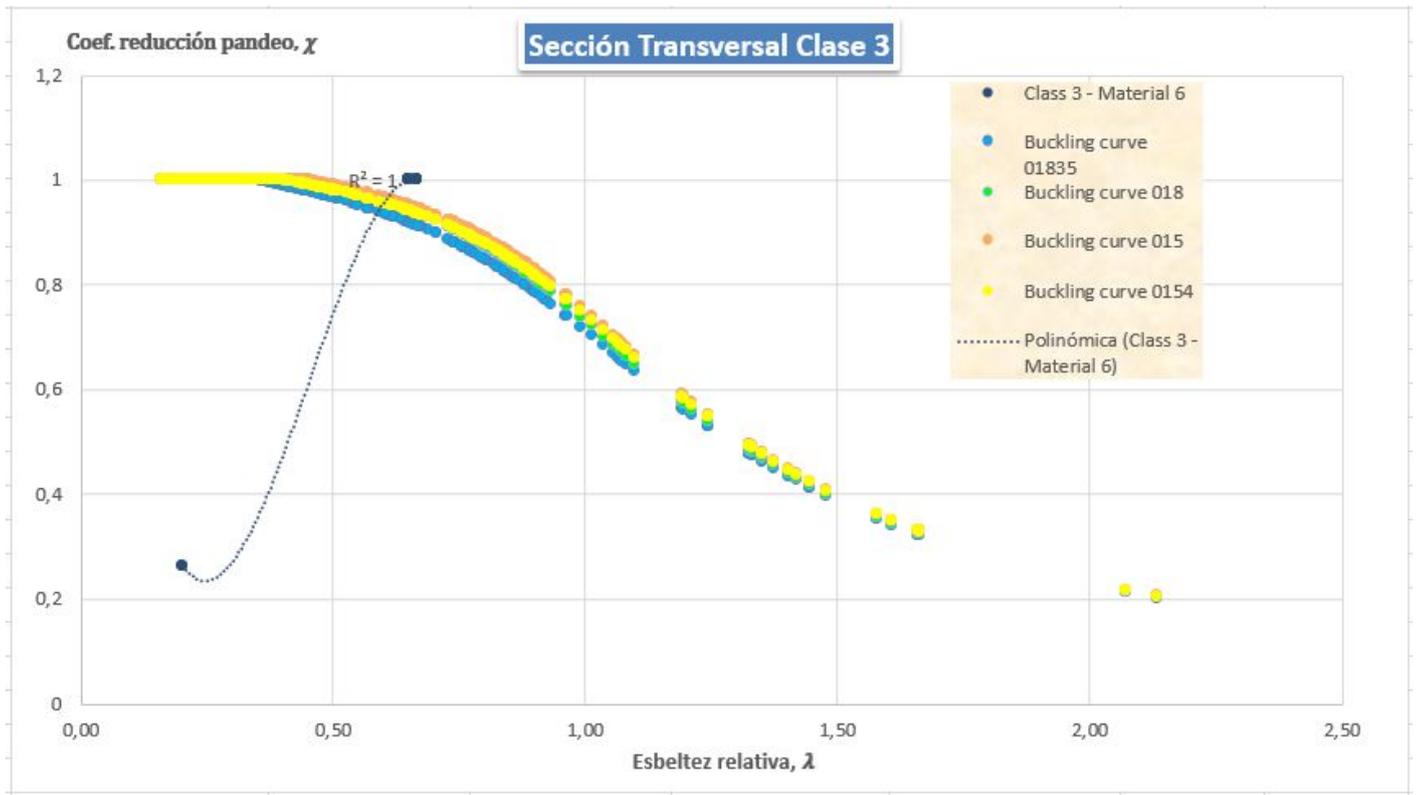


Ilustración 61: Comparación curvas de pandeo para los materiales de clase C3M6 (pilares RCFT)

RCFT		015	018	154	01835	Teórico
C3M6	Suma	14	14	14	14	14
	Contar	14	14	14	14	14
	Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ilustración 62: Porcentaje de cumplimiento para la clase C3M6 (pilares RCFT) de las diferentes modificaciones

Resultados: en este caso, sucede lo mismo que hemos explicado en la clase C1M1, pero en un único pilar. Por lo tanto, consideraremos este pilar como un caso atípico, y seleccionaremos el modelo 015 como modelo a partir del cual diseñar esta clase de pilares. Es decir, los pilares CRFT de clase C3M6 pueden ser incluidos dentro de las limitaciones del método simplificado del EC4.

4.3.4 Conclusiones

En este apartado, comentaremos de forma más detallada los resultados obtenidos en los diferentes procesos llevados a cabo con anterioridad: optimización, mejora y extensión de límites.

Vamos primero a analizar las conclusiones reflexionadas sobre los pilares CCFT y a continuación trataremos los RCFT.

4.3.4.1 CCFT

Observando los gráficos del apartado 4.3.2 “Cálculo del porcentaje de pilares de cada clase que cumplen la normativa”, vemos que los únicos hormigones con límite elástico entre $25 \leq f_c \leq 50 \text{ Mpa}$ que de verdad cumplen las ecuaciones propuestas en el método simplificado del EC4 son aquellos hormigones contenidos en perfiles tubulares de acero > S355 con una sección transversal de clase 1 y clase 3, es decir los pilares pertenecientes a las clase C1M2 y C3M2 (según el criterio de clasificación utilizado en este TFG) y los hormigones contenidos en perfiles tubulares de acero < S355 y de sección transversal de clase 1, es decir, C1M7. **Para estas tres clases las ecuaciones actuales del método simplificado del EC4 se adaptan muy bien y no es posible optimizarlas.**

Todos los otros pilares pertenecientes a categorías M2 o M7 presentan valores muy pobres de fiabilidad o, como también hemos llamado a lo largo del proyecto, de porcentaje de cumplimiento, cuando según el EC4 deberían tener valores muy muy cercanos al 100%. Es por esto que hemos intentado proponer nuevos modelos que aumenten la fiabilidad en estos pilares. Sin embargo, en la mayoría de las clases, para llegar a niveles de fiabilidad buenos, es necesario tener un Error medio muy alto, es decir, la mayoría de puntos quedan muy del lado de la seguridad y por tanto es un diseño que malgasta mucho material. Para más información véase apartado 4.3.3.2 “Proceso de mejora: hacer más seguras aquellas clases de pilares dentro de los límites de la normativa”. La ilustración siguiente resume los resultados obtenidos, pero estos no nos permiten afirmar nada con rotundidad.

Clase	Modelo	Fiabilidad	Error medio
C2M2	049	88%	1,1763
C2M7	049	94,74%	1,2618
C3M7	034	91,67%	1,112
C4M2	034	100%	1,2579
C4M7	49	62,50%	-

Ilustración 63: Resumen del proceso de mejora 4.3.3.2

Acabamos esta sección de pilares CCFT afirmando que, los pilares construidos con un hormigón de $f_c < 25$ y un acero >S355 sí que pueden ser diseñados según el método simplificado siempre y cuando su sección transversal sea de tipo 1 o 4 (clases C1M1 y C4M1). De hecho, podemos obtener un 100% de fiabilidad incluso optimizando las ecuaciones según el modelo 015, es decir, utilizando la ecuación de la página siguiente:

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_k^2}} \geq 1 & \bar{\lambda}_k \geq 0,45 \\ 1 & \bar{\lambda}_k < 0,45 \end{cases}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,45) + \bar{\lambda}_k^2]$$

Siendo $\alpha=0,15$.

Además la clase C1M6, es decir, aquellos pilares formados por acero $< S355$, hormigón $< C25$ y siendo de sección transversal de clase 1, también pueden ser diseñados mediante el método simplificado. Usando las ecuaciones actuales del EC4 (es decir, límite=0,2 y $\alpha=0,21$) obtenemos una fiabilidad del 100%.

Llama la atención que los únicos hormigones que hayamos podido incorporar dentro de los límites que marca el uso del método simplificado sean hormigones de menor resistencia, es decir, hormigones con un $f_c < 25$. Los hormigones de mayores resistencias no cumplían los requisitos de fiabilidad establecidos en el apartado 4.3.2.

4.3.4.2 RCFT

Los pilares RCFT han tenido un menor protagonismo que los pilares CCFT debido principalmente a una cuestión: su número es bastante menor dentro de la base de datos. Muchas de las categorías no llegaban a contener ni 10 pilares. Al igual que con los pilares CCFT, al intentar aumentar el rango de hormigones permitidos dentro de los límites, los únicos hormigones que han presentado posibilidades de entrar dentro de estos límites han sido aquellos con un $f_c < 25$, más concretamente las clases C1M1 y C3M6. Como conclusión tenemos que:

Los pilares construidos con un hormigón de $f_c < 25$ y un acero $< S355$ sí que pueden ser diseñados según el método simplificado siempre y cuando su sección transversal sea de tipo 3 (clase C3M6). De hecho, podemos obtener un 100% de fiabilidad incluso optimizando las ecuaciones según el modelo 015, es decir límite=0,45 y $\alpha=0,15$.

4.3.4.3 Aceros

Entre los 939 pilares que componen la base de datos, únicamente 20 poseen un límite de elasticidad del acero menor de 235 MPa. Entre estos 20 pilares, casi cada uno está compuesto por hormigones de resistencias diferentes y, además, para un mismo modelo no existe ningún patrón común entre ellos. En definitiva, no podemos sacar conclusiones sobre si un acero de $F_y < 235$ puede ser incluido dentro de los límites del método simplificado o no.

5. Estudio económico

En este apartado, analizaremos el impacto económico que puede tener el uso de las nuevas ecuaciones propuestas en la sección anterior. Para ello, compararemos el coste económico resultante a la hora de construir un edificio (detalles a continuación) con pilares CCFT siguiendo las ecuaciones propuestas actualmente por el Eurocódigo 4, con el coste que resultaría de modelizar estos mismos pilares a partir de las nuevas ecuaciones propuestas en este trabajo. La mejora económica vendrá producida por una reducción de la sección del pilar modelizado según las nuevas ecuaciones propuestas, y por lo tanto un ahorro en la inversión de material. Es decir, el pilar es capaz de soportar una misma fuerza con una sección menor que con la que obtendríamos con el Eurocódigo 4.

Los pilares utilizados en el ejemplo pertenecerán a alguna de las clases para las que se haya propuesto una modificación.

En este estudio, no nos ceñiremos al uso de perfiles o materiales comerciales. Por poner un ejemplo, si tenemos que utilizar un diámetro de 208,5mm supondremos que podremos encontrar o fabricar un diámetro de estas características en vez de usar el diámetro comercial que más se le aproxime (como es lo que suele pasar en realidad).

Empezaré presentando los datos necesarios para el estudio. Seguidamente, realizaremos los cálculos necesarios para la modelización de los pilares. Finalmente, calcularemos los costes para las dos modelizaciones y haremos una comparativa entre ellas, presentando las conclusiones en una última sección.

5.1 Presentación de los datos

El edificio que queremos construir es un edificio de 3 plantas con las medidas que se muestran en la imagen siguiente, la cual no está realizada a escala:

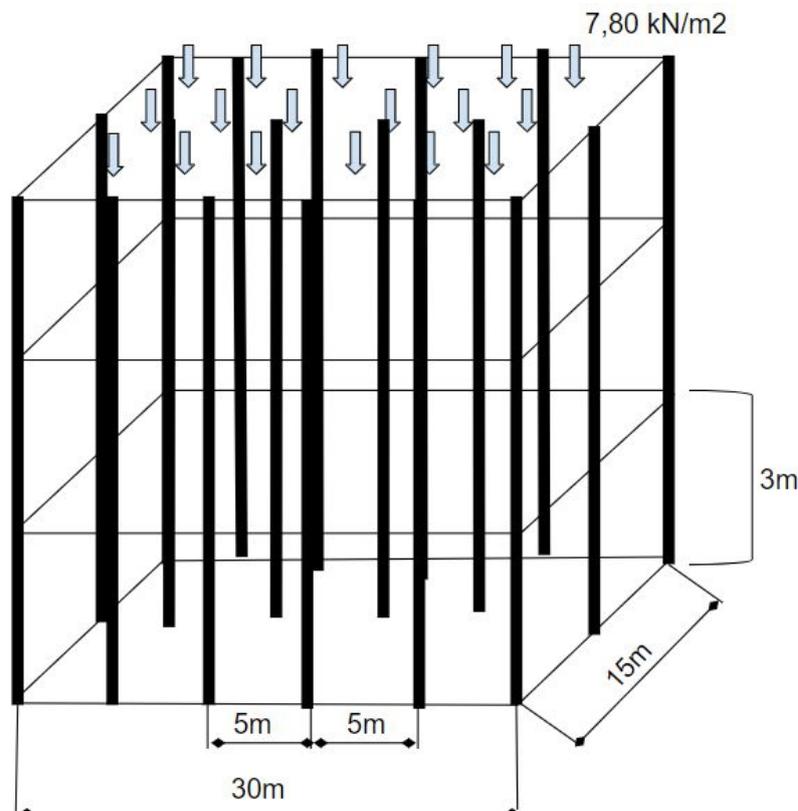


Ilustración 64: Edificio propuesto para el estudio

Como podemos ver en la imagen, todas las plantas tienen unas dimensiones de 30m*15m. La altura entre las plantas es de 3m por planta. La estructura está sostenida por 18 pilares. Estos pilares son de tipo CCFT, es decir, de geometría circular y están formados por acero de límite elástico, igual a 360Mpa, y por hormigón de límite elástico igual a 24MPa. Siguiendo la clasificación por tipo de material utilizado que he presentado en el apartado 4.2, estos pilares corresponden a la primera categoría. Además, y como veremos un poco más tarde, estos pilares también corresponden a la primera categoría de la clasificación según la sección transversal. Por lo tanto, pertenecen a la categoría C1M1, categoría para la cual se ha propuesto una modificación.

Nota importante: a lo largo del apartado 4, “Estudio a partir de los datos experimentales”, hemos considerado que los hormigones con límites elásticos menores de 25 MPa no estaban considerados dentro de los límites del método simplificado propuesto por el EC4. La realidad es, que el EC4 permite una cierta flexibilidad a la hora de marcar los límites para el hormigón. Esta es la cita exacta sacada de la página 64 del Eurcódigo 4 [1]: “...applies to columns and compression members with steel grades S235 to S460 and normal weight concrete of strength classes C20/25 to C50/60.”

Yo, con el objetivo de ser lo más estricto posible y evitar toda confusión, decidí coger como límites los valores 25 y 50. En fin, toda esta explicación viene a decir que, aunque para nosotros la clase C1M1 sea una clase que no se encuentra dentro de los límites del EC4, para la resolución de este caso práctico, consideraremos que los pilares C24 pueden ser también modelizados por las ecuaciones propuestas en el EC4 (ya que en la realidad sí que se puede) y además, esto nos permitirá poder comparar las diferencias entre los dos tipos de ecuaciones (TFG vs EC4) dado que, no hay ninguna clase que sí consideráramos dentro de los límites que hayamos podido optimizar.

Consideraremos que cada planta soporta una carga de $7,80 \text{ kN/m}^2$. Habiendo 3 plantas, la carga total que tienen que soportar los 18 pilares es de: $7,80 \text{ kN/m}^2 * 30\text{m} * 15\text{m} * 3 = 10530 \text{ kN}$. Cada pilar por lo tanto estará sometido a una carga de compresión de 585 kN. Es decir, modelizaremos la estructura considerando que cada pilar será sometido a un axil $N_{ED} = 585 \text{ kN}$.

Dado que entre planta y planta hay 3 metro de altura, la longitud de cada pilar es de 9 metros.

Del diámetro total del pilar, así como del espesor del perfil tubular, hablaremos en la próxima sección.

5.2 Modelización de los pilares dependiendo de las ecuaciones utilizadas

Analizaremos ahora la resistencia mecánica de uno de los pilares utilizados para soportar el edificio (los 18 son exactamente iguales), suponiendo condiciones de carga de estática.

Obtener el diámetro y el espesor del perfil tubular, t , que debe tener un pilar para soportar un axil aplicado determinado es muy complicado, ya que si miramos la ecuación $N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi$; y, consideramos $N_{b,Rd} = N_{ED}$; el problema reside en que tanto $N_{pl,Rd}$ como χ , que depende a su vez de la esbeltez relativa, $\bar{\lambda}$, dependen del diámetro del pilar. Podemos comprobar esto repasando las ecuaciones propuestas en el apartado 2.3 “Desarrollo teórico del método simplificado para pilares mixtos”.

Por lo tanto, hemos supuesto un diámetro inicial de $D=200\text{mm}$ y un espesor $t=7\text{mm}$. Estas medidas han sido ideadas previamente en relación al resto de datos del problema para facilitarme la presentación de las comparaciones económicas que haremos en la próxima sección.

Considerando los datos presentados anteriormente, el estudio estático de cada pilar queda reducido pues a:

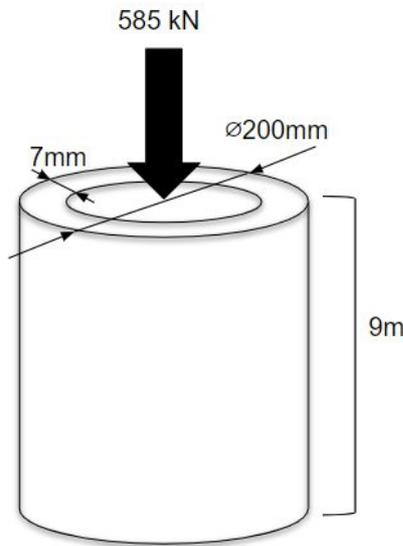


Ilustración 65: Datos del pilar CCFT a analizar bajo condiciones estáticas

Con los datos mostrados en la imagen anterior comprobamos pues que el pilar es de clase 1 según su sección transversal:

$$\frac{D}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \frac{200}{7} \cdot \frac{360}{235} = 43,77 \leq 50$$

Procedemos pues a obtener la resistencia plástica de la sección, $N_{pl,Rd}$, a partir de los datos anteriores. Los coeficientes de seguridad, γ_a e γ_c que dividen a las resistencias de cálculo de los materiales f_y, f_c adoptan en la mayoría de casos los valores siguientes:

Acero estructural	Hormigón
$\gamma_a = 1,1$	$\gamma_c = 1,5$

Ilustración 66: Coeficientes parciales de seguridad para las resistencias y las propiedades de los materiales en las combinaciones fundamentales

Aplicando estos coeficientes obtenemos $f_{yd} = 327,2727 \text{ Mpa}$ y $f_{cd} = 16 \text{ Mpa}$

Seguidamente hemos calculado la esbeltez relativa, $\bar{\lambda}$:

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} = 1823,989 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}} = 1,6830$$

A continuación, calcularemos el axil teórico que puede soportar el pilar según las ecuaciones utilizadas.

Siguiendo las ecuaciones propuestas en el Eurocódigo 4:

Para calcular el coeficiente de reducción por pandeo, χ , echamos mano de la ecuación siguiente usando para ello un coeficiente de imperfección elástica=0,21, el cual corresponde a la curva de pandeo a.

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_k^2}} \geq 1 & \bar{\lambda}_k \geq 0,2 \\ 1 & \bar{\lambda}_k < 0,2 \end{cases}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + \bar{\lambda}_k^2]$$

De aquí obtenemos: $\chi = 0,3048$. Y, dado que $N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi$:

$$N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi = 1823,898 \cdot 0,3048 = 555,993 \text{ kN}$$

Observamos pues que, modelizando el pilar según la normativa vigente, el axil teórico sería menor que el axil que el pilar debe soportar, para las medidas adoptadas en la Ilustración 65, ya que:

$$555,993 \text{ kN} = N_{b,Rd} < N_{ED} = 585 \text{ kN}$$

Para poder quedar del lado de la seguridad deberíamos pues aumentar el diámetro total del pilar o el espesor t del perfil tubular. Como veremos un poco más tarde, nosotros buscaremos modificar las dimensiones del diámetro, dejando igual el espesor t , buscando no complicar en exceso el estudio.

Siguiendo las ecuaciones propuestas en este trabajo para los materiales C1M1:

En este caso, el coeficiente de reducción por pandeo, χ , será calculado según la ecuación propuesta en el apartado 4.3.4 “Conclusiones” utilizando como se nos indica en ese mismo apartado un coeficiente de imperfección elástica=0,15.

$$\chi = \begin{cases} \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_k^2}} > 1 & \bar{\lambda}_k \geq 0,45 \\ 1 & \bar{\lambda}_k < 0,45 \end{cases}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,45) + \bar{\lambda}_k^2]$$

De aquí obtenemos: $\chi = 0,322$. Luego:

$$N_{b,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \chi = 1823,989 \cdot 0,322 = 587,385 \text{ kN}$$

En este caso, el axil teórico sí que resulta mayor que el axil que el pilar debe soportar:

$$587,385 \text{ kN} = N_{b,Rd} \geq N_{ED} = 585 \text{ kN}$$

5.3 Diferencia de área seccional entre el uso de las dos diferentes ecuaciones propuestas

Obtenidos los dos axiles teóricos, vemos que hay una diferencia considerable entre los dos:

$$587,385 \text{ kN} = N_{b,Rd,TFG} \neq N_{b,Rd,EC4} = 555,993 \text{ kN}$$

Entonces, ¿qué diámetro tendría que tener el pilar, modelizado según las ecuaciones vigentes del EC4, para soportar un axil teórico máximo de pandeo igual a 587,385 kN?

Partimos pues de la ecuación que nos permite calcular el coeficiente de reducción por pandeo. Utilizaremos la curva propuesta por el EC4, es decir, aquella con un límite de 0,2 y utilizando un coeficiente de imperfección elástica=0,21. El objetivo es despejar $\bar{\lambda}$ de esta ecuación suponiendo un $\chi=0,322$.

Si igualamos los dos términos de la ecuación, obtenemos:

$$\bar{\lambda} - 0,2 = \frac{\frac{1}{\chi} + (\bar{\lambda}^2 * \chi) - \bar{\lambda}^2 - 1}{\alpha}$$

Despejando, obtenemos la ecuación de segunda grado siguiente, a partir de la cual podemos calcular $\bar{\lambda}$:

$$(1 - \chi)\bar{\lambda}^2 + \alpha\bar{\lambda} - \left(\frac{1}{\chi} - 1 + \alpha * 0,2\right) = 0$$

Sustituyendo por valores numéricos y resolviendo:

$$(1 - 0,322)\bar{\lambda}^2 + 0,21\bar{\lambda} - \left(\frac{1}{0,322} - 1 + 0,21 * 0,2\right) = 0$$

$$\bar{\lambda} = \begin{cases} 1,6314 \\ -1,9411 \end{cases}$$

Una vez obtenido el valor de la esbeltez relativa, cogemos la fórmula para obtener la esbeltez relativa ($\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}}$), y la expresamos en función del diámetro. Lo que queda como:

$$\bar{\lambda}^2 = \frac{f_{yd} * \pi * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - t \right)^2 \right) + f_{cd} * \pi * \left(\frac{D}{2} - t \right)^2}{\frac{\pi^2}{l^2} * (Ea * \frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^4 - \left(\frac{D}{2} - t \right)^4 \right) + 0,6 * Ec * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{D}{2} - t \right)^4}$$

donde $E_c = 22000 * ((F_c / 10) ^ 0.3)$ Mpa y $E_a = 210000$ Mpa

Dada la complejidad de la ecuación, esta ha sido resuelta por iteración. Sustituyendo y resolviendo:

$$1,6314^2 = \frac{327,2727 * \pi * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - 7 \right)^2 \right) + 16 * \pi * \left(\frac{D}{2} - 7 \right)^2}{\frac{\pi^2}{9000^2} * (210000 * \frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^4 - \left(\frac{D}{2} - 7 \right)^4 \right) + 0,6 * 28607,904 * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{D}{2} - 7 \right)^4)}$$

$$D = 208,5 \text{ mm}$$

Para ver la reducción que supone de área seccional:

$$A_T = A_a + A_c = \pi * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - t \right)^2 \right) + \pi * \left(\frac{D}{2} - t \right)^2$$

Con $D = 200$ mm

$$A_{T,TFG} = \pi * \left(\left(\frac{200}{2} \right)^2 - \left(\frac{200}{2} - 7 \right)^2 \right) + \pi * \left(\frac{200}{2} - 7 \right)^2 = 31415,92 \text{ mm}^2$$

Con $D = 208,5$ mm

$$A_{T,EC4} = \pi * \left(\left(\frac{208,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{208,5}{2} - 7 \right)^2 \right) + \pi * \left(\frac{208,5}{2} - 7 \right)^2 = 38574,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Porcentaje de ahorro} = \frac{A_{T,EC4} - A_{T,TFG}}{A_{T,EC4}} * 100 = \frac{38575,24 - 31415,92}{38575,24} * 100 = 18,559 \%$$

Por lo tanto, con la nueva ecuación propuesta para la clase C1M1, ahorramos en este caso un 18,56% del área seccional de cada pilar. En la próxima sección veremos a cuánto dinero corresponde eso.

5.4 Comparativa de costes de construcción

Empezaremos calculado el coste unitario de uno de los cinco pilares CCFT utilizados en la edificación propuesta.

El coste total del pilar será:

Coste total pilar CCFT (€/m) = Coste del acero utilizado (€/m) + Coste del hormigón utilizado (€/m)

Coste del perfil tubular de acero utilizado:

Según CYPE [12], un generador de precios online, el precio de un perfil S360 es aproximadamente de 2,13€/kg. Digo aproximadamente porque un perfil S360 comercial como tal no existe, sin embargo sí que existe un perfil S355. En este caso práctico hemos supuesto que los pilares se construirán de manera que se cumplen exactamente los valores propuestos en el apartado 4.1 “Información sobre los datos experimentales”, es decir, no se utilizarán perfiles comerciales. De todas formas, utilizaremos estos costes como aproximación ya que, el objetivo final es comparar dos costes diferentes (según un mismo método de construcción) y calcular el ahorro. Véase a continuación el precio detallado de estos perfiles S355:

Acero S355JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.						
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	unitario	Importe	
1						
Materiales						
mt07ala010o	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S355JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	1,03	1,08	
mt27pfi010	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24	
Subtotal materiales:					1,32	
2						
Equipo y maquinaria						
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05	
Subtotal equipo y					0,05	
3						
Mano de obra						
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	18,42	0,37	
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	17,25	0,35	
Subtotal mano de obra:					0,72	
4						
Costes directos complementarios						
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,09	0,04	
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.					Costes directos	2,13
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada						
UNE-EN 10025-1:2006			Aplicabilidad (a)	Obligatoriedad(b)	Sistema (c)	
Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Parte 1: Condiciones generales de suministro.			192005	192006	2+	

Ilustración 67: Desglose de precios de un perfil de acero S355 en el año 2018 según CYPE

Este precio junto con la densidad del acero (en nuestro caso usaremos el dato de densidad media del acero, 7850 kg/m³) nos permite calcular el coste total del acero utilizado:

Coste volumétrico del acero (€/m³) = coste másico del acero (€/kg) * densidad del acero (kg/m³) = 16720,5 €/m³

Coste del acero utilizado (€/m) = coste volumétrico del acero (€/m³) * área de la sección transversal de acero (m²)

Coste del hormigón utilizado:

Se sigue el mismo procedimiento utilizado para el acero. En este caso, hemos aproximado los costes a una situación donde un hormigón C24 es fabricado en central y es vertido desde camión con el objetivo de formar zapata. Sé que no es exactamente lo que buscamos, ya que el precio de la mano de obra puede variar, pero de las opciones que ofrece CYPE es la que más se asemeja. Por lo menos sabemos con total fiabilidad que el precio medio del hormigón C25 es de 82,36 €/m³, el cual será prácticamente idéntico al del hormigón C24.

Hormigón HM-25/E20/E10 fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.				Precio		
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	unitario	Importe	
Materiales						
mt10hmf010Nm	m ³	Hormigón HM-25/E20/E10, fabricado en central.	1,100	74,87	#####	
Subtotal materiales:					82,36	
Mano de obra						
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,051	18,42	0,94	
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,253	17,25	4,36	
Subtotal mano de obra:					5,30	
Costes directos complementarios						
	%	Costes directos complementarios	2,000	87,66	1,75	
Coste de mantenimiento decenal: 2,681 en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3):	89,41

Ilustración 68: Desglose de precios de un hormigón C25 fabricado en central en el año 2018 según CYPE

De igual manera que para el acero:

Coste del hormigón utilizado (€/m) = coste volumétrico del hormigón (€/m³) * área de la sección transversal rellena de hormigón (m²)

Coste total del pilar:

- Usando las ecuaciones propuestas en el EC4, es decir, D=208,5 mm:

$$\text{Coste del acero utilizado (€/m)} = 16720,5 \text{ €/m}^3 * (\pi * ((\frac{208,5}{2})^2 - (\frac{208,5}{2} - 7)^2)) * 10^{-6} \text{ m}^2 = 74,092 \text{ €/m}$$

$$\text{Coste del hormigón utilizado (€/m)} = 89,41 \text{ €/m}^3 * (\pi * ((\frac{208,5}{2} - 7)^2)) * 10^{-6} \text{ m}^2 = 2,6565 \text{ €/m}$$

$$\text{Coste total pilar CCFT (€/m)} = 74,092 \text{ €/m} + 2,6565 \text{ €/m} = 76,7485 \text{ €/m}$$

Como cada pilar tiene una longitud de 9m:

$$\text{Coste total de un pilar CCFT (€)} = 76,7485 \text{ €/m} * 9\text{m} = 690,736 \text{ €}$$

Estando el edificio compuesto por 18 pilares:

$$\text{Coste de la totalidad de los pilares CCFT (€)} = 690,736 \text{ €} * 18 = 12433,262 \text{ €}$$

- Usando las nuevas ecuaciones propuestas en este TFG, es decir, D=200 mm:

$$\text{Coste del acero utilizado (€/m)} = 16720,5 \text{ €/m}^3 * (\pi * ((\frac{200}{2})^2 - (\frac{200}{2} - 7)^2)) * 10^{-6} \text{ m}^2 = 70,966 \text{ €/m}$$

$$\text{Coste del hormigón utilizado (€/m)} = 89,41 \text{ €/m}^3 * (\pi * (\frac{200}{2} - 7)^2) * 10^{-6} \text{ m}^2 = 2,4294 \text{ €/m}$$

$$\text{Coste total pilar CCFT (€/m)} = 70,966 \text{ €/m} + 2,4294 \text{ €/m} = 73,395 \text{ €/m}$$

Como cada pilar tiene una longitud de 9m:

$$\text{Coste total de un pilar CCFT (€)} = 73,395 \text{ €/m} * 9\text{m} = 660,558 \text{ €}$$

Estando el edificio compuesto por 18 pilares:

$$\text{Coste de la totalidad de los pilares CCFT (€)} = 660,558 \text{ €} * 18 = 11890,05 \text{ €}$$

5.5 Conclusiones

Haciendo un recopilatorio de todo lo visto hasta ahora, vemos que usando las nuevas ecuaciones que he propuesto en el apartado 4.3.4 “Conclusiones” para la clase de pilares C1M1 en este caso práctico, necesitamos un 18,56 % menos de área de sección transversal en cada pilar a la hora de soportar la misma fuerza de compresión, lo que se traduce en un ahorro económico en la construcción de cada pilar del 4,368%:

$$\text{Ahorro por pilar} = \frac{690,736 \text{ €} - 660,558 \text{ €}}{690,736 \text{ €}} * 100 = 4,368\%$$

Un ahorro del 4,368% en la construcción de cada pilar supone una gran cantidad económica al final de la corrida. En el ejemplo de edificio propuesto para este estudio económico, formado por 18 pilares, hay una diferencia de costes de $12433,262 \text{ €} - 11890,05 \text{ €} = 543,212 \text{ €}$.

En definitiva, si alguna vez necesitáramos construir unos pilares de la clase C1M1, deberíamos utilizar las ecuaciones propuestas en este TFG ya que aparte de tener una fiabilidad del 100% (según nuestra base de datos) también aportan un importante ahorro económico.

6. Pliego de condiciones

De acuerdo con la norma UNE 157001:2014 [13], el pliego de condiciones tiene como misión: “establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para que el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.”

Nuestro pliego de condiciones se centrará única y exclusivamente en las condiciones técnicas ya que, las condiciones administrativas y legales para fabricar y ensayar pilares CFT en laboratorio son nulas (más allá de que el laboratorio sea legal y cumpla con todas las normas de seguridad establecidas).

Por otra parte, las condiciones económicas de mantenimiento de un laboratorio y de realización de los ensayos escapan del perímetro de este TFG. Sin embargo, si queremos saber cuánto cuesta realizar un pilar de tipo CFT, podemos echar un vistazo al apartado 5.4 del estudio económico.

¿A qué nos referimos con condiciones técnicas pues? Con condiciones técnicas no nos referimos a la manera de llevar a cabo los ensayos, ya que, desconozco como estos han sido realizados y puede que cada autor haya realizado un procedimiento diferente. No obstante, hay un punto en común en todos los ensayos que no puede variar mucho de uno a otro, y este, no es otro que la elaboración de un pilar de tipo CFT. Así pues, de aquí en adelante explicaremos el proceso de elaboración de los pilares CFT. Empecemos.

Los pilares CFT están formados pues por dos materiales distintos: acero y hormigón. El acero es el material del cual está hecho el perfil tubular y el hormigón es el material con el cual se rellena este perfil. Empecemos pues explicando cómo fabricar los perfiles tubulares.

Fabricación de perfiles tubulares

Existen dos maneras principales de fabricar los perfiles tubulares: con soldadura o sin ella.

Perfiles tubulares sin soldadura (conformados en caliente)

Después de fundir el acero, este se echa a la máquina de colada continua que permite crear bloques de sección cuadrada o circular. Una vez estos bloques se han enfriado, son dirigidos hacia el laminador de tubos donde vuelven a ser calentados para ser cortados según la longitud que se desee y donde son perforados por la perforadora con el objetivo de conseguir la sección hueca que se busca. A continuación pasan por un alargador, un banco de empuje, un estirador y una cortadora, los cuales nos permiten obtener la longitud final deseada del perfil tubular. Finalmente son enfriados y se realiza un tratamiento para los extremos [14].

Perfiles tubulares con soldadura (conformados en frío)

Los perfiles tubulares con soldadura, se elaboran mediante un proceso de soldadura con resistencia eléctrica o por inducción. Podemos ver un ejemplo de este último en la Ilustración 69: Proceso de soldadura por . Esta soldadura es realizada de manera longitudinal.

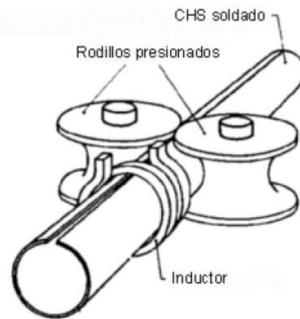


Ilustración 69: Proceso de soldadura por inducción

¿Cómo se desarrolla este método de fabricación? “Primeramente, se da forma cilíndrica a una chapa o fleje con una máquina conformadora y seguidamente se suelda longitudinalmente. Los bordes de la chapa se calientan, por ejemplo mediante resistencia eléctrica. Los rodillos empujan entonces los bordes, resultando una soldadura a presión. La parte exterior de la soldadura se rebaba inmediatamente después.” [6].

Comparación de ambos métodos

	Conformado en caliente	Conformado en frío
Fabricación	Formado dentro de la gama de normalizado a una temperatura de más de 840°C	Conformado a temperatura ambiente y sin ningún tratamiento en caliente
Micro-estructura	Estructura de grano fino en todo el tubo por completo	No es uniforme en la medida del grano alrededor de toda la sección
Homogeneidad	Las propiedades de dureza y de tensión son uniformes en el tubo por completo	Las propiedades de dureza y de tensión varían alrededor del tubo
Ductilidad	Excelente ductilidad, reservas sustanciales de plasticidad después de que el punto de rotura se haya excedido	Solo reservas moderadas de plasticidad después de que el punto de rotura se haya excedido
Resistencia a la fractura	Propiedades de impacto uniformes alrededor de la sección y en el área de soldadura (así como en las esquinas de las secciones cuadradas y rectangulares)	Propiedades no uniformes alrededor de la sección y el área de soldadura (así como en las esquinas de las secciones cuadradas y rectangulares)
Stress residual	Virtualmente libre de stress	Áreas de alto stress a lo largo de todo el tubo
Propiedades del tubo	Esquinas de radio pequeño para unas propiedades óptimas del tubo, soldado más fácil y apariencia mejorada	Esquinas de radio más grandes que en el conformado en caliente para evitar fragilidad, confiando inferiores propiedades del tubo.
Fuerza de deformación (pandeo)	El diseño usa el standard "a" europeo de curvatura de deformación y las propiedades óptimas del tubo, dando la más alta capacidad de pandeo/ deformación	El diseño usa el standard "c" europeo de curvatura de deformación, dando un reducida capacidad de pandeo/ deformación

Ilustración 70: Características según el proceso de fabricación del acero [15]

Los perfiles tubulares rectangulares se fabrican conformando los perfiles tubulares circulares mediante rodillos de conforma. Este proceso puede realizarse en frío o en caliente, y pueden utilizarse para perfiles tubulares circulares sin o con soldadura longitudinal.

Si el perfil que se necesita es más bien grueso, se prioriza el proceso de fabricación sin soldadura. El proceso de soldadura se adapta mejor cuanto menor es el grosor del perfil y en la actualidad es el proceso más utilizado.

Elaboración del hormigón

El hormigón se fabrica mediante una mezcla de grava, arena fina, humo de sílice, cemento y agua. La resistencia que esté tendrá una vez acabado su proceso de fabricación dependerá de la proporción de cada uno de estos componentes en la mezcla. La mezcla puede ser mezclada en hormigoneras si la cantidad necesaria es pequeña.

Un punto importante del proceso de fabricación del hormigón es el curado. Es importante que el hormigón no pierda humedad rápidamente, ya que si lo hace, este no alcanzará la resistencia máxima que debería. Para evitar esta pérdida de humedad, debe protegerse su superficie para impedir que se seque antes de tiempo. [16]

Este hormigón debe dejarse reposar durante 28 días para que adquiera bien todas sus características. Una vez pasados los 28 días, se realiza un ensayo de compresión con el objetivo de verificar si se ha obtenido la calidad del hormigón deseada.

Fabricación de los pilares CFT

Con el perfil tubular de acero y el hormigón ya fabricados, procedemos a fabricar el pilar CFT. Para ello, simplemente se rellena el perfil tubular de acero con el hormigón. Para ver un ejemplo gráfico del resultado obtenido después de esta etapa de relleno, usaremos una imagen de un pilar CFDSST elaborado en el taller de estructuras mixtas de la UJI.



Ilustración 71: Ejemplo gráfico de pilar CFDSST elaborado por el grupo de estructuras mixtas de la UJI

Atención: ya sé que no es el mismo tipo de pilar, pero su proceso de fabricación es el mismo, salvo el hecho de que para los pilares CFDSST hay dos perfiles tubulares de acero en vez de uno y que el hormigón rellena la cavidad que se forma entre estos dos perfiles. En los pilares CFT, el hormigón rellena la totalidad del espacio hueco.

7. Bibliografía

- [1]. Comité Europeo de Normalización (1994). BS EN 1994-1-1 Eurocódigo 4: Diseño de estructuras mixtas de hormigón y acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- [2]. Hanswille G. (2008). Eurocode 4: Composite Columns. Background and Applications. Dissemination of information for training. Institute for Steel and Composite Structures. University of Wuppertal (Alemania).
- [3]. Richard Liew, J.Y. Xiong, M. Xiong, D. (2016). Design of Concrete Filled Tubular Beam-columns with High Strength Steel and Concrete. Singapore: Department of Civil & Environmental Engineering, National University of Singapore.
- [4]. Kunal R. Harale, Snehal P. Kitture. (2017). A Review on Developments in Concrete Filled Steel Tubular Columns (CFST). India: Department of Civil Engineering, Sinhgad Academy of Engineering, Pune, Maharashtra.
- [5]. Hernández Figueirido, D. Tema 9: Pórtico interior: PILAR. Apuntes de la asignatura Construcción y arquitectura industrial. Universitat Jaume I.
- [6]. Wardenier, J. (2001). Perfiles Tubulares en Aplicaciones Estructurales. Holanda: Universidad Tecnológica de Delft.
- [7]. Bravo Aranda, G. Galán Fernández, JM. Nuñez Delgado, E. Apuntes de la asignatura Construcción y arquitectura industrial. Universidad de Sevilla. Consultado en https://rodas5.us.es/file/52e843ad-194b-ae8-12fb-6c9c5edc8248/2/tema11_SCORM.zip/page_02.htm
- [8]. Código Técnico de la Edificación (CTE). (2008). Documento Básico de Seguridad Estructural del Acero (DB-SE-A).
- [9]. Real Academia de Ingeniería. Definición de pandeo local. Consultado en <http://diccionario.raing.es/es/lema/pandeo-local>
- [10]. Comité Europeo de Normalización (2005). BS EN 1993-1-1 Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- [11]. Ministerio de Fomento: Comisión Permanente de estructuras de acero. (2004). Instrucción de acero estructural. España.
- [12]. CYPE Ingenieros S.A. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Cálculo de estructuras. Software técnico. Proyectos de Ingeniería. Consultado en <http://www.cype.es/>
- [13]. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2014). Norma UNE 157001:2014: Criterios generales para la elaboración formal de documentos que constituyen un proyecto técnico.
- [14]. Železiarne Podbrezová. El proceso de producción de tubos de acero sin soldadura ZP 2018 ESP. Consultado en <https://www.youtube.com/watch?v=NrjLXHQ5SkA>
- [15]. PROTUBSA: Proveedora de Tubos Occidental S.L (2015). Tubos de acero estructurales.
- [16]. Construmática: Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Hormigón: Fabricación. Consultado en https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n:_Fabricaci%C3%B3n

8. Anexos

Anexo 1: Base de datos experimental completa

CCFT

Año	Autor	Referencia	D mm	t mm	F _y N/mm ²	F _c N/mm ²	L mm	N _{exp} kN
1957	Kloppel & Goder	75	95,00	3,58	360,00	24,40	1980,00	473,00
1957	Kloppel & Goder	42	95,00	3,68	392,00	25,30	860,00	686,00
1957	Kloppel & Goder	45	95,00	3,91	392,00	25,30	1420,00	606,00
1957	Kloppel & Goder	48	95,00	3,78	392,00	25,30	1980,00	567,00
1957	Kloppel & Goder	7	95,00	12,50	279,00	20,60	1420,00	947,00
1957	Kloppel & Goder	8	95,00	12,75	277,00	20,60	1420,00	938,00
1957	Kloppel & Goder	9	95,00	12,40	277,00	20,60	1420,00	907,00
1957	Kloppel & Goder	10	95,00	12,60	279,00	20,60	860,00	1018,00
1957	Kloppel & Goder	11	95,00	12,70	277,00	20,60	860,00	1008,00
1957	Kloppel & Goder	12	95,00	12,70	277,00	20,60	860,00	1034,00
1957	Kloppel & Goder	13	95,00	12,80	283,00	20,60	1980,00	886,00
1957	Kloppel & Goder	14	95,00	12,50	280,00	20,60	1980,00	907,00
1957	Kloppel & Goder	15	95,00	12,60	294,00	20,60	1980,00	917,00
1957	Kloppel & Goder	73	95,00	3,86	337,00	24,40	1980,00	498,00
1957	Kloppel & Goder	74	95,00	3,40	343,00	24,40	1980,00	473,00
1957	Kloppel & Goder	76	95,00	3,73	332,00	24,40	1980,00	413,00
1957	Kloppel & Goder	83	121,00	3,66	300,00	21,40	1050,00	695,00
1957	Kloppel & Goder	84	121,00	3,73	333,00	21,40	1050,00	746,00
1957	Kloppel & Goder	85	121,00	3,76	313,00	24,60	1050,00	837,00
1957	Kloppel & Goder	86	121,00	3,99	332,00	24,60	1050,00	867,00
1957	Kloppel & Goder	89	121,00	5,61	349,00	21,40	1050,00	998,00
1957	Kloppel & Goder	90	121,00	5,41	348,00	21,40	1050,00	1018,00
1957	Kloppel & Goder	91	121,00	5,46	336,00	24,60	1050,00	1099,00
1957	Kloppel & Goder	92	121,00	5,56	327,00	24,60	1050,00	1079,00
1957	Kloppel & Goder	95	121,00	3,71	300,00	21,40	2310,00	641,00
1957	Kloppel & Goder	96	121,00	3,76	333,00	21,40	2310,00	629,00
1957	Kloppel & Goder	97	121,00	3,71	313,00	24,60	2310,00	695,00
1957	Kloppel & Goder	98	121,00	3,86	332,00	24,60	2310,00	755,00
1957	Kloppel & Goder	101	121,00	5,69	349,00	21,40	2310,00	786,00
1957	Kloppel & Goder	102	121,00	5,49	348,00	21,40	2310,00	816,00
1957	Kloppel & Goder	103	121,00	5,64	336,00	24,60	2310,00	874,00
1957	Kloppel & Goder	104	121,00	5,44	327,00	24,60	2310,00	865,00
1957	Kloppel & Goder	41	95,00	3,66	332,00	25,30	860,00	656,00
1957	Kloppel & Goder	43	95,00	3,40	340,00	25,30	860,00	656,00
1957	Kloppel & Goder	44	95,00	3,86	332,00	25,30	1420,00	567,00
1957	Kloppel & Goder	46	95,00	3,58	340,00	25,30	1420,00	576,00
1957	Kloppel & Goder	47	95,00	3,76	332,00	25,30	1980,00	536,00
1957	Kloppel & Goder	49	95,00	3,51	340,00	25,30	1980,00	488,00
1957	Kloppel & Goder	71	216,00	6,50	300,00	30,20	2220,00	2804,00
1957	Kloppel & Goder	69	216,00	6,05	395,00	23,20	2220,00	2462,00
1957	Kloppel & Goder	70	216,00	5,97	399,00	23,20	2220,00	2421,00
1957	Kloppel & Goder	72	216,00	6,30	411,00	30,20	2220,00	2932,00
1957	Kloppel & Goder	63	216,00	4,06	289,00	23,20	2220,00	1023,00
1957	Kloppel & Goder	64	216,00	4,11	304,00	23,20	2220,00	1834,00
1957	Kloppel & Goder	65	216,00	4,04	293,00	30,20	2220,00	2289,00
1957	Kloppel & Goder	66	216,00	4,11	291,00	30,20	2220,00	2239,00
1964	Salani & Sims	40F	76,20	1,65	532,00	27,40	1524,00	226,40
1964	Salani & Sims	41F	76,20	1,65	532,00	27,40	1524,00	245,10
1964	Salani & Sims	42F	76,20	1,65	532,00	27,70	1524,00	320,30
1964	Salani & Sims	71F	69,90	1,24	532,00	28,30	1524,00	230,90
1966	Chapman & Neogi	A1	355,60	11,18	361,00	38,60	1880,00	11460,00
1966	Chapman & Neogi	A4	355,60	11,18	361,00	33,30	1880,00	10710,00
1966	Chapman & Neogi	SC4	168,30	4,47	302,00	23,40	813,00	1744,00
1966	Chapman & Neogi	SC1	168,20	4,52	302,00	31,90	813,00	2006,00
1966	Chapman & Neogi	SC2	168,40	4,52	302,00	43,80	813,00	2233,00

1966	Chapman & Neogi	SC3	168,20	4,52	302,00	43,80	813,00	2113,00
1966	Chapman & Neogi	A6	355,60	7,98	361,00	23,80	2083,00	7433,00
1966	Chapman & Neogi	B2	127,10	2,95	376,00	67,20	711,00	1305,00
1966	Chapman & Neogi	B2X	127,10	2,95	334,00	67,20	711,00	1305,00
1966	Chapman & Neogi	B1	127,30	1,63	376,00	67,20	711,00	1285,00
1966	Chapman & Neogi	A5	355,60	4,72	281,00	21,30	1880,00	3517,00
1966	Chapman & Neogi	B1X	127,30	1,63	334,00	67,20	711,00	1285,00
1967	Furlong	-2	114,30	3,18	420,00	29,40	914,00	756,00
1967	Furlong	-1	114,30	3,18	420,00	29,40	914,00	712,00
1967	Gardner & Jacobson	5	120,70	4,09	459,00	34,90	1050,00	1156,00
1967	Gardner & Jacobson	6	120,80	4,09	459,00	30,00	1050,00	1092,00
1967	Gardner & Jacobson	7	120,80	4,09	459,00	26,30	1050,00	950,00
1967	Gardner & Jacobson	20	76,40	1,73	369,00	41,50	610,00	411,00
1967	Gardner & Jacobson	21	76,50	1,73	369,00	26,30	609,00	330,00
1967	Furlong	-5	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	658,00
1967	Furlong	-4	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	623,00
1967	Furlong	-3	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	627,00
1967	Gardner & Jacobson	11	152,60	3,15	421,00	21,20	1676,00	939,00
1967	Gardner & Jacobson	12	152,70	3,15	421,00	21,20	1676,00	881,00
1967	Gardner & Jacobson	1	101,70	3,07	614,00	34,70	1524,00	818,00
1967	Gardner & Jacobson	2	101,70	3,10	614,00	31,60	1524,00	801,00
1967	Gardner & Jacobson	18	76,50	1,70	369,00	25,30	1524,00	245,00
1967	Furlong	-6	152,40	1,55	336,00	21,40	914,00	682,00
1967	Furlong	-8	152,40	1,55	336,00	26,30	914,00	733,00
1967	Furlong	-7	152,40	1,55	336,00	26,30	914,00	721,00
1968	Gardner	7	168,80	5,00	302,40	33,40	2135,00	1130,00
1968	Gardner	8	168,80	5,00	302,40	27,80	2135,00	1165,00
1968	Gardner	1	168,80	2,64	200,20	18,20	1830,00	823,00
1968	Gardner	2	168,80	2,64	200,20	34,70	1830,00	916,00
1968	Gardner	5	168,30	3,60	288,40	27,00	2135,00	947,00
1968	Gardner	6	168,30	3,60	288,40	33,30	2135,00	1050,00
1968	Gardner	3	169,30	2,62	338,10	37,10	1830,00	756,00
1968	Gardner	4	169,30	2,62	338,10	34,10	1830,00	689,00
1969	Knowles & Park	1'	88,90	5,84	406,00	41,50	1727,00	614,70
1969	Knowles & Park	2'	88,90	5,84	406,00	41,50	1422,00	711,70
1969	Knowles & Park	3'	88,90	5,84	406,00	41,50	1118,00	715,20
1969	Knowles & Park	4'	88,90	5,84	406,00	41,50	813,00	918,50
1969	Knowles & Park	5'	88,90	5,84	406,00	41,50	508,00	991,90
1969	Knowles & Park	6'	88,90	5,84	406,00	41,50	508,00	889,60
1969	Knowles & Park	10'	82,55	1,40	490,00	41,50	813,00	400,30
1969	Knowles & Park	11'	82,55	1,40	490,00	41,50	508,00	489,30
1969	Knowles & Park	7'	82,55	1,40	490,00	41,50	1727,00	224,60
1969	Knowles & Park	8'	82,55	1,40	490,00	41,50	1422,00	294,50
1969	Knowles & Park	9'	82,55	1,40	490,00	41,50	1118,00	355,80
1978	Zhong (new)	74*	140,00	5,00	378,28	23,10	840,00	1283,80
1978	Zhong (new)	17*	140,00	5,00	378,28	45,10	840,00	1667,00
1978	Zhong (new)	30*	164,00	6,00	356,82	31,50	1700,00	1633,70
1978	Zhong (new)	43*	121,00	4,80	449,82	33,90	1048,00	1146,60
1978	Zhong (new)	44*	121,00	4,80	449,82	29,10	1048,00	1078,00
1978	Zhong (new)	45*	121,00	4,80	449,82	25,60	1048,00	940,80
1978	Zhong (new)	75*	140,00	5,00	378,28	31,60	840,00	1391,60
1978	Zhong (new)	76*	140,00	5,00	378,28	45,10	840,00	1685,60
1978	Zhong (new)	8*	108,00	4,50	409,64	28,60	445,00	970,20
1978	Zhong (new)	9*	108,00	4,50	409,64	28,60	485,00	1205,40
1978	Zhong (new)	33*	121,00	4,00	311,15	22,20	1050,00	702,70

1978	Zhong (new)	35°	121,00	6,00	349,37	22,20	1050,00	1007,40
1978	Zhong (new)	101°	108,00	4,00	327,12	35,00	1188,00	686,00
1978	Zhong (new)	23°	108,00	4,50	259,70	32,20	970,00	740,90
1978	Zhong (new)	24°	220,00	10,00	224,22	36,60	2400,00	1729,30
1978	Zhong (new)	26°	152,00	7,00	283,22	42,90	912,00	1693,40
1978	Zhong (new)	27°	140,00	5,50	333,20	42,90	840,00	1379,80
1978	Zhong (new)	31°	95,00	3,50	348,88	26,20	860,00	665,40
1978	Zhong (new)	32°	95,00	3,50	348,88	26,20	1420,00	582,10
1978	Zhong (new)	34°	121,00	4,00	317,03	26,50	1050,00	851,60
1978	Zhong (new)	36°	121,00	6,00	325,85	26,50	1050,00	1088,80
1978	Zhong (new)	50°	500,00	11,00	253,20	47,00	5000,00	12838,00
1978	Zhong (new)	51°	500,00	11,00	235,20	43,70	5000,00	11838,40
1978	Zhong (new)	69°	108,00	4,00	332,02	40,40	540,00	835,90
1978	Zhong (new)	70°	108,00	4,00	337,61	36,30	756,00	785,00
1978	Zhong (new)	71°	108,00	4,00	337,61	34,50	972,00	737,00
1978	Zhong (new)	72°	108,00	4,00	332,02	34,10	1404,00	686,00
1978	Zhong (new)	73°	108,00	4,00	351,23	34,10	1620,00	637,00
1978	Zhong (new)	84°	100,00	2,50	244,02	43,40	600,00	686,00
1978	Zhong (new)	90°	100,00	4,50	259,70	28,10	1080,00	743,80
1978	Zhong (new)	91°	106,00	3,50	259,70	28,10	1080,00	559,60
1978	Zhong (new)	92°	104,00	2,50	259,70	28,10	1080,00	433,20
1978	Zhong (new)	25°	240,00	12,00	191,79	54,50	2400,00	3900,40
1978	Zhong (new)	77°	140,00	5,00	178,28	51,00	840,00	1705,20
1978	Zhong (new)	37°	216,00	6,00	391,02	24,10	2220,00	2440,20
1978	Zhong (new)	38°	216,00	6,00	379,26	31,40	2220,00	2865,50
1978	Zhong (new)	39°	216,00	4,00	289,39	24,10	2220,00	1868,90
1978	Zhong (new)	40°	216,00	4,00	287,14	31,40	2220,00	2261,80
1978	Zhong (new)	49°	318,50	6,90	301,84	47,00	4200,00	5494,90
1978	Zhong (new)	85°	100,00	2,00	236,18	43,40	900,00	587,00
1978	Zhong (new)	86°	100,00	2,00	236,18	36,70	600,00	558,60
1978	Zhong (new)	89°	100,00	2,00	236,18	36,70	600,00	512,50
1978	Zhong (new)	41°	153,00	3,20	413,56	21,80	1679,00	901,60
1978	Zhong (new)	42°	101,00	3,40	602,70	32,20	1530,00	802,60
1978	Zhong (new)	56°	210,00	2,50	235,20	27,70	1670,00	1323,00
1979	SSRC	'10'	95,00	3,65	350,00	25,00	1420,00	583,00
1979	SSRC	'11'	95,00	3,65	350,00	25,00	1980,00	529,00
1979	SSRC	'5'	120,90	3,76	312,00	21,10	1050,00	721,00
1979	SSRC	'6'	120,90	3,76	312,00	21,10	2310,00	636,00
1979	SSRC	'7'	120,90	5,53	343,00	21,10	1050,00	1010,00
1979	SSRC	'8'	120,90	5,53	343,00	24,20	1050,00	1090,00
1979	SSRC	'9'	95,00	3,65	350,00	25,00	1370,00	667,00
1979	SSRC	'3'	215,90	6,00	392,00	22,90	2220,00	2442,00
1979	SSRC	'1'	215,90	4,09	292,00	22,90	2220,00	1650,00
1979	SSRC	'2'	215,90	4,09	292,00	30,00	2220,00	2264,00
1979	SSRC	'4'	215,90	6,00	350,00	30,00	2220,00	2869,00
1982	Tang et al	Tang-47	140,00	5,30	378,30	21,86	840,00	1326,00
1982	Tang et al	Tang-4	107,00	3,50	379,80	31,87	542,00	835,00
1982	Tang et al	Tang-48	140,00	5,00	378,30	30,58	840,00	1379,00
1982	Tang et al	Tang-49	140,00	5,00	378,30	34,92	840,00	1501,00
1982	Tang et al	Tang-5	107,00	4,00	379,80	31,87	542,00	889,00
1982	Tang et al	Tang-51	140,00	5,00	378,30	42,25	840,00	1539,00
1982	Tang et al	Tang-7	108,00	5,00	379,80	33,50	548,00	1084,00
1982	Tang et al	Tang-50	140,00	5,30	378,30	51,50	840,00	1664,00
1982	Tang et al	Tang-43	166,00	5,00	288,10	23,00	1040,00	1392,00
1982	Tang et al	Tang-53	92,00	3,00	260,70	20,71	460,00	501,00

1957	Kloppel & Goder	70	216,00	5,97	399,00	23,20	2220,00	2421,00
1957	Kloppel & Goder	72	216,00	6,30	411,00	30,20	2220,00	2932,00
1957	Kloppel & Goder	63	216,00	4,06	289,00	23,20	2220,00	1023,00
1957	Kloppel & Goder	64	216,00	4,11	304,00	23,20	2220,00	1834,00
1957	Kloppel & Goder	65	216,00	4,04	293,00	30,20	2220,00	2289,00
1957	Kloppel & Goder	66	216,00	4,11	291,00	30,20	2220,00	2239,00
1964	Salani & Sims	40F	76,20	1,65	532,00	27,40	1524,00	226,40
1964	Salani & Sims	41F	76,20	1,65	532,00	27,40	1524,00	245,10
1964	Salani & Sims	42F	76,20	1,65	532,00	27,70	1524,00	320,30
1964	Salani & Sims	71F	69,90	1,24	532,00	28,30	1524,00	230,90
1966	Chapman & Neogi	A1	355,60	11,18	361,00	38,60	1880,00	11460,00
1966	Chapman & Neogi	A4	355,60	11,18	361,00	33,30	1880,00	10710,00
1966	Chapman & Neogi	SC4	168,30	4,47	302,00	23,40	813,00	1744,00
1966	Chapman & Neogi	SC1	168,20	4,52	302,00	31,90	813,00	2006,00
1966	Chapman & Neogi	SC2	168,40	4,52	302,00	43,80	813,00	2233,00
1966	Chapman & Neogi	SC3	168,20	4,52	302,00	43,80	813,00	2113,00
1966	Chapman & Neogi	A6	355,60	7,98	361,00	23,80	2083,00	7433,00
1966	Chapman & Neogi	B2	127,10	2,95	376,00	67,20	711,00	1305,00
1966	Chapman & Neogi	B2X	127,10	2,95	334,00	67,20	711,00	1305,00
1966	Chapman & Neogi	B1	127,30	1,63	376,00	67,20	711,00	1285,00
1966	Chapman & Neogi	A5	355,60	4,72	281,00	21,30	1880,00	3517,00
1966	Chapman & Neogi	B1X	127,30	1,63	334,00	67,20	711,00	1285,00
1967	Furlong	-2	114,30	3,18	420,00	29,40	914,00	756,00
1967	Furlong	-1	114,30	3,18	420,00	29,40	914,00	712,00
1967	Gardner & Jacobson	5	120,70	4,09	459,00	34,90	1050,00	1156,00
1967	Gardner & Jacobson	6	120,80	4,09	459,00	30,00	1050,00	1092,00
1967	Gardner & Jacobson	7	120,80	4,09	459,00	26,30	1050,00	950,00
1967	Gardner & Jacobson	20	76,40	1,73	369,00	41,50	610,00	411,00
1967	Gardner & Jacobson	21	76,50	1,73	369,00	26,30	609,00	330,00
1967	Furlong	-5	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	658,00
1967	Furlong	-4	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	623,00
1967	Furlong	-3	127,00	2,41	294,00	35,60	914,00	627,00
1967	Gardner & Jacobson	11	152,60	3,15	421,00	21,20	1676,00	939,00
1967	Gardner & Jacobson	12	152,70	3,15	421,00	21,20	1676,00	881,00
1967	Gardner & Jacobson	1	101,70	3,07	614,00	34,70	1524,00	818,00
1967	Gardner & Jacobson	2	101,70	3,10	614,00	31,60	1524,00	801,00
1967	Gardner & Jacobson	18	76,50	1,70	369,00	25,30	1524,00	245,00
1967	Furlong	-6	152,40	1,55	336,00	21,40	914,00	682,00
1967	Furlong	-8	152,40	1,55	336,00	26,30	914,00	733,00
1967	Furlong	-7	152,40	1,55	336,00	26,30	914,00	721,00
1968	Gardner	7	168,80	5,00	302,40	33,40	2135,00	1130,00

1982	Tang et al	Tang-54	92,00	3,00	260,70	20,71	920,00	431,00
1982	Tang et al	Tang-55	92,00	3,00	260,70	20,71	1380,00	409,00
1982	Tang et al	Tang-57	108,00	4,50	259,70	20,22	648,00	665,00
1982	Tang et al	Tang-58	108,00	4,50	259,70	20,22	972,00	666,00
1982	Tang et al	Tang-59	108,00	4,50	259,70	20,22	1296,00	563,00
1982	Tang et al	Tang-60	108,00	4,50	259,70	20,22	1620,00	524,00
1982	Tang et al	Tang-61	108,00	4,50	259,70	20,22	1994,00	495,00
1982	Tang et al	Tang-70	108,00	4,20	259,70	20,54	648,00	722,00
1982	Tang et al	Tang-71	108,00	4,20	259,70	22,84	972,00	640,00
1982	Tang et al	Tang-24	250,00	7,00	243,00	46,57	1480,00	4116,00
1982	Tang et al	Tang-25	240,00	10,00	269,00	49,80	1440,00	5135,00
1982	Tang et al	Tang-40	166,00	5,00	288,10	43,89	1040,00	1764,00
1982	Tang et al	Tang-41	166,00	5,00	288,10	26,73	1040,00	1372,00
1982	Tang et al	Tang-42	166,00	5,00	288,10	29,72	1040,00	1495,00
1982	Tang et al	Tang-44	166,00	5,00	288,10	44,11	1040,00	1695,00
1982	Tang et al	Tang-46	166,00	5,00	288,10	37,75	1040,00	1627,00
1982	Tang et al	Tang-6	108,00	4,50	344,00	33,50	548,00	917,00
1982	Tang et al	Tang-63	108,00	4,00	327,10	39,23	540,00	836,00
1982	Tang et al	Tang-64	108,00	4,00	337,60	35,33	756,00	785,00
1982	Tang et al	Tang-65	108,00	4,00	337,60	33,54	972,00	736,00
1982	Tang et al	Tang-66	108,00	4,00	327,10	34,03	1188,00	686,00
1982	Tang et al	Tang-67	108,00	4,00	332,00	33,15	1404,00	686,00
1982	Tang et al	Tang-68	108,00	4,00	347,70	33,15	1620,00	672,00
1982	Tang et al	Tang-39	166,00	5,00	288,10	54,33	1040,00	1862,00
1982	Tang et al	Tang-45	166,00	5,00	288,10	55,65	1040,00	1852,00
1982	Tang et al	Tang-13	100,00	3,00	426,30	29,13	600,00	723,00
1982	Tang et al	Tang-18	180,00	3,00	233,20	24,24	860,00	1352,00
1982	Tang et al	Tang-17	210,00	3,00	233,20	27,07	1040,00	1705,00
1982	Tang et al	Tang-2	105,00	2,50	344,00	35,65	530,00	613,00
1982	Tang et al	Tang-3	106,00	3,00	344,00	33,47	536,00	674,00
1982	Tang et al	Tang-10	140,00	3,00	426,30	33,06	840,00	1208,00
1982	Tang et al	Tang-11	100,00	2,50	433,20	45,77	600,00	750,00
1982	Tang et al	Tang-1	104,00	2,00	344,00	32,65	524,00	540,00
1982	Tang et al	Tang-16	210,00	2,50	237,20	27,07	1040,00	1607,00
1982	Tang et al	Tang-73	210,00	2,50	237,20	27,07	1040,00	1607,00
1982	Tang et al	Tang-74	210,00	2,50	237,20	26,56	1670,00	1323,00
1982	Tang et al	Tang-8	160,00	2,50	433,20	32,22	960,00	1426,00
1982	Tang et al	Tang-9	140,00	2,50	433,20	38,88	840,00	1124,00
1982	Tang et al	Tang-15	200,00	2,00	237,20	24,24	930,00	1411,00
1984	Cai et al	Cai-10	96,00	5,00	410,60	39,53	400,00	1171,00
1984	Cai et al	Cai-11	96,00	5,00	410,60	39,53	400,00	1073,00
1984	Cai et al	Cai-12	96,00	5,00	410,60	39,53	405,00	1122,00
1984	Cai et al	Cai-7	96,00	5,00	410,60	28,45	450,00	1044,00
1984	Cai et al	Cai-8	96,00	5,00	410,60	28,45	450,00	1166,00
1984	Cai et al	Cai-9	96,00	5,00	410,60	39,53	400,00	1176,00
1984	Cai et al	Cai-1	273,00	8,00	306,70	29,62	1100,00	5576,00
1984	Cai et al	Cai-1	166,00	5,00	277,34	39,06	710,00	1656,20
1984	Cai et al	Cai-10	166,00	5,00	287,14	28,09	3700,00	958,44
1984	Cai et al	Cai-2	273,00	8,00	306,70	40,28	1100,00	5194,00
1984	Cai et al	Cai-2	166,00	5,00	277,34	42,24	710,00	1906,10
1984	Cai et al	Cai-21	121,00	12,00	294,00	28,45	500,00	2421,00
1984	Cai et al	Cai-22	121,00	12,00	294,00	40,28	500,00	2587,00
1984	Cai et al	Cai-28 '84	166,00	5,00	274,40	29,62	1100,00	1985,00
1984	Cai et al	Cai-3	273,00	8,00	306,70	40,28	1100,00	5292,00
1984	Cai et al	Cai-3	166,00	5,00	313,60	42,24	870,00	1827,70

1984	Cai et al	Cai-4	166,00	5,00	284,20	42,24	870,00	1862,00
1984	Cai et al	Cai-5	166,00	5,00	294,00	42,24	1700,00	1543,50
1984	Cai et al	Cai-6	166,00	5,00	313,60	42,24	1700,00	1460,20
1984	Cai et al	Cai-7	166,00	5,00	289,10	28,09	2700,00	1117,20
1984	Cai et al	Cai-8	166,00	5,00	289,10	28,09	2700,00	1271,06
1984	Cai et al	Cai-9	166,00	5,00	287,14	28,09	3700,00	983,92
1984	Cai et al	Cai-4	204,00	2,00	235,20	28,45	840,00	1294,00
1984	Cai et al	Cai-5	204,00	2,00	235,20	39,53	840,00	1637,00
1984	Cai et al	Cai-6	204,00	2,00	235,20	40,28	840,00	1691,00
1985	Cai & Gu	Cai-10	108,00	4,00	338,88	28,99	1080,00	783,02
1985	Cai & Gu	Cai-11	108,00	4,00	338,88	28,99	1620,00	707,56
1985	Cai & Gu	Cai-12	108,00	4,00	338,88	28,99	1620,00	646,80
1985	Cai & Gu	Cai-13	108,00	4,00	338,88	28,99	1620,00	643,86
1985	Cai & Gu	Cai-14	108,00	4,00	338,88	28,99	2160,00	672,28
1985	Cai & Gu	Cai-15	108,00	4,00	338,88	28,99	2160,00	697,76
1985	Cai & Gu	Cai-16	108,00	4,00	338,88	28,99	2160,00	676,20
1985	Cai & Gu	Cai-17	108,00	4,00	338,88	28,99	2700,00	648,76
1985	Cai & Gu	Cai-18	108,00	4,00	338,88	28,99	3240,00	559,58
1985	Cai & Gu	Cai-19	108,00	4,00	338,88	28,99	3240,00	478,24
1985	Cai & Gu	Cai-20	108,00	4,00	338,88	28,99	3240,00	600,74
1985	Cai & Gu	Cai-21	108,00	4,00	338,88	28,99	4320,00	373,38
1985	Cai & Gu	Cai-22	108,00	4,00	338,88	28,99	4320,00	345,94
1985	Cai & Gu	Cai-23	108,00	4,00	338,88	28,99	4320,00	294,00
1985	Cai & Gu	Cai-24	108,00	4,00	338,88	28,99	5400,00	225,40
1985	Cai & Gu	Cai-25	108,00	4,00	338,88	28,99	5400,00	210,70
1985	Cai & Gu	Cai-26	108,00	4,00	338,88	28,99	5560,00	212,50
1985	Cai & Gu	Cai-4	108,00	4,00	338,88	28,99	648,00	825,16
1985	Cai & Gu	Cai-5	108,00	4,00	338,88	28,99	648,00	828,10
1985	Cai & Gu	Cai-6	108,00	4,00	338,88	28,99	864,00	766,36
1985	Cai & Gu	Cai-7	108,00	4,00	338,88	28,99	864,00	801,64
1985	Cai & Gu	Cai-8	108,00	4,00	338,88	28,99	864,00	869,26
1985	Cai & Gu	Cai-9	108,00	4,00	338,88	28,99	1080,00	836,92
1988	Pan	Group C	160,00	4,50	317,70	43,30	2420,00	1561,00
1988	Pan	Group B	165,00	4,30	317,70	43,30	2440,00	1149,00
1988	Pan	Group D	165,00	4,30	317,70	43,30	3640,00	987,00
1991	Masuo	1G2-1,2	190,70	6,00	505,00	48,40	1150,00	3150,00
1991	Masuo	1G6-1,2	190,70	6,00	505,00	48,40	3450,00	2130,00
1991	Masuo	1A2-1-3	190,70	6,00	505,00	55,90	1150,00	3064,00
1991	Masuo	1A4-1-3	190,70	6,00	505,00	55,90	2300,00	2610,00
1991	Masuo	1A6-1-6	190,70	6,00	505,00	55,90	2450,00	2060,00
1991	Masuo	2G2-1,2	267,40	7,00	461,00	48,40	1600,00	5190,00
1991	Masuo	2G6-1,2	267,40	7,00	461,00	48,40	4800,00	3900,00
1991	Masuo	2A2-1-3	267,40	7,00	461,00	55,90	1600,00	5180,00
1991	Masuo	2A4-1-3	267,40	7,00	461,00	55,90	3200,00	4540,00
1991	Masuo	2A6-1-3	267,40	7,00	461,00	55,90	4800,00	3630,00
1993	Gu (new)	D-0-1	169,00	7,50	360,00	70,80	690,00	3080,00
1994	Gu (new)	D-0-2	169,00	7,50	360,00	70,80	690,00	4190,00
1995	Gu (new)	L-0	169,00	7,50	360,00	70,80	1768,00	2870,00
1995	Matsui	12-0	165,20	4,17	358,70	40,90	1982,00	1305,00
1995	Matsui	18-0	165,20	4,17	358,70	40,90	2974,00	1180,00
1995	Matsui	24-0	165,20	4,17	358,70	40,90	3965,00	956,00
1995	Matsui	30-0	165,20	4,17	358,70	40,90	4956,00	800,00
1995	Matsui	8-0	165,20	4,17	358,70	40,90	1322,00	1445,00
1999	Lahlou_Lachemi	B130-446A	114,60	6,53	321,00	134,00	671,10	1823,00
1999	Lahlou_Lachemi	B130-456A	114,68	8,42	344,00	130,70	671,00	2089,00

1999	Lahlou_Lachemi	B130-456A	114,68	8,42	344,00	130,70	671,00	2089,00
1999	Lahlou_Lachemi	B90-446A	114,56	6,57	321,00	96,60	671,00	1651,00
2000	Han & Yan	SC130-1	108,00	4,50	348,10	25,40	3510,00	400,00
2000	Han & Yan	SC130-2	108,00	4,50	348,10	25,40	3510,00	390,00
2000	Han & Yan	SC130-3	108,00	4,50	348,10	37,40	3510,00	440,00
2000	Han & Yan	SC141-1	108,00	4,50	348,10	25,40	3807,00	350,00
2000	Han & Yan	SC141-2	108,00	4,50	348,10	25,40	3807,00	370,00
2000	Han & Yan	SC149-1	108,00	4,50	348,10	37,40	4023,00	318,00
2000	Han & Yan	SC149-2	108,00	4,50	348,10	37,40	4023,00	320,00
2000	Han & Yan	SC154-1	108,00	4,50	348,10	25,40	4158,00	342,00
2000	Han & Yan	SC154-2	108,00	4,50	348,10	25,40	4158,00	292,00
2000	Han & Yan	SC154-3	108,00	4,50	348,10	37,40	4158,00	298,00
2000	Han & Yan	SC154-4	108,00	4,50	348,10	37,40	4158,00	280,00
2001	Kodur_Wang	T14	168,30	10,00	480,00	82,30	4200,00	2400,00
2001	Kodur_Wang	T25	168,30	10,00	430,50	89,30	2500,00	2600,00
2001	Kodur_Wang	T13	168,30	10,00	480,00	92,70	4200,00	1900,00
2001	Kodur_Wang	T15	168,30	10,00	480,00	93,30	2500,00	3350,00
2001	Kodur_Wang	T16	168,30	10,00	480,00	90,50	2500,00	3650,00
2001	Kodur_Wang	T23	168,30	10,00	430,50	98,80	4200,00	1800,00
2001	Kodur_Wang	T24	168,3	10	430,5	98,5	4200	2200
2001	Kodur_Wang	T26	168,30	10,00	430,50	95,80	2500,00	2450,00
2001	Kodur_Wang	T1	168,30	5,00	438,00	40,80	4200,00	900,00
2001	Kodur_Wang	T2	168,30	5,00	438,00	41,30	4200,00	950,00
2001	Kodur_Wang	T5	168,30	5,00	438,00	39,00	2500,00	1300,00
2001	Kodur_Wang	T6	168,30	5,00	438,00	39,00	2500,00	1445,00
2001	Kodur_Wang	T3	168,3	5	438	106,3	4200	1550
2001	Kodur_Wang	T4	168,3	5	438	91	4200	1400
2001	Kodur_Wang	T7	168,30	5,00	438,00	97,80	2500,00	2330,00
2001	Kodur_Wang	T8	168,30	5,00	438,00	101,00	2500,00	2450,00
2003	Gopal	A7	76,00	2,00	275,00	41,60	1555,00	355,00
2003	Baochun	A1	219,00	6,00	325,00	58,00	1000,00	2989,00
2004	Gopal	B7	76,00	2,00	275,00	41,60	1556,00	330,00
2004	Ghannam etal	C13LW	165,00	4,70	355,00	10,00	2477,00	800,00
2004	Ghannam etal	C14LW	165,00	4,70	355,00	10,00	2478,00	834,00
2004	Ghannam etal	C11N	165,00	4,70	355,00	33,40	2475,00	1058,00
2004	Ghannam etal	C12N	165,00	4,70	355,00	33,40	2476,00	1037,00
2004	Ghannam etal	C22LW	110,00	1,90	350,00	10,00	2200,00	269,00
2004	Ghannam etal	C23LW	110,00	1,90	350,00	10,00	2200,00	252,00
2004	Ghannam etal	C24LW	110,00	1,90	350,00	10,00	2200,00	211,00
2004	Ghannam etal	C25LW	110,00	1,90	350,00	10,00	2200,00	219,00
2004	Baochun	B2	219,00	4,00	325,00	47,60	1000,00	1931,00
2004	Ghannam etal	C16N	110,00	1,90	350,00	33,40	2200,00	437,00
2004	Ghannam etal	C17N	110,00	1,90	350,00	33,40	2200,00	368,00
2004	Ghannam etal	C18N	110,00	1,90	350,00	33,40	2200,00	355,00
2004	Ghannam etal	C19N	110,00	1,90	350,00	33,40	2200,00	374,00
2004	Han_Yao	lch1-1	200,00	3,00	303,50	52,76	2000,00	1882,00
2004	Han_Yao	lch1-2	200,00	3,00	303,50	52,76	2000,00	2060,00
2004	Han_Yao	lsc1-1	200,00	3,00	303,50	52,76	2000,00	1830,00
2004	Han_Yao	lsc1-2	200,00	3,00	303,50	52,76	2000,00	1806,00
2004	Han_Yao	lcv1	200,00	3,00	303,50	52,76	2000,00	2115,00
2005	Zeghiche_Chaoui	1	160,10	4,98	280,00	40,00	2000,00	1261,00
2005	Zeghiche_Chaoui	2	160,20	4,96	281,00	41,00	2500,00	1244,00
2005	Zeghiche_Chaoui	3	160,30	5,00	270,00	43,00	3000,00	1236,00
2005	Zeghiche_Chaoui	4	160,20	4,97	273,00	41,00	3500,00	1193,00
2005	Zeghiche_Chaoui	5	159,90	4,98	281,00	45,00	4000,00	1091,00

2005	Zeghiche_Chaoui	6	159,80	5,01	283,00	70,00	2000,00	1650,00
2005	Zeghiche_Chaoui	7	159,70	5,20	281,00	71,00	2500,00	1562,00
2005	Zeghiche_Chaoui	8	159,80	5,10	276,00	73,00	3000,00	1468,00
2005	Zeghiche_Chaoui	9	160,10	4,98	276,00	74,00	3500,00	1326,00
2005	Zeghiche_Chaoui	10	160,20	5,02	281,00	71,00	4000,00	1231,00
2005	Zeghiche_Chaoui	11	160,30	5,03	281,00	99,00	2000,00	2000,00
2005	Zeghiche_Chaoui	12	159,80	5,01	275,00	100,00	2500,00	1818,00
2005	Zeghiche_Chaoui	13	159,70	4,97	275,00	101,00	3000,00	1636,00
2005	Zeghiche_Chaoui	14	159,60	4,98	270,00	106,00	3500,00	1454,00
2005	Zeghiche_Chaoui	15	159,80	4,97	270,00	102,00	4000,00	1333,00
2005	Baochun	C1	219,00	4,00	325,00	52,30	1000,00	1980,00
2006	Bai & Li	GZJ1-1	219,00	7,00	273,00	38,20	990,00	3278,00
2006	Bai & Li	GZJ1-2	219,00	7,00	273,00	38,20	990,00	3278,00
2006	Bai & Li	GZJ1-3	219,00	7,00	273,00	38,20	990,00	3278,00
2006	Bai & Li	GZJ2-1	219,00	7,00	273,00	38,20	1200,00	3200,00
2006	Bai & Li	GZJ2-2	219,00	7,00	273,00	38,20	1200,00	3200,00
2006	Bai & Li	GZJ2-3	219,00	7,00	273,00	38,20	1200,00	3200,00
2006	Bai & Li	GZJ3-1	219,00	7,00	273,00	38,20	1420,00	3070,00
2006	Bai & Li	GZJ3-2	219,00	7,00	273,00	38,20	1420,00	3070,00
2006	Bai & Li	GZJ3-3	219,00	7,00	273,00	38,20	1420,00	3070,00
2006	Bai & Li	GZJ4-1	219,00	7,00	273,00	38,20	1640,00	2956,00
2006	Bai & Li	GZJ4-2	219,00	7,00	273,00	38,20	1640,00	2956,00
2006	Bai & Li	GZJ4-3	219,00	7,00	273,00	38,20	1640,00	2956,00
2006	Naseem Baig et al.	6CF	111,25	2,50	250,00	27,59	750,00	526,00
2006	De Nardin, El Debs	CFTC_4,8C	127,00	4,85	329,10	59,30	1200,00	1292,10
2006	De Nardin, El Debs	CFTC_3,2C	127,00	3,20	355,00	47,70	1200,00	1051,50
2006	Naseem Baig et al.	4CF	160,00	2,50	250,00	27,59	750,00	1153,00
2006	Han, Yang	CA0	165,00	2,57	343,10	48,05	1650,00	1217,00
2006	Han, Yang	CA1-1	165,00	2,57	343,10	43,28	1650,00	1158,00
2006	Han, Yang	CA1-2	165,00	2,57	343,10	43,28	1650,00	1158,00
2006	Han, Yang	CA2-1	165,00	2,57	343,10	40,26	1650,00	1090,00
2006	Han, Yang	CA2-2	165,00	2,57	343,10	40,26	1650,00	1123,00
2007	Gupta	D2M3C1	47,28	1,87	360,00	16,11	340,00	215,00
2007	Gupta	D2M3C2	47,28	1,87	360,00	20,22	340,00	215,00
2007	Gupta	D2M3C3	47,28	1,87	360,00	19,48	340,00	210,00
2007	Gupta	D2M3F11	47,28	1,87	360,00	18,31	340,00	167,00
2007	Gupta	D2M3F12	47,28	1,87	360,00	16,31	340,00	178,00
2007	Gupta	D2M3F13	47,28	1,87	360,00	12,89	340,00	187,00
2007	Gupta	D2M3F21	47,28	1,87	360,00	20,36	340,00	145,00
2007	Gupta	D2M3F22	47,28	1,87	360,00	19,48	340,00	166,00
2007	Gupta	D2M3F23	47,28	1,87	360,00	21,14	340,00	176,00
2007	Gupta	D2M3F31	47,28	1,87	360,00	19,82	340,00	171,00
2007	Gupta	D2M3F32	47,28	1,87	360,00	16,16	340,00	168,00
2007	Gupta	D2M3F33	47,28	1,87	360,00	13,13	340,00	160,00
2007	Gupta	D2M4F21	47,28	1,87	360,00	23,00	340,00	157,00
2007	Gupta	D2M4F31	47,28	1,87	360,00	22,41	340,00	190,00
2007	Gupta	D2M4F32	47,28	1,87	360,00	24,12	340,00	203,00
2007	Gupta	D2M4C1	47,28	1,87	360,00	29,79	340,00	250,00
2007	Gupta	D2M4C2	47,28	1,87	360,00	32,43	340,00	225,00
2007	Gupta	D2M4C3	47,28	1,87	360,00	29,98	340,00	246,00
2007	Gupta	D2M4F11	47,28	1,87	360,00	27,68	340,00	177,00
2007	Gupta	D2M4F12	47,28	1,87	360,00	28,77	340,00	192,00
2007	Gupta	D2M4F13	47,28	1,87	360,00	30,57	340,00	165,00
2007	Gupta	D2M4F22	47,28	1,87	360,00	30,58	340,00	156,00
2007	Gupta	D2M4F23	47,28	1,87	360,00	29,00	340,00	162,00

2007	Gupta	D2M4F33	47,28	1,87	360,00	26,56	340,00	194,00
2007	Beck et al.	35	114,30	6,00	342,95	22,50	800,00	925,90
2007	Beck et al.	2	114,30	3,35	287,33	32,68	572,00	739,50
2007	Beck et al.	3	114,30	3,35	287,33	32,68	800,00	631,50
2007	Beck et al.	4	114,30	3,35	287,33	32,68	1143,00	599,30
2007	Beck et al.	18	114,30	6,00	342,95	32,68	572,00	1016,60
2007	Beck et al.	19	114,30	6,00	342,95	32,68	800,00	1057,10
2007	Beck et al.	20	114,30	6,00	342,95	32,68	1143,00	872,20
2007	Beck et al.	6	114,30	3,35	287,33	58,68	572,00	902,90
2007	Beck et al.	7	114,30	3,35	287,33	58,68	800,00	868,50
2007	Beck et al.	8	114,30	3,35	287,33	58,68	1143,00	809,20
2007	Beck et al.	22	114,30	6,00	342,95	58,68	572,00	1263,20
2007	Beck et al.	23	114,30	6,00	342,95	58,68	800,00	1190,00
2007	Beck et al.	24	114,30	6,00	342,95	58,68	1143,00	1120,60
2007	Beck et al.	36	114,30	6,00	342,95	58,20	1143,00	1126,90
2007	Beck et al.	10	114,30	3,35	287,33	88,78	572,00	1180,70
2007	Beck et al.	11	114,30	3,35	287,33	88,78	800,00	1198,30
2007	Beck et al.	12	114,30	3,35	287,33	88,78	1143,00	1111,60
2007	Beck et al.	26	114,30	6,00	342,95	88,78	572,00	1448,10
2007	Beck et al.	27	114,30	6,00	342,95	88,78	800,00	1400,60
2007	Beck et al.	28	114,30	6,00	342,95	88,78	1143,00	1442,40
2007	Beck et al.	34	114,30	6,00	342,95	73,30	572,00	1308,50
2007	Beck et al.	14	114,30	3,35	287,33	105,45	572,00	1407,10
2007	Beck et al.	15	114,30	3,35	287,33	105,45	800,00	1375,80
2007	Beck et al.	16	114,30	3,35	287,33	105,45	1143,00	1319,90
2007	Beck et al.	30	114,30	6,00	342,95	105,45	572,00	1607,40
2007	Beck et al.	31	114,30	6,00	342,95	105,45	800,00	1622,50
2007	Beck et al.	32	114,30	6,00	342,95	105,45	1143,00	1574,30
2008	Yu, Tao, Wu	C150-1	100,00	1,90	404,00	130,37	1500,00	907,00
2008	Yu, Tao, Wu	C150-2	100,00	1,90	404,00	130,37	1500,00	760,00
2008	Yu, Tao, Wu	C300-1	100,00	1,90	404,00	130,37	3000,00	288,00
2008	Yu, Tao, Wu	C300-2	100,00	1,90	404,00	130,37	3000,00	317,50
2008	Yu, Tao, Wu	C90-1	100,00	1,90	404,00	130,37	900,00	1065,00
2008	Yu, Tao, Wu	C90-2	100,00	1,90	404,00	130,37	900,00	980,00
2009	Oliveira et al.	C-30-10D	114,30	3,35	287,33	32,70	1143,00	599,30
2009	Oliveira et al.	C-30-5D	114,30	3,35	287,33	32,70	571,50	739,50
2009	Oliveira et al.	C-30-7D	114,30	3,35	287,33	32,70	800,10	631,50
2009	Oliveira et al.	C-60-10D	114,30	3,35	287,33	58,70	1143,00	809,20
2009	Oliveira et al.	C-60-5D	114,30	3,35	287,33	58,70	571,50	902,90
2009	Oliveira et al.	C-60-7D	114,30	3,35	287,33	58,70	800,10	868,50
2009	Oliveira et al.	C-80-10D	114,30	3,35	287,33	88,80	1143,00	1111,60
2009	Oliveira et al.	C-80-5D	114,30	3,35	287,33	88,80	571,50	1180,70
2009	Oliveira et al.	C-80-7D	114,30	3,35	287,33	88,80	800,10	1198,30
2009	Oliveira et al.	C-100-10	114,30	3,35	287,33	105,50	1143,00	1319,90
2009	Oliveira et al.	C-100-5D	114,30	3,35	287,33	105,50	571,50	1407,10
2009	Oliveira et al.	C-100-7D	114,30	3,35	287,33	105,50	800,10	1375,80
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M30_0,5	44,45	1,25	250,00	35,07	500,00	96,20
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M30_0,7	44,45	1,25	250,00	35,07	700,00	82,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M30_1	44,45	1,25	250,00	35,07	1000,00	45,20
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M40_0,5	44,45	1,25	250,00	45,29	500,00	114,70
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M40_0,7	44,45	1,25	250,00	45,29	700,00	94,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M40_1	44,45	1,25	250,00	45,29	1000,00	68,60
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M30_0,5	44,45	1,60	250,00	35,07	500,00	117,20
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M30_0,7	44,45	1,60	250,00	35,07	700,00	96,50
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M30_1	44,45	1,60	250,00	35,07	1000,00	69,40

2010	Chitawadagi et al.	D1t2M40_0,5	44,45	1,60	250,00	45,29	500,00	134,10
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M40_0,7	44,45	1,60	250,00	45,29	700,00	117,10
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M40_1	44,45	1,60	250,00	45,29	1000,00	86,50
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M30_0,5	44,45	2,00	250,00	35,07	500,00	132,70
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M30_0,7	44,45	2,00	250,00	35,07	700,00	127,10
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M30_1	44,45	2,00	250,00	35,07	1000,00	82,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M40_0,5	44,45	2,00	250,00	45,29	500,00	148,40
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M40_0,7	44,45	2,00	250,00	45,29	700,00	138,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M40_1	44,45	2,00	250,00	45,29	1000,00	104,80
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M30_0,5	57,15	1,25	250,00	35,07	500,00	171,70
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M30_0,7	57,15	1,25	250,00	35,07	700,00	163,00
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M30_1	57,15	1,25	250,00	35,07	1000,00	119,80
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M40_0,5	57,15	1,25	250,00	45,29	500,00	187,50
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M40_0,7	57,15	1,25	250,00	45,29	700,00	176,50
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M40_1	57,15	1,25	250,00	45,29	1000,00	151,60
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M30_0,5	57,15	1,60	250,00	35,07	500,00	188,50
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M30_0,7	57,15	1,60	250,00	35,07	700,00	181,60
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M30_1	57,15	1,60	250,00	35,07	1000,00	135,00
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M40_0,5	57,15	1,60	250,00	45,29	500,00	206,30
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M40_0,7	57,15	1,60	250,00	45,29	700,00	192,10
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M40_1	57,15	1,60	250,00	45,29	1000,00	173,10
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M30_0,5	57,15	2,00	250,00	35,07	500,00	213,70
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M30_0,7	57,15	2,00	250,00	35,07	700,00	205,80
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M30_1	57,15	2,00	250,00	35,07	1000,00	144,30
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M40_0,5	57,15	2,00	250,00	45,29	500,00	239,30
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M40_0,7	57,15	2,00	250,00	45,29	700,00	221,90
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M40_1	57,15	2,00	250,00	45,29	1000,00	188,30
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M30_0,5	63,50	1,60	250,00	35,07	500,00	230,50
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M30_0,7	63,50	1,60	250,00	35,07	700,00	226,30
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M30_1	63,50	1,60	250,00	35,07	1000,00	185,60
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M40_0,5	63,50	1,60	250,00	45,29	500,00	264,10
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M40_0,7	63,50	1,60	250,00	45,29	700,00	240,80
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M40_1	63,50	1,60	250,00	45,29	1000,00	210,50
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M30_0,5	63,50	2,00	250,00	35,07	500,00	255,00
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M30_0,7	63,50	2,00	250,00	35,07	700,00	243,60
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M30_1	63,50	2,00	250,00	35,07	1000,00	202,30
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M40_0,5	63,50	2,00	250,00	45,29	500,00	280,50
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M40_0,7	63,50	2,00	250,00	45,29	700,00	269,00
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M40_1	63,50	2,00	250,00	45,29	1000,00	231,30
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M50_0,5	44,45	1,25	250,00	55,18	500,00	120,30
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M50_0,7	44,45	1,25	250,00	55,18	700,00	109,90
2010	Chitawadagi et al.	D1t1M50_1	44,45	1,25	250,00	55,18	1000,00	85,40
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M50_0,5	44,45	1,60	250,00	55,18	500,00	141,70
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M50_0,7	44,45	1,60	250,00	55,18	700,00	130,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t2M50_1	44,45	1,60	250,00	55,18	1000,00	101,00
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M50_0,5	44,45	2,00	250,00	55,18	500,00	155,60
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M50_0,7	44,45	2,00	250,00	55,18	700,00	145,30
2010	Chitawadagi et al.	D1t3M50_1	44,45	2,00	250,00	55,18	1000,00	124,00
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M50_0,5	57,15	1,25	250,00	55,18	500,00	200,30
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M50_0,7	57,15	1,25	250,00	55,18	700,00	187,20
2010	Chitawadagi et al.	D2t1M50_1	57,15	1,25	250,00	55,18	1000,00	162,00
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M50_0,5	57,15	1,60	250,00	55,18	500,00	229,00
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M50_0,7	57,15	1,60	250,00	55,18	700,00	201,50
2010	Chitawadagi et al.	D2t2M50_1	57,15	1,60	250,00	55,18	1000,00	181,70
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M50_0,5	57,15	2,00	250,00	55,18	500,00	256,00

2010	Chitawadagi et al.	D2t3M50_0,7	57,15	2,00	250,00	55,18	700,00	231,30
2010	Chitawadagi et al.	D2t3M50_1	57,15	2,00	250,00	55,18	1000,00	206,10
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M50_0,5	63,50	1,60	250,00	55,18	500,00	283,00
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M50_0,7	63,50	1,60	250,00	55,18	700,00	262,00
2010	Chitawadagi et al.	D3t2M50_1	63,50	1,60	250,00	55,18	1000,00	226,70
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M50_0,5	63,50	2,00	250,00	55,18	500,00	294,60
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M50_0,7	63,50	2,00	250,00	55,18	700,00	280,20
2010	Chitawadagi et al.	D3t3M50_1	63,50	2,00	250,00	55,18	1000,00	240,60
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M30_0,5	63,50	1,25	250,00	35,07	500,00	211,70
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M30_0,7	63,50	1,25	250,00	35,07	700,00	191,30
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M30_1	63,50	1,25	250,00	35,07	1000,00	150,50
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M40_0,5	63,50	1,25	250,00	45,29	500,00	241,60
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M40_0,7	63,50	1,25	250,00	45,29	700,00	208,00
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M40_1	63,50	1,25	250,00	45,29	1000,00	169,30
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M50_0,5	63,50	1,25	250,00	55,18	500,00	262,40
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M50_0,7	63,50	1,25	250,00	55,18	700,00	239,10
2010	Chitawadagi et al.	D3t1M50_1	63,50	1,25	250,00	55,18	1000,00	181,20
2011	Lee	O57C30_30	300,00	12,00	479,00	31,50	1580,00	9823,00
2011	Kwon et al.	sc-47	151,00	3,20	265,00	25,40	620,00	1129,00
2011	Kwon et al.	sc-47a	150,00	3,20	265,00	25,40	620,00	1123,00
2011	Kwon et al.	sc-62a	198,00	3,20	265,00	25,40	835,00	1560,00
2011	Kwon et al.	sc-62	199,00	3,20	265,00	25,40	835,00	1535,00
2011	Kwon et al.	sc-78	251,00	3,20	265,00	25,40	1050,00	2033,00
2011	Lee	O49C36_30	360,00	6,00	498,00	31,50	1760,00	6888,00
2011	Kwon et al.	sc-109	350,00	3,20	265,00	25,40	1468,00	3000,00
2011	Kwon et al.	sc-125	401,00	3,20	265,00	25,40	1680,00	3680,00
2011	Kwon et al.	sc-140	450,00	3,20	265,00	25,40	1888,00	4540,00
2011	Kwon et al.	sc-94	300,00	3,20	265,00	25,40	1250,00	2012,00
2012	Dundu	S1-1	114,85	3,00	354,05	32,76	1000,00	806,40
2012	Dundu	S1-2	114,85	3,00	354,05	32,76	1500,00	688,20
2012	Dundu	S1-3	114,85	3,00	354,05	32,76	2000,00	632,20
2012	Dundu	S1-4	114,85	3,00	354,05	32,76	2500,00	566,10
2012	Dundu	S1-5	127,30	3,00	345,20	32,76	1000,00	912,10
2012	Dundu	S1-6	127,30	3,00	345,20	32,76	1500,00	848,50
2012	Dundu	S1-7	127,30	3,00	345,20	32,76	2000,00	715,80
2012	Dundu	S1-8	127,30	3,00	345,20	32,76	2500,00	638,80
2012	Dundu	S2-4	152,40	3,00	394,30	22,43	2500,00	968,90
2012	Dundu	S1-10	139,20	3,00	361,95	32,76	1500,00	941,90
2012	Dundu	S1-11	139,20	3,00	361,95	32,76	2000,00	868,30
2012	Dundu	S1-12	139,20	3,00	361,95	32,76	2500,00	750,70
2012	Dundu	S1-9	139,20	3,00	361,95	32,76	1000,00	1059,80
2012	Dundu	S2-1	152,40	3,00	488,20	22,43	1000,00	1463,30
2012	Dundu	S2-10	193,70	3,50	398,80	22,43	1500,00	1817,10
2012	Dundu	S2-11	193,70	3,50	398,80	22,43	2000,00	1796,30
2012	Dundu	S2-12	193,70	3,50	392,20	22,43	2500,00	1620,80
2012	Dundu	S2-2	152,40	3,00	488,20	22,43	1500,00	1209,10
2012	Dundu	S2-3	152,40	3,00	488,20	22,43	2000,00	1167,30
2012	Dundu	S2-5	165,10	3,00	438,20	22,43	1000,00	1549,50
2012	Dundu	S2-6	165,10	3,00	438,20	22,43	1500,00	1338,00
2012	Dundu	S2-7	165,10	3,00	438,20	22,43	2000,00	1234,50
2012	Dundu	S2-8	165,10	3,00	430,30	22,43	2500,00	1232,00
2012	Dundu	S2-9	193,70	3,00	398,80	22,43	1000,00	1999,60

RCFT

año	autor	Denom.	b (mm)	h (mm)	t (mm)	R _{ext} (mm)	R _{int} (mm)	L (mm)	F _y (MPa)	F _c (Mpa)	N _{cr} (kN)
1967	Furlong		101,00	101,00	3,18	7,94	4,76	914,40	331,13	28,84	681,00
1967	Furlong		101,00	101,00	3,18	7,94	4,76	914,40	331,13	28,84	690,00
1967	Furlong		127,00	127,00	4,30	12,00	7,20	914,40	485,00	44,84	1634,00
1967	Furlong		101,00	101,00	2,16	5,33	3,20	914,40	331,13	23,50	534,00
1967	Furlong		101,00	101,00	2,16	5,33	3,20	914,40	331,13	23,50	498,00
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,38	8,45	5,07	1422,40	324,23	34,08	385,34
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,33	8,32	4,99	1727,20	324,23	35,87	355,97
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,38	8,45	5,07	508,00	324,23	40,91	505,93
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,38	8,45	5,07	812,80	324,23	45,12	462,76
1969	Knowles_Park		76,20	76,20	3,33	8,32	4,99	1117,60	324,23	46,77	422,72
1974	Janss	30	329,00	329,00	10,20	0,00	0,00	1398,00	390,44	27,82	8142,30
1974	Janss	32	333,00	333,00	10,10	0,00	0,00	1397,00	390,44	27,82	8142,30
1974	Janss	29	331,00	331,00	10,10	0,00	0,00	1397,00	390,44	27,82	8093,25
1974	Janss	31	330,00	330,00	10,10	0,00	0,00	1396,00	390,44	27,82	7995,15
1976	Bridge	SHC-2	199,90	199,90	10,01	25,02	15,01	3050,00	290,00	30,60	2869,00
1986	Luo Li	6	151,60	151,60	6,92			1050,00	292,31	25,90	1735,00
1986	Luo Li	5	151,00	151,00	6,92			1050,00	292,31	25,90	1640,00
1986	Luo Li	11	150,00	150,00	6,92			1550,00	292,31	25,90	1700,00
1986	Luo Li	12	149,70	149,70	6,92			1550,00	292,31	25,90	1700,00
1986	Luo Li	28	150,70	150,70	6,92			3590,00	292,31	34,60	1400,00
1986	Luo Li	14	147,20	147,20	4,31			2050,00	245,54	35,40	1150,00
1986	Luo Li	19	148,00	148,00	6,92			2550,00	292,31	35,40	1600,00
1986	Luo Li	20	148,00	148,00	6,92			2550,00	292,31	35,40	1740,00
1986	Luo Li	27	149,20	149,20	6,92			3583,00	292,31	35,40	1350,00
1986	Luo Li	18	147,70	147,70	4,31			2550,00	245,54	39,00	1175,00
1986	Luo Li	13	148,70	148,70	4,31			2050,00	245,54	25,40	1080,00
1986	Luo Li	9	151,00	151,00	4,31			1550,00	245,54	35,40	1250,00
1986	Luo Li	22	150,50	150,50	4,31			3198,00	245,54	35,40	1125,00
1986	Luo Li	21	150,00	150,00	4,31			3050,00	245,54	36,50	1300,00
1986	Luo Li	30	149,70	149,70	4,31			4096,00	245,54	36,50	950,00
1986	Luo Li	29	148,20	148,20	4,31			4098,00	245,54	36,50	955,00
1986	Luo Li	10	149,80	149,80	4,31			1550,00	245,54	39,00	1350,00
1986	Luo Li	17	148,70	148,70	4,31			2550,00	245,54	39,00	1200,00
1986	Luo Li	25	150,00	150,00	4,31			3596,00	245,54	39,00	1050,00
1986	Luo Li	26	148,20	148,20	4,31			3600,00	245,54	39,00	1075,00
1986	Luo Li	3	149,50	149,50	4,31			1050,00	245,54	40,70	1405,00
1986	Luo Li	4	149,10	149,10	4,31			1050,00	245,54	40,70	1435,00
1986	Luo Li	1	150,10	150,10	2,02			1050,00	217,48	25,90	800,00
1986	Luo Li	2	147,80	147,80	2,02			1050,00	217,48	25,90	650,00
1986	Luo Li	15	149,30	149,30	2,02			2550,00	217,48	25,90	680,00
1986	Luo Li	16	148,20	148,20	2,02			2550,00	217,48	25,90	600,00
1986	Luo Li	7	151,00	151,00	2,02			1550,00	217,48	34,60	800,00
1986	Luo Li	8	150,20	150,20	2,02			1550,00	217,48	34,60	850,00
1986	Luo Li	23	150,70	150,70	2,02			3586,00	217,48	40,60	850,00
1986	Luo Li	24	148,80	148,80	2,02			3585,00	217,48	40,60	860,00
1989	Shakir-Khalil_Zeghiche	L1	80,00	120,00	5,00	12,50	7,50	3210,00	386,30	36,82	600,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_5	120,00	120,00	5,00	0,00	0,00	500,00	323,00	39,00	1550,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_6	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	300,00	46,00	1670,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_1	120,00	120,00	5,00	0,00	0,00	500,00	304,00	47,00	1440,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_10	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	379,00	39,00	1800,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_2	120,00	120,00	5,00	0,00	0,00	500,00	438,00	46,00	1690,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_7	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	376,00	47,00	1990,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_11	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	390,00	80,00	2300,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_12	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	379,00	80,00	2290,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	L_12	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	3000,00	379,00	80,00	1610,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_3	120,00	120,00	5,00	0,00	0,00	500,00	327,00	96,00	2040,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_8	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	323,00	103,00	2270,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_4	120,00	120,00	5,00	0,00	0,00	500,00	439,00	96,00	2240,00
1990	Cederwall_Engstrom_Grauere	S_9	120,00	120,00	8,00	0,00	0,00	500,00	379,00	103,00	2680,00
1990	Shakir-Khalil_Mouli	L6	100,00	150,00	5,00	12,50	7,50	3210,00	346,70	38,50	1003,00
1994	Bergmann	RE11	180,00	180,00	6,30	15,75	9,45	1000,00	397,00	92,40	4060,00
1994	Bergmann	RE14	180,00	180,00	6,30	15,75	9,45	4000,00	413,00	92,40	4008,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	1500,00	431,00	24,00	157,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	1750,00	431,00	24,00	146,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	250,00	431,00	25,50	238,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	500,00	431,00	25,50	227,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	750,00	431,00	25,50	217,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	1000,00	431,00	25,50	192,00
1994	Nakamura		60,20	60,20	1,50	3,75	2,25	1250,00	431,00	25,50	193,00
1994	Bergmann	RE24	260,00	260,00	7,10	17,75	10,65	4000,00	413,00	92,40	7536,00
1997	Matsui et al.		149,86	149,86	4,27	10,67	6,40	1201,42	438,51	40,91	1588,08
1997	Matsui et al.		149,86	149,86	4,27	10,67	6,40	1800,86	438,51	40,91	1574,73
1997	Matsui et al.		149,86	149,86	4,27	10,67	6,40	2702,56	438,51	40,91	1357,59
1997	Matsui et al.		149,86	149,86	4,27	10,67	6,40	3601,72	438,51	40,91	1144,45

1997	Matsui et al.		149,86	149,86	4,27	10,67	6,40	4503,42	438,51	40,91	909,95
1998	Schneider	S3	127,00	127,00	4,55	11,37	6,82	609,60	322,16	23,80	1112,86
1998	Schneider	S5	126,75	127,25	7,47	18,67	11,20	610,82	347,00	23,80	2068,64
1998	Schneider	S4	125,22	126,49	5,67	14,18	8,51	607,16	311,82	23,80	1201,85
1998	Schneider	R5	101,35	151,38	5,72	14,29	8,57	605,54	324,23	23,80	1334,89
1998	Schneider	R6	102,11	152,40	7,34	18,35	11,01	609,60	358,04	23,80	1690,87
1998	Schneider	S2	127,00	127,00	4,34	10,86	6,52	609,60	357,35	26,08	1095,06
1998	Schneider	R4	102,87	152,65	4,57	11,43	6,86	610,62	364,93	23,80	1224,10
1998	Schneider	R2	76,45	152,91	4,47	11,18	6,71	611,63	382,87	26,04	1006,07
1998	Lin		150,11	150,11	0,71			800,10	246,28	22,49	611,83
1998	Lin		150,11	150,11	1,40			800,10	247,66	22,49	711,94
1998	Lin		150,11	150,11	2,11			800,10	249,04	22,49	793,37
1998	Lin		150,11	199,90	0,71			800,10	246,97	22,49	705,27
1998	Lin		150,11	199,90	1,40			800,10	246,97	22,49	881,48
1998	Lin		150,11	199,90	2,11			800,10	248,35	22,49	844,54
1998	Lin		150,11	150,11	1,40			800,10	247,66	35,25	974,03
1998	Lin		150,11	199,90	2,11			800,10	248,35	35,25	1268,15
1998	Schneider	R3	101,85	152,40	4,32	10,80	6,48	609,60	413,22	26,08	1144,00
1998	Schneider	R1	76,71	152,40	3,00	7,49	4,50	609,60	430,47	30,45	818,74
1998	Schneider	S1	127,25	127,25	3,15	7,87	4,72	610,82	355,97	30,49	917,07
2000	Wei_Han	Sccz1	120,00	120,00	5,86			2600,00	321,10	20,40	999,60
2000	Wei_Han	Sccz2	200,00	200,00	5,86			2600,00	321,10	16,80	2082,50
2000	Wei_Han	Sccz3-1	120,00	120,00	3,84			2600,00	330,10	17,90	754,20
2000	Wei_Han	Sccz3-2	120,00	120,00	3,84			2600,00	330,10	17,90	833,00
2000	Wei_Han	Sccz3-3	120,00	120,00	3,84			2600,00	330,10	29,30	980,00
2000	Wei_Han	Sccz4-1	140,00	140,00	3,84			2600,00	330,10	17,70	1048,60
2000	Wei_Han	Sccz4-2	140,00	140,00	3,84			2600,00	330,10	17,70	1127,00
2000	Wei_Han	Sccz4-3	140,00	140,00	3,84			2600,00	330,10	29,30	1323,00
2000	Yamamoto	S10D-4A	100,10	100,10	2,18			601,00	300,00	53,70	851,00
2000	Yamamoto	S10D-6A	100,10	100,10	2,18			902,00	300,00	61,00	911,00
2000	Yamamoto	S20D-6A	200,30	200,30	4,35			902,00	323,00	63,70	3417,00
2001	Han_Zhao_Tao	scp2-1-1	120,00	120,00	5,86	0,00	0,00	2222,97	321,00	24,00	1000,00
2001	Han_Zhao_Tao	scp2-3-1	200,00	200,00	5,86	0,00	0,00	2222,97	321,00	24,00	2083,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-1-1	120,00	120,00	3,84	0,00	0,00	2192,45	330,00	24,00	754,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-1-2	120,00	120,00	3,84	0,00	0,00	2192,45	330,00	24,00	833,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-1-3	120,00	120,00	3,84	0,00	0,00	2192,45	330,00	42,62	980,00
2001	Ye Zaili	7	104,40	158,80	4,85			480,00	347,30	49,40	1820,00
2001	Ye Zaili	14	103,30	159,10	4,80			480,00	347,30	49,40	1875,00
2001	Ye Zaili	25	102,40	156,70	4,80			480,00	347,30	49,40	1915,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-2-1	140,00	140,00	3,84	0,00	0,00	2182,70	330,00	24,00	1049,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-2-2	140,00	140,00	3,84	0,00	0,00	2182,70	330,00	24,00	1127,00
2001	Han_Zhao_Tao	sczL-2-3	140,00	140,00	3,84	0,00	0,00	2182,70	330,00	42,62	1323,00
2001	Ye Zaili	164	106,90	162,00	4,81			480,00	347,30	58,60	2320,00
2001	Ye Zaili	121	103,40	156,90	4,71			480,00	347,30	58,60	2090,00
2001	Ye Zaili	165	102,60	158,90	4,74			480,00	347,30	58,60	2060,00
2001	Ye Zaili	80	105,90	161,40	2,96			480,00	255,10	49,40	1420,00
2001	Ye Zaili	83	105,70	158,20	2,93			480,00	255,10	49,40	1440,00
2001	Ye Zaili	57	102,70	160,80	2,04			480,00	305,10	49,40	1080,00
2001	Ye Zaili	123	121,70	189,60	4,81			570,00	347,30	49,40	2680,00
2001	Ye Zaili	115	121,00	194,80	4,72			570,00	347,30	49,40	2700,00
2001	Ye Zaili	53	101,50	162,90	2,00			480,00	305,10	49,40	1068,00
2001	Ye Zaili	17	120,40	190,90	4,83			570,00	347,30	49,40	2510,00
2001	Ye Zaili	54	100,70	162,70	2,97			480,00	255,10	49,40	1080,00
2001	Ye Zaili	56	100,30	163,90	1,99			480,00	305,10	49,40	1080,00
2001	Ye Zaili	131	105,10	159,10	2,93			480,00	255,10	58,60	1610,00
2001	Ye Zaili	141	104,50	162,60	3,04			480,00	255,10	58,60	1640,00
2001	Ye Zaili	139	102,20	163,80	2,93			480,00	255,10	58,60	1680,00
2001	Ye Zaili	132	99,60	162,80	2,13			480,00	305,10	58,60	1460,00
2001	Ye Zaili	104	98,50	162,30	2,00			480,00	305,10	58,60	1545,00
2001	Ye Zaili	140	102,10	160,20	2,00			570,00	305,10	58,60	1555,00
2001	Chung et al.	C8-0	125,00	125,00	3,20			1000,00	443,00	94,00	1586,00
2001	Chung et al.	C12-0	125,00	125,00	3,20			1500,00	443,00	94,00	1574,00
2001	Chung et al.	C18-0	125,00	125,00	3,20			2250,00	443,00	94,00	1357,00
2001	Chung et al.	C24-0	125,00	125,00	3,20			3000,00	443,00	94,00	1144,00
2001	Chung et al.	C30-0	125,00	125,00	3,20			3750,00	443,00	94,00	909,00
2002	Uy	CCM1	74,93	74,93	3,05	0,00	0,00	1770,38	450,00	52,00	343,07
2002	Uy	CCM2	65,02	65,02	3,05	0,00	0,00	1770,38	400,00	52,00	268,76
2002	Uy	CCH1	74,93	74,93	3,05	0,00	0,00	1770,38	450,00	79,00	413,82
2002	Uy	CCH2	65,02	65,02	3,05	0,00	0,00	1770,38	400,00	79,00	294,12
2002	Han	rc11-1	85,00	130,00	2,86	0,00	0,00	390,00	228,00	57,93	760,00
2002	Han	rc11-2	85,00	130,00	2,86	0,00	0,00	390,00	228,00	57,93	820,00
2002	Han	rc12-1	80,00	140,00	2,86	0,00	0,00	420,00	228,00	57,93	880,00
2002	Han	rc12-2	80,00	140,00	2,86	0,00	0,00	420,00	228,00	57,93	740,00

2002	Seo et al.		125,22	125,22	2,97			2999,74	435,99	61,33	894,82
2002	Seo et al.		124,97	124,97	2,97			2999,74	453,24	61,33	809,84
2002	Seo et al.		125,22	125,22	2,97			2250,44	435,99	62,23	1313,09
2002	Seo et al.		124,97	124,97	2,97			2250,44	453,24	62,23	1317,99
2002	Seo et al.		124,97	124,97	2,97			2250,44	453,24	62,43	1038,99
2002	Seo et al.		124,97	124,97	2,97			1000,76	444,96	64,09	1517,78
2002	Seo et al.		125,22	125,22	2,97			1501,14	435,99	67,54	1423,89
2002	Seo et al.		124,97	124,97	2,97			1501,14	453,24	67,54	1370,05
2002	Seo_Chung		124,97	124,97	3,20			1000,76	451,86	96,03	1901,33
2002	Seo_Chung		124,97	124,97	3,20			1501,14	451,86	96,03	1877,31
2002	Seo_Chung		124,97	124,97	3,20			2250,44	451,86	96,03	1650,82
2002	Seo_Chung		124,97	124,97	3,20			3749,04	451,86	96,03	754,22
2003	Hossain	6S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	300,00	275,00	21,00	185,00
2003	Hossain	9S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	450,00	275,00	21,00	180,00
2003	Hossain	12S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	600,00	275,00	21,00	175,00
2003	Hossain	16S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	800,00	275,00	21,00	170,00
2003	Hossain	18S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	900,00	275,00	21,00	165,00
2003	Hossain	24S1nc	50,00	50,00	1,60	4,00	2,40	1200,00	275,00	21,00	156,00
2003	Hossain	S3nc	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	800,00	350,00	21,00	680,00
2003	Han_Yang	R-3	100,00	80,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	680,00
2003	Han_Yang	R-1	100,00	60,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	490,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C5-2	119,30	80,60	4,18	0,00	0,00	360,00	550,00	60,80	1425,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C5-1	120,70	80,10	4,18	0,00	0,00	360,00	550,00	60,80	1450,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C6-1	119,60	80,60	4,18	0,00	0,00	360,00	550,00	72,10	1560,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C6-2	120,50	80,60	4,18	0,00	0,00	360,00	550,00	72,10	1700,00
2003	Han and Yao	H-1-1	130,00	130,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	690,00
2003	Han and Yao	H-1-2	130,00	130,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	739,00
2003	Han and Yao	H-2-1	240,00	360,00	2,65	0,00	0,00	1440,00	340,10	15,84	1610,00
2003	Han and Yao	H-2-2	240,00	360,00	2,65	0,00	0,00	1440,00	340,10	15,84	1600,00
2003	Han and Yao	H-3-1	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	880,00
2003	Han and Yao	H-3-2	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	900,00
2003	Han and Yao	H-8-1	90,00	135,00	2,65	0,00	0,00	540,00	340,10	15,84	570,00
2003	Han and Yao	H-8-2	90,00	135,00	2,65	0,00	0,00	540,00	340,10	15,84	552,00
2003	Han and Yao	H-9-1	120,00	240,00	2,65	0,00	0,00	720,00	340,10	15,84	968,00
2003	Han and Yao	M-1-1	130,00	130,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	760,00
2003	Han and Yao	M-1-2	130,00	130,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	770,00
2003	Han and Yao	M-2-1	240,00	360,00	2,65	0,00	0,00	1440,00	340,10	15,84	2300,00
2003	Han and Yao	M-2-2	240,00	360,00	2,65	0,00	0,00	1440,00	340,10	15,84	2250,00
2003	Han and Yao	M-3-1	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	980,00
2003	Han and Yao	M-3-2	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	780,00	340,10	15,84	960,00
2003	Han and Yao	M-8-1	90,00	135,00	2,65	0,00	0,00	540,00	340,10	15,84	580,00
2003	Han and Yao	M-8-2	90,00	135,00	2,65	0,00	0,00	540,00	340,10	15,84	592,00
2003	Han and Yao	M-9-1	120,00	240,00	2,65	0,00	0,00	720,00	340,10	15,84	1140,00
2003	Han and Yao	M-9-2	120,00	240,00	2,65	0,00	0,00	720,00	340,10	15,84	1032,00
2003	Han and Yao	H-6-1	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	2340,00	340,10	15,84	645,00
2003	Han and Yao	H-6-2	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	2340,00	340,10	15,84	625,00
2003	Han and Yao	M-6-1	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	2340,00	340,10	15,84	890,00
2003	Han and Yao	M-6-2	130,00	195,00	2,65	0,00	0,00	2340,00	340,10	15,84	815,00
2003	Hossain	S4nc	150,00	150,00	1,60	4,00	2,40	900,00	275,00	24,00	760,00
2003	Hossain	S2nc	50,00	100,00	2,30	5,75	3,45	900,00	375,00	21,00	435,00
2003	Han_Yang	R-7	120,00	90,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	825,00
2003	Han_Yang	R-5	120,00	60,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	570,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C7-1	179,70	121,50	4,18	0,00	0,00	540,00	550,00	60,80	2530,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C9-1	160,20	81,40	4,18	0,00	0,00	480,00	550,00	60,80	1710,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C11-1	199,80	101,20	4,18	0,00	0,00	600,00	550,00	60,80	2350,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C9-2	160,70	80,50	4,18	0,00	0,00	480,00	550,00	60,80	1820,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C11-2	200,20	98,90	4,18	0,00	0,00	600,00	550,00	60,80	2380,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C8-2	179,20	121,30	4,18	0,00	0,00	540,00	550,00	72,10	2590,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C8-1	180,40	119,80	4,18	0,00	0,00	540,00	550,00	72,10	2970,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C12-1	199,20	102,10	4,18	0,00	0,00	600,00	550,00	72,10	2900,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C10-1	160,10	81,00	4,18	0,00	0,00	480,00	550,00	72,10	1880,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C10-2	160,60	80,10	4,18	0,00	0,00	480,00	550,00	72,10	2100,00
2003	Liu_Gho_Yuan	C12-2	199,80	99,60	4,18	0,00	0,00	600,00	550,00	72,10	2800,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S8-N	140,00	140,00	5,00	0,00	0,00	2100,00	362,00	27,81	1248,00
2004	Han_Tao_Liu	S-1	100,00	100,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	802,00
2004	Han_Tao_Liu	S-2	100,00	100,00	2,93	0,00	0,00	600,00	293,50	28,86	1054,00
2004	Han et al.	scc1-2	120,00	120,00	3,00	0,00	0,00	360,00	275,90	43,40	990,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S6-N	140,00	140,00	4,00	0,00	0,00	2100,00	366,00	27,81	1011,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R28-N	90,00	150,00	3,00	0,00	0,00	2250,00	320,00	27,81	691,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R29-N	90,00	150,00	3,00	0,00	0,00	2250,00	320,00	27,81	638,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R34-N	90,00	150,00	3,00	0,00	0,00	2250,00	320,00	27,81	738,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R35-N	90,00	150,00	3,00	0,00	0,00	2250,00	320,00	27,81	625,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S36-N	100,00	100,00	2,00	0,00	0,00	2500,00	240,00	27,81	350,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S37-N	100,00	100,00	2,00	0,00	0,00	2500,00	240,00	27,81	360,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S38-N	100,00	100,00	2,00	0,00	0,00	2500,00	240,00	27,81	396,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	S39-N	100,00	100,00	2,00	0,00	0,00	2500,00	240,00	27,81	342,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R1-N	100,00	200,00	5,00	0,00	0,00	2000,00	360,00	27,81	1242,00
2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R2-N	100,00	200,00	5,00	0,00	0,00	2000,00	360,00	27,81	1242,00

2004	Ghannam_Jawad_Hunaiti	R2-N	100,00	200,00	5,00	0,00	0,00	2000,00	360,00	27,81	1242,00
2004	Han_Yao	Ish1-1	200,00	200,00	3,00	0,00	0,00	2310,00	303,50	57,00	2280,00
2004	Han_Yao	Ish1-2	200,00	200,00	3,00	0,00	0,00	2310,00	303,50	57,00	2173,00
2004	Han_Yao	Issc1-1	200,00	200,00	3,00	0,00	0,00	2310,00	303,50	57,00	1986,00
2004	Han_Yao	Issc1-2	200,00	200,00	3,00	0,00	0,00	2310,00	303,50	57,00	2045,00
2004	Han_Yao	Isv1	200,00	200,00	3,00	0,00	0,00	2310,00	303,50	57,00	2258,00
2005	Liu_Gho	A7-1	180,00	100,00	5,80	0,00	0,00	540,00	300,00	83,00	2059,00
2005	Liu_Gho	A7-2	180,00	100,00	5,80	0,00	0,00	540,00	300,00	83,00	2019,00
2005	Liu_Gho	A8-1	180,00	100,00	5,80	0,00	0,00	540,00	300,00	106,00	2287,00
2005	Liu_Gho	A8-2	180,00	100,00	5,80	0,00	0,00	540,00	300,00	106,00	2291,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	27	104,40	158,80	4,85	0,00	0,00	476,40	347,30	60,56	1820,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	26	102,40	156,70	4,80	0,00	0,00	470,10	347,30	60,56	1915,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	25	103,30	159,10	4,80	0,00	0,00	477,30	347,30	60,56	1875,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	45	106,90	162,00	4,81	0,00	0,00	486,00	347,30	75,95	2320,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	44	103,40	156,90	4,71	0,00	0,00	470,70	347,30	75,95	2090,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	46	102,60	158,90	4,74	0,00	0,00	476,70	347,30	75,95	2060,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	19	120,20	166,30	2,94	0,00	0,00	498,90	255,10	60,56	1580,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	23	105,70	158,20	2,93	0,00	0,00	474,60	255,10	60,56	1440,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	22	105,90	161,40	2,96	0,00	0,00	484,20	255,10	60,56	1420,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	33	121,60	188,40	4,88	0,00	0,00	565,20	347,30	60,56	2260,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	34	120,40	190,90	4,83	0,00	0,00	572,70	347,30	60,56	2510,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	24	100,70	162,70	2,97	0,00	0,00	488,10	255,10	60,56	1080,00
2005	Liu_Gho	A13-1	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	55,00	1947,00
2005	Liu_Gho	A13-2	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	55,00	1912,00
2005	Liu_Gho	A10-1	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,00	55,00	1815,00
2005	Liu_Gho	A10-2	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,00	55,00	1763,00
2005	Liu_Gho	A14-1	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,00	55,00	2035,00
2005	Liu_Gho	A14-2	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,00	55,00	2138,00
2005	Liu_Gho	A11-1	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,00	55,00	1725,00
2005	Liu_Gho	A11-2	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,00	55,00	1742,00
2005	Liu	R5-1	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,58	60,00	1982,00
2005	Liu	R5-2	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,58	60,00	1923,00
2005	Liu	R2-1	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,58	60,00	1735,00
2005	Liu	R2-2	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,58	60,00	1778,00
2005	Liu	R6-1	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,58	60,00	2049,00
2005	Liu	R6-2	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,58	60,00	2124,00
2005	Liu	R3-1	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,58	60,00	1773,00
2005	Liu	R3-2	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,58	60,00	1795,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	38	105,10	159,10	2,93	0,00	0,00	477,30	255,10	75,95	1610,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	40	104,50	162,60	3,04	0,00	0,00	487,80	255,10	75,95	1640,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	50	121,70	189,60	4,81	0,00	0,00	568,80	347,30	75,95	2680,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	39	102,20	163,80	2,93	0,00	0,00	491,40	255,10	75,95	1680,00
2005	Zhang_Guo_Ye_Wang	49	121,00	194,80	4,72	0,00	0,00	584,40	347,30	75,95	2700,00
2005	Liu	R8-1	130,00	90,00	4,00	0,00	0,00	390,00	495,58	89,00	1752,00
2005	Liu	R8-2	130,00	90,00	4,00	0,00	0,00	390,00	495,58	89,00	1806,00
2005	Liu	R9-1	160,00	80,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,58	89,00	1878,00
2005	Liu	R9-2	160,00	80,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,58	89,00	1858,00
2006	Cai_He	C10	300,00	300,00	12,00	0,00	0,00	1500,00	345,04	53,78	6588,00
2006	Naseem Baig	4SF	87,38	87,38	2,50	0,00	0,00	750,00	250,00	27,59	450,00
2006	Naseem Baig	6SF	125,66	125,66	2,50	0,00	0,00	750,00	250,00	27,59	594,00
2006	Han	SA2-1	150,00	150,00	2,94	7,35	4,41	1732,00	344,40	40,26	1252,00
2006	Han	SA2-2	150,00	150,00	2,94	7,35	4,41	1732,00	344,40	40,26	1245,00
2006	Han	SA1-1	150,00	150,00	2,94	7,35	4,41	1732,00	344,40	43,28	1260,00
2006	Han	SA1-2	150,00	150,00	2,94	7,35	4,41	1732,00	344,40	43,28	1273,00
2006	Han	SA0	150,00	150,00	2,94	7,35	4,41	1732,00	344,40	48,05	1285,00
2006	Cai_He	C13	300,00	300,00	6,00	0,00	0,00	1500,00	292,48	53,78	4370,00
2006	Cai_He	C4	300,00	300,00	4,00	0,00	0,00	1500,00	341,93	53,78	5300,00
2006	Tao_Han	CFT-SC	100,00	150,00	3,20	6,40	6,40	450,00	380,00	51,30	1203,00
2006	Cai_He	C7	300,00	300,00	8,00	0,00	0,00	1500,00	387,98	53,78	5600,00
2006	Liu	R5-1	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	60,00	1982,00
2006	Liu	R5-2	160,00	110,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	60,00	1923,00
2006	Liu	R2-1	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,00	60,00	1735,00
2006	Liu	R2-2	150,00	100,00	4,00	0,00	0,00	450,00	495,00	60,00	1778,00
2006	Liu	R6-1	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,00	60,00	2049,00
2006	Liu	R6-2	190,00	100,00	4,00	0,00	0,00	570,00	495,00	60,00	2124,00
2006	Liu	R3-1	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,00	60,00	1773,00
2006	Liu	R3-2	180,00	90,00	4,00	0,00	0,00	540,00	495,00	60,00	1795,00
2006	Liu	R8-1	130,00	90,00	4,00	0,00	0,00	390,00	495,00	89,00	1752,00
2006	Liu	R8-2	130,00	90,00	4,00	0,00	0,00	390,00	495,00	89,00	1806,00
2006	Liu	R9-1	160,00	80,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	89,00	1878,00
2006	Liu	R9-2	160,00	80,00	4,00	0,00	0,00	480,00	495,00	89,00	1858,00

2007	De Nardin_Debs	CFTS-6-3C	150,00	150,00	6,30	0,00	0,00	1200,00	262,10	35,93	1836,00
2007	De Nardin_Debs	CFTR-6-3C	100,00	200,00	6,30	0,00	0,00	1200,00	247,10	39,98	1710,00
2007	Lee	75_3.2_8_0_A	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	582,00	347,60	58,80	556,00
2007	Lee	75_3.2_8_0_B	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	582,00	347,60	58,80	555,80
2007	Lee	75_3.2_8_0_C	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	582,00	347,60	58,80	579,50
2007	Lee	75_3.2_12_0_A	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	873,00	347,60	58,80	526,10
2007	Lee	75_3.2_12_0_B	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	873,00	347,60	58,80	450,00
2007	Lee	75_3.2_12_0_C	75,00	75,00	3,20	8,00	4,80	873,00	347,60	58,80	546,70
2007	Lee	100_3.2_8_0_A	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	786,00	364,10	58,80	786,00
2007	Lee	100_3.2_8_0_B	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	786,00	364,10	58,80	781,20
2007	Lee	100_3.2_8_0_C	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	786,00	364,10	58,80	816,80
2007	Lee	100_3.2_12_0_A	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	1179,00	364,10	58,80	749,30
2007	Lee	100_3.2_12_0_B	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	1179,00	364,10	58,80	710,20
2007	Lee	100_3.2_12_0_C	100,00	100,00	3,20	8,00	4,80	1179,00	364,10	58,80	772,90
2007	Lue et al.	C4k 4-1_1	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	29,00	1344,80
2007	Lue et al.	C4k 4-1_2	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	29,00	1281,30
2007	Lue et al.	C4k 4-1_3	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	29,00	1320,20
2007	Lue et al.	C4k 4-1_4	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	29,00	1367,60
2007	Lue et al.	C9k 6-1_1	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1756,10
2007	Lue et al.	C9k 6-1_2	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1702,80
2007	Lue et al.	C9k 6-1_3	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1762,70
2007	Lue et al.	C9k 6-1_4	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1737,50
2007	Lue et al.	C9k 6-1_5	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1669,20
2007	Lue et al.	C9k 6-1_6	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	63,00	1705,80
2007	Lue et al.	C10k 6-1_1	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1894,60
2007	Lue et al.	C10k 6-1_2	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1889,20
2007	Lue et al.	C10k 6-1_3	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1885,60
2007	Lue et al.	C10k 6-1_4	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1891,60
2007	Lue et al.	C10k 6-1_5	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1862,30
2007	Lue et al.	C10k 6-1_6	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	70,00	1889,80
2007	Lue et al.	C12k 6-1_1	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2066,10
2007	Lue et al.	C12k 6-1_2	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2196,40
2007	Lue et al.	C12k 6-1_3	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2096,10
2007	Lue et al.	C12k 6-1_4	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2090,10
2007	Lue et al.	C12k 6-1_5	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2006,70
2007	Lue et al.	C12k 6-1_6	100,00	150,00	4,50	11,25	6,75	1855,00	379,80	84,00	2083,50
2007	De Nardin_Debs	CFTR-3C	100,00	200,00	3,00	0,00	0,00	1200,00	251,20	33,27	1296,00
2007	De Nardin_Debs	CFTS-3C	150,00	150,00	3,00	0,00	0,00	1200,00	357,50	30,50	1534,60
2007	Tao_Han_Wang	UCFT1-1	200,00	200,00	2,50	0,00	0,00	1190,00	270,00	56,77	2260,00
2007	Tao_Han_Wang	UCFT2-1	200,00	200,00	2,50	0,00	0,00	1190,00	270,00	56,77	2305,00
2007	Tao_Han	CFT1-1	100,00	150,00	3,20	6,40	6,40	1214,00	380,00	51,30	1120,00
2007	Lee	100_2.3_8_0_A	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	794,00	366,80	58,80	696,20
2007	Lee	100_2.3_8_0_B	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	794,00	366,80	58,80	638,30
2007	Lee	100_2.3_8_0_C	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	794,00	366,80	58,80	715,80
2007	Lee	100_2.3_12_0_A	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	1191,00	366,80	58,80	628,70
2007	Lee	100_2.3_12_0_B	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	1191,00	366,80	58,80	600,00
2007	Lee	100_2.3_12_0_C	100,00	100,00	2,30	5,75	3,45	1191,00	366,80	58,80	662,40
2008	J. Zeguiche_D. Beggas	CWS300	68,00	103,00	2,00	0,00	0,00	300,00	300,00	20,00	265,00
2008	J. Zeguiche_D. Beggas	CWL400	75,00	95,00	2,00	0,00	0,00	400,00	300,00	20,00	265,00
2008	J. Zeguiche_D. Beggas	CWS400	67,00	102,00	2,00	0,00	0,00	400,00	300,00	20,00	250,00
2008	J. Zeguiche_D. Beggas	CWL500	75,00	97,00	2,00	0,00	0,00	500,00	300,00	20,00	260,00
2008	J. Zeguiche_D. Beggas	CWS500	67,00	102,00	2,00	0,00	0,00	500,00	300,00	20,00	245,00
2008	Tao_Han	CFT2-1	100,00	150,00	3,20	6,40	6,40	2314,00	380,00	51,30	1057,00
2008	Yu_Tao_Wu	S90-1	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	900,00	404,00	122,10	1013,00
2008	Yu_Tao_Wu	S90-2	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	900,00	404,00	122,10	1010,00

2008	Yu_Tao_Wu	S150-1	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	1500,00	404,00	122,10	915,00
2008	Yu_Tao_Wu	S150-2	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	1500,00	404,00	122,10	945,00
2008	Yu_Tao_Wu	S300-1	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	3000,00	404,00	122,10	474,00
2008	Yu_Tao_Wu	S300-2	100,00	100,00	1,90	0,00	0,00	3000,00	404,00	122,10	466,00
2009	Lee	LCFT150-0,5A	150,00	150,00	10,00	0,00	0,00	1580,00	440,00	36,00	4272,00
2009	Lee	LCFT150-0,5B	150,00	150,00	10,00	0,00	0,00	1580,00	440,00	36,00	4241,00
2009	Lee	LCFT150-0,8A	150,00	150,00	10,00	0,00	0,00	2740,00	440,00	36,00	3969,00
2009	Lee	LCFT150-0,8B	150,00	150,00	10,00	0,00	0,00	2740,00	440,00	36,00	3973,00
2010	Chitawadagi	A2t3M30-0,5	40,00	60,00	2,65	0,00	0,00	500,00	250,00	34,19	220,00
2010	Chitawadagi	A2t3M30-0,7	40,00	60,00	2,65	0,00	0,00	700,00	250,00	34,19	212,00
2010	Chitawadagi	A1t1M30-0,5	25,00	50,00	1,60	0,00	0,00	500,00	250,00	34,19	99,60
2010	Chitawadagi	A2t3M30-1	40,00	60,00	2,65	0,00	0,00	1000,00	250,00	34,19	187,00
2010	Chitawadagi	A1t1M30-0,7	25,00	50,00	1,60	0,00	0,00	700,00	250,00	34,19	83,30
2010	Chitawadagi	A1t1M30-1	25,00	50,00	1,60	0,00	0,00	1000,00	250,00	34,19	41,60
2010	Chitawadagi	A3t3M40-0,5	40,00	80,00	2,65	0,00	0,00	500,00	250,00	44,74	277,00
2010	Chitawadagi	A3t3M40-0,7	40,00	80,00	2,65	0,00	0,00	700,00	250,00	44,74	273,40
2010	Chitawadagi	A1t2M40-0,5	25,00	50,00	2,00	0,00	0,00	500,00	250,00	44,74	119,60
2010	Chitawadagi	A3t3M40-1	40,00	80,00	2,65	0,00	0,00	1000,00	250,00	44,74	254,50
2010	Chitawadagi	A1t2M40-0,7	25,00	50,00	2,00	0,00	0,00	700,00	250,00	44,74	112,70
2010	Chitawadagi	A1t2M40-1	25,00	50,00	2,00	0,00	0,00	1000,00	250,00	44,74	68,70
2010	Chitawadagi	A2t2M50-0,5	40,00	60,00	2,00	0,00	0,00	500,00	250,00	55,07	218,00
2010	Chitawadagi	A2t2M50-0,7	40,00	60,00	2,00	0,00	0,00	700,00	250,00	55,07	208,70
2010	Chitawadagi	A1t3M50-0,5	25,00	50,00	2,65	0,00	0,00	500,00	250,00	55,07	151,80
2010	Chitawadagi	A2t2M50-1	40,00	60,00	2,00	0,00	0,00	1000,00	250,00	55,07	195,00
2010	Chitawadagi	A1t3M50-0,7	25,00	50,00	2,65	0,00	0,00	700,00	250,00	55,07	142,00
2010	Chitawadagi	A1t3M50-1	25,00	50,00	2,65	0,00	0,00	1000,00	250,00	55,07	105,10
2010	Chitawadagi	A2t1M40-0,5	40,00	60,00	1,60	0,00	0,00	500,00	250,00	44,74	188,10
2010	Chitawadagi	A2t1M40-0,7	40,00	60,00	1,60	0,00	0,00	700,00	250,00	44,74	181,20
2010	Chitawadagi	A2t1M40-1	40,00	60,00	1,60	0,00	0,00	1000,00	250,00	44,74	163,10
2010	Chitawadagi	A3t2M30-0,5	40,00	80,00	2,00	0,00	0,00	500,00	250,00	34,19	251,70
2010	Chitawadagi	A3t2M30-0,7	40,00	80,00	2,00	0,00	0,00	700,00	250,00	34,19	244,00
2010	Chitawadagi	A3t2M30-1	40,00	80,00	2,00	0,00	0,00	1000,00	250,00	34,19	197,50
2010	Tiziano Perea	4Rw-18-5	508,00	305,00	7,39	14,78	7,39	11074,00	365,42	40,68	4759,60
2010	Chitawadagi	A3t1M50-0,5	40,00	80,00	1,60	0,00	0,00	500,00	250,00	55,07	255,00
2010	Chitawadagi	A3t1M50-0,7	40,00	80,00	1,60	0,00	0,00	700,00	250,00	55,07	246,80
2010	Chitawadagi	A3t1M50-1	40,00	80,00	1,60	0,00	0,00	1000,00	250,00	55,07	228,10
2010	Tiziano Perea	12Rw-26-5	508,00	305,00	7,39	14,78	7,39	15914,00	380,59	56,54	3518,54
2010	Tiziano Perea	16Rw-26-12	508,00	305,00	7,39	14,78	7,39	15914,00	382,66	80,67	5070,97
2010	Tiziano Perea	17Rs-26-12	508,00	305,00	7,39	14,78	7,39	15926,00	379,90	80,67	4982,01
2010	Tiziano Perea	8Rw-18-12	508,00	305,00	7,39	14,78	7,39	11106,00	406,10	91,70	4274,74
2012	Zeguiche, Ferhoune	P2/28	102,00	71,00	2,00	0,00	0,00	300,00	300,00	20,00	230,00
2012	Zeguiche, Ferhoune	P3/28	93,00	73,00	2,00	0,00	0,00	400,00	300,00	20,00	210,00
2012	Zeguiche, Ferhoune	P4/28	100,00	72,00	2,10	0,00	0,00	500,00	300,00	20,00	150,00

Anexo 2: Código Visual Basic desarrollado a lo largo de este proyecto

CCFT

Option Explicit

Sub Datos()

Dim D As Single 'diámetro del perfil tubular

Dim t As Single 'espesor del perfil tubular

Dim l As Single 'longitud del pilar

Dim Fy As Single 'límite elástico del acero

Dim Fc As Single 'resistencia a compresión del hormigón

Dim Aa As Single 'área del perfil tubular de acero

Dim Ac As Single 'área del núcleo de hormigón

Dim Ia As Single 'momento de inercia del perfil tubular

Dim Ic As Single 'momento de inercia del núcleo de hormigón

Dim Ea As Single 'módulo elástico del acero según EC4

Dim Ecm As Single 'módulo del hormigón según EC2

Dim Eleff As Single 'Rigidez eficaz del pilar mixto

Dim Ncr As Single 'axil crítico según la teoría de Euler

Dim NplR As Single 'resistencia plástica de la sección

Dim pi As Single

Dim i As Integer 'contador de filas

Dim Phi_a0 As Single 'para sacar las curvas de pandeo

Dim Phi_a As Single

Dim Phi_b As Single

Dim Phi_c As Single

Dim Phi_d As Single

Dim Phi_018 As Single

Dim Phi_015 As Single

Dim Phi_0154 As Single

Dim Phi_022 As Single

Dim Phi_01835 As Single

Dim Phi_02115 As Single

Dim Phi_03415 As Single

Dim N018 As Single

Dim N015 As Single

Dim N0154 As Single

Dim N022 As Single

Dim N01835 As Single

Dim N034 As Single

Dim N049 As Single

Dim N02115 As Single

Dim N03415 As Single

Dim Chi As Single

Dim fi As Single

Dim esb As Single

Dim class As Single

Dim Aaeff As Single

pi = 3.141516

i = 2

Do While (Cells(i, 4).Value <> "")

'Lectura de datos

D = Cells(i, 4).Value

t = Cells(i, 5).Value

l = Cells(i, 8).Value

Fy = Cells(i, 6).Value

Ea = 210000

$$F_c = \text{Cells}(i, 7).\text{Value}$$

$$E_{cm} = 22000 * ((F_c / 10) ^ 0.3)$$

$$\text{Phi}_{a0} = 0.5 * (1 + 0.13 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_a = 0.5 * (1 + 0.21 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_b = 0.5 * (1 + 0.34 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_c = 0.5 * (1 + 0.49 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_d = 0.5 * (1 + 0.76 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{018} = 0.5 * (1 + 0.18 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.45) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{015} = 0.5 * (1 + 0.15 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.45) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{0154} = 0.5 * (1 + 0.15 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.4) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{022} = 0.5 * (1 + 0.22 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.45) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{01835} = 0.5 * (1 + 0.18 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.35) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{02115} = 0.5 * (1 + 0.21 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.15) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

$$\text{Phi}_{03415} = 0.5 * (1 + 0.34 * (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.15) + (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)$$

'Cálculo de las áreas de cada material

$$A_c = \pi * ((D - 2 * t) ^ 2) / 4$$

$$A_a = (\pi * (D ^ 2) / 4) - A_c$$

'Parámetros adimensionales

$$\text{Cells}(i, 16).\text{Value} = (A_a * F_y) / ((A_a * F_y) + (A_c * F_c)) \quad \text{'Contribución del acero}$$

$$\text{Cells}(i, 17).\text{Value} = A_a / A_c \quad \text{'Cuantía geométrica}$$

$$\text{Cells}(i, 18).\text{Value} = (A_a * F_y) / (A_c * F_c) \quad \text{'Cuantía mecánica}$$

'Estudio del pandeo local del perfil de acero

$$\text{Cells}(i, 11).\text{Value} = D / t$$

$$\text{Cells}(i, 12).\text{Value} = t / D$$

$$\text{Cells}(i, 13).\text{Value} = (D / t) / (235 / F_y)$$

$$\text{class} = (D / t) / (235 / F_y)$$

```

If class <= 50 Then
  Cells(i, 14).Value = 1
Elseif class <= 70 Then
  Cells(i, 14).Value = 2
Elseif class <= 90 Then
  Cells(i, 14).Value = 3
Else
  Cells(i, 14).Value = 4
End If

```

'Esbeltez del elemento

Cells(i, 21).Value = l / D

$$I_c = (\pi / 4) * ((D / 2) - t)^4$$

$$I_a = ((\pi / 4) * (D / 2)^4) - I_c$$

$$E_{eff} = E_a * I_a + 0.6 * E_{cm} * I_c$$

$$N_{plR} = ((A_a * F_y) + (A_c * F_c)) / 1000 \quad \text{'en kN}$$

$$N_{cr} = ((\pi^2) * E_{eff} / (l^2)) / 1000$$

$$\text{Cells}(i, 22).\text{Value} = \text{Sqr}(N_{plR} / N_{cr}) \quad \text{'Esbeltez relativa}$$

'Cálculo del coeficiente de reducción por pandeo

$$\text{Cells}(i, 23).\text{Value} = \text{Cells}(i, 9).\text{Value} / N_{plR}$$

'Cálculo del coeficiente de imperfección elástica

$$\text{Cells}(i, 26).\text{Value} = ((1 / \text{Cells}(i, 27).\text{Value}) + ((\text{Cells}(i, 22).\text{Value}^2) * \text{Cells}(i, 27).\text{Value}) - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}^2) - 1) / (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.2)$$

'Cálculo del coeficiente de imperfección elástica modificando el límite a 0,45

$$\text{Cells}(i, 39).\text{Value} = ((1 / \text{Cells}(i, 27).\text{Value}) + ((\text{Cells}(i, 22).\text{Value} ^ 2) * \text{Cells}(i, 27).\text{Value}) - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} ^ 2) - 1) / (\text{Cells}(i, 22).\text{Value} - 0.45))$$

'Cálculo de las curvas de pandeo

If Cells(i, 22).Value < 0.2 Then

Cells(i, 32) = 1

Cells(i, 33) = 1

Cells(i, 34) = 1

Cells(i, 35) = 1

Cells(i, 36) = 1

Else

$$\text{Cells}(i, 32) = (1 / (\text{Phi_a0} + \text{Sqr}((\text{Phi_a0}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

$$\text{Cells}(i, 33) = (1 / (\text{Phi_a} + \text{Sqr}((\text{Phi_a}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

$$\text{Cells}(i, 34) = (1 / (\text{Phi_b} + \text{Sqr}((\text{Phi_b}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

$$\text{Cells}(i, 35) = (1 / (\text{Phi_c} + \text{Sqr}((\text{Phi_c}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

$$\text{Cells}(i, 36) = (1 / (\text{Phi_d} + \text{Sqr}((\text{Phi_d}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,18

If Cells(i, 22).Value < 0.45 Then

Cells(i, 38) = 1

Else

$$\text{Cells}(i, 38) = (1 / (\text{Phi_018} + \text{Sqr}((\text{Phi_018}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,15

If Cells(i, 22).Value < 0.45 Then

Cells(i, 40) = 1

Else

$$\text{Cells}(i, 40) = (1 / (\text{Phi_015} + \text{Sqr}((\text{Phi_015}) ^ 2 - (\text{Cells}(i, 22).\text{Value}) ^ 2)))$$

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,4 y 0,15

If Cells(i, 22).Value < 0.4 Then

Cells(i, 41) = 1

Else

Cells(i, 41) = (1 / (Phi_0154 + Sqr((Phi_0154) ^ 2 - (Cells(i, 22).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,22

If Cells(i, 22).Value < 0.45 Then

Cells(i, 42) = 1

Else

Cells(i, 42) = (1 / (Phi_022 + Sqr((Phi_0154) ^ 2 - (Cells(i, 22).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,18

If Cells(i, 22).Value < 0.35 Then

Cells(i, 43) = 1

Else

Cells(i, 43) = (1 / (Phi_01835 + Sqr((Phi_01835) ^ 2 - (Cells(i, 22).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,15 y 0,21

If Cells(i, 22).Value < 0.15 Then

Cells(i, 44) = 1

Else

Cells(i, 44) = (1 / (Phi_02115 + Sqr((Phi_02115) ^ 2 - (Cells(i, 22).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,15 y 0,34

If Cells(i, 22).Value < 0.15 Then

Cells(i, 45) = 1

Else

Cells(i, 45) = (1 / (Phi_03415 + Sqr((Phi_03415) ^ 2 - (Cells(i, 22).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo del axil teórico

Cells(i, 29) = NpIR * Cells(i, 33).Value

'Cálculo del error teorico

Cells(i, 30) = Cells(i, 9).Value / Cells(i, 29).Value

'E018

N018 = NpIR * Cells(i, 38).Value

Cells(i, 46) = Cells(i, 9).Value / N018

'E015

N015 = NpIR * Cells(i, 40).Value

Cells(i, 47) = Cells(i, 9).Value / N015

'E0154

N0154 = NpIR * Cells(i, 41).Value

Cells(i, 48) = Cells(i, 9).Value / N0154

'E022

N022 = NpIR * Cells(i, 42).Value

Cells(i, 49) = Cells(i, 9).Value / N022

'E01835

N01835 = NpIR * Cells(i, 43).Value

Cells(i, 50) = Cells(i, 9).Value / N01835

'E034

$N034 = NpIR * Cells(i, 34).Value$

$Cells(i, 51) = Cells(i, 9).Value / N034$

'E049

$N049 = NpIR * Cells(i, 35).Value$

$Cells(i, 59) = Cells(i, 9).Value / N049$

'E02115

$N02115 = NpIR * Cells(i, 44).Value$

$Cells(i, 60) = Cells(i, 9).Value / N02115$

'E03415

$N03415 = NpIR * Cells(i, 45).Value$

$Cells(i, 61) = Cells(i, 9).Value / N03415$

'Clasificación de los materiales

If $F_y \geq 355$ Then

 If $F_c \leq 25$ Then

$Cells(i, 15).Value = 1$

 Elseif $F_c \leq 50$ Then

$Cells(i, 15).Value = 2$

 Elseif $F_c \leq 70$ Then

$Cells(i, 15).Value = 3$

 Elseif $F_c \leq 90$ Then

$Cells(i, 15).Value = 4$

Else

Cells(i, 15).Value = 5

End If

Else

If Fc <= 25 Then

Cells(i, 15).Value = 6

Elseif Fc <= 50 Then

Cells(i, 15).Value = 7

Elseif Fc <= 70 Then

Cells(i, 15).Value = 8

Elseif Fc <= 90 Then

Cells(i, 15).Value = 9

Else

Cells(i, 15).Value = 10

End If

End If

i = i + 1

Loop

End Sub

RCFT

Option Explicit

Sub Datos()

'Datos de la sección (todos en mm)

Dim b As Single

Dim h As Single

Dim t As Single

Dim I As Single

Dim Rint As Single

Dim Rext As Single

Dim min As Single

Dim max As Single

'Materiales

Dim Fc As Single 'Resistencia a compresión del hormigón

Dim Fy As Single 'Límite elástico del acero

Dim Ea As Single 'Módulo de elasticidad del acero

Dim Ecm As Single 'Módulo secante del hormigón

'Valores estáticos de la sección

Dim Aa As Single 'Área de acero

Dim Ac As Single 'Área de hormigón

Dim Ia As Single

Dim Ic As Single

Dim Eleff As Single

Dim Ncr As Single

Dim NpIRd As Single

Dim esb As Single

Dim Chi As Single

Dim fi As Single

Dim Phi_a0 As Single

Dim Phi_a As Single

Dim Phi_b As Single

Dim Phi_c As Single

Dim Phi_d As Single

Dim Phi_018 As Single

Dim Phi_015 As Single

Dim Phi_0154 As Single

Dim Phi_022 As Single

Dim Phi_01835 As Single

Dim Nteorico As Single

Dim N018 As Single

Dim N015 As Single

Dim N0154 As Single

Dim N022 As Single

Dim N01835 As Single

Dim N034 As Single

Dim N049 As Single

Dim Class As Single

Dim Aeff As Single

Dim esbp_h As Single

Dim esbp_b As Single

Dim ro_h As Single

Dim ro_b As Single

Dim material As Integer

Const pi As Single = 3.141516

'Contadores

Dim i As Double 'contador para las filas

Dim iultm As Integer 'última fila que contiene datos

'Determinar la última fila que contiene datos

Range("F2").Select

While ActiveCell.Value <> ""

 ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Wend

iultm = ActiveCell.Row - 1 'devuelve la última fila con datos

For i = 2 To iultm

 'Datos de la geometría del pilar

 b = Cells(i, 4).Value

 h = Cells(i, 5).Value

 Phi_a0 = 0.5 * (1 + 0.13 * (Cells(i, 24).Value - 0.2) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_a = 0.5 * (1 + 0.21 * (Cells(i, 24).Value - 0.2) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_b = 0.5 * (1 + 0.34 * (Cells(i, 24).Value - 0.2) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_c = 0.5 * (1 + 0.49 * (Cells(i, 24).Value - 0.2) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_d = 0.5 * (1 + 0.76 * (Cells(i, 24).Value - 0.2) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_018 = 0.5 * (1 + 0.18 * (Cells(i, 24).Value - 0.45) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_015 = 0.5 * (1 + 0.15 * (Cells(i, 24).Value - 0.45) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_0154 = 0.5 * (1 + 0.15 * (Cells(i, 24).Value - 0.4) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_022 = 0.5 * (1 + 0.22 * (Cells(i, 24).Value - 0.45) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 Phi_01835 = 0.5 * (1 + 0.18 * (Cells(i, 24).Value - 0.35) + (Cells(i, 24).Value) ^ 2)

 If b < h Then

 min = b

 max = h

 Else

 min = h

 max = b

 End If

t = Cells(i, 6).Value

If Cells(i, 7).Value = "" Then

 Rext = 0

 Rint = 0

Else

 Rext = Cells(i, 7).Value

 Rint = Cells(i, 8).Value

End If

l = Cells(i, 9).Value

'Datos relativos a los materiales

Fy = Cells(i, 10).Value

Ea = 210000

Fc = Cells(i, 11).Value

Ecm = 22000 * ((Fc / 10) ^ 0.3)

'Cálculo de las características geométricas (en unidades SI)

Ac = ((b - 2 * t) * (h - 2 * t) - ((Rint ^ 2) * (4 - pi))) / 1000000# 'm2

Aa = ((b * h - ((Rext ^ 2) * (4 - pi))) / 1000000#) - Ac 'm2

Cells(i, 15).Value = t / max

Cells(i, 14).Value = max / t

Cells(i, 16).Value = (max / t) / ((235 / Fy) ^ 0.5)

Class = ((max - 2 * t) / t) / ((235 / Fy) ^ 0.5)

If Class <= 33 Then

 Cells(i, 17).Value = 1

Elseif Class <= 38 Then

 Cells(i, 17).Value = 2

```
Elseif Class <= 42 Then
```

```
Cells(i, 17).Value = 3
```

```
Else
```

```
Cells(i, 17).Value = 4
```

```
End If
```

```
'clasificación materiales
```

```
If Fc <= 25 Then
```

```
  If Fy <= 355 Then
```

```
    material = 1
```

```
  Else
```

```
    material = 2
```

```
  End If
```

```
Elseif Fc <= 50 Then
```

```
  If Fy <= 355 Then
```

```
    material = 3
```

```
  Else
```

```
    material = 4
```

```
  End If
```

```
Elseif Fc <= 70 Then
```

```
  If Fy <= 355 Then
```

```
    material = 5
```

```
  Else
```

```
    material = 6
```

```
  End If
```

```
Elseif Fc <= 90 Then
```

```
  If Fy <= 355 Then
```

```
    material = 7
```

Else

material = 8

End If

Else

If $F_y \leq 355$ Then

material = 9

Else

material = 10

End If

End If

Cells(i, 18).Value = material

Cells(i, 19).Value = $(A_a * F_y) / (A_a * F_y + A_c * F_c)$ 'Contribución del acero

Cells(i, 20).Value = $(A_a * F_y) / (A_c * F_c)$ 'cuantía mecánica

Cells(i, 21).Value = A_a / A_c 'cuantía geométrica

'Momentos de inercia

$I_c = ((((\max - 2 * t - 2 * R_{int}) * (\min - 2 * t)^3) / 12) + ((2 * R_{int} * (\min - 2 * t - 2 * R_{int})^3) / 12) + ((\pi * (R_{int}^4) / 4) * (1 - (64 / (9 * (\pi^2)))) + \pi * (R_{int}^2) * (((\min - 2 * t) / 2) - R_{int} * (1 - (4 / 3 * \pi)))^2))) / 1000000000000\#$

$I_a = ((((\max - 2 * R_{ext}) * (\min^3) / 12) + (2 * R_{ext} * ((\min - 2 * R_{ext})^3) / 12) + ((\pi * (R_{ext}^4) / 4) * (1 - (64 / (9 * (\pi^2)))) + \pi * (R_{ext}^2) * (((\min) / 2) - R_{ext} * (1 - (4 / 3 * \pi)))^2))) / 1000000000000\# - I_c$

'Resistencia plástica de la sección

$N_{plRd} = (A_a * F_y + A_c * F_c) * 1000$ 'En kN

'Pandeo del pilar

$E_{eff} = (E_a * I_a) + (0.6 * E_{cm} * I_c) * 1000$ 'kN·m²

$N_{cr} = (\pi^2) * E_{eff} / ((l / 1000)^2)$ 'kN

$esb = \text{Sqr}(N_{plRd} / N_{cr})$ 'Esbeltz reducida

Cells(i, 24).Value = esb

Cells(i, 23).Value = l / min

'Cálculo del coeficiente de reducción por pandeo

Cells(i, 30).Value = Cells(i, 9).Value / NplRd

'Curvas de pandeo

If Cells(i, 24).Value < 0.2 Then

Cells(i, 31) = 1

Cells(i, 32) = 1

Cells(i, 33) = 1

Cells(i, 34) = 1

Cells(i, 35) = 1

Else

Cells(i, 31) = (1 / (Phi_a0 + Sqr((Phi_a0) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

Cells(i, 32) = (1 / (Phi_a + Sqr((Phi_a) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

Cells(i, 33) = (1 / (Phi_b + Sqr((Phi_b) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

Cells(i, 34) = (1 / (Phi_c + Sqr((Phi_c) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

Cells(i, 35) = (1 / (Phi_d + Sqr((Phi_d) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,18

If Cells(i, 24).Value < 0.45 Then

Cells(i, 37) = 1

Else

Cells(i, 37) = (1 / (Phi_018 + Sqr((Phi_018) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,15

If Cells(i, 24).Value < 0.45 Then

Cells(i, 38) = 1

Else

Cells(i, 38) = (1 / (Phi_015 + Sqr((Phi_015) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,4 y 0,15

If Cells(i, 24).Value < 0.4 Then

Cells(i, 39) = 1

Else

Cells(i, 39) = (1 / (Phi_0154 + Sqr((Phi_0154) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,45 y 0,22

If Cells(i, 24).Value < 0.45 Then

Cells(i, 40) = 1

Else

Cells(i, 40) = (1 / (Phi_022 + Sqr((Phi_022) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Cálculo curva de pandeo modificada a 0,35 y 0,18

If Cells(i, 24).Value < 0.35 Then

Cells(i, 41) = 1

Else

Cells(i, 41) = (1 / (Phi_01835 + Sqr((Phi_01835) ^ 2 - (Cells(i, 24).Value) ^ 2)))

End If

'Error teórico

Nteorico = Cells(i, 32).Value * NplRd

Cells(i, 29) = Cells(i, 12).Value / Nteorico

'E018

N018 = NplRd * Cells(i, 37).Value

$$\text{Cells}(i, 42) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N018}$$

'E015

$$\text{N015} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 38).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 43) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N015}$$

'E0154

$$\text{N0154} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 39).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 44) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N0154}$$

'E022

$$\text{N022} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 40).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 45) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N022}$$

'E01835

$$\text{N01835} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 41).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 46) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N01835}$$

'E034

$$\text{N034} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 33).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 47) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N034}$$

'E049

$$\text{N049} = \text{NplRd} * \text{Cells}(i, 34).\text{Value}$$

$$\text{Cells}(i, 48) = \text{Cells}(i, 12).\text{Value} / \text{N049}$$

Next i

End Sub