

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



Universidad Politécnic de Catalunya
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Departamento de Estructuras en la Arquitectura

*ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LOS APEOS EN PAREDES
DE OBRA DE FÁBRICA, CON ESPECIAL ATENCIÓN A
LA FISURACIÓN Y A LOS MECANISMOS DE COLAPSO*

Tesis Doctoral presentada por:

Lucrecia Calderón Valdiviezo

Director de Tesis:

Dr. Arq. Jordi Maristrany

Barcelona, 2009

CAPÍTULO-5

INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN EL APEO EN PAREDES DE FÁBRICA

MJIG

CAPÍTULOS GENERALES

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ESTADO DEL CONOCIMIENTO
- 3.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 4.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 5.- INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS**
- 6.- APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS
- 7.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA PARA DIFERENTES MODELOS
- 8.- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

CAPÍTULO-5

5	INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS	5-5
5.1	INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS.....	5-8
5.1.1	Aspectos generales.....	5-8
5.1.1.1	Parámetros utilizados.....	5-10
5.1.1.1.1	Características geométricas de los modelos.....	5-10
5.1.1.1.2	Estado de carga.....	5-11
5.1.1.1.3	Características mecánicas del material.....	5-11
5.1.1.1.4	Características de los zunchos perimetrales.....	5-12
5.1.1.1.5	Características del mallado.....	5-12
5.1.1.1.6	Programas utilizados.....	5-12
5.1.1.1.7	Condiciones de Contorno.....	5-13
5.1.1.2	Análisis de los resultados.....	5-14
5.1.1.2.8	Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo.....	5-14
5.1.1.2.9	Especificación de criterios de interpretación de los modelos individuales.....	5-15
5.1.1.2.10	Análisis Comparativo de los diferentes modelos.....	5-18
5.1.2	Presentación de los modelos individuales.....	5-20
5.1.2.1	Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 1,50m.....	5-22
5.1.2.2	Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 2,50m.....	5-23
5.1.2.3	Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 3,50m.....	5-24
5.1.2.4	Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 4,50m.....	5-25
5.1.3	Análisis comparativo.....	5-27
5.1.3.1	Comparación de los desplazamientos.....	5-27
5.1.3.1.1	Desplazamientos en "x".....	5-27
5.1.3.1.2	Desplazamientos en "z".....	5-29
5.1.3.2	Vectores en el sentido de las direcciones principales "22" (Sii).....	5-30

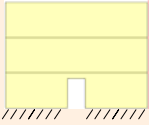
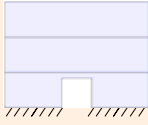
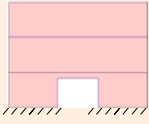
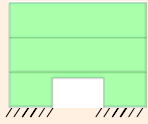
5.1.3.3	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}) y fuerzas en la dirección "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$)	5-32
5.1.3.4	Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (S_i).....	5-33
5.1.3.5	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}) y fuerzas en la dirección "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	5-35
5.2	INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS.....	5-38
5.2.1	Aspectos generales.....	5-38
5.2.2	Modelos a estudiar y Mallado.....	5-42
5.2.2.1	Modelos a estudiar.....	5-42
5.2.2.2	Mallado utilizado.....	5-46
5.2.3	Resultados obtenidos.....	5-48
5.2.4	Estudio comparativo.....	5-53
5.2.4.1	Flechas: f_{adm} , f_{real}	5-53
5.2.4.2	Tensiones de tracción: σ_{x-T}	5-54

5 INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

En el desarrollo del capítulo se analizan dos temas importantes:





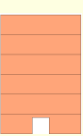
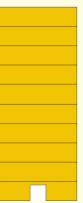
1. La influencia del ancho del hueco.

De modo esquemático, en el siguiente cuadro, se indican los modelos analizados:

(CUADRO 1) ESQUEMA DE LOS MODELOS	
	
Ancho-1,50m	Ancho-2,5m
	
Ancho-3,5m	Ancho-4,5m

2. La influencia de la ubicación de los huecos en las diferentes plantas.

A modo de resumen, en el siguiente cuadro, se presentan los diferentes modelos que se analizan.

(CUADRO 2) NÚMERO DE PLANTAS DE LOS MODELOS A ESTUDIAR					
					
(1) 2 plantas	(2) 3 plantas	(3) 4 plantas	(4) 5 plantas	(5) 6 plantas	(6) 10 plantas

MIG

CAPÍTULO-5

**1.- INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS HUECOS
QUE FORMAN LOS APEOS**

2.- INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS
HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

MIG

5.1 INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS
HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

1.- ASPECTOS GENERALES

2.- PRESENTACIÓN DE LOS MODELOS
INDIVIDUALES

3.- ANÁLISIS COMPARATIVO

5.1 INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

5.1.1 Aspectos generales

En el mundo de la edificación, el uso de huecos es completamente variado en dimensión, en forma, en condiciones de contorno, etc.

En los capítulos precedentes se analizan diferentes aspectos: influencia de la forma de los huecos¹, condiciones de contorno² e influencia del zuncho de forjado.

La finalidad de este capítulo es analizar la influencia del ancho de los apeos en las paredes de obra de fábrica. Para ello analizamos diferentes modelos en los cuales la única variable es el ancho del vano³.

A continuación se enumeran todas las características generales que se tienen en cuenta para el desarrollo de los diferentes modelos:

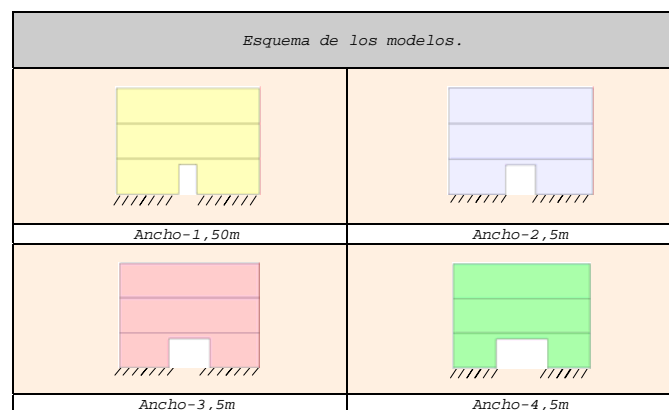
1. Según la "forma de los huecos", hemos seleccionado los arcos con ángulos rectos⁴.- Utilizado preferentemente en la edificación, dada la facilidad de su trazado en obra.

2. En cuanto a las "condiciones de contorno", utilizamos únicamente la base empotrada⁵.

3. Con respecto a los "zunchos del forjado", consideramos su influencia, teniendo en cuenta que la mayoría de los edificios lo tienen como elemento de remate del forjado.

4. En relación a los "anchos de los huecos", hemos seleccionado vanos variables de 1,50m, 2,50m, 3,50m y 4,50m.

A modo esquemático, en el siguiente cuadro, se indican los modelos analizados a lo largo del presente capítulo:



¹ Arco ideal, de medio punto, carpanel y de ángulos rectos.

² Base apoyada, base apoyada con restricciones laterales, base empotrada y base empotrada con restricciones laterales.

³ Para lo cual se considera una abertura como mínimo de 1,50m y como máximo de 4,50m No se incluyen dimensiones mayores al parecernos una medida excesiva para trabajar en obra de fábrica.

⁴ En los arcos con ángulos rectos todas sus aristas forman ángulos de 90°.

⁵ Todos los desplazamientos y giros restringidos.

MJIG

5.1.1 ASPECTOS GENERALES

1.- PARÁMETROS UTILIZADOS

2.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1.1.1 Parámetros utilizados

5.1.1.1.1 Características geométricas de los modelos

Para analizar la influencia del tamaño de los apeos en las paredes de obra de fábrica se considera:

- El uso de arco de ángulos recto⁶.
- Las dimensiones de huecos de 1,50m; 2,50m; 3,50m y 4,50⁷.

En el (CUADRO 3) se incluyen las características geométricas de los cuatro modelos que se estudian.

(CUADRO 3) CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
	
(GRAF.5: 1) Dimensionado del modelo con hueco de 1,50m.	(GRAF.5: 2) Dimensionado del modelo con hueco de 2,50m.
	
(GRAF.5: 3) Dimensionado del modelo con hueco de 3,50m.	(GRAF.5: 4) Dimensionado del modelo con hueco de 4,50m.

⁶ A pesar de los inconvenientes que origina, lo hemos seleccionado por tratarse del arco más usado en las estructuras de obra de fábrica, dada la facilidad de su trazado en obra. Los inconvenientes de esta forma se estudian con más detenimiento en los apartados 3 y 4.

⁷ Es importante indicar que la selección de estas dimensiones no fue aleatoria, sino que fue fruto de un estudio en el que inicialmente se estudiaron 8 modelos con diferentes dimensiones de huecos: 1,00m, 1,50m, 2,00m, 2,50m, 3,00m, 3,50m, 4,00m, 4,5m y 5,00m. Se observó que al utilizar modelos con diferencias de huecos de 0,50m de longitud, los resultados obtenidos no presentaban mucha diferencia, por ello se optó por trabajar con diferencias de 1,00m. El hueco de 1,00m no afectaba mucho a la pared, por ello se partió de la longitud de 1,50m.

5.1.1.1.2 Estado de carga

El modelo representa una pared medianera de un edificio de tres plantas: planta baja, planta primera, planta segunda y terraza (sin uso público). Su estado de carga es el siguiente:

Estado de carga en zonas de vivienda:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

Estado de carga en terraza (sólo de mantenimiento):

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Su	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000

pp=Peso propio

cp=cargas permanentes

su + N=sobrecargas de uso + nieve

5.1.1.1.3 Características mecánicas del material

Las características mecánicas utilizadas en los diferentes modelos analizados se calculan en base al "CTE".

γ	N/m ³	18.000
E	N/m ²	5,70E09
G	N/m ²	2,30E+09
ν	-	0,20
f_d	N/m ²	3,2E+06
f_t	N/m ²	0,1E+06

Para el cálculo de estos valores se desarrolla una hoja de cálculo que se presenta a continuación.

CTE - SE-F				
Valores de "k"		1Hoja	2Hojas	
Macizas		0,6	0,5	
Perforadas		0,55	0,45	
Aligeradas		0,5	0,4	
Huecas		0,4	-	
k	0,6			
f _b	25		N/mm ²	
f _m	15	OK	N/mm ²	
f _k	9,57		N/mm ²	
γ _M	3			
f _d	3,19		N/mm ²	
Valor de "E" teniendo "f _k "				
f _k	9,57	N/mm ²	9,57E+06	N/m ²
E	9570	N/mm ²	9,57E+09	N/m ²
E _{est lim serv}	5,742	N/mm ²	5,74E+09	N/m ²
G	3828	N/mm ²	2,30E+09	N/m ²

5.1.1.1.4 Características de los zunchos perimetrales

Se incluyen zunchos de hormigón armado de 0,20mx0,20m.

5.1.1.1.5 Características del mallado

Los zunchos se modelizan con elementos finitos tipo barra.

Las paredes se modelizan con elementos finitos triangulares de 6 nodos con una longitud del lado de 0,30m⁸.

5.1.1.1.6 Programas utilizados

Los modelos se analizan por medio del programa de cálculo "Rambshell"⁹ y del programa "GID"¹⁰ como pre y post-procesador. Estas herramientas informáticas se emplean a lo largo de toda la tesis.

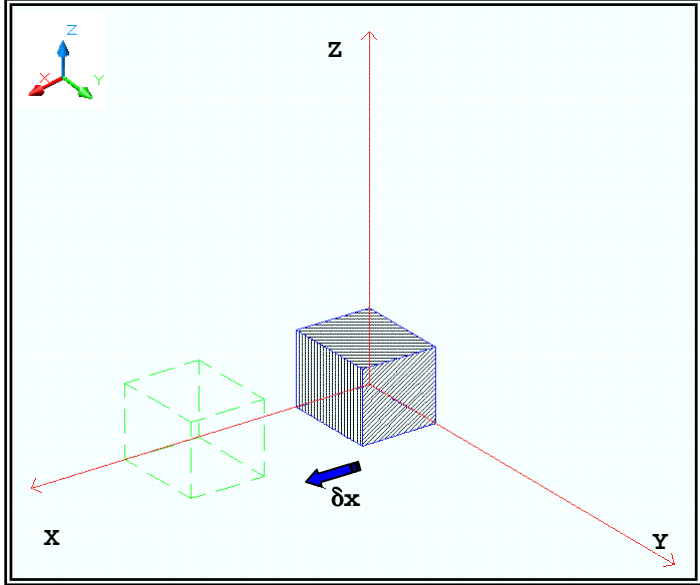
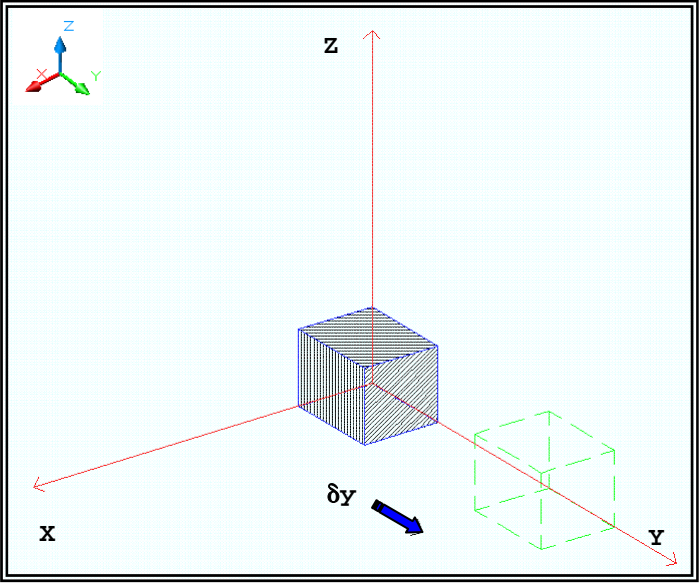
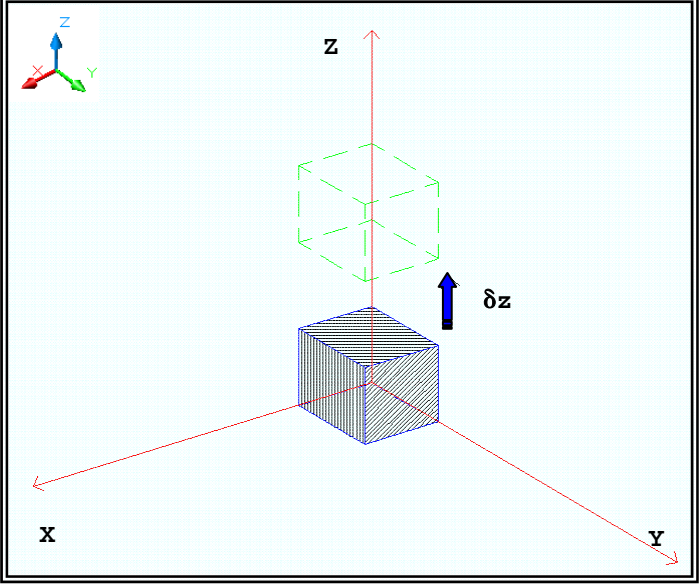
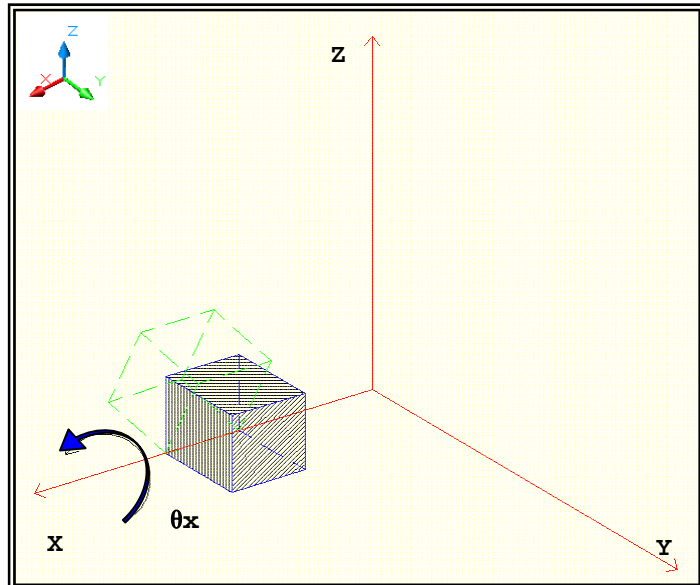
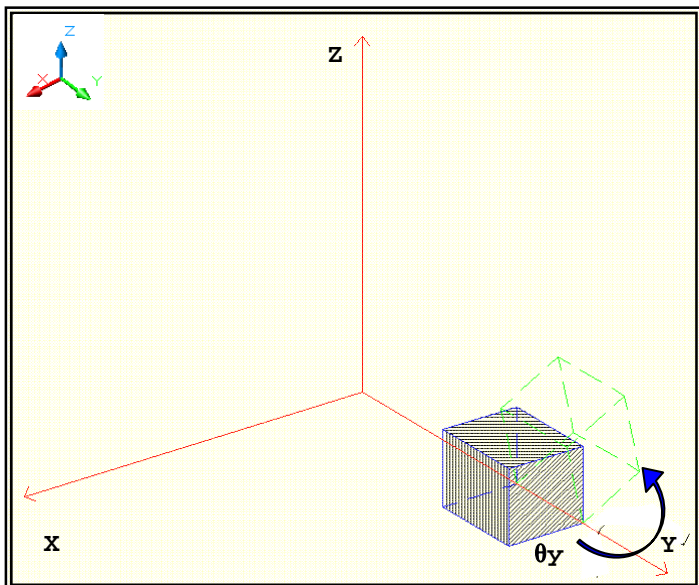
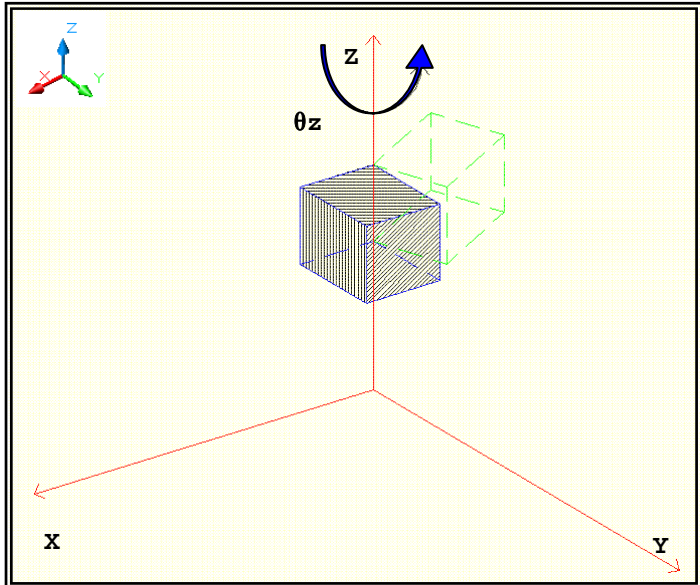
⁸ Al usar elementos finitos más deformables (de 6 nodos), no es necesario densificar más la malla.

⁹ En el Capítulo-2 se presentan características de este programa.

¹⁰ En el Capítulo-2 se presentan características de este programa.

5.1.1.1.7 Condiciones de Contorno

Para el estudio se considera que la base de los modelos está empotrada (simbología: ///////////////), es decir, restringidos totalmente los desplazamientos y giros. Con el fin de aclarar la terminología, en el (CUADRO 4) se presentan los desplazamientos y giros de modo gráfico (se indica únicamente el sentido positivo):

(CUADRO 4) REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO		
DESPLAZAMIENTOS: ($\delta_x = \delta_y = \delta_z = 0$)		
		
(GRAF.5: 5) Representación del Desplazamiento-x (δ_x).	(GRAF.5: 6) Representación del Desplazamiento-y (δ_y).	(GRAF.5: 7) Representación del Desplazamiento-z (δ_z).
GIROS: ($\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$)		
		
(GRAF.5: 8) Representación del giro-x (θ_x).	(GRAF.5: 9) Representación del giro-y (θ_y).	(GRAF.5: 10) Representación del giro-z (θ_z).

5.1.1.2 Análisis de los resultados

5.1.1.2.8 Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo

En el (CUADRO 5) se exponen, de modo gráfico, los resultados que se obtienen de los modelos de cálculo tales como: "Sii", "N22", "Nyy=Ny'", "Si", "N11" y "Nxx=Nx'". La representación gráfica de los desplazamientos se puede ver en el apartado "5.1.1.1.7".

(CUADRO 5) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS		
<p>(GRAF.5: 11) "Sii": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "22=y"). Los vectores rojos representan tracciones y los azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.5: 12) "N22": fuerzas en la dirección principal "22=y" (en el eje de la dirección principal "y").</p>	<p>(GRAF.5: 13) "Nyy=Ny'": fuerzas en la dirección "yy=y'" (en el eje local "y'").</p>
<p>(GRAF.5: 14) "Si": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "11=x"). Los vectores rojos representan tracciones y los azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.5: 15) "N11": fuerzas en la dirección principal "11=x" (en el eje de la dirección principal "x").</p>	<p>(GRAF.5: 16) "Nxx=Nx'": fuerzas en la dirección "xx=x'" (en el eje local "x'").</p>

Ejes locales.
 Ejes de las direcciones principales.

5.1.1.2.9 Especificación de criterios de interpretación de los modelos individuales

En primer lugar, obtenemos los resultados de cada uno de los modelos¹¹.

Con el fin de mejorar la interpretación de los datos se tienen en cuenta los siguientes criterios:

1. Obtención del valor máximo absoluto.


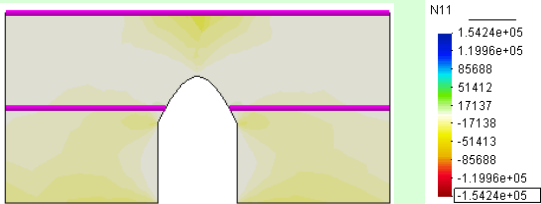
De cada modelo se selecciona el máximo absoluto de los diferentes tipos de resultados ("N11", "Nyy=Ny'", "N22"...). Posteriormente, se comparan y se selecciona, de entre todos, el máximo. Este último valor es el que se aplica en el paso 2.

En el (CUADRO 6), se presenta un ejemplo hipotético que aclara el proceso explicado en el párrafo anterior. Se resaltan, en color verde, los valores a considerar en el paso siguiente:

(CUADRO 6) VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS				
Resultado \ Modelo	Mod-1	Mod-2	Mod-3	Mod-4
"N11"	715.295	872.347	809.283	45.345
"Nyy=Ny' "	695.295	852.347	789.283	43.345
"N22"	-85.295	-82.347	-89.283	-4.345
"Nxx=Nx' "	-83.295	-80.347	-87.283	-4.145
δx	0,0001	-0,00012	-0,00028	0,0034
δz	-0,000012	-0,000013	-0,000025	-0,000045

2. Igualación de los valores máximos y mínimos.

Para facilitar la lectura de los resultados, se igualan los valores máximos y mínimos^{12,13} de los datos obtenidos. Gracias a esta igualación de datos se obtiene una escala gráfica simétrica¹⁴, como se aprecia en el (GRAF.5: 18). En el (CUADRO 7) se presenta un ejemplo aclaratorio:

(CUADRO 7) MANIPULACIÓN DE DATOS	
	
(GRAF.5: 17) Datos iniciales del programa. Valor máximo absoluto (máx. abs.) 1,5424e+05.	(GRAF.5: 18) Datos manipulados: igualdad entre máximos y mínimos. Valor de referencia 1,5424e+05 (máx. abs.).

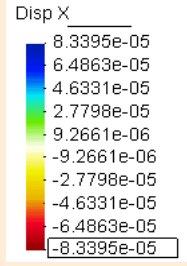
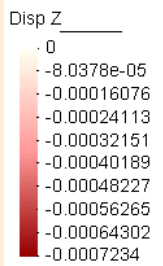
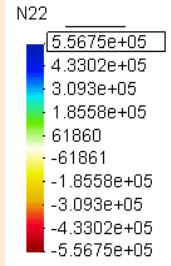
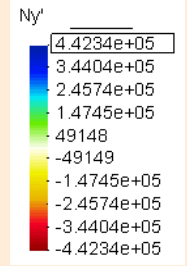
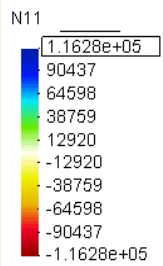
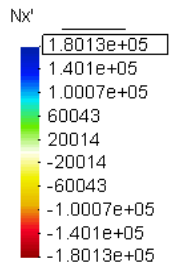
¹¹ Es una información necesaria para desarrollar la fase posterior de comparación de los modelos.

¹² La igualación se realiza en el módulo post-procesador de "GID" (comandos "set maximum value" y "set minimum value").

¹³ Utilizando el valor máximo obtenido en el paso anterior.


¹⁴ Gracias a dicha simetría mejora la interpretación de los valores positivos y negativos.

En nuestro caso, los valores a incluir en los diferentes modelos son los que se indican en el (CUADRO 8):

(CUADRO 8) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS		
		
<p>(GRAF.5: 19) Desplazamiento en "x" máximo absoluto: $4,4234e+5N/m$.</p>	<p>(GRAF.5: 20) Desplazamiento en "z" máximo absoluto: $-0,0007234m$.</p>	<p>(GRAF.5: 21) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "22" es "N22": $5,5675e+5N/m$.</p>
		
<p>(GRAF.5: 22) La fuerza máxima absoluta en la dirección "yy" es "Nyy=Ny'": $4,4234e+5N/m$.</p>	<p>(GRAF.5: 23) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "11" es "N11": $1,1628e+5N/m$.</p>	<p>(GRAF.5: 24) La fuerza máxima absoluta en la dirección "xx" es "Nxx=Nx'": $1,8013e+5N/m$.</p>

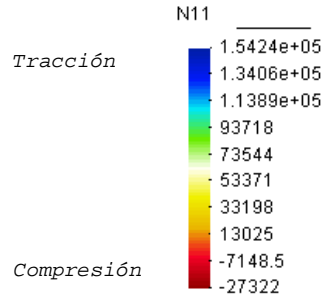
3. Especificación de la escala cromática utilizada para las fuerzas y para los desplazamientos en "x".

Para la representación gráfica de las fuerzas y del desplazamiento en "x" se utiliza la misma escala cromática. En el (CUADRO 9) se incluyen los números de los colores¹⁵ utilizados en los modelos, y estos son:

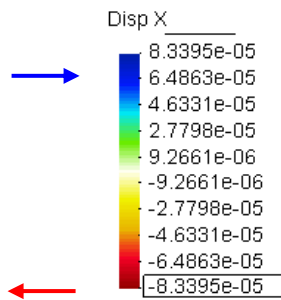
(CUADRO 9) FUERZAS Y DESPLAZAMIENTO EN "X"						
	153	0	240	30	79	168
	156	2	236	27	119	251
	122	0	240	231	114	242
	62	106	240	236	111	0
	40	255	240	255	221	233
	40	240	240	240	113	0
	31	233	238	181	110	1
	234	243	238	1	115	37
	0	149	240	0	70	0

¹⁵ Estos números se introducen en el módulo post-procesador de "GID" (comando option/contour/colour Windows/user defined).

En el caso de los esfuerzos, las fuerzas de tracción se representan con una gama de colores fríos¹⁶ y los de compresión con una gama de colores cálidos¹⁷.



En el caso de los desplazamientos en "x" vemos dos situaciones: cuando el movimiento es hacia el lado derecho, se representan con la gama de colores fríos y cuando es hacia el lado izquierdo, con una gama de colores cálidos.



Para facilitar la interpretación se incluyen flechas que indican, visualmente, el sentido del desplazamiento¹⁸.

4. Especificación de la escala cromática utilizada para la representación gráfica de los desplazamientos en "z".

En el caso de los desplazamientos en "z" se selecciona una escala cromática de colores cálidos¹⁹, la misma que se indica en el (CUADRO 10):

(CUADRO 10) DESPLAZAMIENTO EN "Z"						
	40	255	240	255	221	233
	0	255	240	151	191	151
	0	149	240	0	70	0

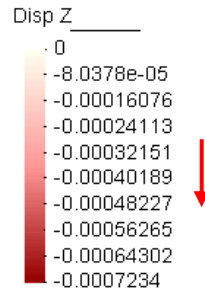
¹⁶ Los colores fríos corresponden a una gama de verde y azul.

¹⁷ Los colores cálidos corresponden a una gama de amarillo y rojo.

¹⁸ Hay que indicar que el movimiento horizontal no se debe a fuerzas laterales externas (fuerzas aplicadas en la dirección "x"). Se debe más bien al efecto de Poisson que origina que la pieza cargada se deforme en todas las direcciones. Dicho efecto depende del sentido de fuerza, en el caso en que sea de compresión la pieza se ensancha y se acorta.

¹⁹ Los desplazamientos tienden a mínimos cuando se aproximan a colores claros y a máximos cuando se acercan a tonos oscuros.

Para mayor claridad de los resultados se incluye una flecha que indica el sentido del desplazamiento. Veamos un ejemplo:



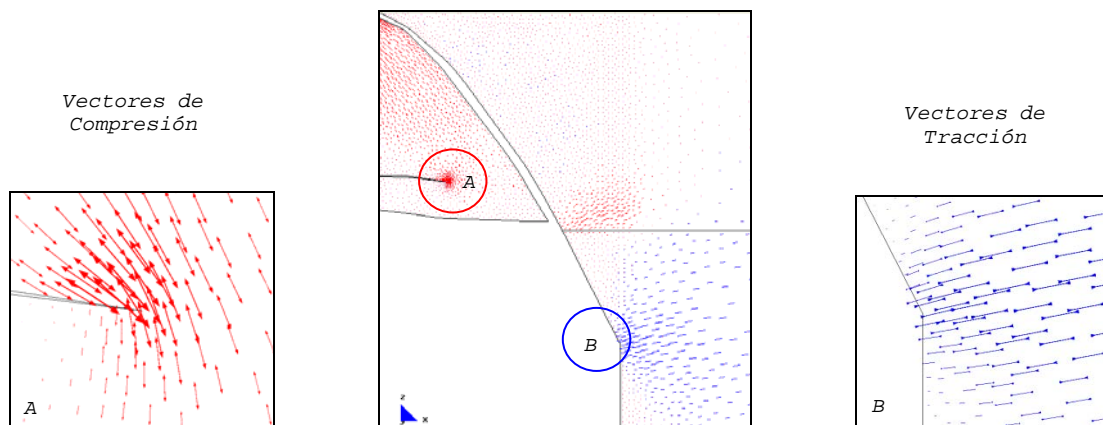
5. Definición del factor de escala: "Si" y "Sii".

El factor de escala es el valor que se utiliza para ampliar o reducir la representación gráfica de los vectores ("Si" y "Sii").

Con la finalidad de facilitar la comparación de los modelos se tiene en cuenta que el factor de escala es igual para todos ellos, tanto para la representación de "Si" como para "Sii". En el presente estudio utilizamos como factor: "1,00E-05".

Gracias a esta igualdad se puede demostrar fácilmente que los vectores "Sii" son siempre superiores a los "Si"²⁰.

En los resultados gráficos de ambos vectores²¹ se distinguen dos tipologías: los vectores de color rojo²² que simbolizan tracciones y los de color azul²³ que representan compresiones. Por ejemplo:



(GRAF.5: 25) Representación gráfica de los vectores "Si".

5.1.1.2.10 Análisis Comparativo de los diferentes modelos

Para determinar la influencia del ancho de los huecos en las paredes de carga se realiza un estudio comparativo entre los diferentes modelos individuales presentados.

²⁰ Los vectores "Sii" deben ser superiores a los "Si" dado que las fuerzas de compresión son superiores.

²¹ Los vectores de las direcciones principales "Sii" y "Si".

²² Flechas que se separan = tracciones.

²³ Flechas que se unen = compresiones.

MJIG

5.1 INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS
HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

1.- ASPECTOS GENERALES

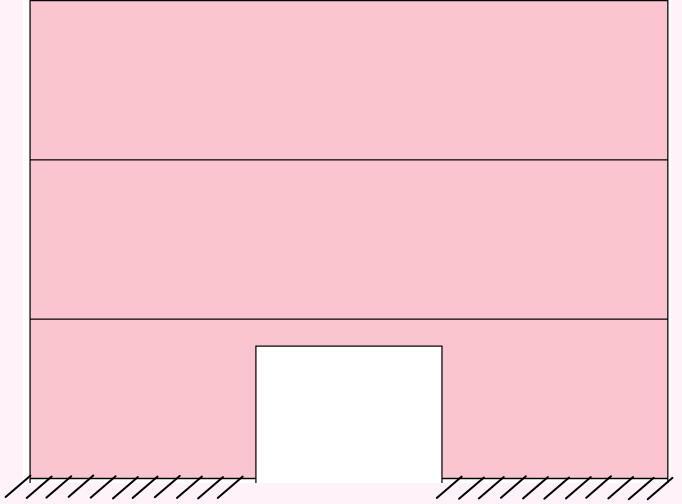
**2.- PRESENTACIÓN DE LOS MODELOS
INDIVIDUALES**

3.- ANÁLISIS COMPARATIVO

5.1.2 Presentación de los modelos individuales

Para identificar mejor el modelo que se analiza en cada apartado, se incluye un pequeño esquema del mismo en la parte superior derecha de los resultados expuestos.

En el (CUADRO 11) se pueden apreciar dichas representaciones esquemáticas: por un lado, las dimensiones de los huecos se simbolizan con diferentes colores²⁴ y por otro, la simbología de la base empotrada se representa de acuerdo con el apartado "5.1.1.1.7".

(CUADRO 11) MODELOS A ANALIZAR Y ESQUEMAS	
	
(GRAF.5: 26) Esquema del modelo: hueco-1,50m, con base empotrada.	(GRAF.5: 27) Esquema del modelo: hueco-2,50m, con base empotrada.
	
(GRAF.5: 28) Esquema del modelo: hueco-3,50m, con base empotrada.	(GRAF.5: 29) Esquema del modelo: hueco-4,50m, con base empotrada.

A continuación se presentan los resultados individuales de cada uno de los modelos.

²⁴ Amarillo = longitud del hueco de 1,50m, azul = longitud del hueco de 2,50m, rosa = longitud del hueco de 3,50m y verde = longitud del hueco de 2,50m

FICHA DEL MODELO**1.- NOMBRE DEL MODELO:****dif-huecos-con zuncho-def²⁵***(Modelo con diferentes dimensiones de huecos; zuncho 0,20m x 0,20m)*

Número de plantas (a) = 3

Altura de las plantas (b) = 3,00m

Longitud del tramo de pared (c) = 12,00m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4,00m

Ancho de la abertura (f) = 1,50m, 2,50m, 3,50m y 4,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

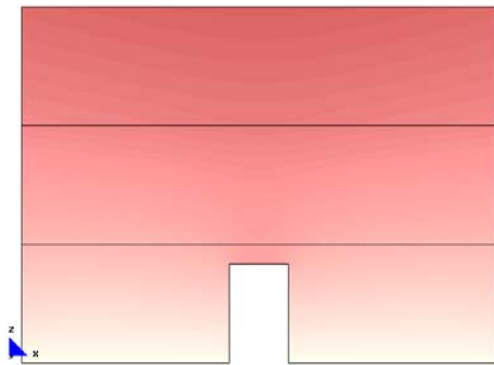
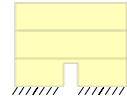
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

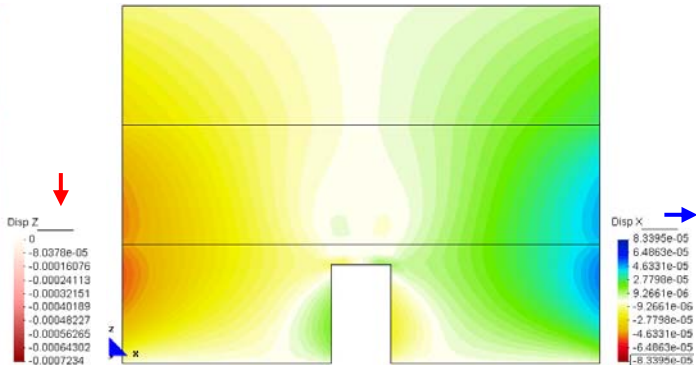
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

²⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-anchos-huecos\dif-huecos-con zuncho-def.gid

5.1.2.1 Huevo con arco de ángulos rectos: ancho 1,50m

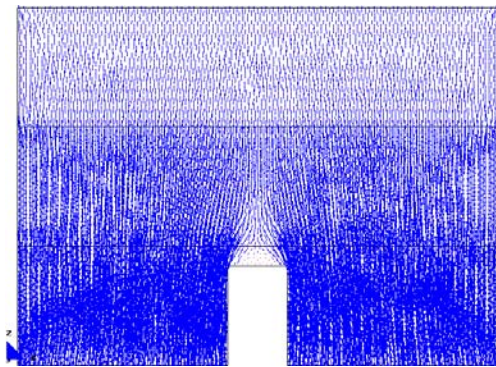


a.- Displacement (m).Disp-Z

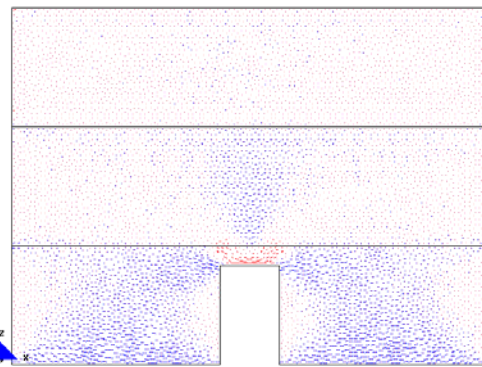


a'.- Displacement (m).Disp-X

Desplazamientos

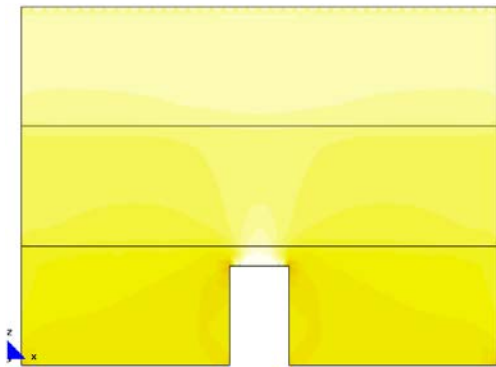


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-8.1e-6.

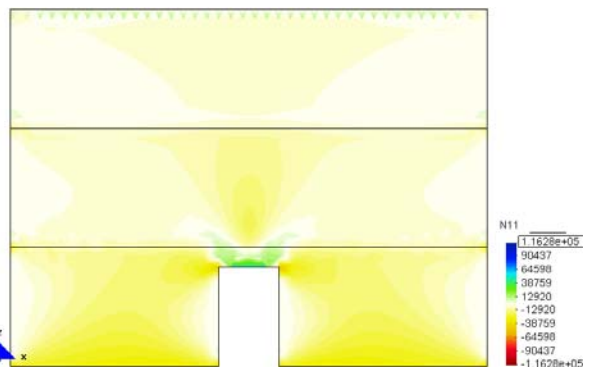


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

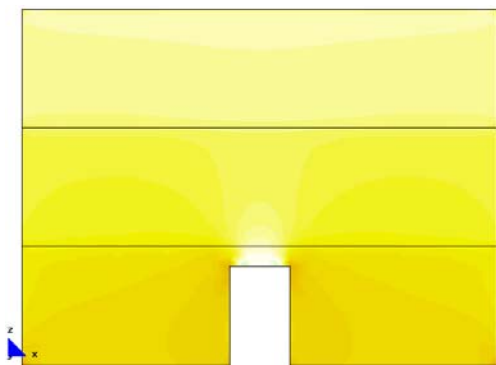


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.



e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.



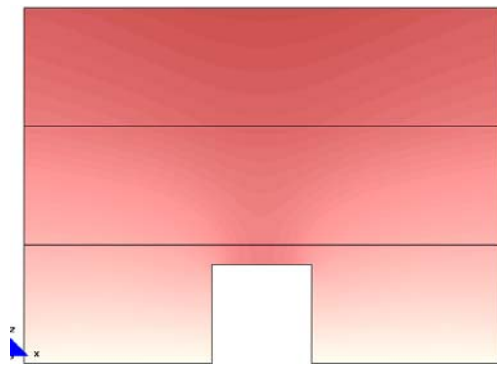
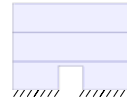
f.- Axial Force(N/M). Ny'.



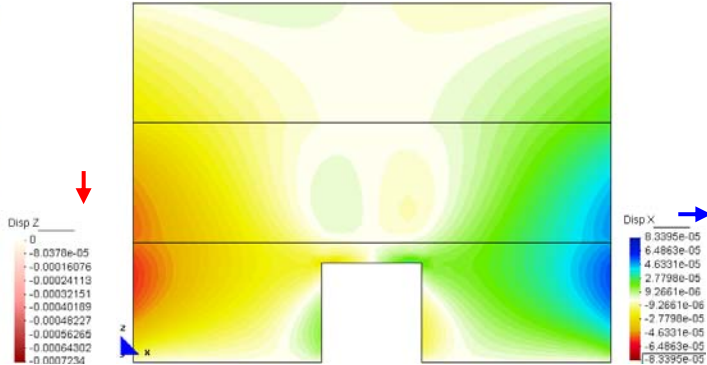
g.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en las direcciones "xx" e "yy"

5.1.2.2 Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 2,50m

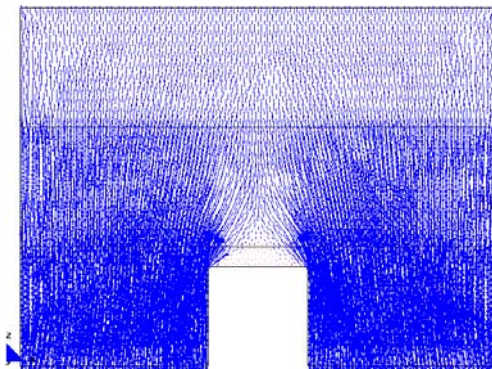


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

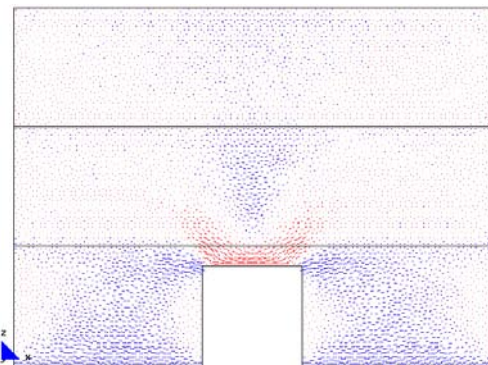


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desplazamientos

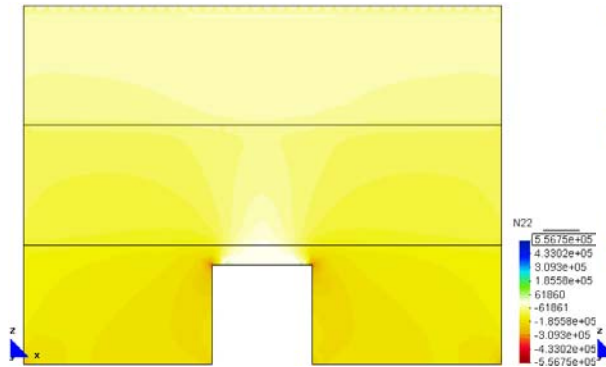


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

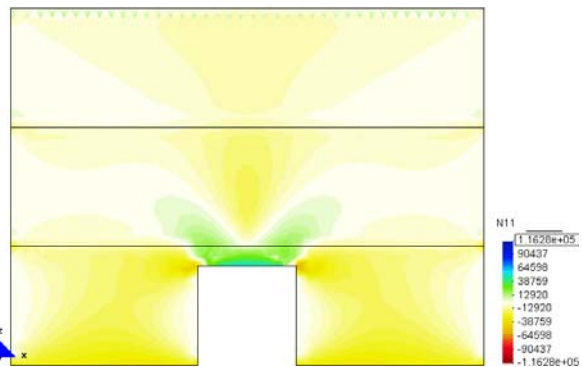


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

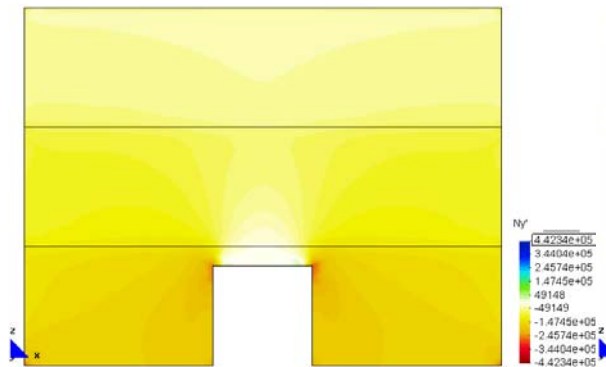


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

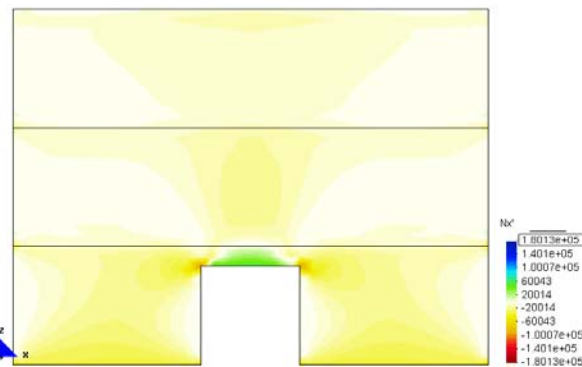


e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.



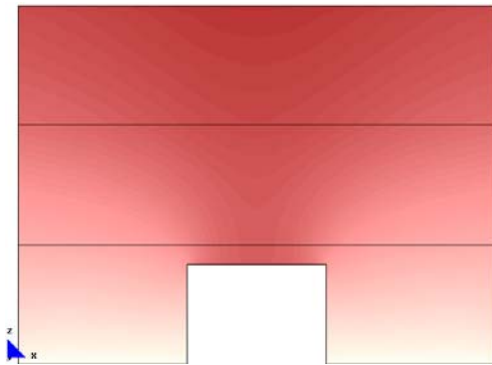
f.- Axial Force(N/M). Ny'.



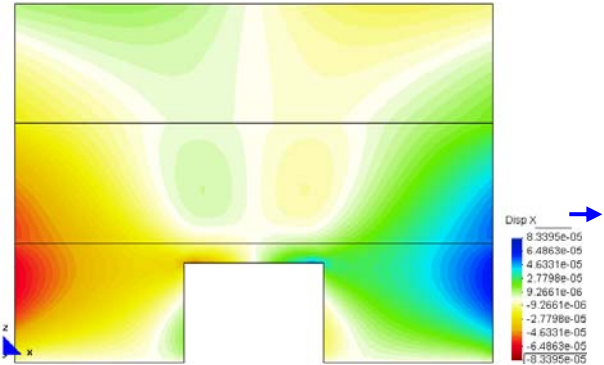
g.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en las direcciones "xx" e "yy"

5.1.2.3 Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 3,50m

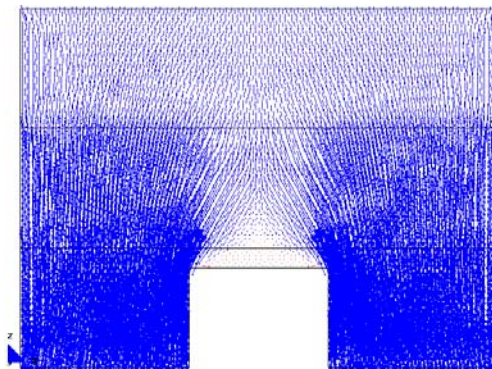


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

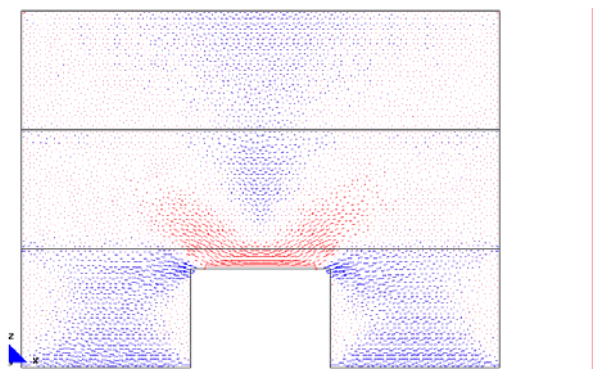


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desplazamientos

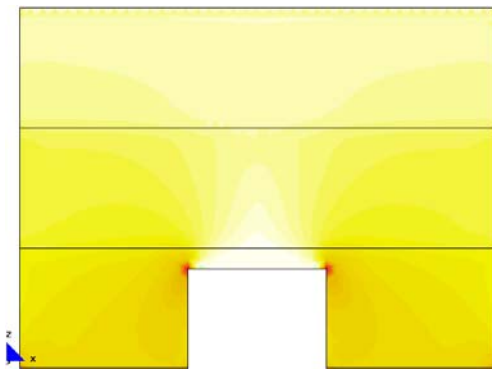


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

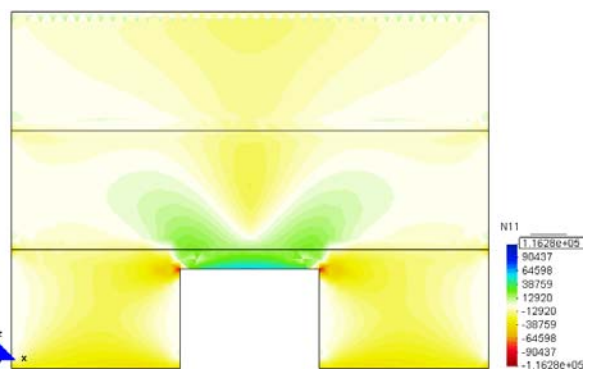


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

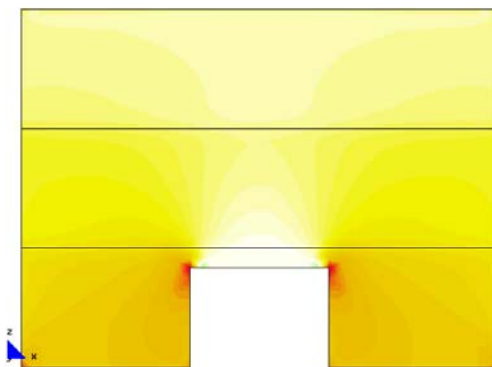


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

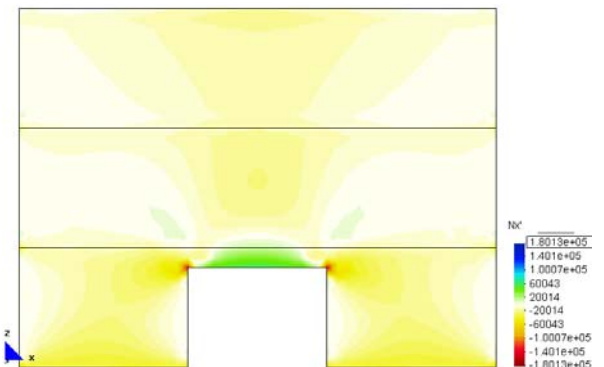


e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.



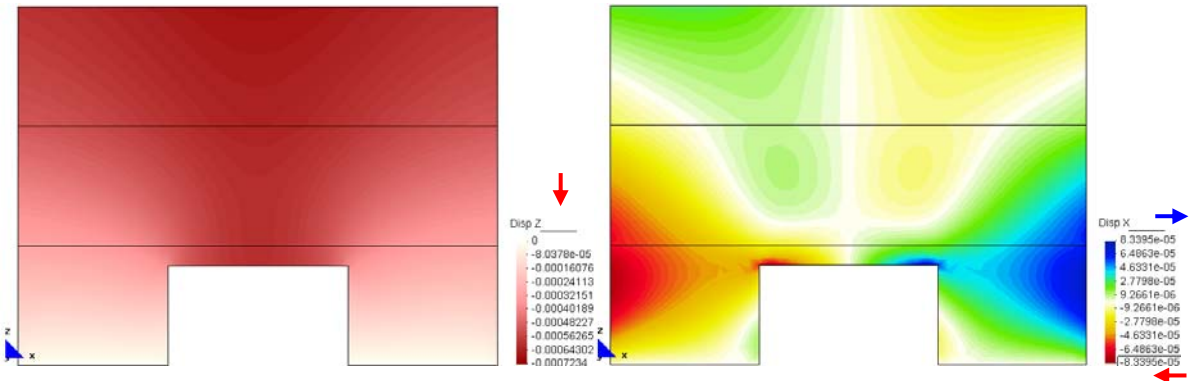
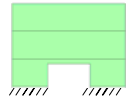
f.- Axial Force(N/M). Ny'.



g.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en las direcciones "xx" e "yy"

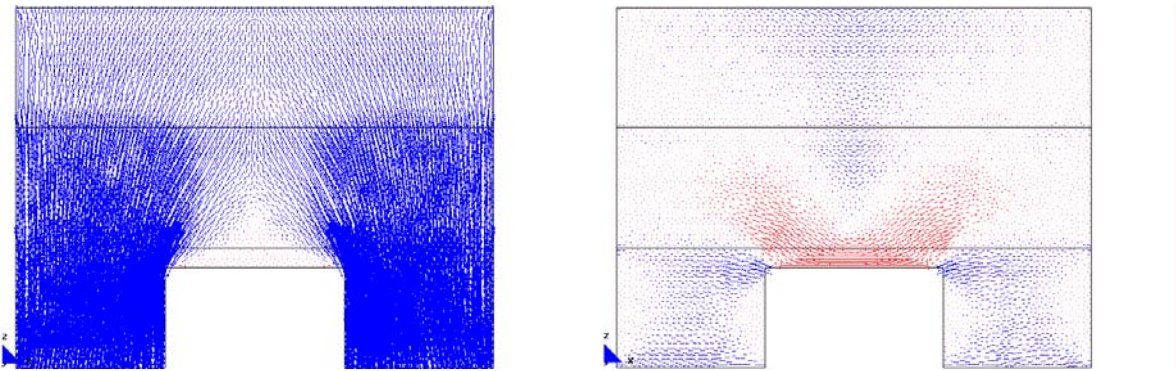
5.1.2.4 Hueco con arco de ángulos rectos: ancho 4,50m



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

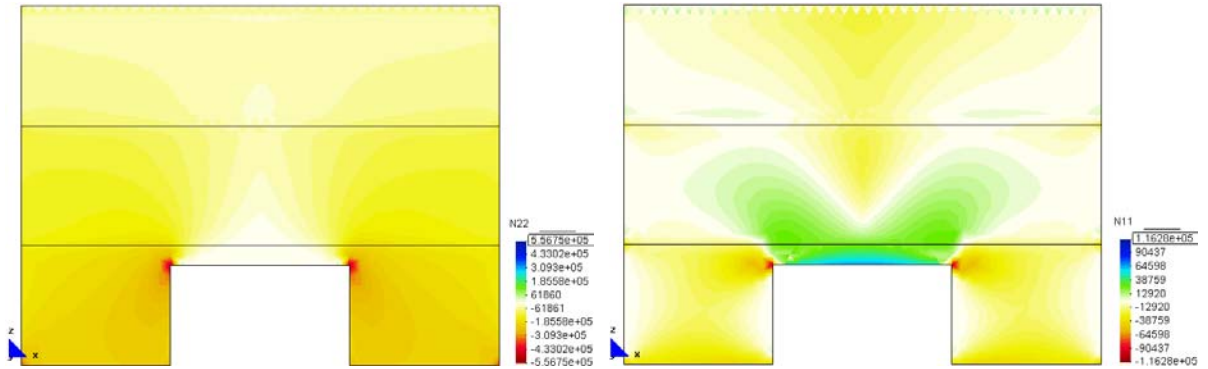
Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

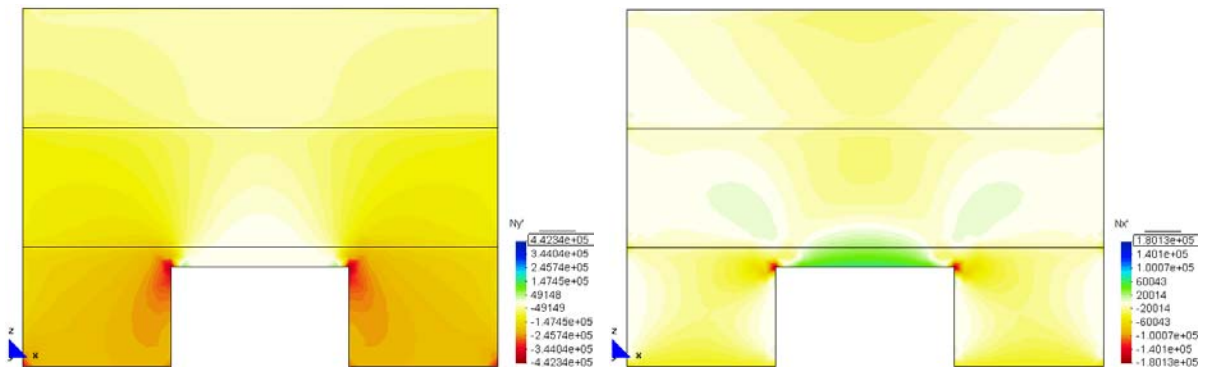
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.



d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.



f.- Axial Force(N/M). Ny'.

g.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en las direcciones "xx" e "yy"

MJIG

5.1 INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS
HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

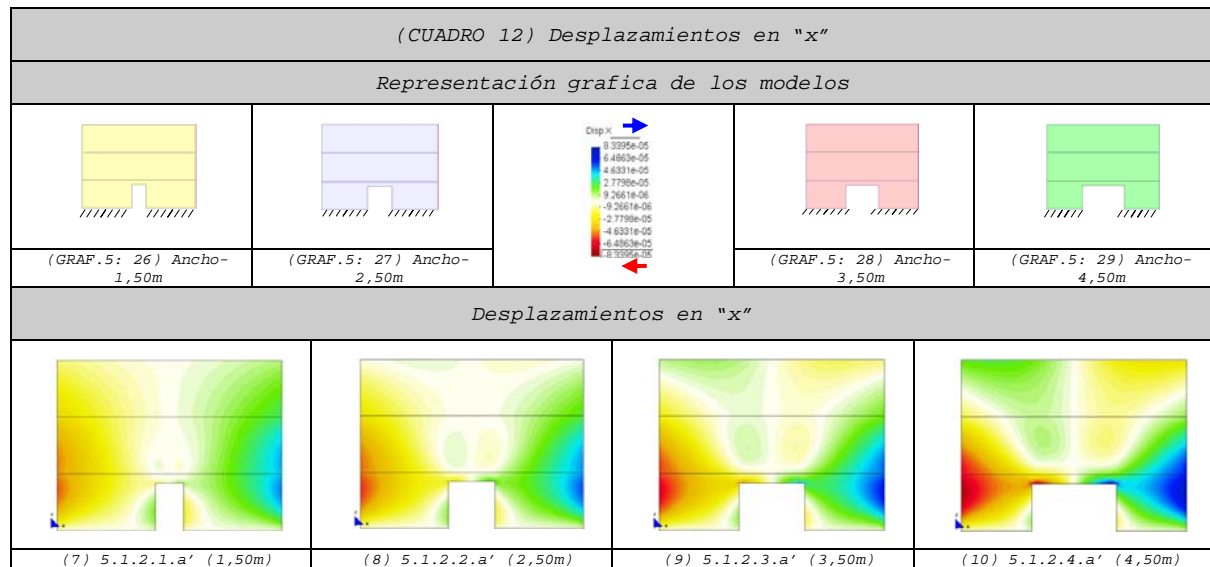
- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- PRESENTACIÓN DE LOS MODELOS
INDIVIDUALES
- 3.- ANÁLISIS COMPARATIVO

5.1.3 Análisis comparativo

Con el fin de determinar la influencia del ancho de los huecos en los apeos, en este apartado comparamos los resultados individuales obtenidos anteriormente.

5.1.3.1 Comparación de los desplazamientos

5.1.3.1.1 Desplazamientos en "x"



1. En el caso del hueco de 1,50m (7):
 - a. La pared se expande prácticamente en su totalidad.
 - b. En lo alto del hueco se concentran pequeños desplazamientos, casi insignificantes, que estiran el material.
 - c. En las caras laterales del hueco se observan desplazamientos que lo cierran y abarcan una zona amplia.
2. En el modelo con el hueco de 2,50m (8):
 - d. La zona ensanchada comienza a descender y se ubica por debajo del segundo forjado.
 - e. En lo alto del hueco se concentran desplazamientos²⁶ que estiran el material y dan lugar a fuerzas de tracción.
 - f. En la parte superior de la pared comienzan a aparecer pequeños desplazamientos que acortan²⁷ el material, desarrollando fuerzas de compresión.
 - g. En las caras laterales del hueco se observan desplazamientos que lo cierran y abarcan una zona inferior a la anterior.
3. En el caso del hueco de 3,50m (9):
 - h. La zona ensanchada desciende más que en el caso anterior y prácticamente se ubica por debajo del segundo forjado.

²⁶ Mayores que en el caso anterior.

²⁷ Cuando el material se acorta, el lado derecho se mueve hacia la izquierda y el izquierdo hacia la derecha.

- i. En lo alto del hueco se concentran desplazamientos²⁸ que estiran el material, dando lugar a fuerzas de tracción.
- j. En la parte superior de la pared²⁹ aparecen desplazamientos³⁰ que acortan³¹ el material y desarrollan fuerzas de compresión.
- k. La zona comprimida es mucho mayor que en los modelos precedentes.
- l. En las caras laterales del hueco se observan desplazamientos que lo cierran y abarcan una zona inferior a los modelos anteriores.

4. En el modelo con abertura de 4,50m (10):

- m. La zona ensanchada desciende mucho y prácticamente se ubica por debajo del segundo forjado.
- n. En lo alto del hueco se concentran desplazamientos³² que estiran el material, dando lugar a fuerzas de tracción.
- o. En la parte superior de la pared³³ aparecen desplazamientos que acortan³⁴ el material, desarrollando fuerzas de compresión.
- p. La zona comprimida cubre, en mayor grado, la parte superior de la pared.
- q. En las caras laterales del hueco aparecen desplazamientos que tienden a cerrarlo, aunque son prácticamente imperceptibles.

5. Además, de modo general, podríamos concluir que a medida que el hueco aumenta:

- r. Las zonas que se dilatan tienden a concentrarse en la parte central inferior de los elementos estudiados.
- s. El efecto Poisson se intensifica³⁵ en la zona de la pared localizada debajo de la primera planta³⁶ y da lugar a las máximas deformaciones.
- t. Las deformaciones localizadas en las caras laterales de los huecos se reducen.
- u. Es más evidente que la pared empiece a tener un comportamiento de viga de gran canto³⁷.

²⁸ Mayores que en el caso anterior.

²⁹ Observar que estos desplazamientos se alejan de la parte superior de los huecos.

³⁰ En grado superior a los casos anteriores.

³¹ Cuando el material se acorta, el lado derecho se mueve hacia la izquierda y el izquierdo hacia la derecha.

³² Mayores que en el caso anterior.

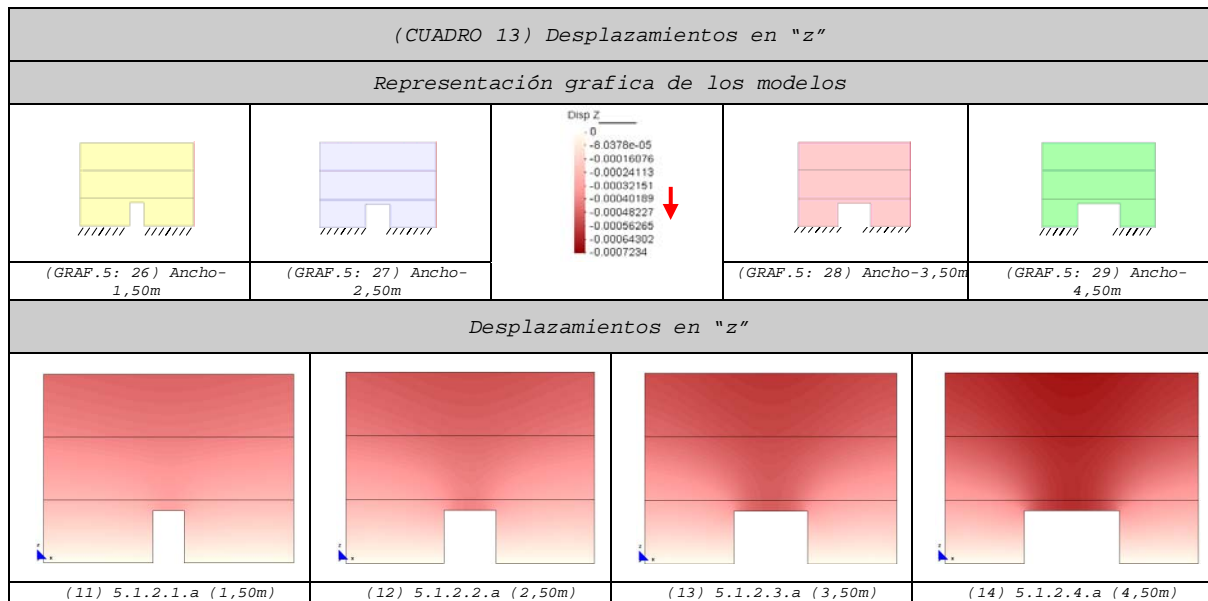
³³ Observar que estos desplazamientos se alejan de la parte superior de los huecos.

³⁴ Cuando el material se acorta, el lado derecho se mueve hacia la izquierda y el izquierdo hacia la derecha.

³⁵ El efecto se intensifica por dos motivos: por un lado es una zona muy cargada al producirse la sumatoria del peso de las tres plantas y el peso propio de la pared (lógicamente la zona más cargada es la base, aunque al estar empotrada no existen desplazamientos) y por otro, más deformable al existir el hueco (la zona pierde rigidez y será más propensa a deformaciones laterales).

³⁶ Aunque alejados de la base del modelo, ya que su condición de contorno es de empotramiento y en consecuencia tiene impedido todo tipo de movimiento.

³⁷ Alargamientos del material en la parte inferior y acortamientos en la parte superior.

5.1.3.1.2 Desplazamientos en "z"

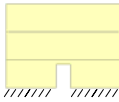
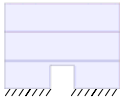
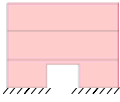
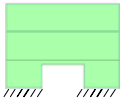
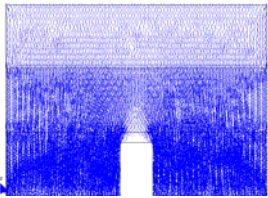
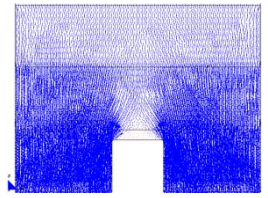
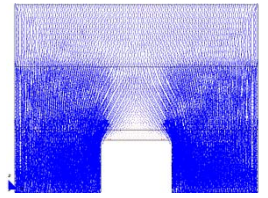
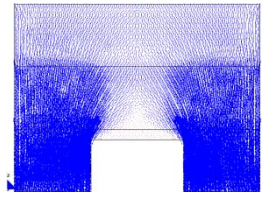
6. Cuando la abertura es de 1,50m (11):
- v. El descenso es bastante homogéneo³⁸.
- w. Los desplazamientos en "z" nunca llegan a descender hasta la clave del arco.
7. A partir de los 2,50m de vano (12):
- x. Las deformaciones comienzan a descender hasta llegar a la parte superior de la abertura, aunque con valores muy pequeños.
8. A partir de los 3,50m de vano (13):
- y. Las deformaciones descienden en mayor grado que en el caso anterior³⁹, hasta llegar a la parte alta de la abertura.
9. En el caso del agujero de 4,50m (14):
- z. Las deformaciones son superiores a los modelos precedentes.
- aa. Los desplazamientos caen completamente hasta abarcar toda la parte superior del hueco.
10. Además, de modo general, podemos decir que cuando la abertura del hueco va aumentando:
- bb. Los desplazamientos aumentan considerablemente, aunque siempre se localizan en la zona central de los modelos.
- cc. las deformaciones van descendiendo hasta llegar a la clave del arco⁴⁰.

³⁸ Sin embargo en la parte central se observa una caída mayor.

³⁹ Aunque con valores muy pequeños.

⁴⁰ Para mayor claridad; comparar los modelos (11) y (14).

5.1.3.2 Vectores en el sentido de las direcciones principales "22" (Sii)

(CUADRO 14) Vectores "Sii"			
Representación gráfica de los modelos			
			
(GRAF. 5: 26) Ancho-1,50m	(GRAF. 5: 27) Ancho-2,50m	(GRAF. 5: 28) Ancho-3,50m	(GRAF. 5: 29) Ancho-4,50m
Vectores "Sii"			
			
(15) 5.1.2.1.b (1,50m)	(16) 5.1.2.2.b (2,50m)	(17) 5.1.2.3.b (3,50m)	(18) 5.1.2.4.b (4,50m)

11. Cuando la abertura es de 1,50m (15):

- dd. El arco de descarga que se forma en el vano es muy pequeño.
- ee. En la parte superior del agujero se produce en menor escala el desvío de las cargas verticales.
- ff. En la parte superior de los arcos con ángulos rectos se desarrollan tracciones casi imperceptibles.

12. En el modelo con un vano de 2,50m (16):

- gg. El arco de descarga que se forma en el vano es mayor que en el caso precedente.
- hh. En la parte superior del hueco se produce, en mayor grado, el desvío de las cargas verticales.
- ii. Como consecuencia del párrafo anterior, la parte central se descarga⁴¹ y los extremos se sobrecargan⁴².
- jj. En la parte superior de los arcos con ángulos rectos se pueden apreciar pequeñas tracciones.

13. En el caso del hueco de 3,50m (17):

- kk. El arco es mucho mayor que los demás.
- ll. En la parte alta de los agujeros se observa el desvío de las cargas⁴³ hacia las partes laterales de los huecos.
- mm. Como consecuencia del párrafo anterior, la parte central se descarga mucho⁴⁴ y los extremos se sobrecargan más⁴⁵.

⁴¹ Zona triangular muy clara ubicada por encima de los huecos; comparar (15) con (18).

⁴² Zonas más azuladas en los extremos superiores de las aberturas; comparar (15) con (16).

⁴³ Siendo mayores que en los casos anteriores.

nn. En la parte superior de los arcos con ángulos rectos se pueden apreciar pequeñas tracciones.

14. Cuando el agujero es de 4,50m (18):

oo. El arco de descarga ocupa una amplia superficie y se aprecia con más claridad.

pp. En la parte alta de los agujeros se produce, con mucha mayor claridad, el desvío de las cargas hacia las partes laterales de los huecos.

qq. Como consecuencia del párrafo anterior, la parte central se descarga⁴⁶ y los extremos se sobrecargan⁴⁷.

rr. En la parte superior de los arcos con ángulos rectos se pueden apreciar tracciones que son superiores en comparación con los casos anteriores.

15. Además, de modo general, podemos decir que cuando la abertura del hueco va aumentando:

ss. La formación del arco de descarga es más clara⁴⁸.

tt. En la parte alta de los agujeros se va intensificando el desvío de las cargas hacia las partes laterales de los huecos.

uu. Como consecuencia del párrafo anterior, la parte central se va descargando poco a poco⁴⁹, mientras que los extremos se van sobrecargando⁵⁰.

vv. La bifurcación de la carga se produce a partir del segundo forjado, siendo más notorio a partir del modelo con una abertura de 2,50m (16).

ww. Los vectores de compresión se concentran en las caras laterales de los huecos y disminuyen en dirección contraria⁵¹⁻⁵².

xx. En la parte superior de los arcos con ángulos rectos aparecen tracciones que van creciendo poco a poco.

yy. El uso del dintel es necesario a medida que las tracciones aumentan en la parte superior del hueco.

zz. En el caso de usar dintel se deben utilizar dados de hormigón en los extremos superiores de los mismos⁵³.

⁴⁴ Zona triangular muy clara ubicada por encima de los huecos; comparar (15) con (17).

⁴⁵ Zonas más azuladas en los extremos superiores de las aberturas; comparar (15) con (17). Dada la escala del dibujo no se pueden apreciar con tanta claridad.

⁴⁶ Zona triangular muy clara y más amplia que en los casos anteriores, ubicada por encima de los huecos; comparar (15) con (18).

⁴⁷ Zonas más azuladas en los extremos superiores de las aberturas; comparar (15) con (18). Dada la escala del dibujo no se pueden apreciar con tanta claridad.

⁴⁸ Para aclarar el punto se pueden; comparar los gráficos (15) y (18).

⁴⁹ Zona triangular muy clara ubicada por encima de los huecos; ver gráficos del (15) al (18).

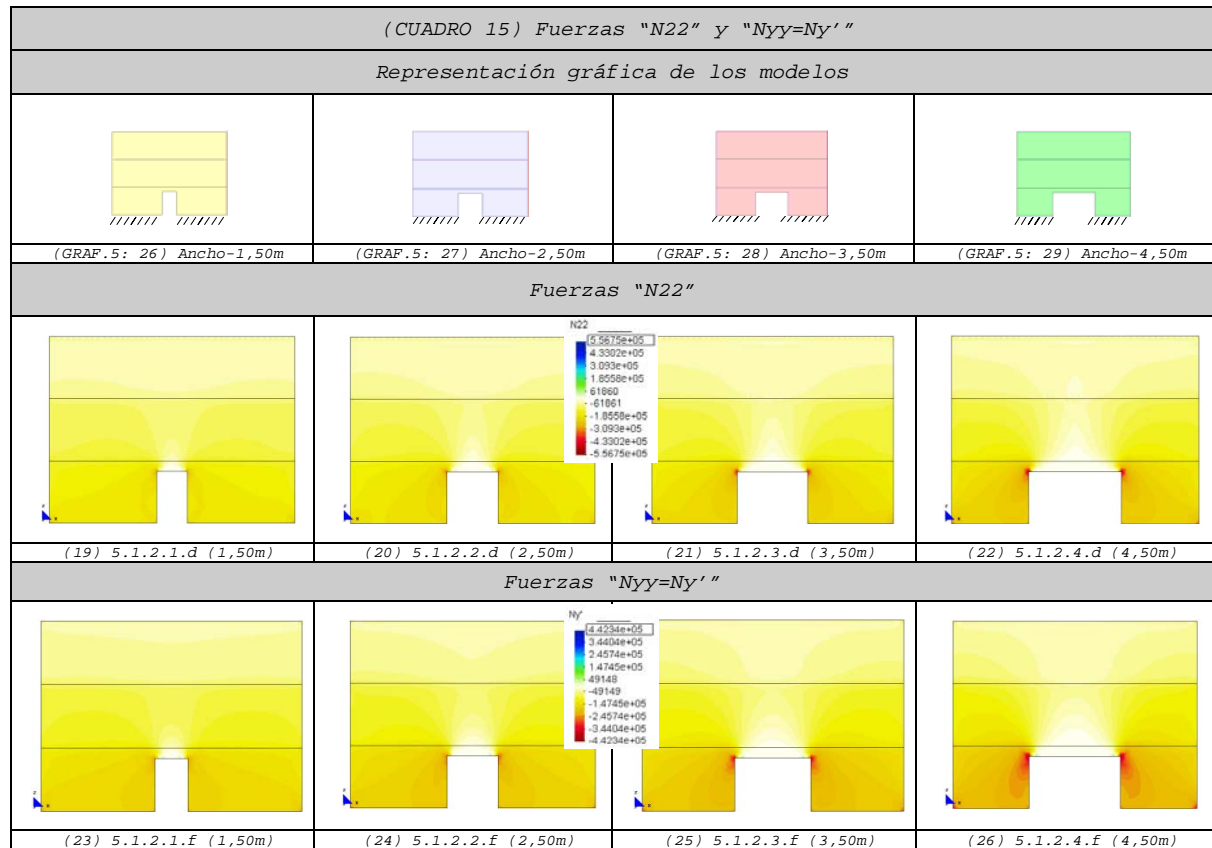
⁵⁰ Zonas más azuladas en los extremos superiores de las aberturas; ver gráficos del (15) al (18). Dada la escala del dibujo no se pueden apreciar con tanta claridad.

⁵¹ Es decir, hacia las caras laterales de los modelos.

⁵² La condensación de compresiones no es tan perceptible dada la escala del dibujo.

⁵³ Por ser zonas sometidas a fuertes compresiones. De este modo se evitan sobretensiones en la fábrica. La necesidad de los dados es mayor en el caso de los huecos con mayores dimensiones.

5.1.3.3 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22) y fuerzas en la dirección "yy" (Nyy=Ny')⁵⁴



16. Las fuerzas "Nyy=Ny'" son algo inferiores que las "N22".

17. En los gráficos del (CUADRO 15) se diferencian con claridad las zonas que están traccionadas de las comprimidas⁵⁵.

18. En la parte alta de los agujeros se produce el desvío de las fuerzas hacia las partes laterales de los huecos. Como consecuencia, la parte central se descarga⁵⁶ y los extremos se sobrecargan⁵⁷.

19. En los extremos superiores de los huecos se utilizan dados de hormigón por ser zonas sometidas a fuertes compresiones⁵⁸. De este modo, se evitan sobretensiones en la fábrica.

20. Las fuerzas de compresión se concentran en las caras laterales de los huecos⁵⁹.

21. En la clave de los arcos se pueden apreciar pequeñas tracciones que empiezan a ser notorias en el hueco de 3,50m (17) y aumentan a medida que aumenta el agujero.

⁵⁴ Los puntos anteriores del "11" al "zz" también son válidos para el presente apartado.

⁵⁵ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul.

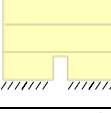
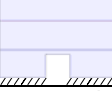


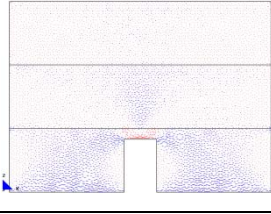
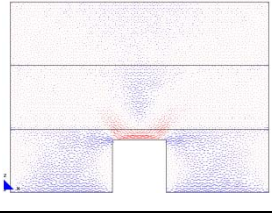
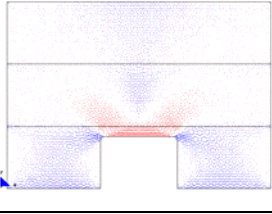
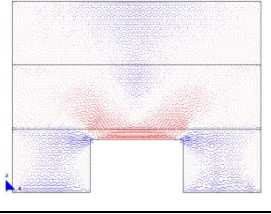
⁵⁶ Zona triangular muy clara ubicada por encima de los huecos; ver gráficos del (19) al (26).

⁵⁷ Zonas rojizas en los extremos superiores de las aberturas; ver gráficos del (19) al (26).

⁵⁸ La necesidad de los dados es mayor en el caso de los huecos con mayores dimensiones; comparar (19) y (22) y (23) con (26).

⁵⁹ Las compresiones tiende al color rojo a medida que incrementan su valor.

5.1.3.4 Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si)

(CUADRO 16) Vectores "Si"			
Representación gráfica			
			
(GRAF.5: 26) Ancho-1,50m	(GRAF.5: 27) Ancho-2,50m	(GRAF.5: 28) Ancho-3,50m	(GRAF.5: 29) Ancho-4,50m
Vectores "Si"			
			
(27) 5.1.2.1.c (1,50m)	(28) 5.1.2.2.c (2,50m)	(29) 5.1.2.3.c (3,50m)	(30) 5.1.2.4.c (4,50m)

22. Cuando la abertura es de 1,50m (27):

- aaa. En la parte superior del hueco se aprecian pequeños vectores que definen fuerzas de tracción⁶⁰.
- bbb. La superficie que ocupan los vectores de tracción es muy pequeña.
- ccc. Los vectores de compresión se concentran en la parte superior-lateral del hueco, con una magnitud inferior en comparación con los otros casos.

23. En el modelo con un vano de 2,50m (28):

- ddd. Los vectores que definen fuerzas de tracción⁶¹ en la parte superior del hueco comienzan a ser más notorios.
- eee. Los vectores de tracción se desarrollan en una superficie mayor en comparación con el modelo precedente.
- fff. En la parte superior-lateral del hueco se concentran vectores de compresión, en grado superior al modelo anterior.

24. En el caso de un vano de 3,50m (29):

- ggg. La magnitud de los vectores de tracción⁶² que se localizan encima de la abertura es mayor en comparación con los casos anteriores.
- hhh. La superficie que ocupan los vectores de tracción es más amplia en relación con los modelos anteriores, aunque inferior al posterior.
- iii. Los vectores de compresión se concentran en la parte superior-lateral del hueco en mayor magnitud.

⁶⁰ Las tracciones son representadas en color rojo y las compresiones en color azul.

⁶¹ Las tracciones son representadas en color rojo y las compresiones en color azul; comparar (28) con (27).

⁶² Las tracciones son representadas en color rojo y las compresiones en color azul; comparar (29) con (28).

25. Cuando el agujero es de 4,50m (30):

- jjj. En esta situación la magnitud de los vectores de tracción⁶³ que se encuentran en la clave del arco es mucho mayor.
- kkk. Los vectores de tracción se reparten en una superficie muy amplia.
- lll. En la parte superior-lateral del hueco se concentran vectores de compresión con una magnitud mayor⁶⁴.

26. Además, de modo general, podemos decir que cuando la abertura del hueco va aumentando:

- mmm. La magnitud de los vectores de tracción que se localizan encima de la abertura va aumentado junto con el crecimiento del hueco⁶⁵.
- nnn. La magnitud de los vectores de compresión que se concentran en la parte superior-lateral va aumentando poco a poco.
- ooo. En la parte central de la planta baja los vectores de compresión tienden a intensificarse⁶⁶.
- ppp. La concentración de compresiones que se localizan en la base aumenta progresivamente⁶⁷.
- qqq. La acumulación de vectores de tracción⁶⁸ que se sitúan en la parte superior de las aberturas va aumentando considerablemente.
- rrr. En las caras laterales de los huecos las compresiones desaparecen.
- sss. Aparecen pequeñas tracciones en las caras laterales de las aberturas. Tienden a aumentar, aunque se aprecia con bastante dificultad.
- ttt. Las zonas de compresión crecen y se aprecian en la parte superior de los modelos.
- uuu. Teniendo en cuenta que la fábrica no soporta tracciones, en la parte superior de los vanos se deben colocar vigas⁶⁹ que sean capaces de soportar dichos esfuerzos.
- vvv. El comportamiento de viga de gran canto⁷⁰, de la zona de la pared ubicada encima del hueco, mejora considerablemente.

⁶³ Las tracciones son representadas en color rojo y las compresiones en color azul; comparar (30) con (27).

⁶⁴ En el gráfico (30) se aprecian zonas de color azul intenso.

⁶⁵ La variación de la concentración de los vectores de acuerdo al tamaño se puede comprobar si comparamos (27) y (30).

⁶⁶ Se puede constatar si comparamos (27) y (30).

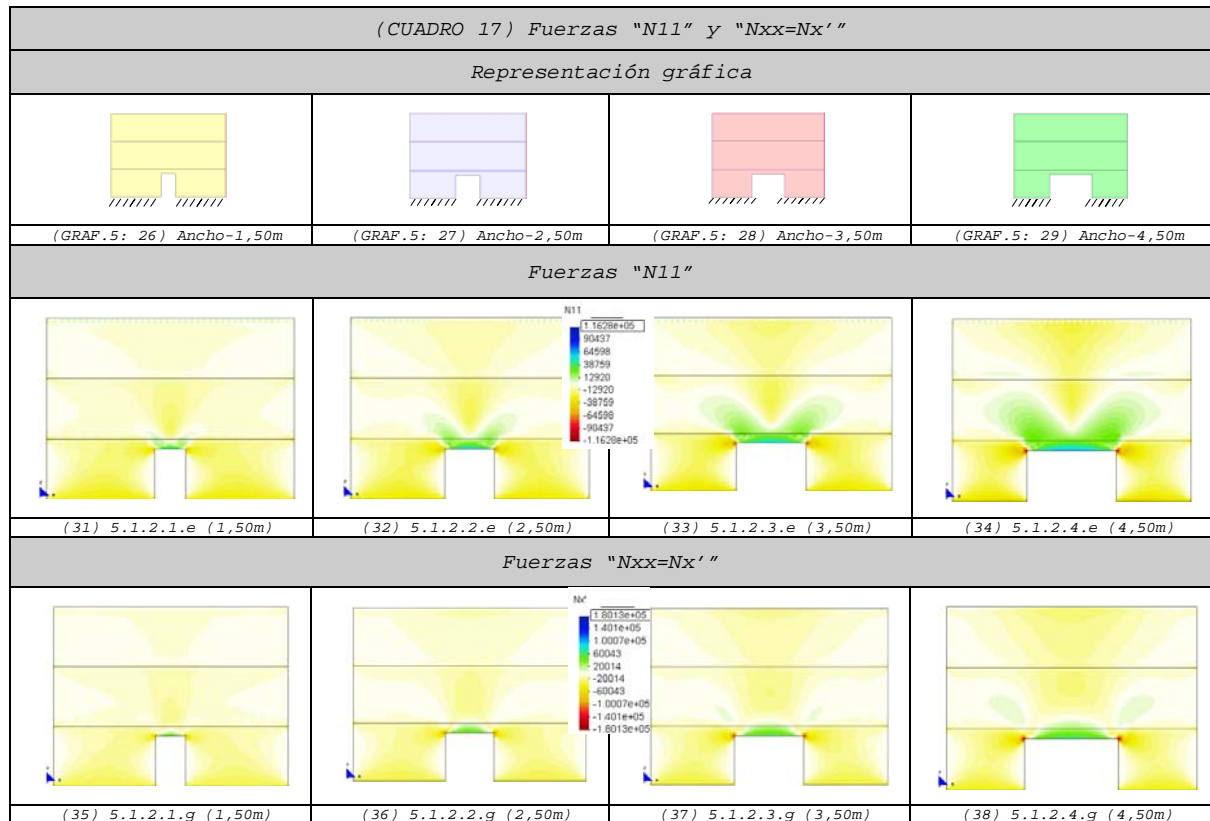
⁶⁷ La condición de contorno impuesta es de empotramiento, por lo tanto el desplazamiento en "x" está impedido.

⁶⁸ La influencia del tamaño de hueco se puede comprobar si comparamos (27) y (30).

⁶⁹ Las vigas pueden ser de diferentes materiales, tales como: fábrica armada, metálicas, prefabricadas de hormigón, etc.

⁷⁰ Tracciones en la parte inferior y compresiones en la parte superior.

5.1.3.5 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "N11" (N11) y fuerzas en la dirección "xx" (Nxx=Nx')



27. En la parte superior de los huecos⁷² se observan fuerzas de tracción:

- www. En el caso del hueco de 1,50m (31) y (35) son muy pequeñas⁷³.
- xxx. En el modelo con el hueco de 2,50m (32) y (36) comienzan a ser más notorias⁷⁴.
- yyy. En el caso del hueco de 1,50m (33) y (37) observamos que son mayores en comparación con los casos anteriores⁷⁵.
- zzz. Si observamos la abertura de 4,50m (34) y (38) vemos que son superiores, tanto en la magnitud como en la superficie que ocupa⁷⁶.

28. Las fuerzas de compresión se concentran en la parte superior-lateral de todos los huecos y son mayores cuando la abertura es mayor⁷⁷.

29. La zona de pared que se encuentra encima de los huecos tiene un comportamiento de viga de gran canto⁷⁸.

⁷¹ Los puntos anteriores del "22" al "26" también son válidos para el presente apartado. Las fuerzas "Nxx=Nx'" son algo inferiores que las "N11".

⁷² Las zonas de tracción se indican en colores fríos (verdes-azules).

⁷³ Comparar (31) con (34) y (35) con (38).

⁷⁴ Comparar (32) con (31) y (36) con (35).

⁷⁵ Comparar (33) con (31) y (34) con (37).

⁷⁶ Comparar (34) con (31) y (38) con (35).

⁷⁷ Se observar zonas muy rojas que representan compresiones; comparar los modelos (31) y (34).

⁷⁸ Fuerzas de tracción en la parte inferior y de compresión en la parte superior.

MJIG

CAPÍTULO-5

1.- INFLUENCIA DEL ANCHO DE LOS HUECOS
QUE FORMAN LOS APEOS

**2.- INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS
HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS**

MJIG

**5.2 INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE
LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS**

1.- ASPECTOS GENERALES

2.- MODELOS A ESTUDIAR Y MALLADO

3.- RESULTADOS OBTENIDOS

4.- ESTUDIO COMPARATIVO

5.2 INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

5.2.1 Aspectos generales

El siguiente apartado tiene por finalidad determinar el número de plantas necesario para que se inicie el proceso de fisuración en las paredes de obra de fábrica con apeos.





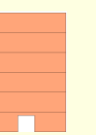
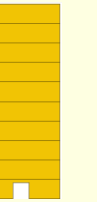
Para ello se analizan unas series de modelos que recogen algunas de las características de los casos anteriores, entre ellos:

- La longitud de los huecos: 1,50m, 2,50m, 3,50m y 4,50m.
- Los colores utilizados para identificar el ancho de los vanos⁷⁹.
- El estado de carga a introducir en la estructura.
- Las características mecánicas del material.
- La tensión de rotura a tracción de la fábrica: 10N/m².
- La influencia de la existencia del zuncho de forjado embebido en la pared de carga.

Además, en los modelos, se consideran parámetros adicionales propios de este apartado:

1. En primer lugar, el número de plantas considerado en los modelos es variable: de 2, 3, 4, 5, 6 y 10 plantas. Con respecto a esto, hacemos las siguientes aclaraciones:

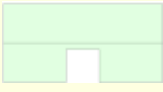
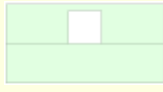
- La pared de 1 planta no se incluye en el análisis por considerar que en ella no es tan común hacer manipulaciones.
- La pared de 6 plantas (43) se estudia porque la mayoría de estructuras de obra de fábrica existentes son de esta tipología.
- Las paredes de 7, 8 y 9 plantas no se analizan por considerar que su problemática sería inferior a la de 10 y además, por ser menos comunes en la realidad.
- La pared de 10 plantas (44) es el límite superior ya que en obra de fábrica el número tope de plantas permitido es de 10.

(CUADRO 18) NÚMERO DE PLANTAS DE LOS MODELOS A ESTUDIAR					
					
(39) 2 plantas	(40) 3 plantas	(41) 4 plantas	(42) 5 plantas	(43) 6 plantas	(44) 10 plantas




⁷⁹ El color amarillo representa el vano de 1,50m, el azul claro representa el vano de 2,50m, el color rosado representa el vano de 3,50m y el color verde representa el vano de 4,50m

2. Y en segundo lugar, la posición de los apeos. El número de variantes depende directamente de número de plantas:

- k. En la pared de dos plantas, ver gráfico (39), tendremos dos variantes: una cuando el apeo está en la planta baja y otra cuando está en la planta alta.

(CUADRO 19) VARIANTES EN LA PARED DE TRES PLANTAS	
	
(45) Apeo en la planta baja.	(46) Apeo en la primera planta.

- l. En la pared de tres plantas, ver gráfico (40), tendremos tres variantes: una cuando el apeo está en la planta baja, otra cuando está en la primera planta y por último cuando está en la segunda planta.

(CUADRO 20) VARIANTES EN LA PARED DE TRES PLANTAS		
		
(47) Apeo en la planta baja.	(48) Apeo en la primera planta.	(49) Apeo en la segunda planta.

- m. Del mismo modo se obtienen las variantes de los otros modelos.
- n. En total se obtienen y analizan 120 modelos.
- o. Por ser un número muy elevado de modelos se opta por hacer un cuadro general de los gráficos simplificados, ver (CUADRO 21).
- p. Del mismo modo se hace un cuadro de datos numéricos que resume todos los resultados⁸⁰, ver (CUADRO 26).

3. El límite de flecha considerado es $L/1000$, siendo "L" el ancho de la abertura del hueco.

4. La tensión límite de la fábrica a compresión es de 360N/m^2 .

⁸⁰ Incluir la información gráfica de todos los 120 modelos implica llenar hojas, que aumentaría más el volumen de la tesis, por ello se decide presentar una síntesis de todos los modelos y de sus resultados en los cuadros indicados. En caso de ser solicitada se puede generar sin problema.

MJG

5.2 INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE
LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- MODELOS A ESTUDIAR Y MALLADO**
- 3.- RESULTADOS OBTENIDOS
- 4.- ESTUDIO COMPARATIVO

FICHA DEL MODELO

1.- NOMBRE DEL MODELO:

Dif-posicion-huecos-2p; dif-posicion-huecos-3p; dif-posicion-huecos-4p; dif-posicion-huecos-5p; dif-posicion-huecos-6p; dif-posicion-huecos-10-1p y dif-posicion-huecos-10-2p ⁸¹

(Modelo con diferente posición de huecos; zuncho 0,20m x 0,20m)

Número de plantas (a) = 2, 3, 4, 5, 6 y 10

Altura de las plantas (b) = 3,00m

Longitud del tramo de pared (c) = 12,00m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4,00m

Ancho de la abertura (f) = 1,50m, 2,50m, 3,50m y 4,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma = 18.000\text{N/m}^3$

$E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$

$G = 2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$

$\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:





























































Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁸¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Pared de 2 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-2p.gid; Pared de 3 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-3p.gid; Pared de 4 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-4p.gid; Pared de 5 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-5p.gid; Pared de 6 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-6p.gid y pared de 10 plantas - ruta F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-10-1p.gid y F\modelsos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-5 dif-huecos\dif-posición-huecos\dif-posicion-huecos-10-2p.gid





























































5.2.2 Modelos a estudiar y Mallado

5.2.2.1 Modelos a estudiar





























































En el (CUADRO 21) se exponen todos los modelos a analizar, con un ancho de abertura de 1,50m.

(CUADRO 21) GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 1,50M												
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	
2-PLANTAS	1,50											2-PLANTAS
3-PLANTAS	1,50											3-PLANTAS
4-PLANTAS	1,50											4-PLANTAS
5-PLANTAS	1,50											5-PLANTAS
6-PLANTAS	1,50											6-PLANTAS
10-PLANTAS	1,50											10-PLANTAS
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	





























































En el (CUADRO 22) se exponen todos los modelos a analizar, con un ancho de abertura de 2,50m

(CUADRO 22) GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 2,50M												
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	
2-PLANTAS	2,50											2-PLANTAS
3-PLANTAS	2,50											3-PLANTAS
4-PLANTAS	2,50											4-PLANTAS
5-PLANTAS	2,50											5-PLANTAS
6-PLANTAS	2,50											6-PLANTAS
10-PLANTAS	1,50											10-PLANTAS
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	

En el (CUADRO 23) se exponen todos los modelos a analizar, con un ancho de abertura de 3,50m

(CUADRO 23) GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 3,50M											
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA
2-PLANTAS	3,50										
3-PLANTAS	3,50										
4-PLANTAS	3,50										
5-PLANTAS	3,50										
6-PLANTAS	3,50										
10-PLANTAS	3,50										
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA

En el (CUADRO 24) se exponen todos los modelos a analizar, con un ancho de abertura de 4,50m

(CUADRO 24) GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 4,50M											
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA
2-PLANTAS	4,50										
3-PLANTAS	4,50										
4-PLANTAS	4,50										
5-PLANTAS	4,50										
6-PLANTAS	4,50										
10-PLANTAS	4,50										
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA

5.2.2.2 Mallado utilizado

El mallado de los modelos es un factor muy importante para obtener buenos resultados. Mientras más pequeño sea, los resultados serán mucho más precisos. Se obtiene mayor precisión si usamos elementos con más cantidad de nodos internos (más grados de libertad). El hecho de que la malla sea muy densa y con un número superior de nodos tiene también sus desventajas: el aumento del tiempo de cálculo y de la memoria necesaria para desarrollar dicho proceso.

Con el fin de optimizar el mallado y el tiempo de cálculo en nuestros modelos, tenemos en cuenta:

- Los grados de libertad: el elemento utilizado es el elemento finito triangular de 3 nodos, en algunos de los casos se aumenta el grado de libertad, como se puede apreciar en el cuadro.
- Los lados de los huecos: en algunos modelos hemos densificado la malla de las líneas que forman el hueco usando la longitud del elemento indicado en el cuadro.
- La malla general: dependiendo del modelo se utiliza una u otra longitud del elemento finito, como se indica en el cuadro.

En el(CUADRO 25) se exponen las características del mallado que se utiliza en cada uno de los modelos desarrollados.

(CUADRO 25) CARACTERÍSTICAS DEL MALLADO UTILIZADO												
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	
2-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 6 Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 6 Malla general: 0,30m									2-PLANTAS
3-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 3 Malla general: 0,10m	Grados de libertad: 3 Malla general: 0,10m	Grados de libertad: 3 Malla general: 0,10m								3-PLANTAS
4-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,20m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,20m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,20m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,20m							4-PLANTAS
5-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m						5-PLANTAS
6-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m					6-PLANTAS
10-PLANTAS	1,50m 2,50m 3,50m 4,50m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	Grados de libertad: 3 Lados de los huecos: 0,005m Malla general: 0,30m	10-PLANTAS
NºP	L	HUECO EN P. BAJA	HUECO EN P. PRIMERA	HUECO EN P. SEGUNDA	HUECO EN P. TERCERA	HUECO EN P. CUARTA	HUECO EN P. QUINTA	HUECO EN P. SEXTA	HUECO EN P. SÉPTIMA	HUECO EN P. OCTAVA	HUECO EN P. NOVENA	

MJIG

5.2 INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

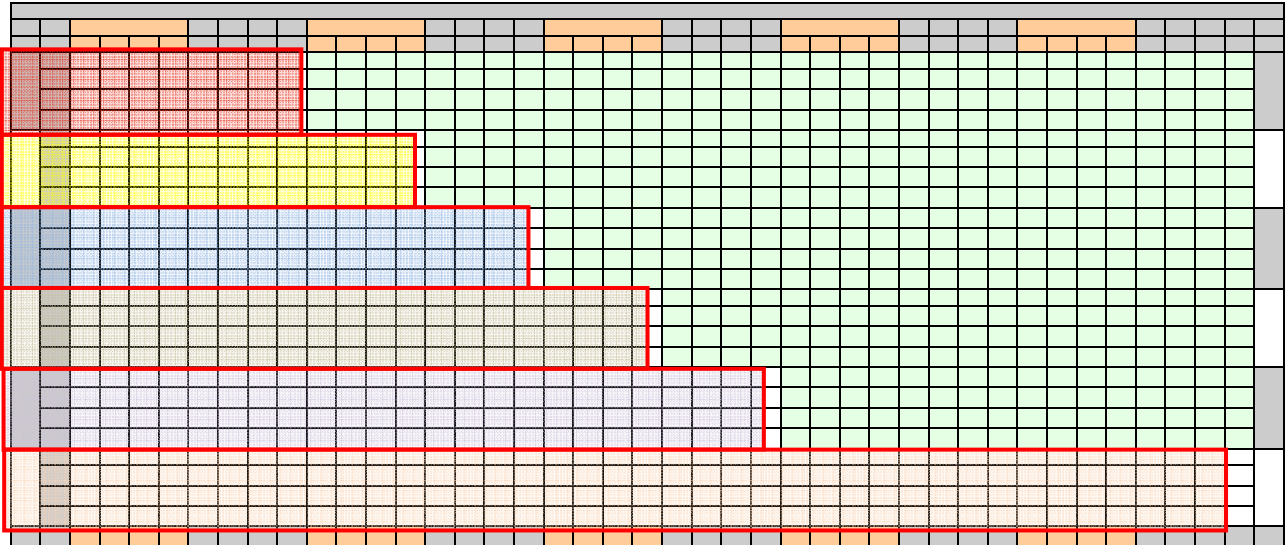
- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- MODELOS A ESTUDIAR Y MALLADO
- 3.- RESULTADOS OBTENIDOS**
- 4.- ESTUDIO COMPARATIVO

5.2.3 Resultados obtenidos

La presentación de los resultados numéricos de todos los modelos se incluye en el (CUADRO 26). Con la finalidad de interpretar mejor el cuadro, a continuación se explica el contenido del mismo.

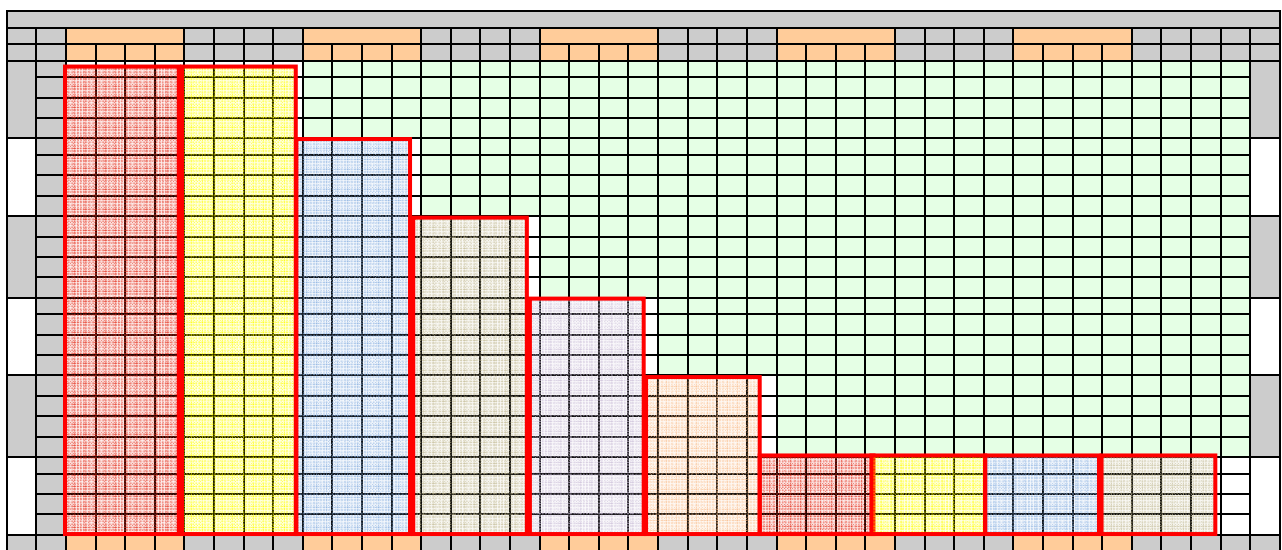
1. Las franjas horizontales⁸² representan los grupos de modelos analizados. De arriba hacia abajo son: de 2, 3, 4, 5, 6 y 10 plantas. Cada uno de ellos, comprende 4 anchos de vanos: 1,50m; 2,50m; 3,50m y 4,50m.

En ambos lados del cuadro se colocan los nombres de los diferentes modelos.



2. Las franjas verticales⁸³ representan la planta en que se coloca el hueco. De izquierda a derecha, se ubica en: planta baja, planta primera y así sucesivamente hasta la planta décima.

En la parte superior del cuadro se colocan las plantas en que se ubica la abertura.



Los resultados se sitúan de la siguiente forma:

⁸² Enmarcadas con recuadros en diferentes colores.

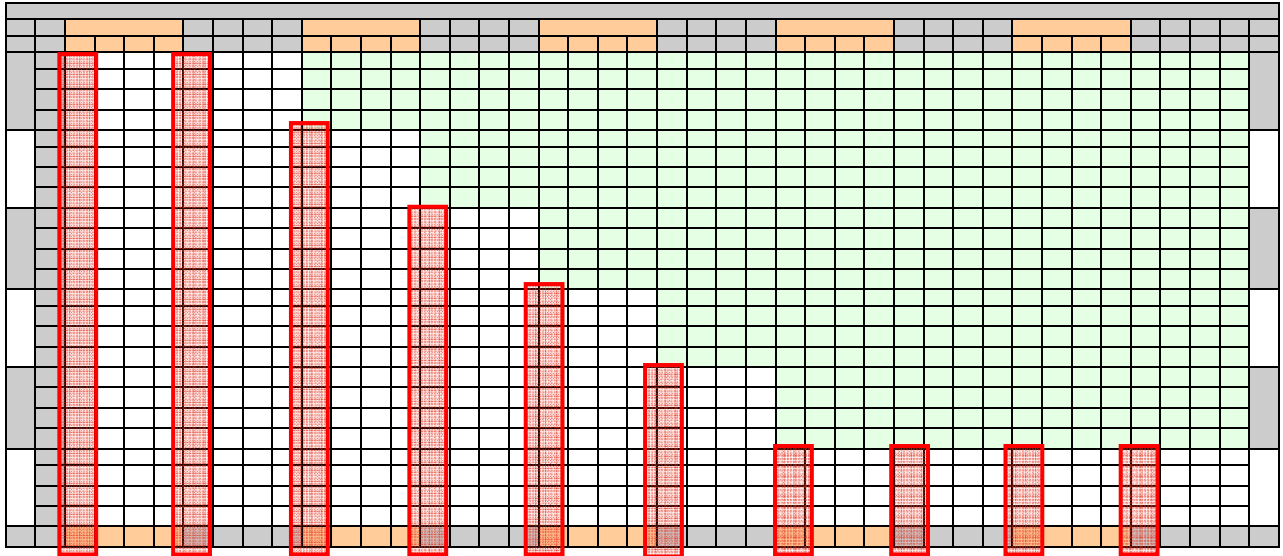
⁸³ Enmarcados con recuadros de diferentes colores.

3. Los límites de las flechas de los apeos se localizan en la primera columna de cada grupo.

El límite considerado corresponde al $L/1000$, siendo "L" el ancho de la abertura.

Para ubicarlas en la tabla se usan en el siguiente esquema recuadros de color rojo.

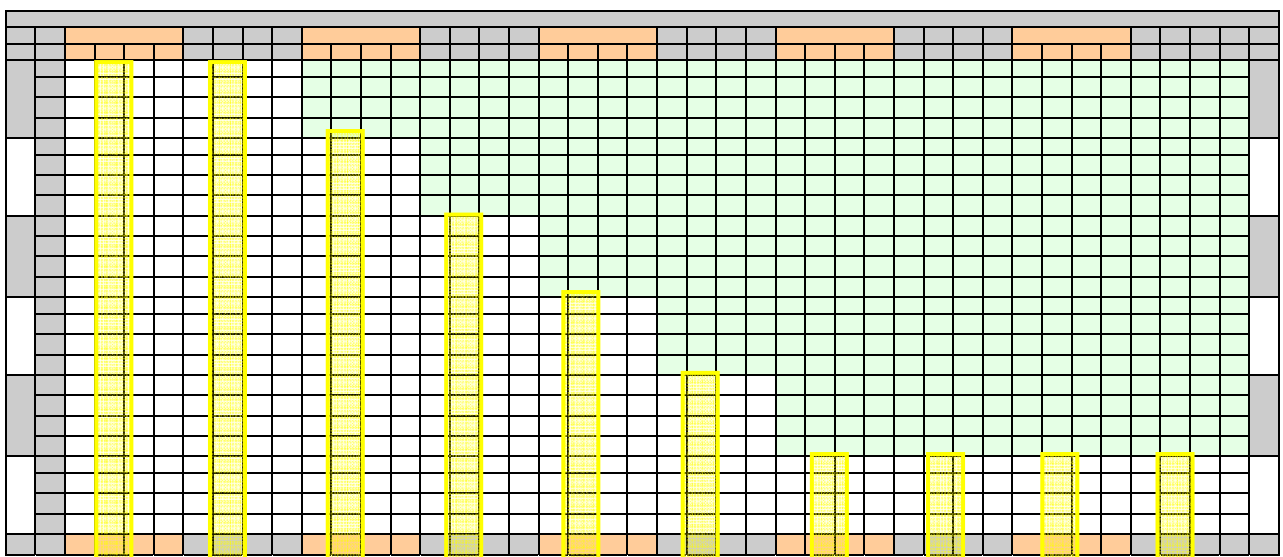
En la parte superior e inferior del cuadro se sitúa la terminología correspondiente.



4. Las flechas máximas obtenidas de los 120 modelos se colocan en la segunda columna de cada grupo.

Para localizarlas en la tabla se usan en el siguiente esquema recuadros de color amarillo.

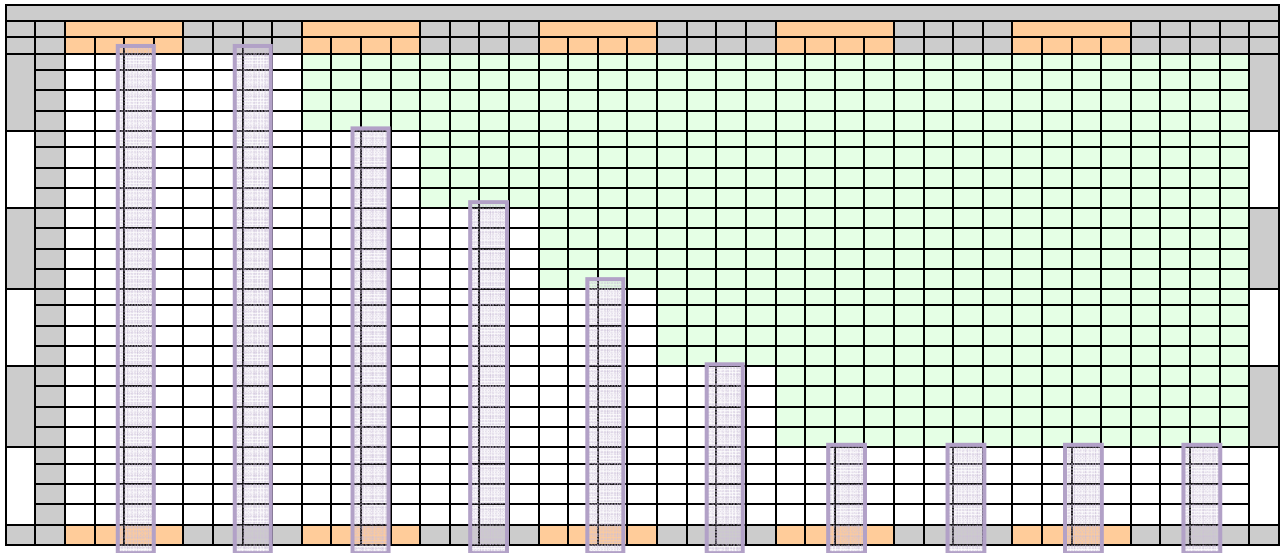
En la parte superior e inferior del cuadro se ubica la terminología correspondiente.



5. Las tensiones de tracción máximas obtenidas de todos los modelos se localizan en la tercera columna de cada grupo.

Para ubicarlas en la tabla se usan en el siguiente esquema recuadros de color violeta.

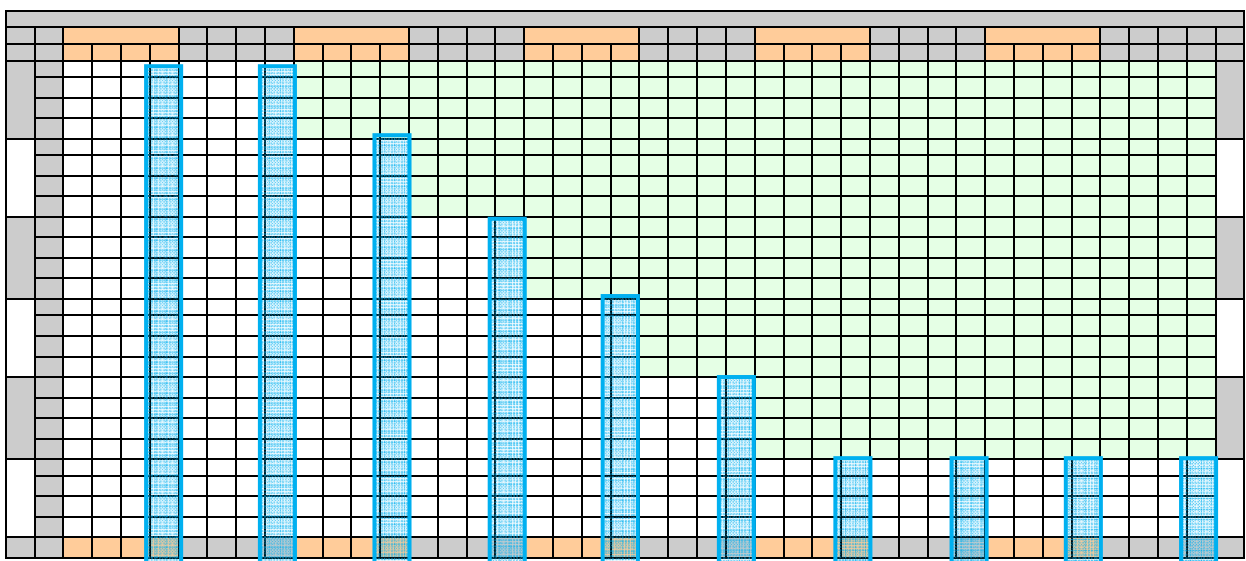
En la parte superior e inferior del cuadro se sitúa la terminología correspondiente.



6. Las tensiones de compresión máximas obtenidas de todos los modelos se sitúan en la cuarta columna de cada grupo.

Para localizarlas en la tabla se usan en el siguiente esquema recuadros de color azul.

En la parte superior e inferior del cuadro se ubica la terminología correspondiente.



MJG

5.2 INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- MODELOS A ESTUDIAR Y MALLADO
- 3.- RESULTADOS OBTENIDOS
- 4.- ESTUDIO COMPARATIVO**

5.2.4 Estudio comparativo

5.2.4.1 Flechas: f_{adm}^{84} , f_{real}^{85}

Primeramente analizamos la flecha de los dos casos extremos, es decir, cuando la pared tiene 2 y 10 plantas y consideramos que el hueco está ubicado en la planta baja:

1. La pared de 2 plantas tiene desplazamientos pequeños que no llegan a superar la f_{adm} :

- a. Cuando la abertura es de 1,50m, $f_{real}=0,00003m$ ($f_{adm}=0,0015m$).
- b. Si el hueco tiene una longitud de 2,50m, $f_{real}=0,00006m$ ($f_{adm}=0,0025m$).
- c. En el caso de que el ancho de la abertura sea de 3,50m, $f_{real}=0,00010m$ ($f_{adm}=0,0035m$).
- d. Cuando la abertura es de 4,50m, $f_{real}=0,00014m$ ($f_{adm}=0,0045m$).

2. El modelo de 10 plantas tiene las deformaciones mayores, sin embargo, tampoco supera la f_{adm} :

- e. Cuando la abertura es de 1,50m, $f_{real}=0,00019$ ($f_{adm}=0,0015m$).
- f. Si el hueco tiene una longitud de 2,50m, $f_{real}=0,00032m$ ($f_{adm}=0,0025m$).
- g. En el caso de que el ancho de la abertura sea de 3,50m, $f_{real}=0,00048m$ ($f_{adm}=0,0035m$).
- h. Cuando la abertura es de 4,50m, $f_{real}=0,00066m$ ($f_{adm}=0,0045m$).

3. Al comparar todos los modelos podríamos concluir que:

- i. Ninguno de los 120 modelos supera la f_{adm} .
- j. El límite de flecha es un factor poco restrictivo⁸⁶ en los modelos.
- k. En el peor de los casos⁸⁷ se llega a una $f_{real}=0,00066m$ teniendo como $f_{adm}=0,0045m$, aproximadamente el desplazamiento de cálculo equivale al 15% de la admisible.

⁸⁴ f_{adm} =Flecha admisible o límite.

⁸⁵ f_{real} =Flecha real obtenida en el cálculo.

⁸⁶ Ya que difícilmente la pared superará la flecha admisible.

⁸⁷ Cuando la pared tiene 10 plantas.

5.2.4.2 Tensiones de tracción: σ_{x-T} ⁸⁸**4. Modelo de 2 plantas:**

- a. En el caso en que la longitud del hueco sea de 1,50m, no se llega a superar el valor límite de σ_{x-T} .
- b. Si el hueco está en la planta baja, la fisuración se inicia⁸⁹ cuando el ancho de la abertura es de 2,50m⁹⁰⁻⁹¹.
- c. Cuando el vano se localiza en la planta primera, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 2,50m⁹²⁻⁹³.

5. Modelo de 3 plantas:

- d. En el caso en que la longitud del hueco sea de 1,50m, no se supera el valor límite de σ_{x-T} .
- e. Cuando el hueco está en la planta baja, la fisuración se inicia cuando el ancho de la abertura es de 2,50m⁹⁴.
- f. Si el vano se localiza en la primera planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 2,50m⁹⁵.
- g. Cuando el vano se localiza en la segunda planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 2,50m⁹⁶.

6. Modelo de 4 plantas:

- h. Si el hueco se encuentra en la planta baja, la fisuración se inicia con una longitud de 1,50m⁹⁷.
- i. Cuando el hueco está en la primera planta, la fisuración se inicia cuando el ancho de la abertura es de 1,50m⁹⁸.
- j. Si el vano se localiza en la segunda planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 2,50m⁹⁹.
- k. Cuando el vano se localiza en la tercera planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de 2,50m¹⁰⁰.
- l. A partir de este modelo se observa que la posición del hueco más desfavorable es cuando se ubica en la segunda planta¹⁰¹.

⁸⁸ σ_{x-T} = Tensión de cálculo a tracción en el sentido "x" (resultado de las fuerzas "Nxx=Nx'") del modelo. El valor límite de σ_{x-T} es de 10,00N/m² (1,00Kg/cm²).

⁸⁹ Esto quiere decir que, con seguridad, los modelos con más número de plantas superaran la resistencia a tracción del material cuando el hueco esté ubicado en la planta baja y éste tenga un ancho de abertura de 1,50m.

⁹⁰ En el caso de los huecos de mayor longitud (3,50m y 4,50m), con más razón superan el valor límite de la tensión.

⁹¹ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-T}=1,00\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹² Los anchos de abertura inferiores (1,50m y 2,50m) no superan la tensión límite, mientras que, como es lógico, el superior (4,50m) si lo sobrepasa.

⁹³ Alcanzando una $\sigma_{x-T}=0,99\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁴ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-T}=1,45\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁵ Alcanzando una $\sigma_{x-T}=1,40\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁶ Alcanzando una $\sigma_{x-T}=1,05\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁷ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-T}=1,00\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁸ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-T}=1,50\text{Kg}/\text{cm}^2$.

⁹⁹ Alcanzando una $\sigma_{x-T}=1,60\text{Kg}/\text{cm}^2$.

¹⁰⁰ Alcanzando una $\sigma_{x-T}=1,00\text{Kg}/\text{cm}^2$.

7. Modelo de 5 plantas:

- m. Si el hueco se encuentra en la planta baja, la fisuración se inicia con una longitud de $1,50\text{m}^{102}$.
- n. Cuando el hueco está en la primera planta, la fisuración se inicia cuando el ancho de la abertura es de $1,50\text{m}^{103}$.
- o. Si el vano se localiza en la segunda planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de $1,50\text{m}^{104}$.
- p. Si el vano se localiza en la tercera planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de $2,50\text{m}^{105}$.
- q. Cuando el vano se localiza en la cuarta planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de $2,50\text{m}^{106}$.
- r. La posición del hueco más desfavorable es cuando se ubica en la primera planta¹⁰⁷.

8. Modelo de 6 plantas:

- s. Si el hueco se encuentra en la planta baja, la fisuración se inicia con una longitud de $1,50\text{m}^{108}$.
- t. Cuando el hueco está en la primera planta, la fisuración se inicia cuando el ancho de la abertura es de $1,50\text{m}^{109}$.
- u. Si el vano se localiza en la segunda planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de $1,50\text{m}^{110}$.
- v. Si el vano se localiza en la tercera planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de $1,50\text{m}^{111}$.
- w. Si el vano se localiza en la cuarta planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de $2,50\text{m}^{112}$.
- x. Cuando el vano se localiza en la quinta planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de $2,50\text{m}^{113}$.
- y. La posición del hueco más desfavorable es cuando se ubica en la primera planta¹¹⁴.

¹⁰¹ Las tensiones son superiores, incluso cuando el hueco está en la planta baja.

¹⁰² Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=1,31\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰³ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=2,02\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁴ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=1,73\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁵ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=1,46\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁶ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=0,99\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁷ Cuando el hueco está en la planta baja la tensión es de $1,31\text{Kg/cm}^2$ y si está en la primera planta la tensión es de $2,02\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁸ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=2,74\text{Kg/cm}^2$.

¹⁰⁹ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=3,30\text{Kg/cm}^2$.

¹¹⁰ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=2,77\text{Kg/cm}^2$.

¹¹¹ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=2,09\text{Kg/cm}^2$.

¹¹² Alcanzando una $\sigma_{x-t}=1,55\text{Kg/cm}^2$.

¹¹³ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=1,00\text{Kg/cm}^2$.

9. Modelo de 10 plantas:

- z. Si el hueco se encuentra en la planta baja, la fisuración se inicia con una longitud de 1,50m¹¹⁵.
- aa. Cuando el hueco está en la primera planta, la fisuración se inicia cuando el ancho de la abertura es de 1,50m¹¹⁶.
- bb. Si el vano se localiza en la segunda planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de 1,50m¹¹⁷.
- cc. Si el vano se localiza en la tercera planta, la fisuración se inicia cuando la abertura del hueco es de 1,50m¹¹⁸.
- dd. Si el vano se localiza en la cuarta planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 1,50m¹¹⁹.
- ee. Si el vano se localiza en la quinta planta, la fisuración se inicia cuando el hueco es de 1,50m¹²⁰.
- ff. Si el vano se localiza en la sexta planta, la fisuración se inicia cuando el vano es de 1,50m¹²¹.
- gg. Si el vano se localiza en la séptima planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 1,50m¹²².
- hh. Si el vano se localiza en la octava planta, la fisuración se inicia cuando la abertura es de 2,50m¹²³.
- ii. Cuando el vano se localiza en la novena planta, la fisuración se inicia cuando la longitud del hueco es de 2,50m¹²⁴.
- jj. La posición del hueco más desfavorable es cuando se ubica en la primera planta¹²⁵⁻¹²⁶.

10. Podríamos concluir que:

- kk. Ninguno de los 120 modelos superan las flechas admisibles.
- ll. En el peor de los casos¹²⁷ se llega a una flecha de 0,00066m teniendo como límite 0,0045m¹²⁸.

¹¹⁴ Cuando el hueco está en la planta baja la tensión es de 2,74Kg/cm² y si está en la primera planta la tensión es de 3,30Kg/cm².

¹¹⁵ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=4,51\text{Kg/cm}^2$.

¹¹⁶ Con una tensión de tracción de $\sigma_{x-t}=6,18\text{Kg/cm}^2$.

¹¹⁷ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=5,65\text{Kg/cm}^2$.

¹¹⁸ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=4,93\text{Kg/cm}^2$.

¹¹⁹ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=4,25\text{Kg/cm}^2$.

¹²⁰ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=3,45\text{Kg/cm}^2$.

¹²¹ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=2,62\text{Kg/cm}^2$.

¹²² Alcanzando una $\sigma_{x-t}=1,88\text{Kg/cm}^2$.

¹²³ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=0,92\text{Kg/cm}^2$.

¹²⁴ Alcanzando una $\sigma_{x-t}=0,79\text{Kg/cm}^2$.

¹²⁵ Cuando el hueco está en la planta baja la tensión es de 4,51Kg/cm² y si está en la primera planta la tensión es de 6,18Kg/cm².

¹²⁶ Con una diferencia muy superior a los casos anteriores.

¹²⁷ Cuando la pared tiene 10 plantas.

- mm. Se constata que el límite de flecha es un factor poco restrictivo¹²⁹ para el cálculo de los apeos.
- nn. Si consideramos que la fábrica resiste a tracción 1,00kg/cm², observamos que:
- Cuando las paredes tienen 2 y 3 plantas, independientemente de la posición del hueco, sobrepasan la tensión a tracción con un ancho de abertura de 2,50m.
 - En las dos últimas plantas¹³⁰ (de todos los modelos) no se llega a superar la tensión a tracción de la fábrica cuando el ancho de vano es de 1,50m.
 - En las dos últimas plantas¹³¹ (de todos los modelos) se llega a superar la tensión a tracción de la fábrica cuando el ancho de vano es de 2,50m.
 - A partir de la pared de 4 plantas se inicia la fisuración cuando el vano es de 2,50m¹³².
 - A partir de la pared de 4 plantas, las tensiones de tracción más altas se producen cuando el hueco se sitúa en la primera planta.

11. Si consideramos el límite a tracción que se impone en el "CTE"¹³³, para que la pared se fisure necesitaríamos que tenga 5 plantas¹³⁴ y que:

- El hueco esté ubicado en la primera planta con una longitud de 3,50m.
- O bien, que el vano se encuentre en la primera planta, aunque con un ancho de abertura de 2,50m.

12. Si consideramos el límite a tracción intermedio¹³⁵ de 2,00Kg/cm², para que la pared se fisure necesitaríamos que tenga 4 plantas y además que:

- El hueco esté ubicado en la planta baja con una longitud de 2,50m.

¹²⁸ Aproximadamente el desplazamiento de cálculo equivale a un 15% de la tensión límite.

¹²⁹ Ya que difícilmente la pared superará la flecha admisible en ninguno de los modelos.

¹³⁰ Si comparamos los dos modelos extremos: en el caso de la pared de dos plantas en ningún caso se supera la tensión cuando el ancho de la abertura es de 1,50m. De igual modo, cuando existen 10 plantas, las dos últimas no se fisuran cuando la longitud de los huecos es de 1,50m. Así mismo ocurre en los modelos restantes.

¹³¹ Si comparamos los dos modelos extremos: en el caso de la pared de dos plantas se supera la tensión cuando el ancho de la abertura es de 2,50m. De igual modo, cuando existen 10 plantas, las dos últimas se fisuran cuando la longitud de los huecos es de 2,50m. Así mismo ocurre en los modelos restantes.

¹³² Cuando el hueco se encuentra en la planta baja.

¹³³ 10% de la resistencia a compresión de la fábrica, en nuestro caso de 36N/m² (3,60Kg/cm²).

¹³⁴ En el cuadro se marca pintando las casillas de color rojo.

¹³⁵ En el cuadro se marca pintando las casillas de color azul.

Tensiones de Compresión: σ_{x-c} ¹³⁶

13. Modelo de 2 plantas:

- a. Ninguno de los modelos supera la resistencia a compresión de la fábrica.
- b. La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 8,99Kg/cm².

14. Modelo de 3 plantas:

- c. Ninguno de los modelos supera la resistencia a compresión de la fábrica.
- d. La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 14,50Kg/cm².

15. Modelo de 4 plantas:

- e. Ninguno de los modelos supera la resistencia a compresión de la fábrica.
- f. La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 23,74Kg/cm².

16. Modelo de 5 plantas:

- g. Ninguno de los modelos supera la resistencia a compresión de la fábrica.
- h. La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 25,50Kg/cm².

17. Modelo de 6 plantas, a diferencia de los otros sí fisura:

- i. Si el hueco se encuentra en la planta baja y con un ancho de abertura de 1,50m, no supera la resistencia a compresión¹³⁷.
- j. Si el hueco se encuentra en la planta baja y con un ancho de abertura de 2,50m, no supera la resistencia a compresión¹³⁸.
- k. Si el hueco se encuentra en la planta baja y con un ancho de abertura de 1,50m, no supera la resistencia a compresión¹³⁹.
- l. Si el hueco se encuentra en la planta baja y con un ancho de abertura de 4,50m, "sí" supera la resistencia a compresión¹⁴⁰.
- m. Cuando los huecos están en las otras plantas, indistintamente del ancho de la abertura, no se produce fisuración.

18. Modelo de 10 plantas, también llega a fisurar:

- n. Si el hueco se encuentra en la planta baja y con un ancho de abertura de 1,50m, no supera la resistencia a compresión¹⁴¹.

¹³⁶ σ_{x-T} = Tensión de cálculo a tracción en el sentido "x" (resultado de las fuerzas "Nxx=Nx'") del modelo. El valor límite de σ_{x-T} es de 10N/m² (1,00Kg/cm²).

¹³⁷ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 21,30Kg/cm².

¹³⁸ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 25,30Kg/cm².

¹³⁹ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 28,79Kg/cm².

¹⁴⁰ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 25,70Kg/cm².

¹⁴¹ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 34,70Kg/cm².

- o. Si el hueco se encuentra en la planta baja y a partir de un ancho de abertura de 2,50m, "sí" se supera la resistencia a compresión¹⁴².
- p. Si el hueco se encuentra en la primera planta y con un ancho de abertura de 1,50m, no supera la resistencia a compresión¹⁴³.
- q. Si el hueco se encuentra en la primera planta y, a partir de un ancho de abertura de 2,50m, "sí" supera la resistencia a compresión¹⁴⁴.
- r. Si el hueco se encuentra en la segunda planta y con un ancho de abertura de 1,50m y 2,50, no supera la resistencia a compresión¹⁴⁵.
- s. Si el hueco se encuentra en la segunda planta y, a partir de un ancho de abertura de 3,50m, "sí" supera la resistencia a compresión¹⁴⁶.
- t. Si el hueco se encuentra en la tercera planta y con un ancho de abertura de 1,50m, 2,50m y 3,50m, no supera la resistencia a compresión¹⁴⁷.
- u. Si el hueco se encuentra en la tercera planta y con un ancho de abertura de 4,50m, "sí" supera la resistencia a compresión¹⁴⁸.
- v. Cuando los huecos están en las plantas restantes¹⁴⁹, indistintamente del ancho de la abertura, no se produce fisuración.

19. Podemos concluir que:

- w. Para superar la resistencia a compresión necesitaríamos que la pared tenga como mínimo 6 plantas.
- x. Para que la pared llegue a superar la tensión a compresión del material sería necesario:
 - Para el caso de la pared de 6 plantas el hueco debe estar ubicado en la planta baja y con un ancho de abertura de 4,50m.
 - Mientras que para el modelo de 10 plantas, el hueco también debe estar localizado en la planta baja, aunque su abertura debe ser de 2,50m¹⁵⁰.
- y. Las tensiones de compresión más elevadas siempre se localizan en la planta baja de todos los modelos¹⁵¹.

¹⁴² La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 43,13Kg/cm².

¹⁴³ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 32,08Kg/cm².

¹⁴⁴ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 38,35Kg/cm².

¹⁴⁵ La máxima σ_{x-c} a la que trabajan son de 28,29Kg/cm² y 28,29Kg/cm² (1,50m y 2,50m respectivamente)

¹⁴⁶ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 39,39Kg/cm².

¹⁴⁷ La máxima σ_{x-c} a la que trabajan son de 23,90Kg/cm², 29,83Kg/cm² y 34,14Kg/cm² (1,50m, 2,50m y 3,50m respectivamente)

¹⁴⁸ La máxima σ_{x-c} a la que trabaja es de 41,69Kg/cm².

¹⁴⁹ De la cuarta a la novena.

¹⁵⁰ Lógicamente, al ser la carga mayor (10 plantas), es necesaria una longitud de vano menor.

¹⁵¹ Con el hueco ubicado de igual forma en la planta baja. Los resultados son totalmente válidos, ya que las máximas Fuerzas en sentido vertical se producen en esta planta.

ÍNDICE DE CUADROS

(CUADRO 1)	ESQUEMA DE LOS MODELOS	5-5
(CUADRO 2)	NÚMERO DE PLANTAS DE LOS MODELOS A ESTUDIAR	5-5
(CUADRO 3)	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	5-10
(CUADRO 4)	REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO	5-13
(CUADRO 5)	REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS	5-14
(CUADRO 6)	VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS	5-15
(CUADRO 7)	MANIPULACIÓN DE DATOS	5-15
(CUADRO 8)	MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS	5-16
(CUADRO 9)	FUERZAS Y DESPLAZAMIENTO EN "X"	5-16
(CUADRO 10)	DESPLAZAMIENTO EN "Z"	5-17
(CUADRO 11)	MODELOS A ANALIZAR Y ESQUEMAS	5-20
(CUADRO 12)	DESPLAZAMIENTOS EN "X"	5-27
(CUADRO 13)	DESPLAZAMIENTOS EN "Z"	5-29
(CUADRO 14)	VECTORES "SII"	5-30
(CUADRO 15)	FUERZAS "N22" Y "NY _Y =NY'"	5-32
(CUADRO 16)	VECTORES "SI"	5-33
(CUADRO 17)	FUERZAS "N11" Y "NX _X =NX'"	5-35
(CUADRO 18)	NÚMERO DE PLANTAS DE LOS MODELOS A ESTUDIAR	5-38
(CUADRO 19)	VARIANTES EN LA PARED DE TRES PLANTAS	5-39
(CUADRO 20)	VARIANTES EN LA PARED DE TRES PLANTAS	5-39
(CUADRO 21)	GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 1,50M	5-42
(CUADRO 22)	GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 2,50M	5-43
(CUADRO 23)	GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 3,50M	5-44
(CUADRO 24)	GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A ANALIZAR: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON HUECOS EN DIFERENTES PLANTAS Y CON UNA ABERTURA DE 4,50M	5-45
(CUADRO 25)	CARACTERÍSTICAS DEL MALLADO UTILIZADO	5-46
(CUADRO 26)	RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS 120 MODELOS: DE 2, 3, 4, 5 ,6 Y 10 PLANTAS, CON INFLUENCIA DEL ZUNCHO DE FORJADO	5-51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

(GRAF.5: 1)	DIMENSIONADO DEL MODELO CON HUECO DE 1,50M.	5-10
(GRAF.5: 2)	DIMENSIONADO DEL MODELO CON HUECO DE 2,50M.	5-10
(GRAF.5: 3)	DIMENSIONADO DEL MODELO CON HUECO DE 3,50M.	5-10
(GRAF.5: 4)	DIMENSIONADO DEL MODELO CON HUECO DE 4,50M.	5-10
(GRAF.5: 5)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-X (δX).	5-13
(GRAF.5: 6)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Y (δY).	5-13
(GRAF.5: 7)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Z (δZ).	5-13
(GRAF.5: 8)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-X (θX).	5-13
(GRAF.5: 9)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Y (θY).	5-13
(GRAF.5: 10)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Z (θZ).	5-13
(GRAF.5: 11)	"SII": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS AZULES COMPRESIONES.	5-14
(GRAF.5: 12)	"N22": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "Y").	5-14
(GRAF.5: 13)	"NYY=NY'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "YY=Y'" (EN EL EJE LOCAL "Y'").	5-14
(GRAF.5: 14)	"SI": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS AZULES COMPRESIONES.	5-14
(GRAF.5: 15)	"N11": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "X").	5-14
(GRAF.5: 16)	"NXX=NX'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "XX=X'" (EN EL EJE LOCAL "X'").	5-14
(GRAF.5: 17)	DATOS INICIALES DEL PROGRAMA. VALOR MÁXIMO ABSOLUTO (MÁX. ABS.)	5-15
(GRAF.5: 18)	DATOS MANIPULADOS: IGUALDAD ENTRE MÁXIMOS Y MÍNIMOS. VALOR DE REFERENCIA 1,5424E+05 (MÁX. ABS.)	5-15
(GRAF.5: 19)	DESPLAZAMIENTO EN "X" MÁXIMO ABSOLUTO: 4,4234E+5N/M.	5-16
(GRAF.5: 20)	DESPLAZAMIENTO EN "Z" MÁXIMO ABSOLUTO:	5-16
(GRAF.5: 21)	LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22" ES "N22": 5,5675E+5N/M.	5-16
(GRAF.5: 22)	LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "YY" ES "NYY=NY'": 4,4234E+5N/M.	5-16
(GRAF.5: 23)	LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11" ES "N11": 1,1628E+5N/M.	5-16
(GRAF.5: 24)	LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "XX" ES "NXX=NX'": 1,8013E+5N/M.	5-16
(GRAF.5: 25)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS VECTORES "SI".	5-18
(GRAF.5: 26)	ESQUEMA DEL MODELO: HUECO-1,50M, CON BASE EMPOTRADA.	5-20
(GRAF.5: 27)	ESQUEMA DEL MODELO: HUECO-2,50M, CON BASE EMPOTRADA.	5-20
(GRAF.5: 28)	ESQUEMA DEL MODELO: HUECO-3,50M, CON BASE EMPOTRADA.	5-20
(GRAF.5: 29)	ESQUEMA DEL MODELO: HUECO-4,50M, CON BASE EMPOTRADA.	5-20

TOMO-2/2

Tesis Doctoral presentada por:

Lucrecia Calderón Valdiviezo

Director de Tesis:

Dr. Arq. Jordi Maristrany

CAPÍTULO-6

APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS

MJIG

CAPÍTULOS GENERALES

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ESTADO DEL CONOCIMIENTO
- 3.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 4.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 5.- INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS
- 6.- APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS**
- 7.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA PARA DIFERENTES MODELOS
- 8.- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

CAPÍTULO-6

6	APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS.....	6-9
6.1	ASPECTOS GENERALES.....	6-9
6.1.1	Determinación de la trayectoria de las fisuras.....	6-12
6.1.2	Representación geométrica de los modelos.....	6-15
6.1.3	Características mecánicas del material.....	6-16
6.1.4	Programas utilizados.....	6-16
6.1.5	Características del mallado de los modelos.....	6-16
6.1.6	Condiciones de Contorno.....	6-17
6.1.6.1	Representación gráfica de los desplazamientos y giros.....	6-17
6.1.7	Estudio a realizar.....	6-18
6.1.7.1	Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo.....	6-18
6.1.7.2	Especificación de criterios de interpretación de los modelos individuales.....	6-19
6.2	EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS" EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA PRIMERA PLANTA.....	6-23
6.2.1	Parámetros a considerar en el estudio.....	6-27
6.2.1.1	Parámetros geométricos del modelo.....	6-27
6.2.1.2	Estado de carga utilizado.....	6-28
6.2.1.3	Condiciones de contorno.....	6-28
6.2.1.4	Características de los zunchos perimetrales.....	6-28
6.2.1.5	Características de los tensores.....	6-28
6.2.2	Estudio a realizar.....	6-29
6.2.2.1	Resultados de los modelos individuales.....	6-30
6.2.2.1.1	Pared existente real.....	6-30
6.2.2.1.2	Pared existe con dos huecos nuevos.....	6-32
6.2.2.2	Análisis comparativo.....	6-34
6.2.2.2.1	Deformaciones.....	6-34

6.2.2.2.2	Desplazamiento en "x".....	6-35
6.2.2.2.3	Desplazamientos en "z".....	6-36
6.2.2.2.4	Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii} y N_{22}) y Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-37
6.2.2.2.5	Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principales "11" (S_i y N_{11}) y Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-39
6.2.3	Conclusiones del ejercicio-1.....	6-41
6.3	EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA" AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO.....	6-43
6.3.1	Parámetros a considerar en el estudio.....	6-47
6.3.1.1	Parámetros geométricos del modelo.....	6-47
6.3.1.2	Estado de carga utilizado.....	6-48
6.3.1.3	Condiciones de contorno.....	6-48
6.3.1.4	Características de los zunchos perimetrales.....	6-48
6.3.1.5	Características de los tensores.....	6-48
6.3.2	Estudio a realizar.....	6-49
6.3.2.1	Resultados de los modelos individuales.....	6-50
6.3.2.1.1	Pared existente real: con $E=5,70E09N/m^2$	6-50
6.3.2.1.2	Módulo manipulado considerando $E=5,00E05N/m^2$	6-52
6.3.2.1.3	Pared incluyendo fisuración: $E=5,00E05N/m^2$	6-54
6.3.3	Análisis comparativo.....	6-56
6.3.3.1	Deformaciones.....	6-56
6.3.3.2	Desplazamiento en "x".....	6-57
6.3.3.3	Desplazamiento en "z".....	6-58
6.3.3.4	Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii} - N_{22}) y Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-59
6.3.3.5	Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (S_i - N_{11}) y Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-61
6.3.4	Conclusión del ejercicio-2.....	6-63
6.4	EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS FISURADOS PERTENECIENTES A UN COMPLEJO INDUSTRIAL".....	6-66

6.4.1	Fotos del Estado Actual.....	6-70
6.4.1.1	Fotos de la Nave-A.....	6-72
6.4.1.2	Fotos de la Nave-B.....	6-76
6.4.1.3	Fotos de la Nave-C (Acceso: lado derecho).....	6-78
6.4.2	Características de los modelos.....	6-80
6.4.2.1	Características geométricas del modelo general.....	6-80
6.4.2.2	Estado de carga utilizado.....	6-81
6.4.2.3	Condiciones de Contorno.....	6-81
6.4.3	Estudio a realizar.....	6-82
6.4.4	Especificación de la zona a analizar.....	6-83
6.4.5	Resultado de los modelos individuales.....	6-84
6.4.5.1	Resultados del modelo sin fisuración.....	6-84
6.4.5.1.1	Deformada, ampliación 200 veces.....	6-85
6.4.5.1.2	Desplazamiento en "x".....	6-86
6.4.5.1.3	Desplazamiento en "z".....	6-87
6.4.5.1.4	Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii}), factor- $1e-6$	6-88
6.4.5.1.5	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}).....	6-89
6.4.5.1.6	Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-90
6.4.5.1.7	Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (S_{ii}), factor- $1e-6$	6-91
6.4.5.1.8	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}).....	6-92
6.4.5.1.9	Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-93
6.4.5.2	Resultados del modelo con la formación de las primeras fisuras.....	6-94
6.4.5.2.1	Deformada, ampliación 200 veces.....	6-95
6.4.5.2.2	Desplazamiento en "x".....	6-96
6.4.5.2.3	Desplazamiento en "z".....	6-97
6.4.5.2.4	Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii}), factor- $1e-6$	6-98
6.4.5.2.5	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}).....	6-99

6.4.5.2.6	Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-100
6.4.5.2.7	Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (S_i), factor- $1e-6$	6-101
6.4.5.2.8	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}).....	6-102
6.4.5.2.9	Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-103
6.4.5.3	Resultados del modelo con la rotura completa.....	6-104
6.4.5.3.1	Deformada, ampliación 200 veces.....	6-105
6.4.5.3.2	Desplazamiento en "x".....	6-106
6.4.5.3.3	Desplazamiento en "z".....	6-107
6.4.5.3.4	Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii}), factor- $1e-6$	6-108
6.4.5.3.5	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}).....	6-109
6.4.5.3.6	Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-110
6.4.5.3.7	Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (S_i), factor- $1e-6$	6-111
6.4.5.3.8	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}).....	6-112
6.4.5.3.9	Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-113
6.4.6	Análisis comparativo de los diferentes modelos.....	6-114
6.4.6.1	Deformada, ampliación 50 veces.....	6-115
6.4.6.2	Desplazamiento en "x".....	6-117
6.4.6.3	Desplazamiento en "z".....	6-119
6.4.6.4	Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii}), factor- $1e-6$	6-121
6.4.6.5	Fuerza en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}).....	6-123
6.4.6.6	Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$).....	6-124
6.4.6.7	Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (S_i), factor- $1e-6$	6-125
6.4.6.8	Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}).....	6-127
6.4.6.9	Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$).....	6-128
6.4.7	Conclusiones del ejercicio-3.....	6-129
6.5	CONCLUSIÓN GENERAL.....	6-135

MJIG

CAPÍTULO-6

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA
- 3.- EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO
- 4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"
- 5.- CONCLUSIÓN GENERAL

MJIG

CAPÍTULO-6**1.- ASPECTOS GENERALES**

2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA

3.- EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO

4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"

5.- CONCLUSIÓN GENERAL

6 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS

6.1 ASPECTOS GENERALES

En los capítulos precedentes se establecen conclusiones importantes, tales como: la influencia de la forma de los huecos y de la importancia de la existencia del zuncho de borde.

El presente capítulo tiene por finalidad¹ validar la metodología utilizada en el análisis de los apeos².

Para ello se realizan tres ejercicios prácticos con diferentes grados de complejidad. Corresponden a tres paredes de obra de fábrica.

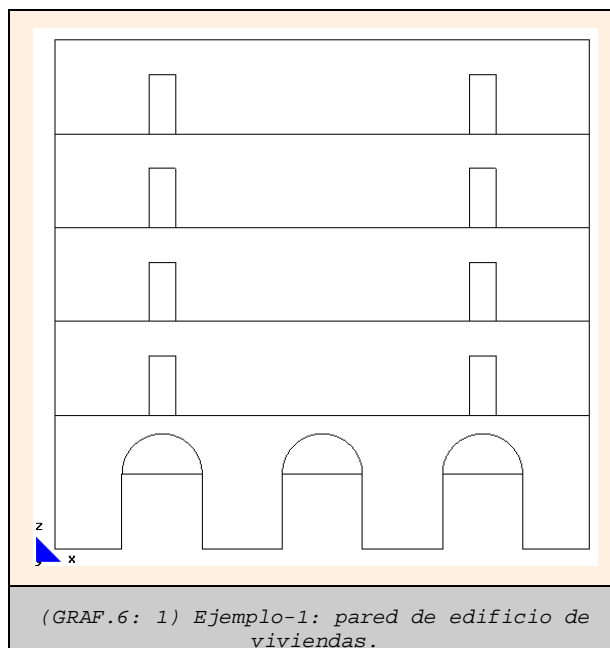
El presente capítulo no tiene como finalidad, dar una solución estructural, sino llegar a determinar sus comportamientos y causa u origen de los problemas que cada uno presenta.

A continuación damos una pequeña explicación de cada uno de ellos:

1. Ejemplo-1: "edificio de viviendas" en el que se abren dos grandes huecos en un muro de la primera planta:

En primer lugar se escoge un caso bastante sencillo para facilitar la interpretación de los resultados: "La apertura de huecos nuevos"³.

El ejemplo es un caso hipotético, aunque se procuran utilizar datos que estén en concordancia con la realidad, tales como: dimensiones de la pared, estados de cargas en las plantas y condiciones de contorno.



El objetivo es analizar el estado inicial y final de la pared y constatar que su comportamiento se relaciona con los capítulos anteriores.

¹ Al igual que los dos capítulos anteriores.

² La ejecución de apeos (apertura de huecos) es una actividad frecuente en la edificación y se analizan con mayor detalle en el capítulo anterior.

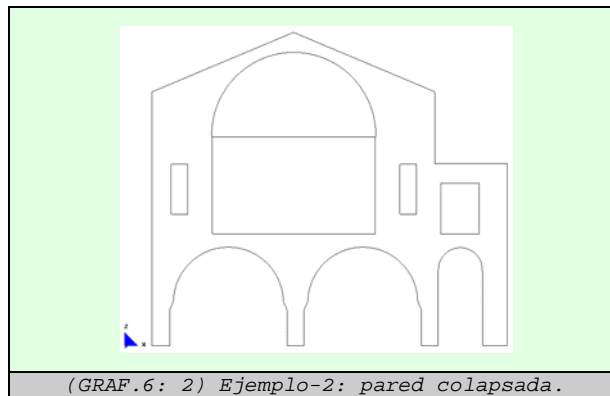
³ Que es el primer tipo de apeo. El apeo realizado en intervenciones de obras existentes, afecta directamente a los elementos estructurales del edificio, como son los muros de carga.

2. Ejemplo-2: "pared colapsada" al ceder la zapata de cimentación que soporta el arranque de un arco:

Este ejemplo es un poco más complejo dadas las dimensiones de los arcos de medio punto y la falta de simetría de algunos huecos de puertas con arcos de ángulos rectos. Pertenece a la pared de un edificio en remodelación que colapsó por la mala manipulación de la cimentación de uno de los arranques de un arco⁴.

Las dimensiones del arco más grande son 7,30m de ancho y 8,0m de alto. Se encuentra ubicado en la planta alta. La base está formada por tres arcos de medio punto de menores dimensiones.

El objetivo de este ejercicio es determinar los puntos críticos que dieron origen al colapso de dicha pared.

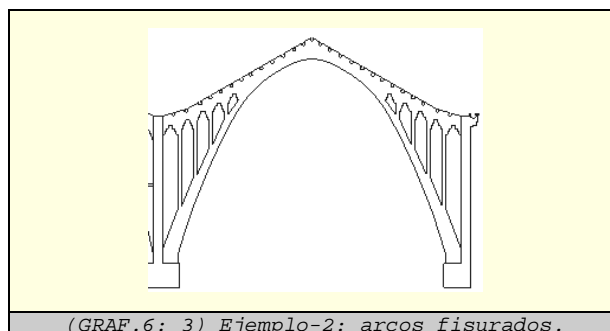


3. Ejemplo-3: "conjunto de arcos fisurados" pertenecientes a un complejo industrial:

Este ejemplo presenta mayor dificultad y corresponde al caso de los arcos de unas naves industriales que presentan una serie de fisuras bastante comprometidas⁵.

Los arcos pertenecen a una estructura real y con dimensiones muy importantes. Para simplificar el trabajo se selecciona el arco "C"⁶ por presentar serias patologías y, concretamente, su extremo superior derecho.

La finalidad es determinar las causas que dan origen a las patologías. Para ello hacemos uso de una serie de fotografías del estado actual de los arcos, las cuales constituyen un aspecto relevante en el estudio.



⁴ Tercer machón de izquierda a derecha.

⁵ En especial en uno de sus arcos, el cual se selecciona para ser estudiado.

⁶ Las dimensiones del arco "C" son: ancho de la base de 13m y altura de 19m.

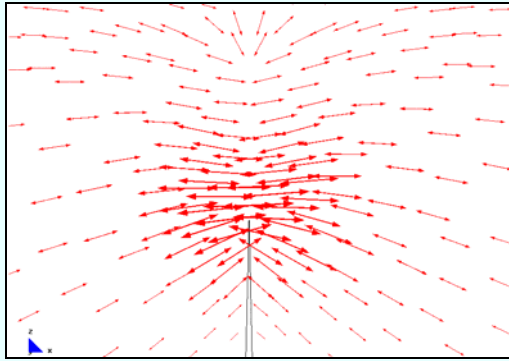
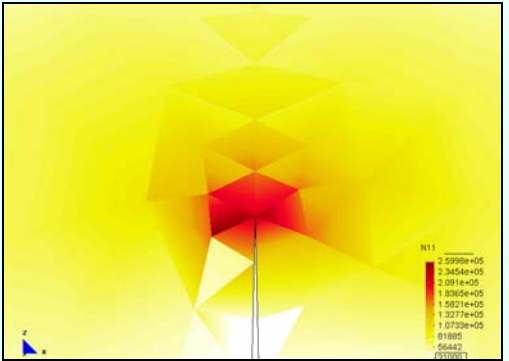
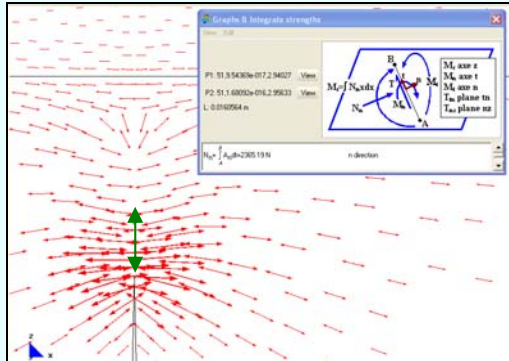
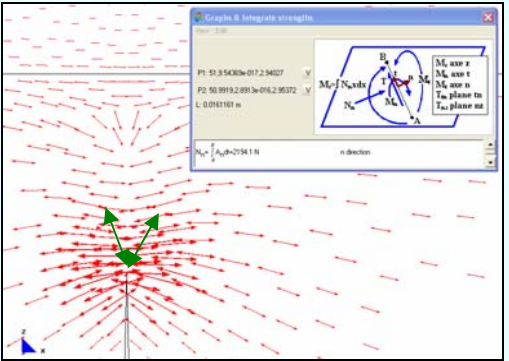
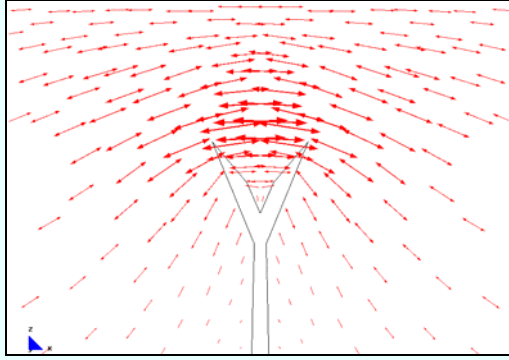
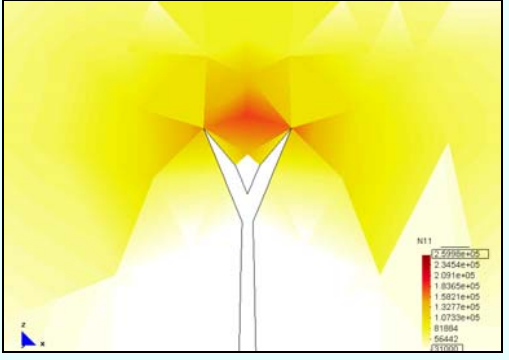
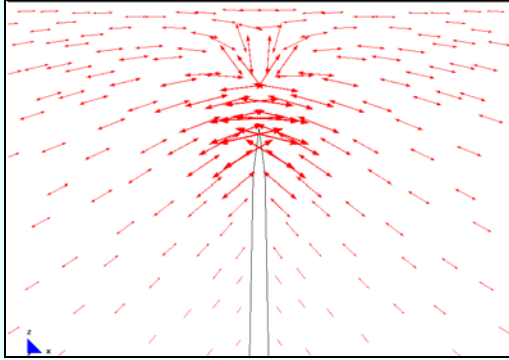
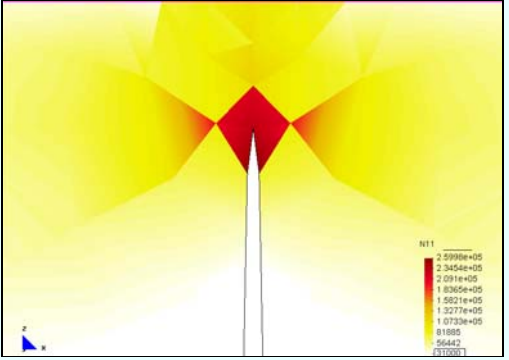
MIIG

6.1 ASPECTOS GENERALES

- 1.- DETERMINACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE LAS FISURAS
- 2.- REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS MODELOS
- 3.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MATERIAL
- 4.- PROGRAMAS UTILIZADOS
- 5.- CONDICIONES DE CONTORNO
- 6.- ESTUDIO A REALIZAR

6.1.1 Determinación de la trayectoria de las fisuras

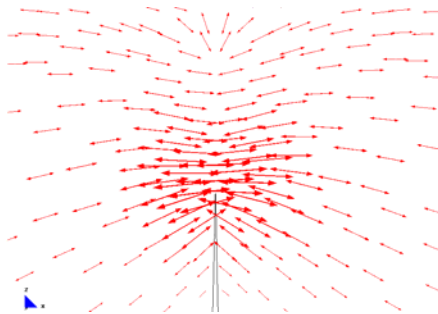
El cuadro que vemos a continuación muestra una idea general del proceso considerado para determinar la trayectoria de la dirección de las fisuras que se aplican en los dos últimos modelos⁷. Explicamos detalladamente cada uno de los pasos en las páginas siguientes:

(CUADRO 1) PROCESO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA DIRECCIÓN DE LAS FISURAS			
a)		b)	
			
(GRAF.6: 4) Vectores "Sii".	(GRAF.6: 5) Fuerzas "N11".	(GRAF.6: 6) Integración de los Vectores "Sii" ¹¹ , en diferentes direcciones.	
Objetivo: determinar la mejor trayectoria de la fisura partiendo de esta información.		Paso 1: integrar las fuerzas en diferentes direcciones.	
c)			
			
(GRAF.6: 7) Dos fisuras: vectores "Sii".	(GRAF.6: 8) Dos fisuras: fuerzas "N11".	(GRAF.6: 9) Una fisura: vectores "Sii".	(GRAF.6: 10) Una fisura: fuerzas "N11".
Paso 2.- Modelizar la trayectoria de las direcciones definidas en el Paso-1			
Selección de la trayectoria de la fisura para aplicarla al modelo definitivo. ("Sii" ⁸ ; "N11" ⁹)			

⁷ En los cuales se realiza el análisis de la fisuración.
⁸ Vectores en las direcciones principales, ver 6.1.7.1.
⁹ Fuerzas en las direcciones principales, ver 6.1.7.1.

a. **Determinar la mejor trayectoria de la fisura partiendo de la información indicada a continuación.**

A partir de una fisura existente presentamos un caso práctico, en el cual se selecciona la dirección por donde se propaga la fisura. Se puede observar que en la cabeza de la discontinuidad¹⁰ existen algunas posibles direcciones principales de propagación. El ejercicio consiste en determinar cuál de éstas representaría la realidad de forma más precisa.



(GRAF.6: 4) Vectores "Sii".¹¹



(GRAF.6: 5) Fuerzas "N11".¹²

En este caso se puede prever que la fisura seguirá una trayectoria vertical recta, ya que observamos una concentración superior de vectores horizontales.

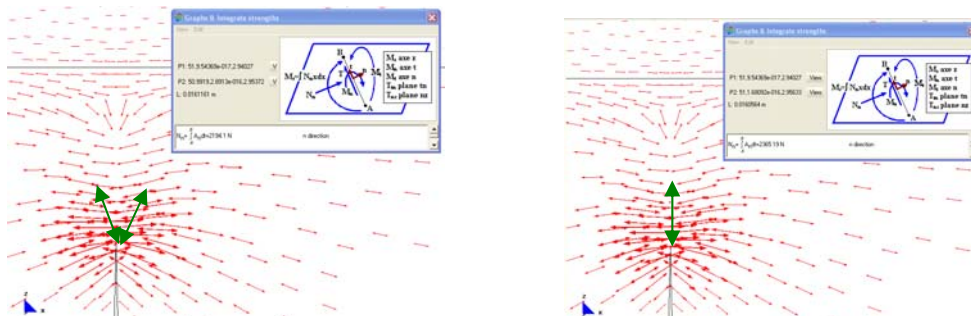
Para poder confirmar esta hipótesis se realizan dos análisis que deben ser compatibles el uno con el otro. Sólo en ese caso se puede dar la hipótesis como válida y se podría aplicar este proceso a todos los modelos¹³.

Los análisis realizados son los siguientes:

b. **Integrar las fuerzas en diferentes direcciones.**

Teniendo claro que como máximo podemos admitir la formación de dos fisuras en cada punto, se obtiene la dirección que coincida con la fuerza máxima. Para ello procedemos a realizar la integración de cada una de las dos direcciones.

La primera integración se realiza en la dirección perpendicular de los vectores inclinados (figura izquierda). La segunda integración corresponde a una dirección perpendicular a los vectores horizontales (figura derecha).



(GRAF.6: 6) Integración de los Vectores "Sii"11, en diferentes direcciones.

¹⁰ Tras haber superado la resistencia a tracción del material.

¹¹ Vectores en las direcciones principales; ver "6.1.7.1".

¹² Fuerzas en las direcciones principales; ver "6.1.7.1".

¹³ Que se desarrollan a lo largo de la Tesis.

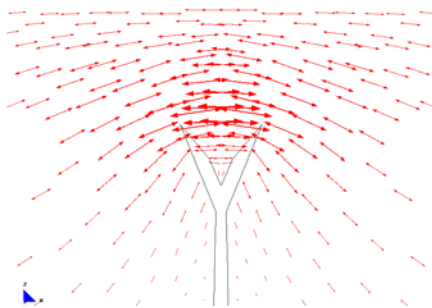
Si comparamos ambos resultados se observa que efectivamente las máximas fuerzas se concentran en los vectores horizontales; con ello, podremos dar como válida la segunda dirección de la propagación de la fisura.

c. Modelizar la trayectoria de las direcciones definidas en el punto anterior.

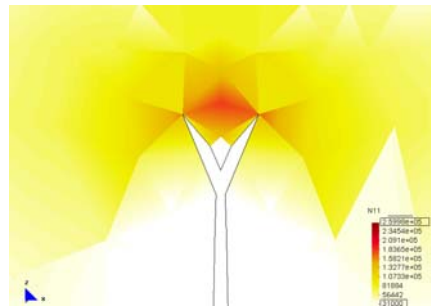
Para constatar los resultados anteriores se realiza el modelo para ambos casos de la propagación de la fisura.

Consideramos además otro aspecto¹⁴: la concentración de las fuerzas de tracción deben localizarse siempre en la cabeza de la nueva fisura; nunca en sus lados.

En el primer caso se permite la formación de dos fisuras con direcciones perpendiculares a los vectores que las generan (vectores inclinados). Observamos que las máximas fuerzas se localizan en la parte central y no en la cabeza.

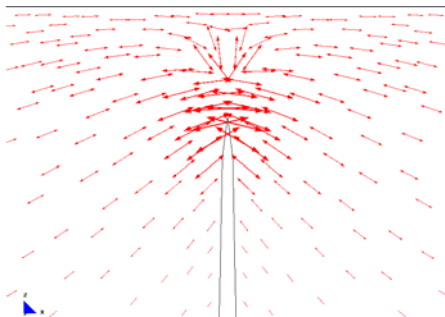


(GRAF.6: 7) Dos fisuras: vectores "Sii".¹⁵

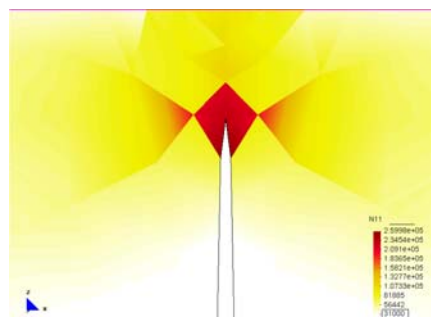


(GRAF.6: 8) Dos fisuras: fuerzas "N11".¹⁶

En el segundo se permite la formación de una nueva fisura con dirección perpendicular a los vectores que las generan (vectores horizontales). Aquí, en cambio, observamos que las máximas fuerzas se localizan en la cabeza.



(GRAF.6: 9) Una fisura: vectores "Sii".



(GRAF.6: 10) Una fisura: fuerzas "N11".

Es importante constatar que estos resultados concuerdan con los obtenidos en el primer análisis (apartado "a"): las máximas fuerzas se encuentran en la cabeza; por ello se incluirá tal fisura en el modelo real de la pared para proseguir con su análisis evolutivo.

¹⁴ Citado anteriormente.

¹⁵ Vectores en las direcciones principales; ver "6.1.7.1".

¹⁶ Fuerzas en las direcciones principales; ver "6.1.7.1".

6.1.2 Representación geométrica de los modelos

En el (CUADRO 2) se presentan las dimensiones de los tres modelos analizados a lo largo de este capítulo.

(CUADRO 2) REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS TRES EJEMPLOS PRÁCTICOS	
<p>(GRAF.6: 11) Edificio de viviendas: apertura de dos apeos (nuevos huecos) en un muro de la primera planta.</p>	
<p>(GRAF.6: 12) Pared colapsada: asentamiento de una zapata de cimentación.</p>	<p>(GRAF.6: 13) Complejo industrial: conjunto de arcos fisurados.</p>

6.1.3 Características mecánicas del material

Las características mecánicas utilizadas en los diferentes modelos analizados se calculan en base al "CTE".

γ	N/m ³	18.000
E	N/m ²	5,70E09
G	N/m ²	2,30E+09
ν	-	0,20
f_d	N/m ²	3,2E+06
f_t	N/m ²	0,1E+06

Para el cálculo de estos valores se desarrolla una hoja de cálculo que se presenta a continuación.

CTE - SE-F				
Valores de "k"		1Hoja	2Hojas	
Macizas		0,6	0,5	
Perforadas		0,55	0,45	
Aligeradas		0,5	0,4	
Huecas		0,4	-	
k	0,6			
f_b	25		N/mm ²	
f_m	15	OK	N/mm ²	
f_k	9,57		N/mm ²	
γ_M	3			
f_d	3,19		N/mm ²	
Valor de "E" teniendo "fk"				
f_k	9,57	N/mm ²	9,57E+06	N/m ²
E	9570	N/mm ²	9,57E+09	N/m ²
E _{est lim serv}	5,742	N/mm ²	5,74E+09	N/m ²
G	3828	N/mm ²	2,30E+09	N/m ²

6.1.4 Programas utilizados

Los modelos se analizan por medio del programa de cálculo "Rambshell"¹⁷ y del programa "GID"¹⁸ como pre y post-procesador. Estas herramientas informáticas se emplean a lo largo de toda la tesis.

6.1.5 Características del mallado de los modelos

La malla utilizada incorpora elementos finitos triangulares de seis grados de libertad, con una longitud de cada lado de 0,20m.

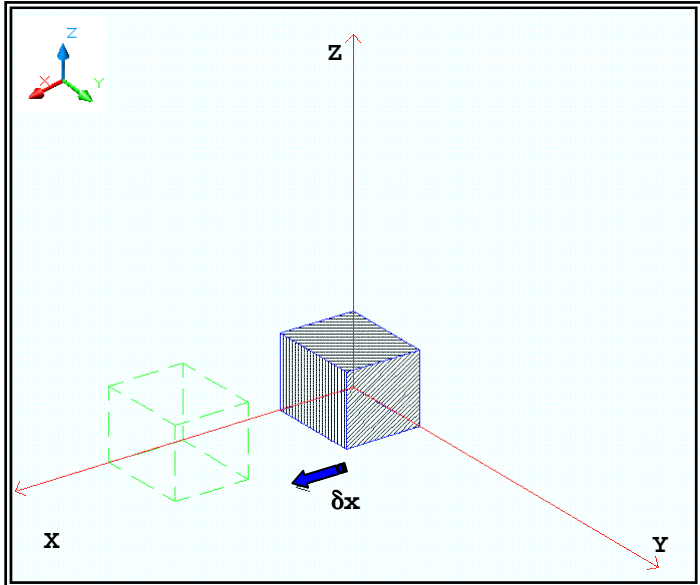
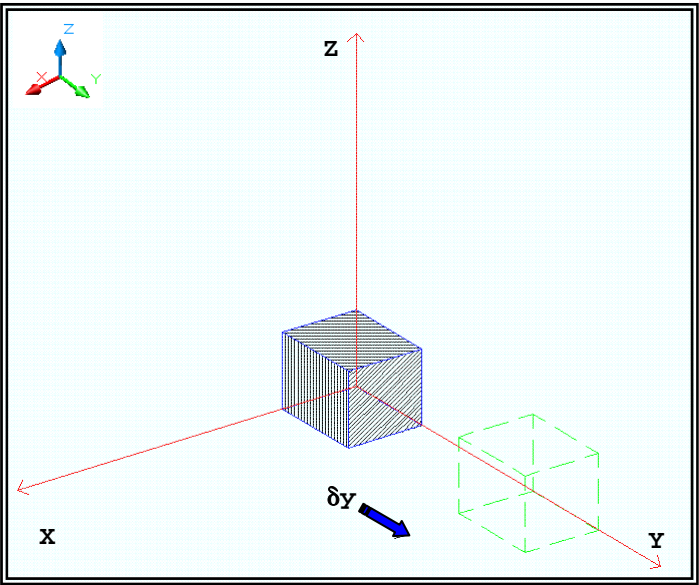
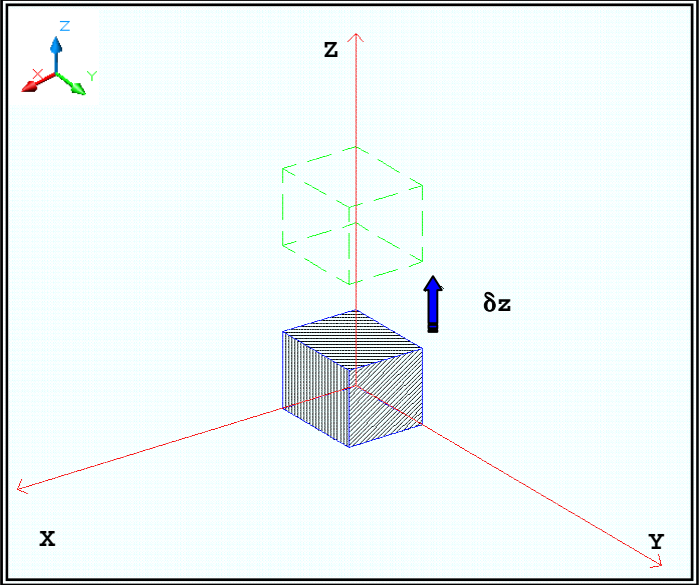
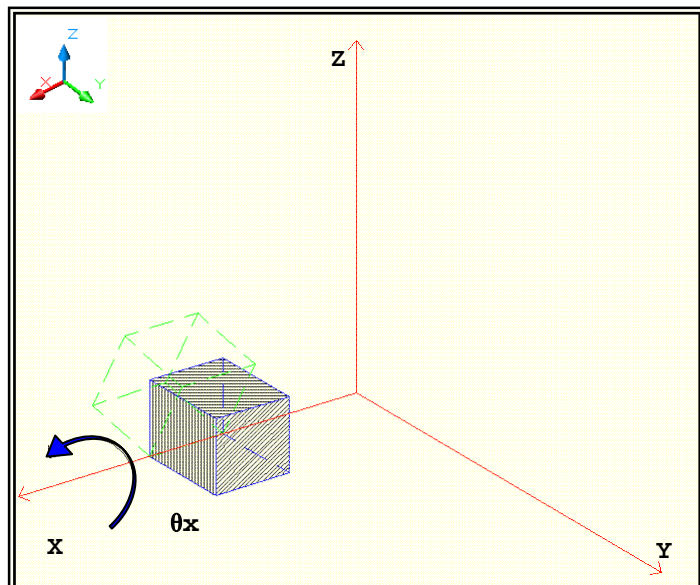
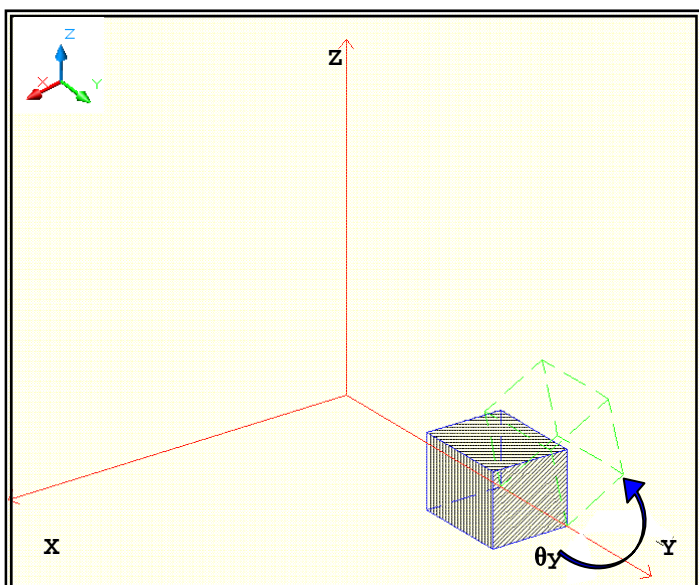
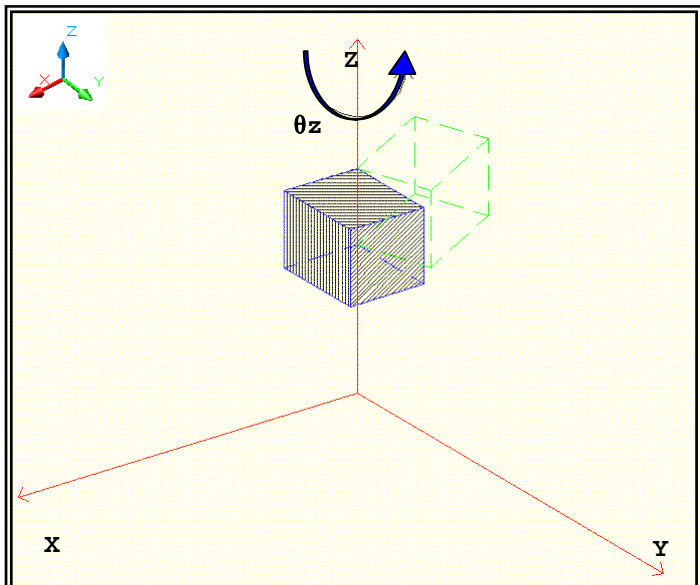
¹⁷ En el Capítulo-2 se presentan características de este programa.

¹⁸ En el Capítulo-2 se presentan características de este programa.

6.1.6 Condiciones de Contorno

6.1.6.1 Representación gráfica de los desplazamientos y giros

En el (CUADRO 3) se presentan de modo gráfico los desplazamientos y giros, de los cuales se indica únicamente su sentido positivo:

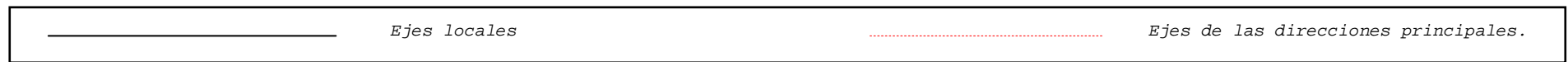
(CUADRO 3) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DESPLAZAMIENTOS Y GIROS		
DESPLAZAMIENTOS: ($\delta_x = \delta_y = \delta_z = 0$)		
		
(GRAF.6: 14) Representación del Desplazamiento-x (δ_x).	(GRAF.6: 15) Representación del Desplazamiento-y (δ_y).	(GRAF.6: 16) Representación del Desplazamiento-z (δ_z).
GIROS: ($\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$)		
		
(GRAF.6: 17) Representación del giro-x (θ_x).	(GRAF.6: 18) Representación del giro-y (θ_y).	(GRAF.6: 19) Representación del giro-z (θ_z).

6.1.7 Estudio a realizar

6.1.7.1 Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo

En el (CUADRO 4) se exponen, de modo gráfico, los resultados que se obtienen de los modelos de cálculo tales como: "Sii", "N22", "Nyy=Ny'", "Si", "N11" y "Nxx=Nx'". La representación gráfica de los desplazamientos se puede ver en el apartado "6.1.6.1".

(CUADRO 4) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS		
<p>(GRAF.6: 20) "Sii": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "22=y"). Los vectores rojos representan tracciones y los vectores azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.6: 21) "N22": fuerzas en la dirección principal "22=y" (en el eje de la dirección principal "y").</p>	<p>(GRAF.6: 22) "Nyy=Ny'": fuerzas en la dirección "yy=y'" (en el eje local "y'").</p>
<p>(GRAF.6: 23) "Si": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "11=x"). Los vectores rojos representan tracciones y los vectores azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.6: 24) Fuerzas en la dirección principal "11=x" (en el eje de la dirección principal "x").</p>	<p>(GRAF.6: 25) "Nxx=Nx'": fuerzas en la dirección "xx=x'" (en el eje local "x'").</p>



6.1.7.2 Especificación de criterios de interpretación de los modelos individuales

En primer lugar, obtenemos los resultados de cada uno de los modelos¹⁹.

Con el fin de mejorar la interpretación de los datos se tienen en cuenta los siguientes criterios:

1. Obtención del valor máximo absoluto.


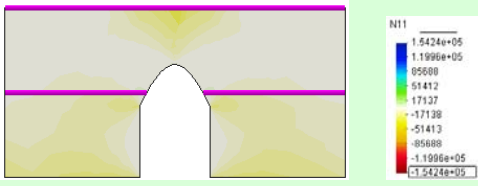
De cada modelo se selecciona el máximo absoluto de los diferentes tipos de resultados ("N11", "Nyy=Ny'", "N22"...). Posteriormente, se comparan y se selecciona, de entre todos, el máximo. Este último valor es el que se aplica en el paso 2.

En el (CUADRO 5), se presenta un ejemplo hipotético que aclara el proceso explicado en el párrafo anterior. Se resaltan, en color verde, los valores a considerar en el paso siguiente:

(CUADRO 5) VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS				
Resultado \ Modelo	Mod-1	Mod-2	Mod-3	Mod-4
"N11"	715295	872347	809283	45345
"Nyy=Ny' "	695295	852347	789283	43345
"N22"	-85295	-82347	-89283	-4345
"Nxx=Nx' "	-83295	-80347	-87283	-4145
δx	0,0001	-0,00012	-0,00028	0,0034
δz	-0,000012	-0,000013	-0,000025	-0,000045

2. Igualación de los valores máximos y mínimos.

Para facilitar la lectura de los resultados, se igualan los valores máximos y mínimos^{20,21} de los datos obtenidos. Gracias a esta igualación de datos se obtiene una escala gráfica simétrica²², como se aprecia en el (GRAF.6: 27). En el (CUADRO 6) se presenta un ejemplo aclaratorio:

(CUADRO 6) MANIPULACIÓN DE DATOS	
	
(GRAF.6: 26) Datos iniciales del programa. Valor máximo absoluto (máx. abs.) 1.5424e+05.	(GRAF.6: 27) Datos manipulados: igualdad entre máximos y mínimos. Valor de referencia 1.5424e+05 (máx. abs.).

¹⁹ Es una información necesaria para desarrollar la fase posterior de comparación de los modelos.

²⁰ La igualación se realiza en el módulo post-procesador de "GID" (comandos "set maximum value" y "set minimum value").

²¹ Utilizando el valor máximo obtenido en el paso anterior.

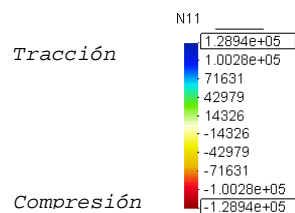
²² Gracias a dicha simetría mejora la interpretación de los valores positivos y negativos.

3. Especificación de la escala cromática utilizada para las fuerzas y para los desplazamientos en "x".

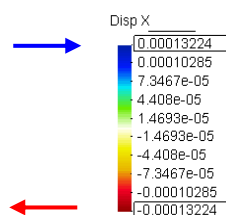
Para la representación gráfica de las fuerzas y del desplazamiento en "x" se utiliza la misma escala cromática. En el (CUADRO 7) se incluyen los números de los colores²³ utilizados en los modelos, y estos son:

(CUADRO 7) FUERZAS Y DESPLAZAMIENTO EN "X"						
	153	0	240	30	79	168
	156	2	236	27	119	251
	122	0	240	231	114	242
	62	106	240	236	111	0
	40	255	240	255	221	233
	40	240	240	240	113	0
	31	233	238	181	110	1
	234	243	238	1	115	37
	0	149	240	0	70	0

En el caso de los esfuerzos, las fuerzas de tracción se representan con una gama de colores fríos²⁴ y los de compresión con una gama de colores cálidos²⁵.



En el caso de los desplazamientos en "x" vemos dos situaciones: cuando el movimiento es hacia el lado derecho, se representan con la gama de colores fríos y cuando es hacia el lado izquierdo, con una gama de colores cálidos.



Para facilitar la interpretación se incluyen flechas que indican, visualmente, el sentido del desplazamiento²⁶.

4. Especificación de la escala cromática utilizada para la representación gráfica de los desplazamientos en "z".

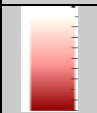
En el caso de los desplazamientos en "z" se selecciona una escala cromática de colores cálidos²⁷, la misma que se indica en el (CUADRO 8):

²³ Estos números se introducen en el módulo post-procesador de "GID" (comando option/contour/colour Windows/user defined).

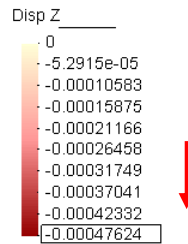
²⁴ Los colores fríos corresponden a una gama de verde y azul.

²⁵ Los colores cálidos corresponden a una gama de amarillo y rojo.

²⁶ Hay que indicar que el movimiento horizontal no se debe a fuerzas laterales externas (fuerzas aplicadas en la dirección "x"). Se debe más bien al efecto de Poisson que origina que la pieza cargada se deforme en todas las direcciones. Dicho efecto depende del sentido de fuerza, en el caso en que sea de compresión la pieza se ensancha y se acorta.

(CUADRO 8) DESPLAZAMIENTO EN "Z"						
	40	255	240	255	221	233
	0	255	240	151	191	151
	0	149	240	0	70	0

Para mayor claridad de los resultados se incluye una flecha que indica el sentido del desplazamiento. Veamos un ejemplo:



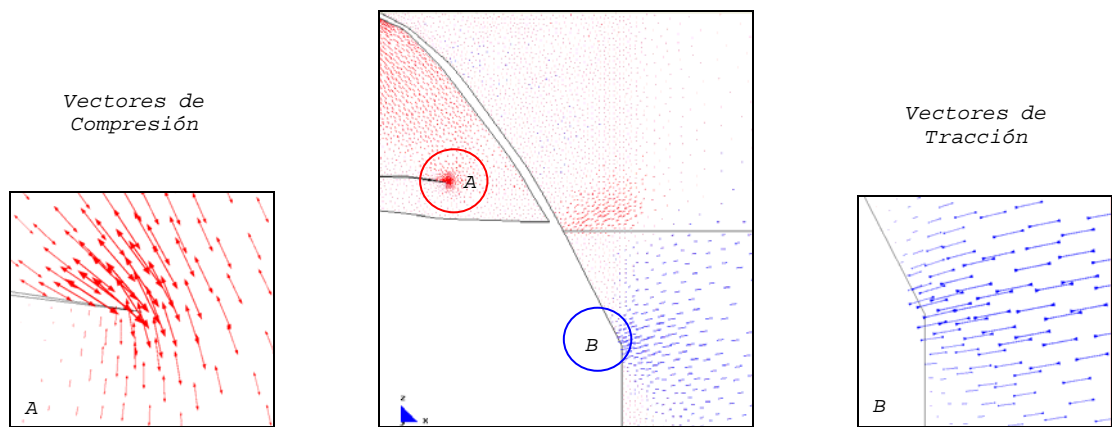
5. Definición del factor de escala: "Si" y "Sii".

El factor de escala es el valor que se utiliza para ampliar o reducir la representación gráfica de los vectores ("Si" y "Sii").

Con la finalidad de facilitar la comparación de los modelos se tiene en cuenta que el factor de escala es igual para todos ellos, tanto para la representación de "Si" como para "Sii".

Gracias a esta igualdad se puede demostrar fácilmente que los vectores "Sii" son siempre superiores a los "Si"²⁸.

En los resultados gráficos de ambos vectores²⁹ se distinguen dos tipologías: los vectores de color rojo³⁰ que simbolizan tracciones y los de color azul³¹ que representan compresiones. Por ejemplo:



(GRAF.6: 28) Representación gráfica de los vectores "Si".

²⁷ Los desplazamientos tienden a mínimos cuando se aproximan a colores claros y a máximos cuando se acercan a tonos oscuros.

²⁸ Los vectores "Sii" deben ser superiores a los "Si" dado que las fuerzas de compresión son superiores.

²⁹ Los vectores de las direcciones principales "Sii" y "Si".

³⁰ Flechas que se separan = tracciones.

³¹ Flechas que se unen = compresiones.

MJIG

CAPÍTULO-6

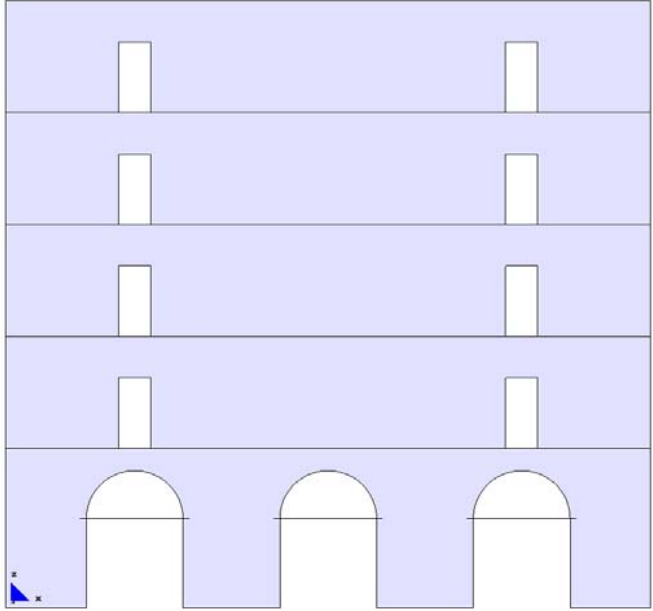
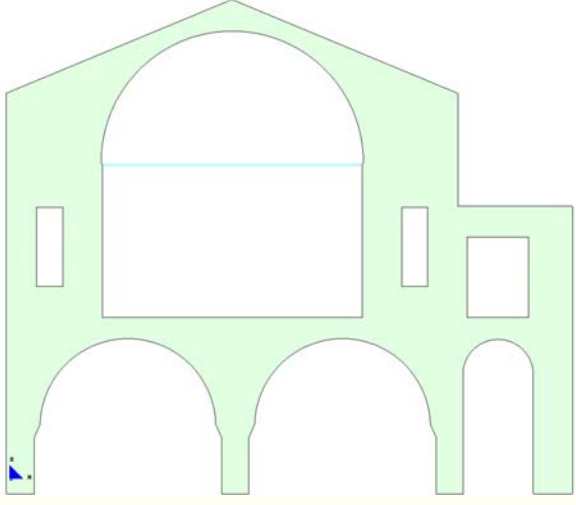
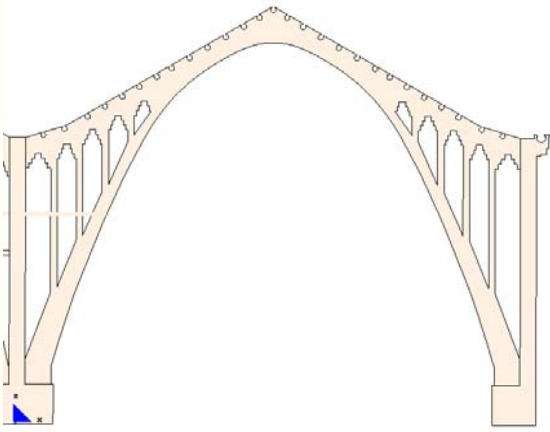
1.- ASPECTOS GENERALES

**2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA**3.- EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"

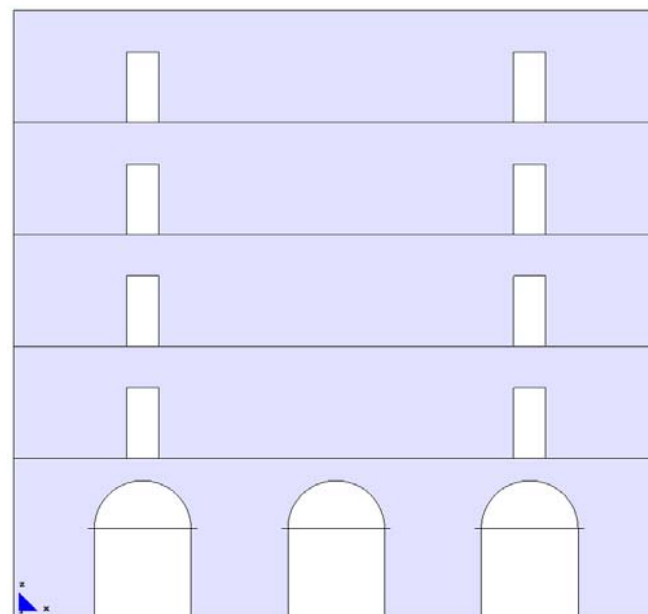
5.- CONCLUSIÓN GENERAL

6.2 EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS" EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA PRIMERA PLANTA

En el (CUADRO 9) se indican todos los modelos que se analizan en este capítulo.

(CUADRO 9) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TRES MODELOS		
		
<p>(GRAF.6: 1) Ejemplo-1: pared de edificio de viviendas.</p>	<p>(GRAF.6: 2) Ejemplo-2: pared colapsada.</p>	<p>(GRAF.6: 3) Ejemplo-2: arcos fisurados.</p>

Primer ejemplo práctico:



(GRAF.6: 1) Ejemplo-1: pared de edificio de viviendas.

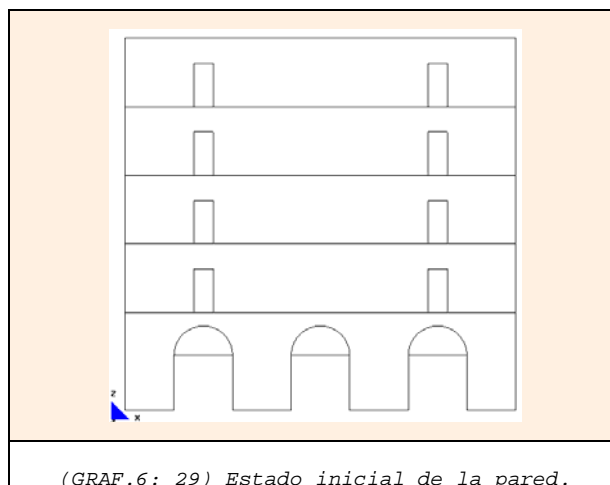
El propietario de la primera planta de un edificio desea hacer una reforma en su piso y, por necesidades arquitectónicas, debe abrir dos grandes apeos en una de las paredes de carga.

La propiedad no acepta dicha intervención, ya que afecta directamente a un elemento estructural importante; por ello, solicita un estudio exhaustivo en el que se pueda tener claro el grado de afectación en toda la pared.

Nuestro tema se centra en estudiar las repercusiones en el muro en el que se interviene³² y, para comprender mejor su comportamiento, se hace uso de las conclusiones obtenidas en los dos capítulos precedentes.

A continuación, se indican datos generales del edificio:

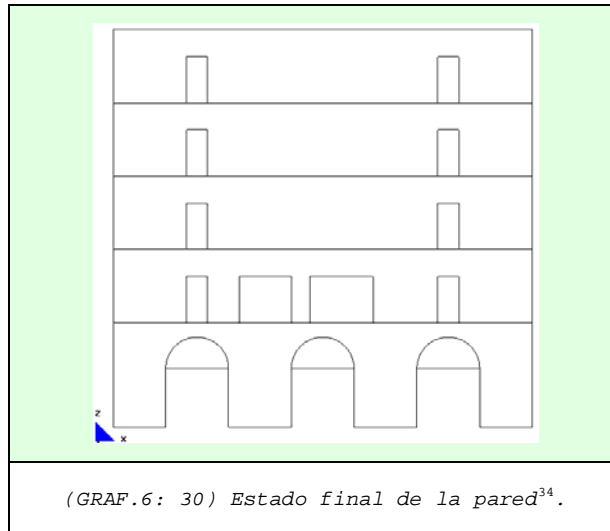
6. Descripción de las plantas.
 - a. Todas las plantas son simétricas
 - b. Número de plantas y usos.
 - Planta baja: zona de locales comerciales.
 - Cuatro plantas altas: zona de viviendas.
 - Planta quinta: zona de terraza (accesibilidad sólo por mantenimiento).
 7. Descripción de los elementos de apoyo.
 - c. Muros de obra de fábrica con un inter-eje de 4,00m.
 8. Descripción del alzado.
 - d. En la planta baja cada uno de los pórticos tiene tres grandes huecos³³.
 - e. Las plantas superiores tienen dos huecos uno a cada lado, cuyos ejes coinciden con el centro de los arcos extremos de la planta inferior.



³² No en dar la solución estructural de la pieza del apeo como tal.

³³ Con forma de arcos de medio punto.

9. Descripción de la intervención.
- f. Apertura de dos huecos (apeos) en la primera planta
- g. Los huecos son asimétricos en relación con las aberturas de la planta inferior.



(GRAF.6: 30) Estado final de la pared³⁴.

³⁴ Los cuadros con rayas de color rojo indican la zona donde se localizan los nuevos apeos.

MJIG

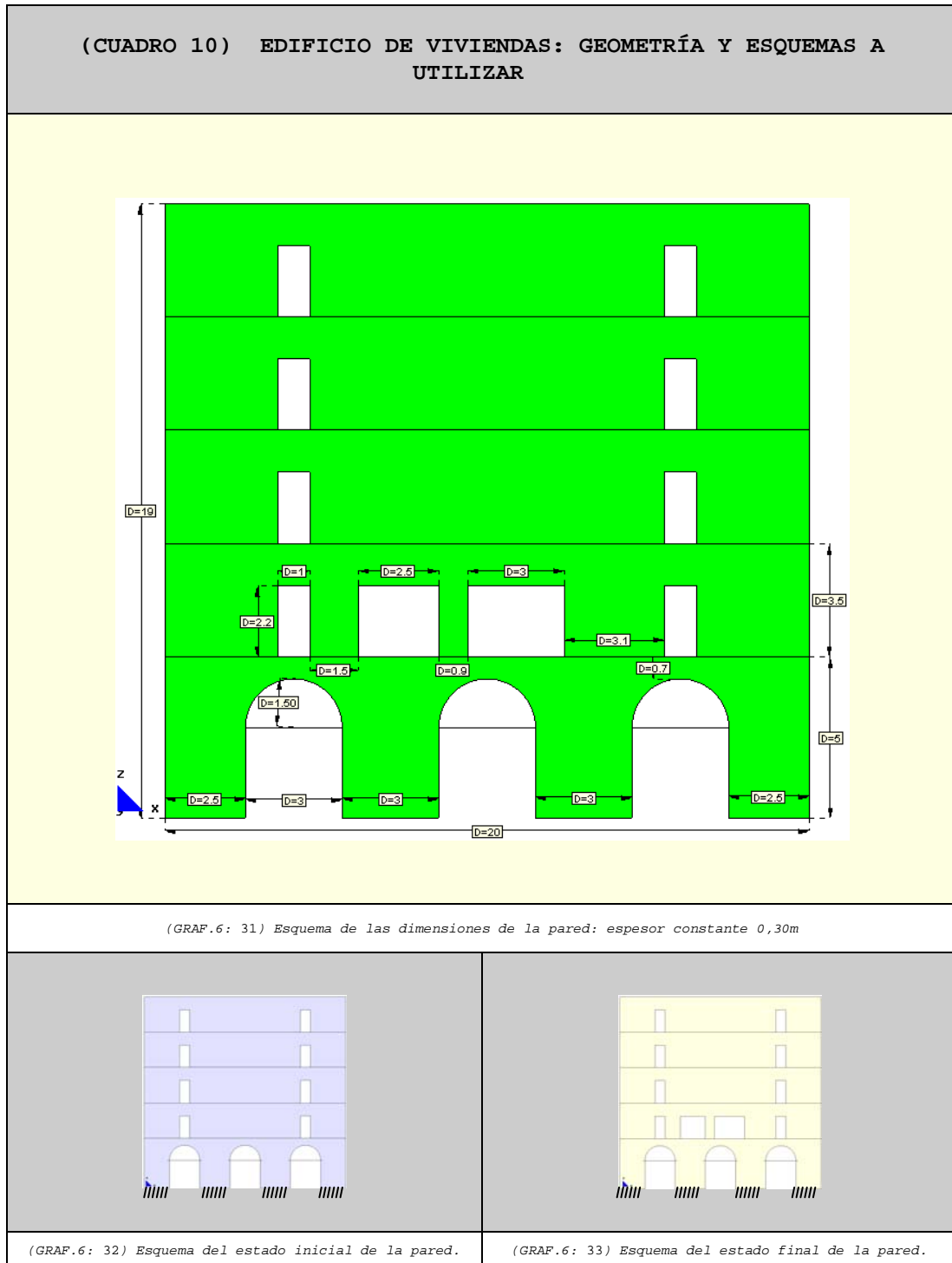
6.2 EJEMPLO DE "EDIFICIO DE
VIVIENDAS" EN EL QUE SE ABREN DOS
GRANDES HUECOS (APEOS) EN UN MURO
DE LA PRIMERA PLANTA

- 1.- PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO
- 2.- ESTUDIO A REALIZAR
- 3.- CONCLUSIONES DEL EJERCICIO-1

6.2.1 Parámetros a considerar en el estudio

6.2.1.1 Parámetros geométricos del modelo

En el (CUADRO 10) se especifican las dimensiones de la pared, tanto parciales como totales. Adicionalmente, en la parte inferior, se incluyen las figuras (GRAF.6: 32) y (GRAF.6: 33) que corresponden a los esquemas de las paredes³⁵ que se utilizan para identificar cada modelo a lo largo del estudio.



³⁵ Estado inicial y final respectivamente.

6.2.1.2 Estado de carga utilizado

El modelo representa una pared medianera de un edificio de cinco plantas: planta baja, primera planta, planta segunda, planta tercera, planta cuarta y terraza (sin uso público). Su estado de carga es el siguiente:

Estado de carga en zonas de vivienda:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

Estado de carga en terraza (sólo de mantenimiento):

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Su	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000

pp=Peso propio

cp=cargas permanentes

su + N=sobrecargas de uso + nieve

6.2.1.3 Condiciones de contorno

Para el desarrollo del modelo se considera que las bases de los diferentes arcos están empotradas, mientras que las caras laterales están completamente libres.

6.2.1.4 Características de los zunchos perimetrales

En los modelos se tiene en consideración la existencia de los zunchos del forjado con una dimensión de 0,25x0,25m y su peso propio se incluye en el cálculo.

6.2.1.5 Características de los tensores

Los tensores existentes en los arcos de la planta baja son barras de $d=20\text{mm}$. En el cálculo no se tiene en cuenta su peso propio por ser irrelevante en comparación con las cargas aplicadas en los forjados.

6.2.2 Estudio a realizar

10. Análisis individual de cada modelo

- Valores máximos y mínimos de los desplazamientos y fuerzas.

Los resultados que se presentan de estos dos modelos se realizan teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos de las fuerzas y de los desplazamientos que se indican en el (CUADRO 11):

(CUADRO 11) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS		
<p>(GRAF.6: 34) Desplazamiento en "x" máximo absoluto: 0.00040524m.</p>	<p>(GRAF.6: 35) Desplazamiento en "z" máximo absoluto: -0.0037304m.</p>	<p>(GRAF.6: 36) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "22" es "N22": 1323180N/m.</p>
<p>(GRAF.6: 37) La fuerza máxima absoluta en la dirección "yy" es "Nyy=Ny'": 1271920N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 38) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "11" es "N11": 236542N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 39) La fuerza máxima absoluta en la dirección "xx" es "Nxx=Nx'": 368086N/m.</p>

- Definición del factor de escala: "Si" y "Sii".

En el presente estudio utilizaremos como factor: "1,70e-6".

11. Análisis comparativo de los diferentes modelos.

6.2.2.1 Resultados de los modelos individuales**6.2.2.1.1 Pared existente real****FICHA DEL MODELO****1.- NOMBRE DEL MODELO:****Edif - viv³⁶***(Edificio de vivienda, con la base empotrada, e=30)*

Número de plantas (a)=5

Altura de las plantas (b)=5,00m y 3,50m

Longitud del tramo de pared (c)=20,00m

Ancho de la zona de influencia de carga (d)=4,00m

Ancho de las aberturas nuevas (f)= -m

Espesor de la pared =0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

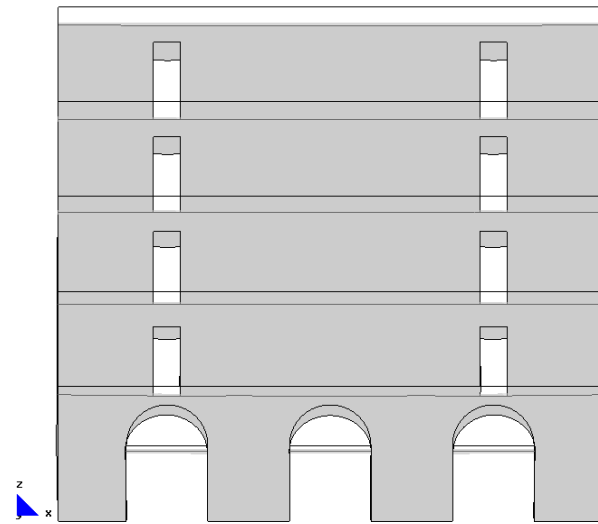
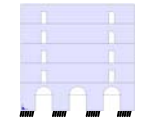
3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma=18.000\text{N/m}^3$ $E=5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G=2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu=0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

El zuncho de conexión con el muro es de 0,25mx0,25m.

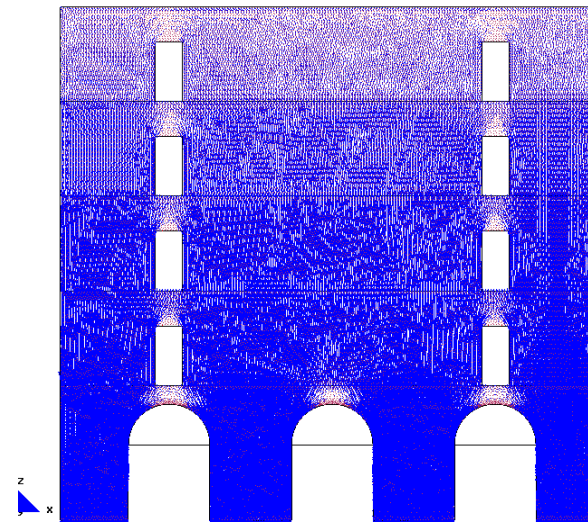
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento en la base y libre lateralmente.

³⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-1-pared con dos huecos nuevos\edif-viv.gid.

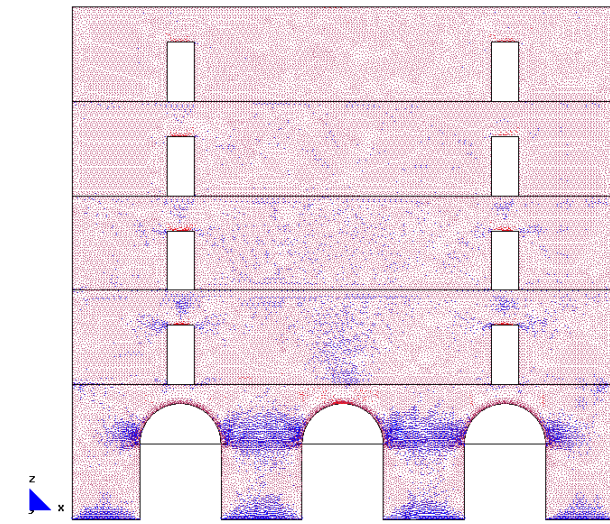


a.- Deformada



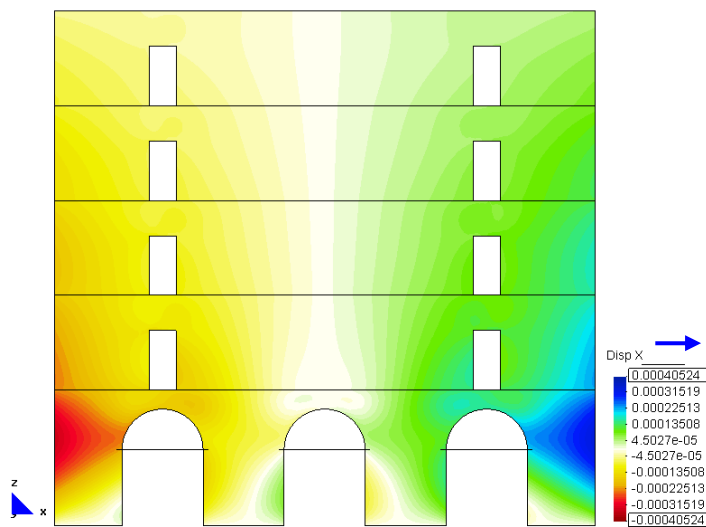
d. - Main Ax. Force (N/M). "Sii" factor-1.7e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (Sii).

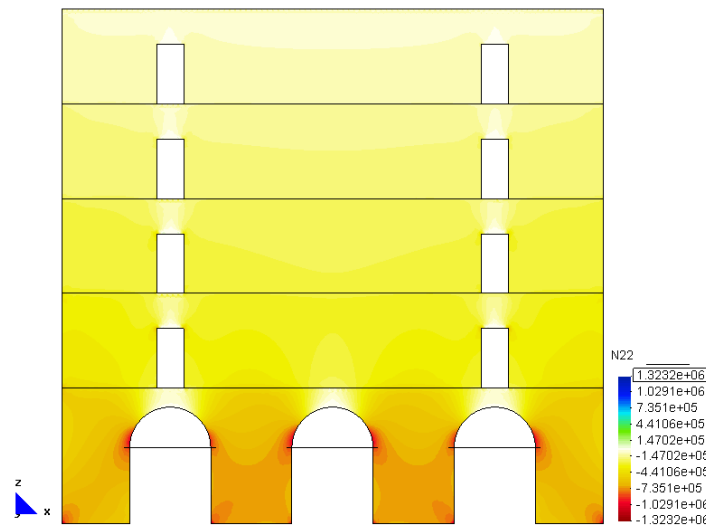


g. - Main Ax. Force (N/M). "Si" factor-1.7e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si).

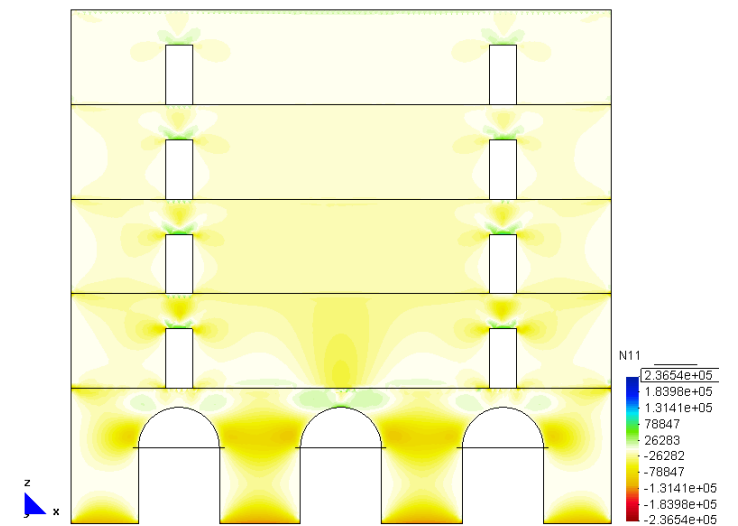


b. - Displacement (m).Disp-X



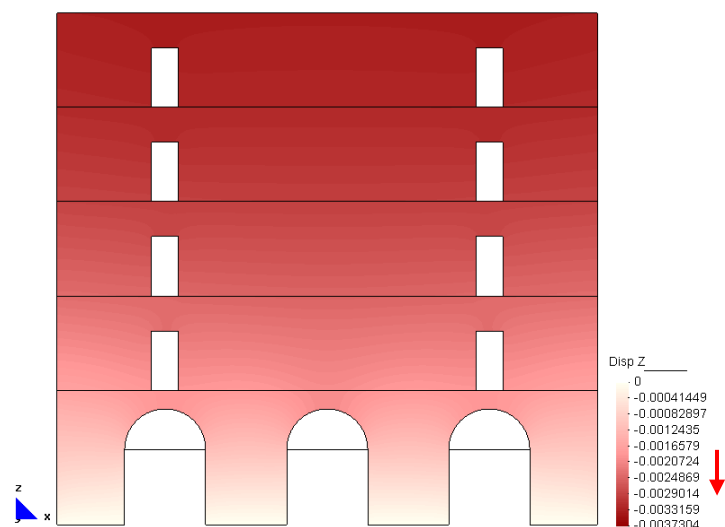
e. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22).



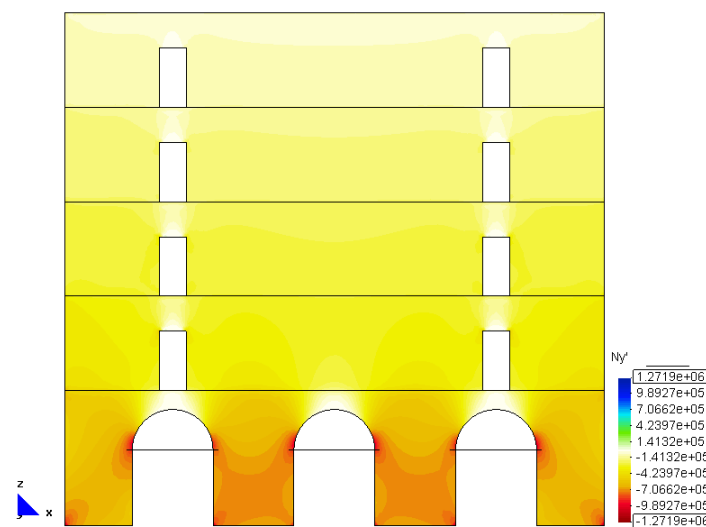
h. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N11).



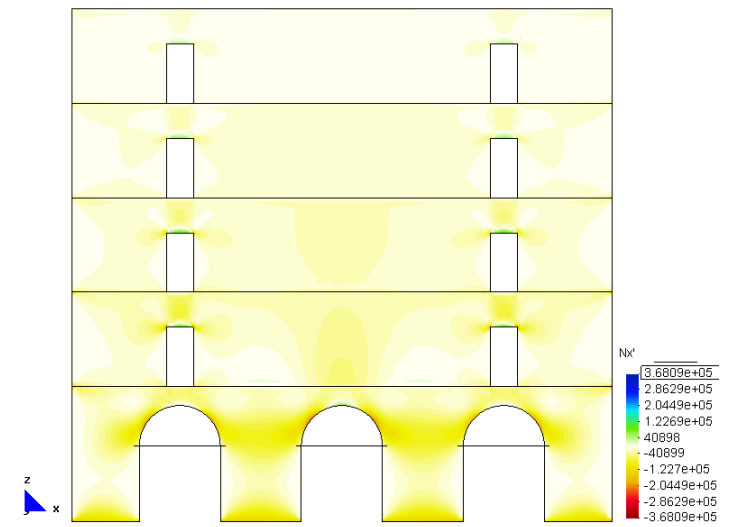
c.- Displacement (m).Disp-Z

Desplazamientos



f. - Axial Force (N/M). Ny'.

Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')



i.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx').

6.2.2.1.2 Pared existe con dos huecos nuevos**FICHA DEL MODELO****1.- NOMBRE DEL MODELO:****Edif - viv³⁷**

(Edificio de vivienda, con la base empotrada, e=30)

Número de plantas (a)=5
Altura de las plantas (b)=5,00m y 3,50m
Longitud del tramo de pared (c)=20,00m
Ancho de la zona de influencia de carga (d)=4,00m
Ancho de las aberturas nuevas (f)= 2,50 y 3,00m
Espesor de la pared =0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000\text{N/m}^3$
$E=5,70\text{E}09\text{N/m}^2$
$G=2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$
$\nu=0,20$

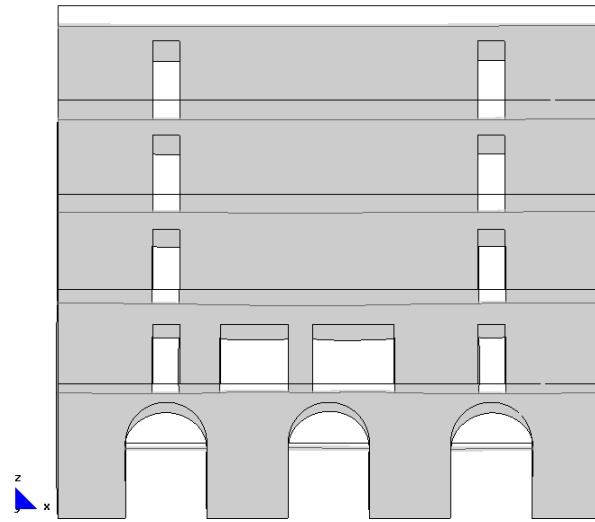
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

El zuncho de conexión con el forjado es de 0,25x0,25m.
--

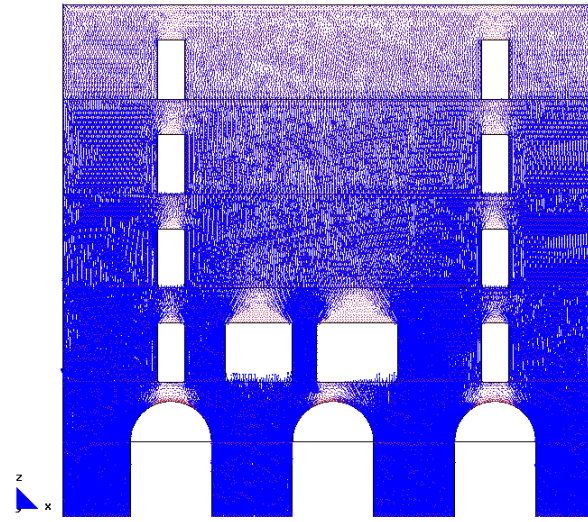
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento en la base y libre lateralmente.
--

³⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-1-pared con dos huecos nuevos\edif-viv.gid.

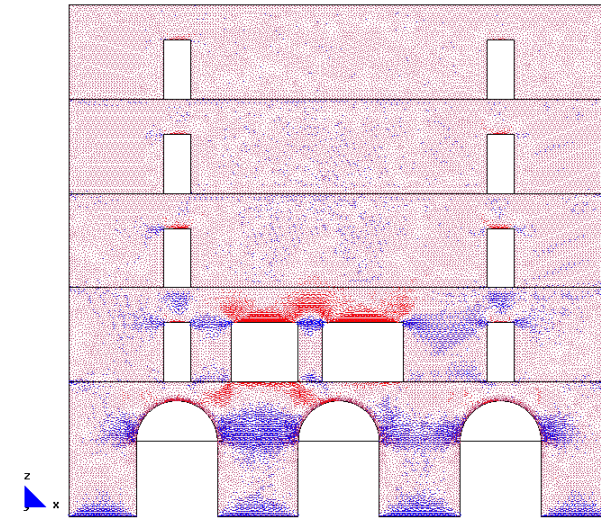


a.- Deformada



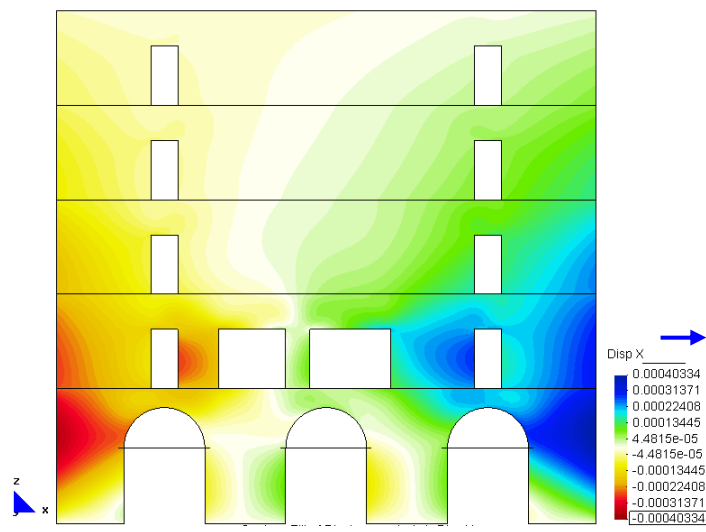
d.- Main Ax. Force(N/M). "Sii" factor-1.7e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (Sii).

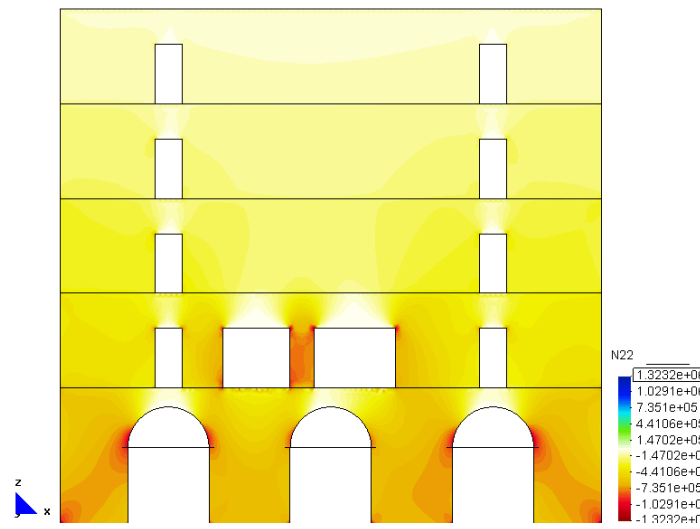


g.- Main Ax. Force(N/M). "Si" factor-1.7e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si).

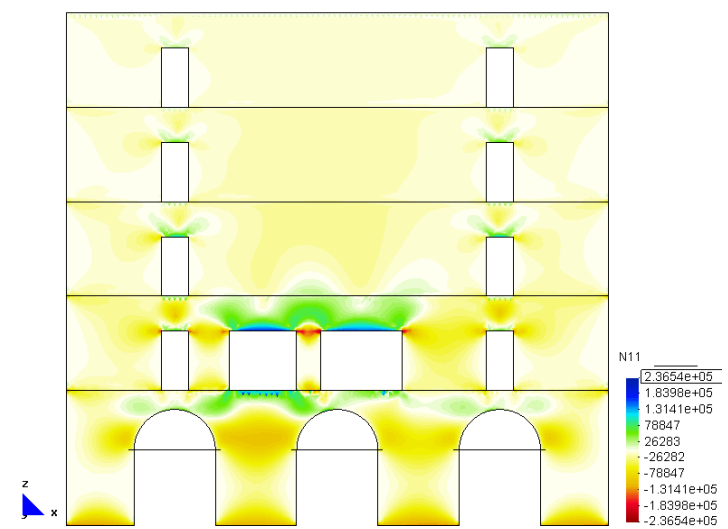


b. - Displacement (m).Disp-X



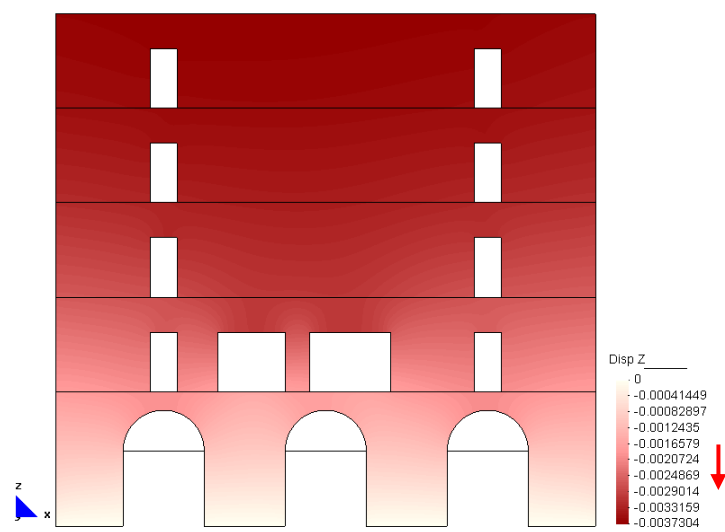
e.- Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22).



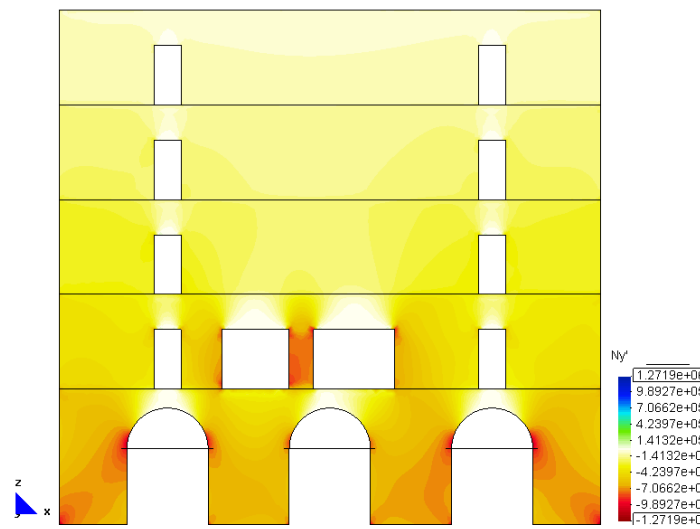
h.- Main Ax. Force(N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N11).



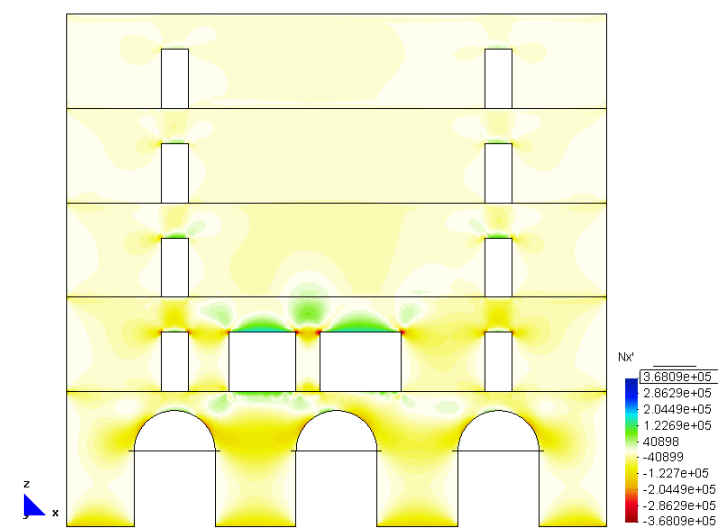
c.- Displacement (m).Disp-Z

Desplazamientos



f.- Axial Force(N/M). Ny'.

Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')



i.- Axial Force(N/M). Nx'.

Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx').

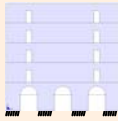

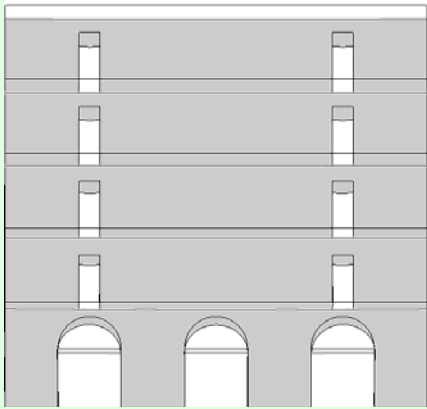
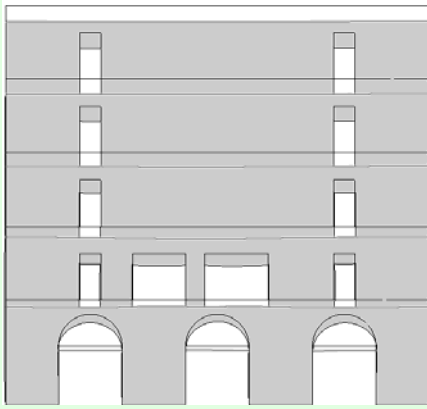
6.2.2.2 Análisis comparativo

A continuación analizamos de modo paralelo los dos modelos informáticos desarrollados³⁸.

Es de esperar que, en el momento de introducir los dos nuevos huecos en la pared, varíe su comportamiento considerablemente.

Con el fin de mantener un orden en las diferentes comparaciones, el estudio se divide en 9 apartados que coinciden con la información obtenida de los modelos individuales.

6.2.2.2.1 Deformaciones

(CUADRO 12) EDIFICIO DE VIVIENDAS: DEFORMACIONES	
	
(GRAF.6: 32) Esquema del estado inicial de la pared.	(GRAF.6: 33) Esquema del estado final de la pared.
<i>Gráfica de las deformaciones.</i>	
	
(1) 6.2.2.1.1.a	(2) 6.2.2.1.2.a

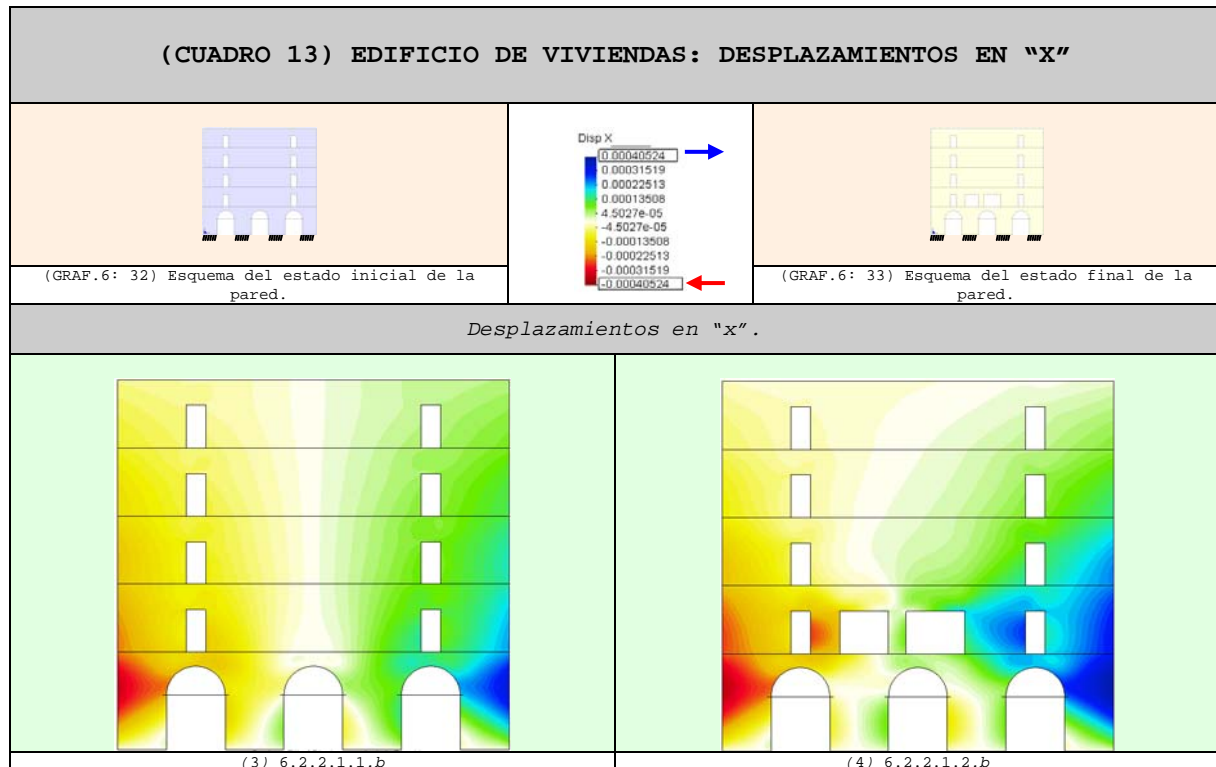
1. Al introducir los huecos en la pared se observa que³⁹:
 - a. La deformada del modelo aumenta, aparentemente, casi de modo imperceptible⁴⁰.

³⁸ Uno en el estado actual y otro el del estado final después de la intervención, ambos considerando: la base empotrada y la influencia de los zunchos de los forjados embebidos en ambas paredes de carga.

³⁹ Ver gráfico

(2).

⁴⁰ Lo cual se puede corroborar y entender mejor si analizamos los desplazamientos tanto en "x" como en "z".

6.2.2.2.2 Desplazamiento en "x"⁴¹

2. En ambos modelos⁴² podemos observar que⁴³:
 - b. Los máximos desplazamientos se localizan en los extremos de la planta baja y se tienden a alejar de los arcos.
 - c. Los desplazamientos, poco a poco, se aproximan a la parte lateral de los arcos de medio punto.
 - d. En los lados del hueco central se concentran deformaciones de sentido contrario que producen que la abertura se cierre. Dichos desplazamientos se anulan en la base⁴⁴.
 - e. En la clave del arco central existen desplazamientos que estiran el arco⁴⁵.
3. Al introducir los huecos en la pared se puede apreciar que⁴⁶:
 - f. Las deformaciones se intensifican en toda la pared y pierden la simetría inicial⁴⁷.
 - g. En los extremos de la planta baja aumentan considerablemente los desplazamientos y se extienden hacia las plantas superiores, incluso abarcan a los huecos existentes de la planta superior.

⁴¹ Los desplazamientos hacia el lado derecho se representan con la gama de colores fríos (verde-azul) y los desplazamientos hacia el lado izquierdo con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo).

⁴² Ver gráficos (3) y (4).

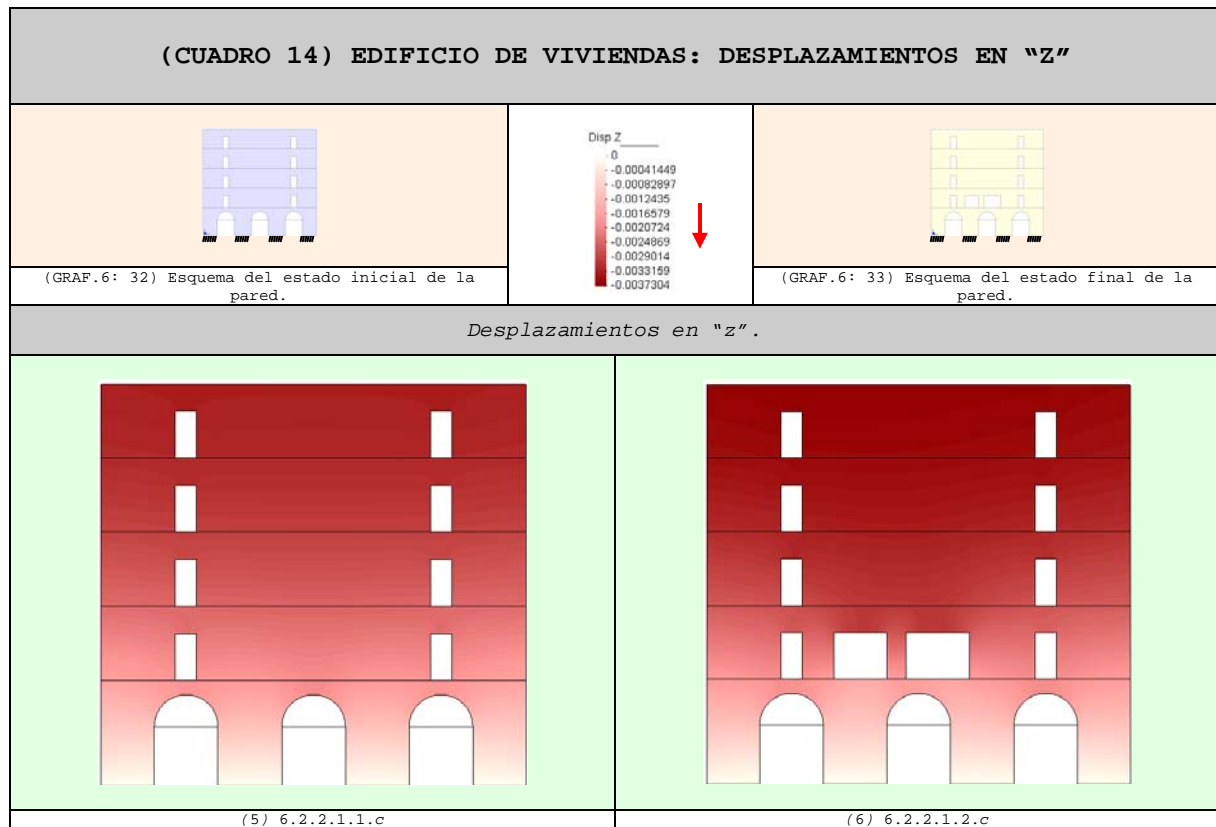
⁴³ Al igual que en los modelos empotrados con arco de medio punto de los capítulos anteriores.

⁴⁴ Es importante observar que en los huecos laterales, de la misma planta, no se produce el cambio de sentido de los desplazamientos, lo cual coincide perfectamente con los resultados de los capítulos precedentes.

⁴⁵ Hay que notar que el comportamiento del arco central es aquel que coincide exactamente con los resultados de los capítulos anteriores, por ser el elemento central del modelo.

⁴⁶ Ver gráfico (4).

⁴⁷ Ya que la posición de los huecos es asimétrica.

6.2.2.2.3 Desplazamientos en "z"⁴⁸

4. En el modelo del estado inicial⁴⁹ se observa que⁵⁰:
- h. Los desplazamientos son bastante homogéneos y localizados en la parte central del modelo.
 - i. Los movimientos son simétricos.
5. Al introducir los huecos en la pared podemos notar que⁵¹:
- j. La simetría inicial de los movimientos se pierde si tenemos huecos ubicados de modo asimétrico.
 - k. Los desplazamientos aumentan con mayor intensidad en el centro y van descendiendo progresivamente hasta llegar a los nuevos huecos.

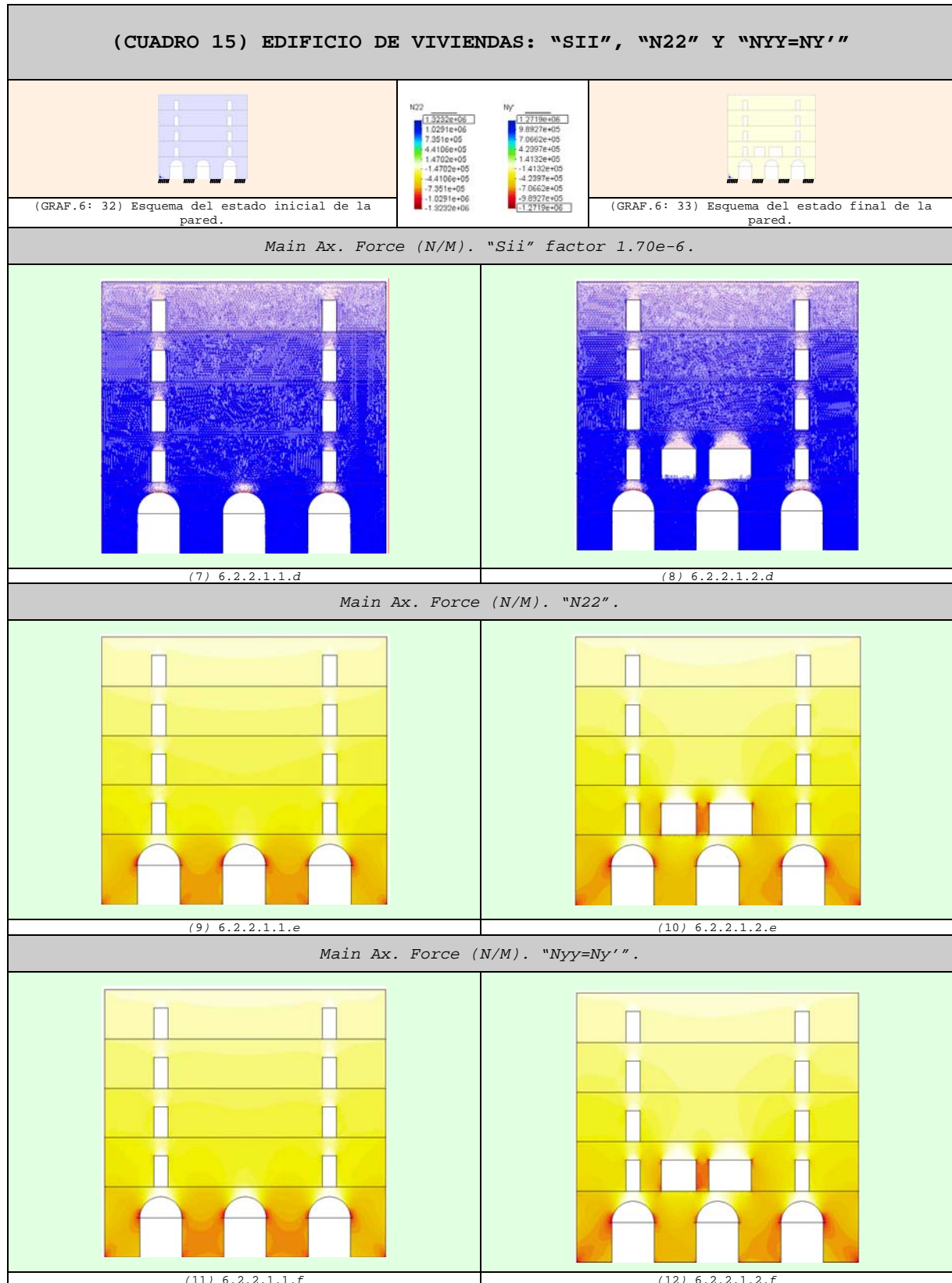
⁴⁸ Los desplazamientos aumentan de valor a medida que el color se acerca al rojo intenso.

⁴⁹ Ver gráficos (5).

⁵⁰ Al igual que en los modelos empotrados con arco de medio punto de los capítulos anteriores.

⁵¹ Ver gráfico (6).

6.2.2.2.4 Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (S_{ii}^{52} y N_{22}) y Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$)⁵³



⁵² Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

⁵³ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul.

6. En el modelo del estado inicial⁵⁴ se observa que⁵⁵:
- l. En las claves de los arcos de ángulos rectos se desarrolla de modo claro el arco de descarga.
 - m. La zona descomprimida⁵⁶ del arco central de medio punto no llega a sobrepasar el forjado.
 - n. En los lados de los arcos de medio punto se produce una concentración de compresiones, prácticamente a la altura de los tensores.
 - o. En ambos lados del hueco central que se localiza en la planta baja se concentran con igualdad de intensidad las cargas⁵⁷. En los huecos laterales sólo se carga más el lado próximo a los lados del modelo⁵⁸.
7. Al introducir los huecos en la pared podemos apreciar que⁵⁹:
- p. En las plantas baja y primera de la pared se produce una mayor redistribución de las fuerzas de compresión.
 - q. En la clave de los nuevos arcos es mayor el trazado de los arcos de descarga⁶⁰.
 - r. La pared presenta una importante redistribución de las fuerzas en las plantas indicadas en el apartado anterior, perdiendo la simetría inicial.
 - s. En el machón que separa los dos huecos nuevos se produce una concentración importante de fuerzas.
 - t. El arco central se tiende a descargar, mientras que en los arcos laterales se intensifican las fuerzas.
 - u. En el hueco de la derecha se intensifican considerablemente las fuerzas a ambos lados de la abertura⁶¹.
 - v. En la abertura del lado izquierdo aumentan las cargas únicamente en su lado izquierdo, mientras que su lado derecho se descarga⁶².

⁵⁴ Ver gráficos (7), (9) y (11).

⁵⁵ Al igual que en los modelos empotrados con arco de medio punto de los capítulos anteriores.

⁵⁶ Zona muy clara localizada en la clave del arco.

⁵⁷ Dada su simetría en relación con el conjunto.

⁵⁸ Es decir: El hueco de la derecha cargará más de su lado derecho, mientras que el de la izquierda carga más de su lado izquierdo. Esto se debe a su ubicación asimétrica en relación al conjunto.

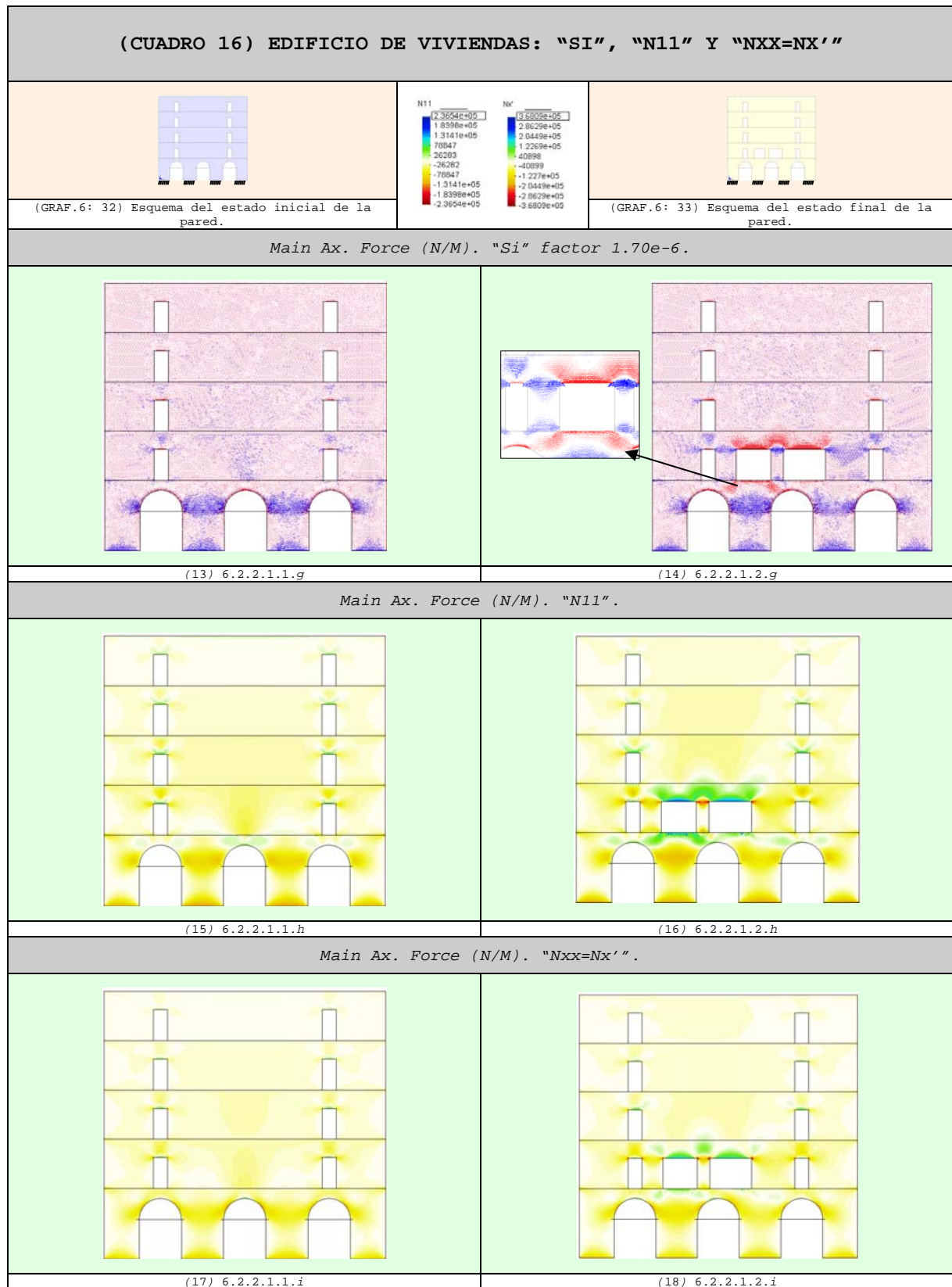
⁵⁹ Ver gráfico (8), (10) y (12) y comparar: (7) con (8), (9) con (10) y (11) con (12).

⁶⁰ Por ser arcos con geometría recta (como se indicó en las conclusiones de los capítulos anteriores, este tipo de arco es bastante comprometido). A esto se suman sus grandes dimensiones.

⁶¹ Se puede ver cómo el lado izquierdo que antes tenía menos carga ahora se aumenta, mientras que el lado derecho que antes cargaba bastante ahora se incrementa. Todo esto ocurre por una zona con mayor continuidad.

⁶² Esta redistribución es coherente ya que, por ejemplo, el lado izquierdo, por ser más rígido, es capaz de soportar más carga.

6.2.2.2.5 Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principales "11" (S_i^{63} y N_{11}) y Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_x'$)⁶⁴



⁶³ Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

⁶⁴ En los gráficos de las fuerzas, las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul.

8. En el modelo del estado inicial⁶⁵ se puede apreciar que⁶⁶:
- w. En los lados de los arcos de medio punto se concentran las fuerzas de compresión, prácticamente a la altura de los tensores.
 - x. El arco central está más comprimido que los laterales.
 - y. En la clave de los arcos de medio punto se localizan pequeñas tracciones, mientras que en las claves de los arcos de ángulos rectos estas tracciones son mayores.
 - z. La pared está comprimida en la mayor parte de su superficie.
9. Al introducir los huecos en la pared podemos observar que⁶⁷:
- aa. En las plantas baja y primera de la pared se produce una mayor redistribución de las fuerzas de compresión.
 - bb. Las plantas superiores se ven afectadas en menor grado y son más notorias en la zona central y en la clave de los arcos de ángulos rectos.
 - cc. En la clave de los nuevos arcos se originan claramente fuerzas de tracción⁶⁸⁻⁶⁹.
 - dd. En la parte inferior de las nuevas aberturas también se desarrollan fuerzas de tracción, aunque de menores magnitudes que las superiores. Estas fuerzas tienden a aproximarse a las claves de los arcos de medio punto⁷⁰ más cercanos.
 - ee. En las claves de los huecos pequeños también se produce incremento de las tracciones, aunque es mayor en los vanos ubicados en la planta segunda.
 - ff. La parte superior del lado izquierdo del hueco central se comprime más, mientras que el lado contrario se descomprime.
 - gg. En la parte superior de ambos lados del hueco de la izquierda se intensifican las fuerzas de compresión, aunque con mayor intensidad en el lado derecho.

⁶⁵ Ver gráficos (13), (15) y ((17)).

⁶⁶ Al igual que en los modelos empotrados con arco de medio punto de los capítulos anteriores.

⁶⁷ Ver gráficos (14), (16) y (18) y comparar: (13) con (14), (15) con (16) y ((17) con (18)).

⁶⁸ Era de esperar este comportamiento al tener mayores dimensiones de abertura y a esto se añade la forma del arco. Ver conclusiones de los dos capítulos anteriores.

⁶⁹ Comparar: (13) con (14), (15) con (16) y ((17) con (18)). Ver detalle del gráfico (14)

⁷⁰ Estas tracciones aparecen cuando se estira esta zona en el momento que en se deforma el arco.

6.2.3 Conclusiones del ejercicio-1

Este ejercicio nos ayuda a conocer las zonas más afectadas de la pared cuando en ella se realiza una intervención de apertura de huecos (apeos).

Se puede comprobar la necesidad de estudiar la pared completa y no sólo la zona en que se interviene. Como se puede constatar, la redistribución de las fuerzas afecta a toda la pared, lógicamente con más intensidad en zonas próximas a las nuevas aberturas.

De modo simplificado podemos mencionar:

10. La pared sufre más alteraciones si los huecos se hacen en la primera planta⁷¹ y no en las plantas superiores.

11. Al tener nuevos huecos colocados de modo asimétrico, se observa que la redistribución de las fuerzas y desplazamientos no presentan ninguna simetría.

12. La planta en la que se interviene y la que queda debajo de ella son las que sufren más alteraciones⁷² y, en menor grado, la que se encuentra en la planta superior⁷³.

13. El hueco central de la planta baja se tiende a descargar, mientras que los laterales incrementan sus fuerzas de compresión⁷⁴.

14. Las fuerzas de tracción de la pared inicial se intensifican considerablemente, en especial en las claves de los arcos de planta baja⁷⁵ y, en menor magnitud, en las claves de los huecos de la planta segunda.

15. Mientras más grandes sean los nuevos huecos que se quieren hacer serán mayores las repercusiones⁷⁶.

Este ejemplo es bastante sencillo de ser interpretado, sin embargo, nos ayuda a constatar la fiabilidad de la metodología utilizada, la misma que se aplicará sucesivamente en los siguientes casos de apeos que, a medida que se avanza el estudio, irán aumentando de complejidad.

⁷¹ Esta afirmación se puede hacer ya que, paralelamente a este primer modelo, se hizo un segundo con las mismas características aunque con los huecos en la segunda planta. Este segundo era bastante favorable y no se apreciaban diferencias en los arcos de la planta baja. Esto se debe a que en el modelo con los huecos en la segunda planta, la primera se comporta como una viga de gran canto que transmite bien las cargas (para no hacer tan largo el ejercicio se decidió no incluir los resultados en este apartado). Es por ello que, para tener una situación más desfavorable de la pared, se decidió utilizar el primer modelo.

⁷² Planta primera (planta en se realiza la intervención) y la planta baja.

⁷³ La planta segunda. Las plantas que están más alejadas de la zona de intervención están menos afectadas.

⁷⁴ En este caso debemos analizar estas zonas de la pared para garantizar que no exista sobretensión de la fábrica, lo cual nunca se suele realizar en intervenciones como éstas.

⁷⁵ En este caso debemos analizar estas zonas de la pared para garantizar que no rompa la fábrica por excesivas tracciones, lo cual nunca se suele realizar en intervenciones como éstas.

⁷⁶ Esta afirmación se constata en el Capítulo-5, donde se analiza la influencia del ancho y posición de los huecos en la pared.

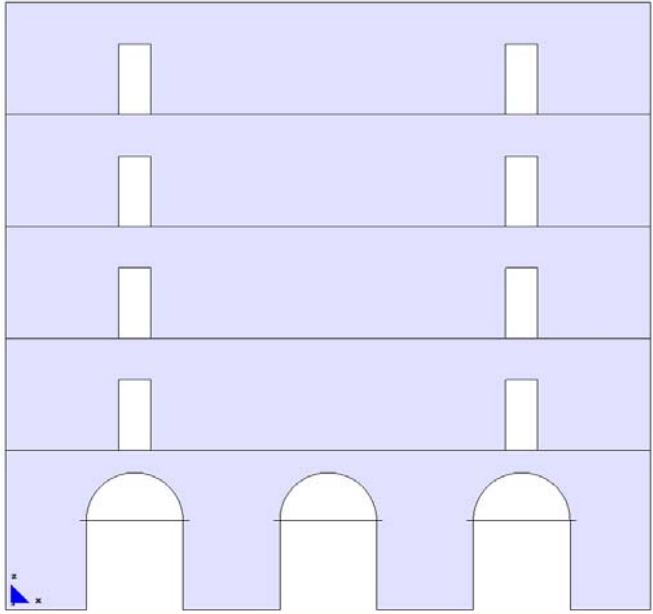
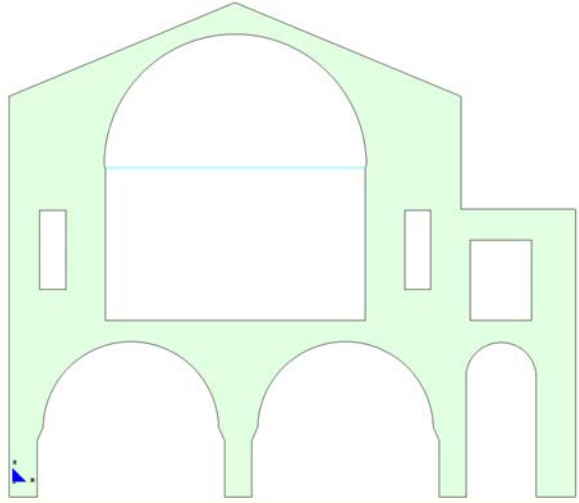
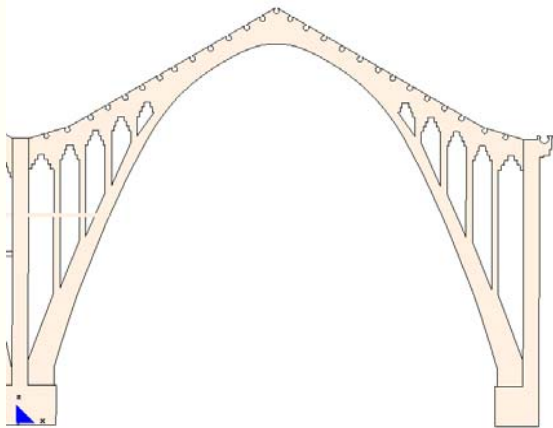
MJIG

CAPÍTULO-6

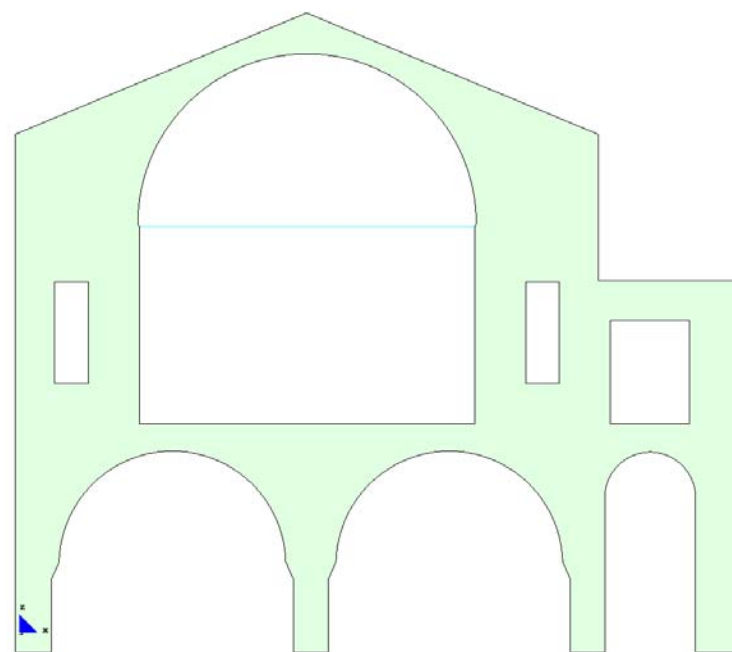
- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA
- 3.- **EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO**
- 4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"
- 5.- CONCLUSIÓN GENERAL

6.3 EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA" AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO

En el (CUADRO 9) se indican todos los modelos analizados en este capítulo.

(CUADRO 9) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TRES MODELOS		
		
(GRAF.6: 1) Ejemplo-1: pared de edificio de viviendas.	(GRAF.6: 2) Ejemplo-2: pared colapsada.	(GRAF.6: 3) Ejemplo-2: arcos fisurados.

Segundo ejemplo práctico:



(GRAF.6: 2) Ejemplo-2: pared colapsada.

La pared colapsada pertenece a un edificio en reconstrucción, en el cual se trataba de conservar la estructura existente por estar catalogada como un Patrimonio Cultural.

Se realizó un estudio exhaustivo que garantizaba que el edificio no tenía ningún problema, aunque por motivos ajenos a la estructura la pared colapsó meses después de iniciada la obra.

Para tener una idea más clara del edificio se presentan, en los siguientes puntos, aspectos importantes del mismo.

1. Descripción de la estructura general:

- Planta baja
- Planta alta.
- La estructura de apoyo la constituyen paredes de obra de fábrica.

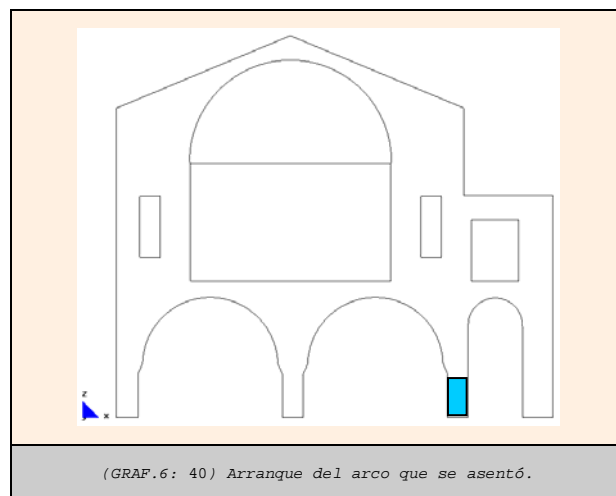
2. Descripción del pórtico⁷⁷:

- La pared es el pórtico principal del edificio.
- En la planta baja tiene tres huecos con arcos de medio punto.
- En la planta alta tiene un gran arco de medio punto y tres arcos de ángulos rectos.

3. Descripción del problema:

- El problema de la pared surge cuando uno de los arranques de los arcos de planta baja cede. Esto sucedió en el momento en que su cimentación fue manipulada erróneamente por los operarios, produciéndose instantáneamente el colapso.

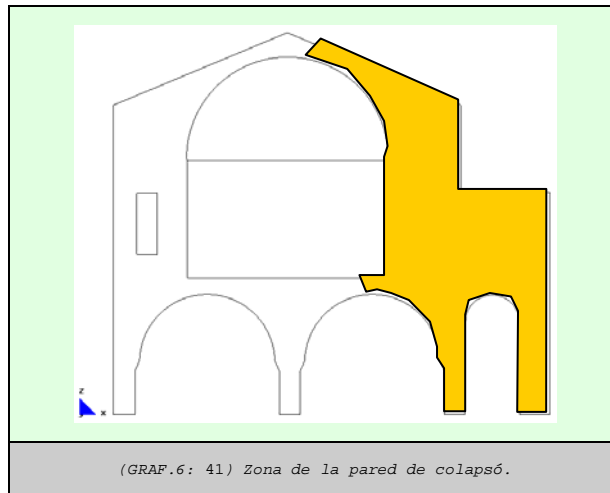
A continuación se presenta un esquema de la pared en el que se indica el arranque del arco⁷⁸ cuya cimentación se manipuló erróneamente.



⁷⁷ Como se puede apreciar en el (GRAF.6: 40).

⁷⁸ Rectángulo en color azul.

- En el siguiente esquema se indica la zona de la pared que colapsó⁷⁹⁻⁸⁰.



4. Descripción del estudio:

- Los asentamientos de la pilastra se simulan modificando su rigidez, es decir, alterando el módulo resistente "E" de la fábrica.
- Los descensos que se intentan conseguir son, aproximadamente, de 1,00cm, siendo necesario un $E=5,00E05N/m^2$.
- Nuestro estudio consiste en conocer los puntos críticos en que se iniciaron las fisuras, las cuales, al irse desarrollando, originaron el colapso de la pared.

5. Descripción de los modelos a exponer:

- Modelo del estado inicial de la pared, pilastra con un $E=5,70E09N/m^2$.
- Modelo manipulando la pilastra con un $E=5,00E05N/m^2$.
- Modelo manipulando la pilastra con un $E=5,00E05N/m^2$ e inicio de las fisuras.
- Modelo manipulando la pilastra con un $E=5,00E05N/m^2$ y con una segunda etapa de fisuración. No hemos visto necesario incluir sus resultados detallados, aunque en las conclusiones se exponen parte de ellos.
- Modelo manipulando la pilastra con un $E=5,00E05N/m^2$ y con una tercera etapa de fisuración. No hemos visto necesario incluir sus resultados detallados, aunque en las conclusiones se exponen parte de ellos.

⁷⁹ Zona resaltada en color naranja.

⁸⁰ De acuerdo al estudio esto ocurre cuando la pilastra se desplaza aproximadamente 1,00cm, dando lugar a tracciones que son tan altas que indudablemente rompe la fábrica.

MJIG

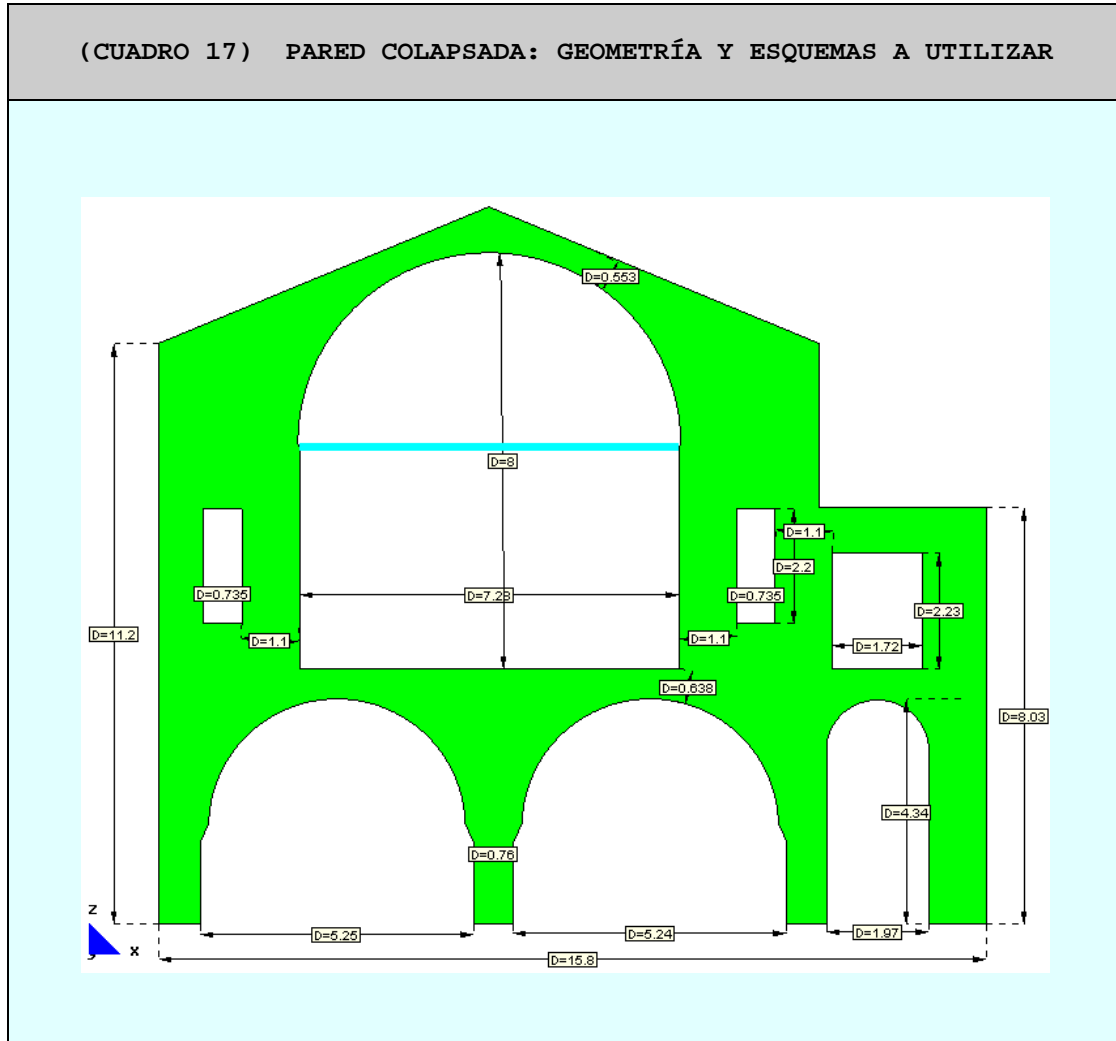
6.3 EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN
ARCO

- 1.- PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO
- 2.- ESTUDIO A REALIZAR
- 3.- ANÁLISIS COMPARATIVO
- 4.- CONCLUSIÓN DEL EJERCICIO-2

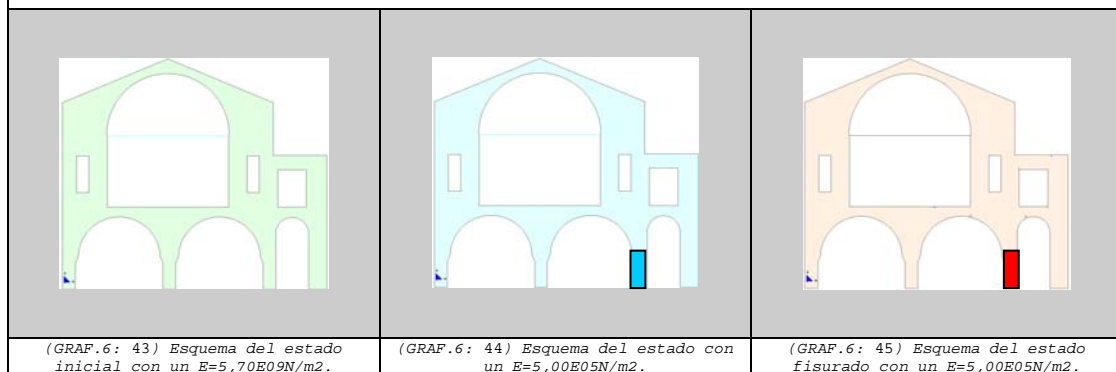
6.3.1 Parámetros a considerar en el estudio

6.3.1.1 Parámetros geométricos del modelo

La pared de fábrica del edificio tiene aproximadamente 15,80m de ancho y 13,80m de alto total, con un espesor de 0,46m la pared en general y 0,60m las pilastras. Las dimensiones de los huecos y distancias entre ellos, se detallan en el siguiente esquema.



(GRAF.6: 42) Esquema de las dimensiones de la pared: espesor constante 0,30m



6.3.1.2 Estado de carga utilizado

El modelo representa una pared medianera de un edificio y consta de dos plantas: planta baja y primera planta. Su estado de carga es el siguiente:

Estado de carga:

Pp	Tn/m ²	0,20
	N/m	8.000
Cp	Tn/m ²	0,00
	N/m	0.00
Su	Tn/m ²	0,10
	N/m	4.000

pp=Peso propio

cp=cargas permanentes

su + N=sobrecargas de uso + nieve

6.3.1.3 Condiciones de contorno

Para el desarrollo del modelo, se considera que las bases de los diferentes arcos están empotradas. Las caras laterales de la pared tienen restringidos los movimientos horizontales, teniendo en cuenta la existencia de los elementos que llegan y se atan a ella.

6.3.1.4 Características de los zunchos perimetrales

No se consideran zunchos embebidos en el forjado ya que no había garantía de dicha unión, escogiéndose el caso más desfavorable que es no contar con la influencia del efecto zunchado⁸¹.

6.3.1.5 Características de los tensores

Para efecto del estudio se consideran como tensores barras de d=20mm. En el cálculo no se tiene en cuenta el peso propio, ya que es irrelevante en comparación con las cargas aplicadas.

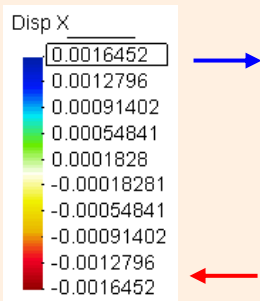
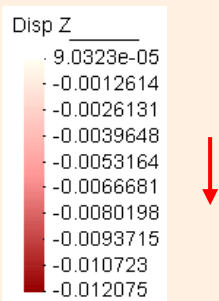
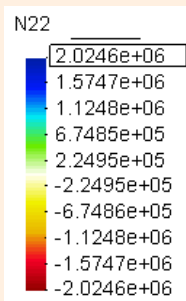
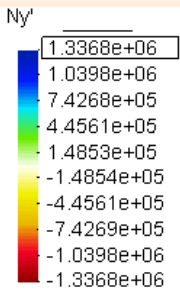
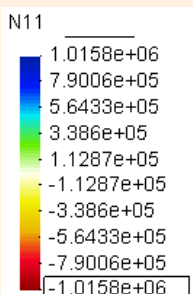
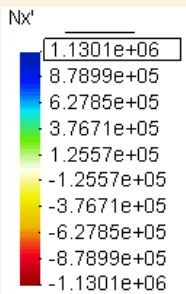
⁸¹ Ver conclusiones de la influencia del zuncho en las paredes en el Capítulo-4.

6.3.2 Estudio a realizar

6. Análisis individual de cada modelo.

- Valores máximos y mínimos de los desplazamientos y fuerzas.

Los resultados que se presentan de estos dos modelos se realizan teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos de las fuerzas y de los desplazamientos que se indican en el (CUADRO 11):

(CUADRO 18) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS		
		
<p>(GRAF.6: 46) Desplazamiento en "x" máximo absoluto: 0.0016452m.</p>	<p>(GRAF.6: 47) Desplazamiento en "z" máximo absoluto: -0.012075m.</p>	<p>(GRAF.6: 48) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "22" es "N22": 2024560N/m.</p>
		
<p>(GRAF.6: 49) La fuerza máxima absoluta en la dirección "yy" es "Nyy=Ny'": 1336830N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 50) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "11" es "N11": 1015790N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 51) La fuerza máxima absoluta en la dirección "xx" es "Nxx=Nx'": 1130130N/m.</p>

- Definición del factor de escala: "Si" y "Sii".

En el presente estudio utilizaremos como factor: "2,00e-6".

7. Análisis Comparativo de los diferentes modelos.

6.3.2.1 Resultados de los modelos individuales

6.3.2.1.1 Pared existente real: con $E=5,70E09N/m^2$ 

FICHA DEL MODELO

1.- NOMBRE DEL MODELO:

Huecos con arcos-def-apoy-30⁸²
(Hueco con arco, con la base apoyada, $e=30$)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,20
	N/m	8.000
Cp	Tn/m ²	0,00
	N/m	0.00
Su	Tn/m ²	0,10
	N/m	4.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000N/m^3$
$E=5,70E09N/m^2$
$G=2,38E+09N/m^2$
$\nu=0,20$

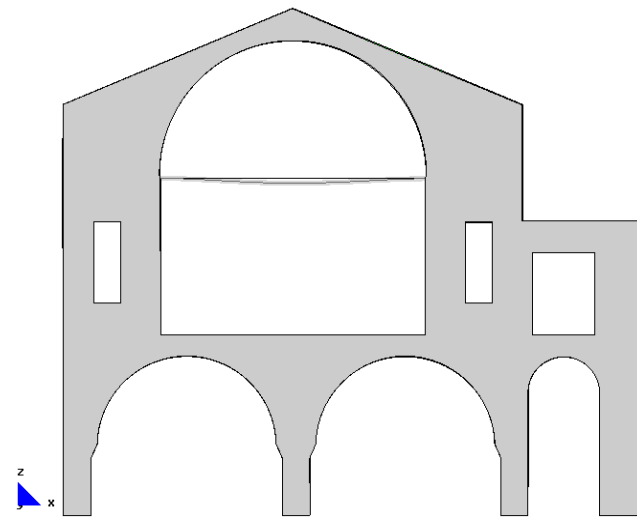
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

No considerando el zuncho de conexión con el muro.
--

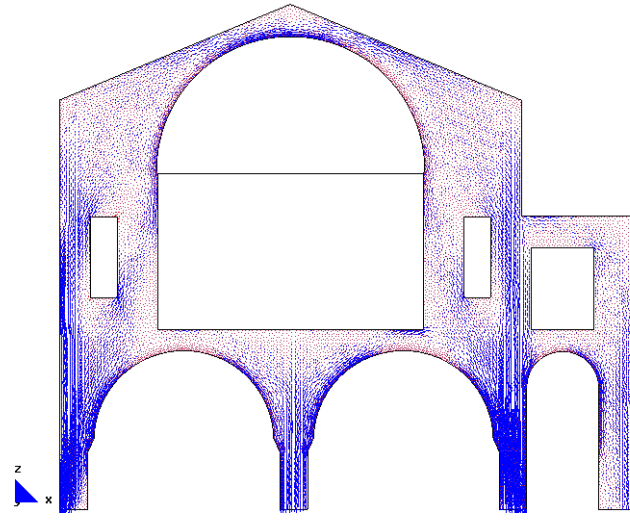
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento de la base y restricciones laterales.

⁸² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-2-pared con arco colapsada\arcos sin fisura.gid.

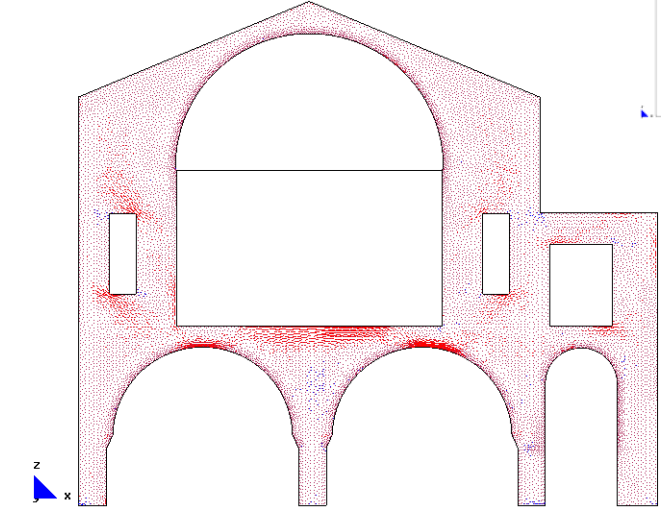


a.- Deformada



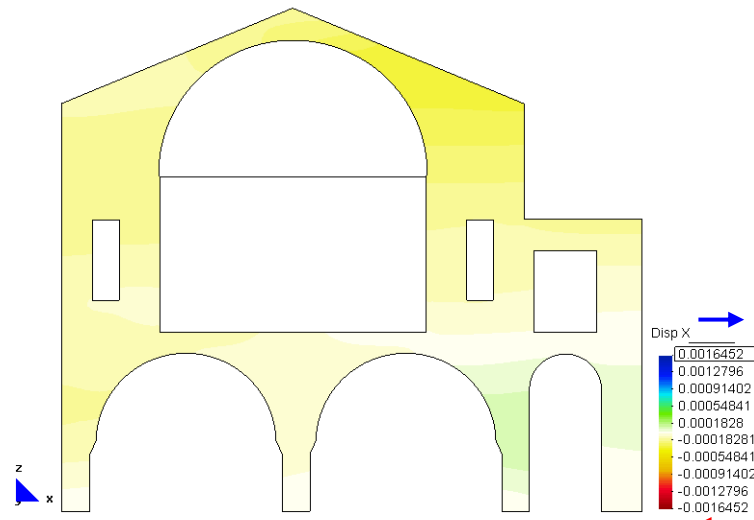
d. - Main Ax. Force (N/M). "Sii" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (Sii).

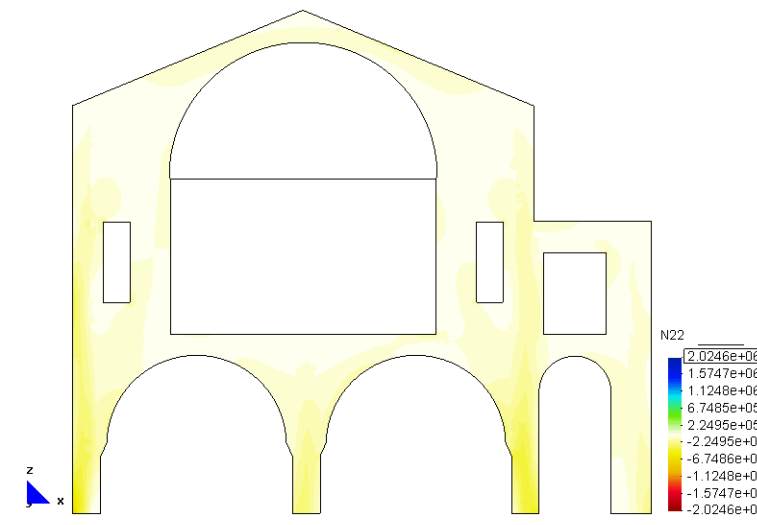


g. - Main Ax. Force (N/M). "Si" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si).

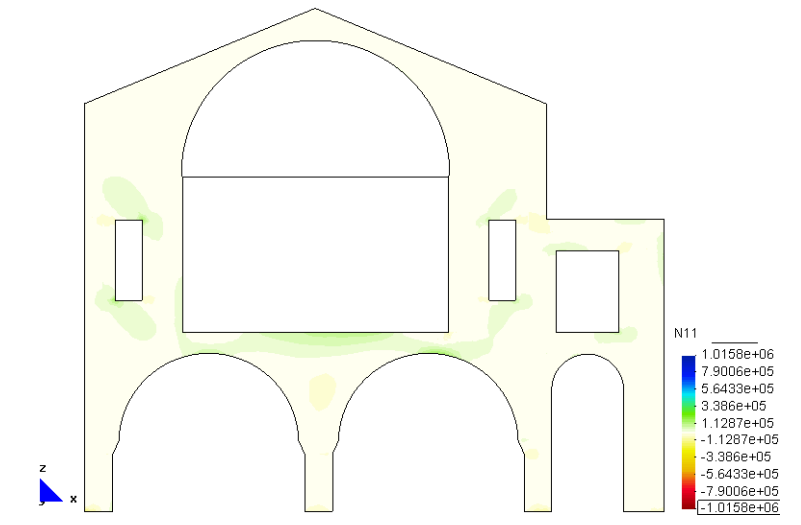


b. - Displacement (m).Disp-X



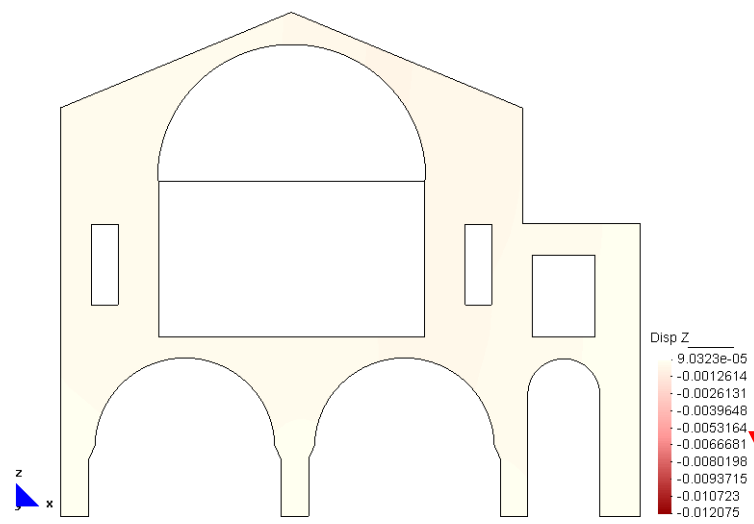
e. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22).



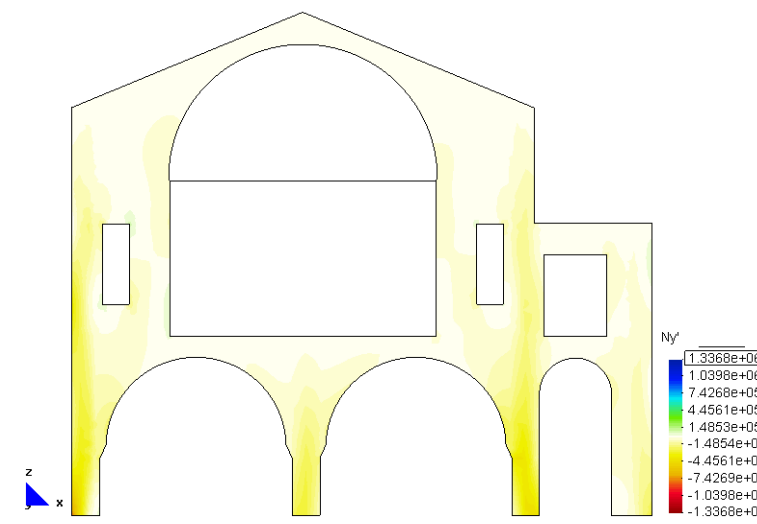
h. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N11).



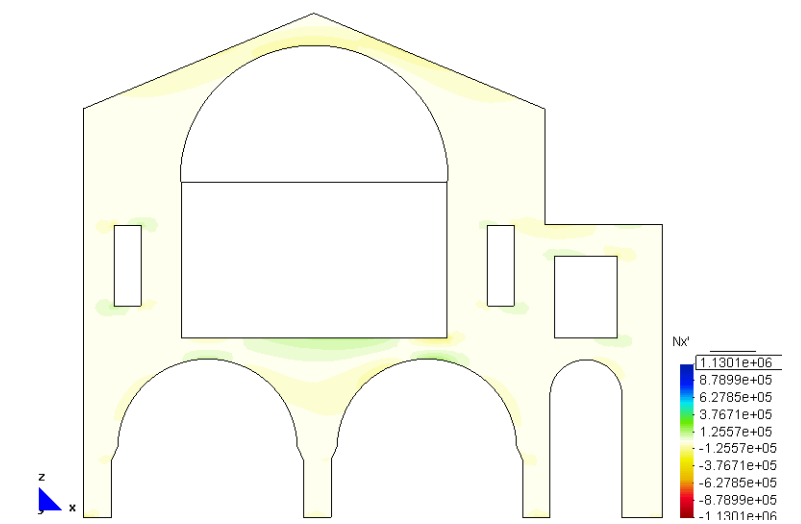
c.- Displacement (m).Disp-Z

Desplazamientos



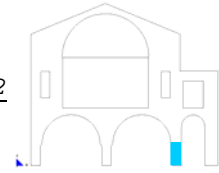
f. - Axial Force (N/M). Ny'.

Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')



i. - Axial Force (N/M). Nx'.

Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx')

6.3.2.1.2 Módulo manipulado considerando $E=5,00E05N/m^2$ **FICHA DEL MODELO****1.- NOMBRE DEL MODELO:**

Huecos con arcos-def-apoy-30⁸³
(Hueco con arco, con la base apoyada, $e=30$)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,20
	N/m	8.000
Cp	Tn/m ²	0,00
	N/m	0.00
Su	Tn/m ²	0,10
	N/m	4.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000N/m^3$

$E=5,00E05N/m^2$

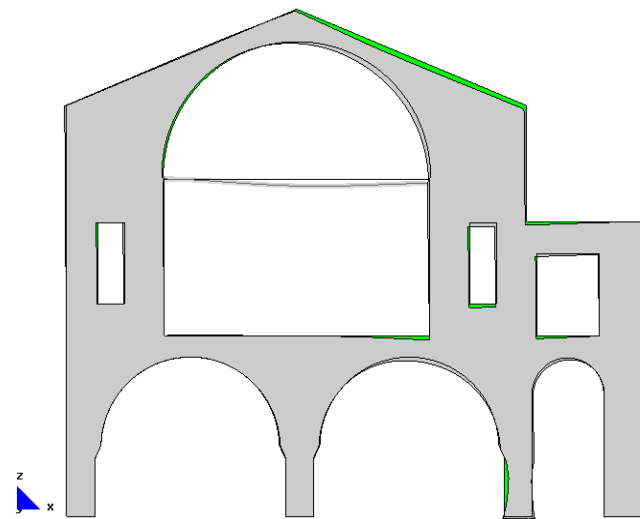
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

No considerando el zuncho de conexión con el muro.

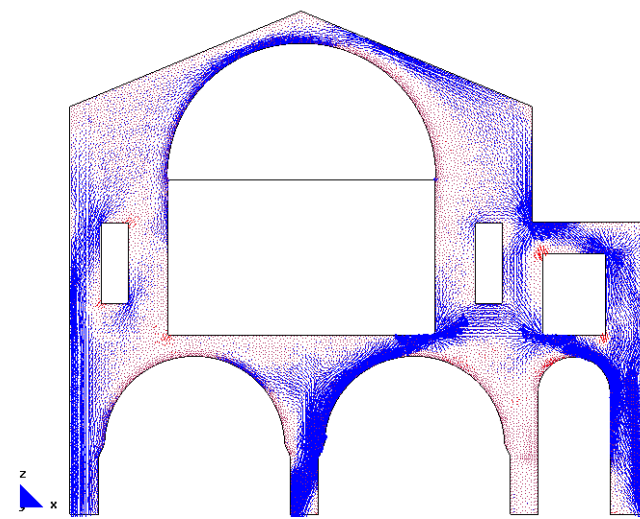
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento de la base y restricciones laterales.

⁸³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-2-pared con arco colapsada\arcos con fisura-1.gid.

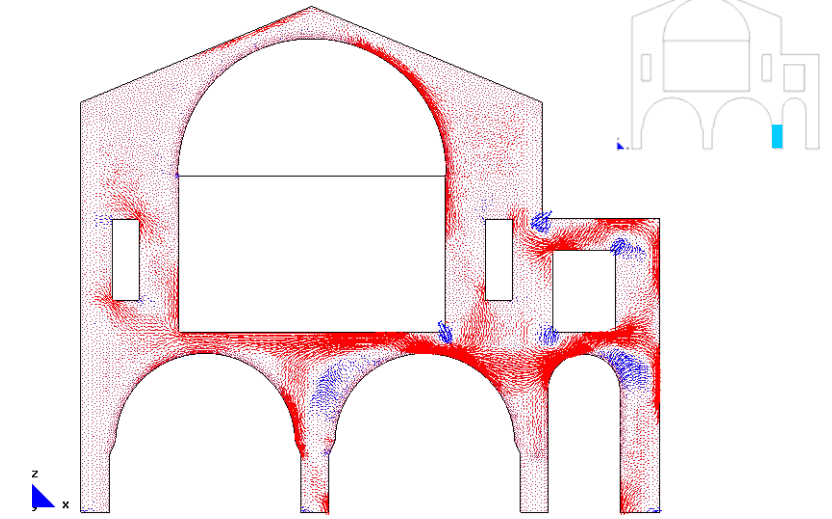


a.- Deformada



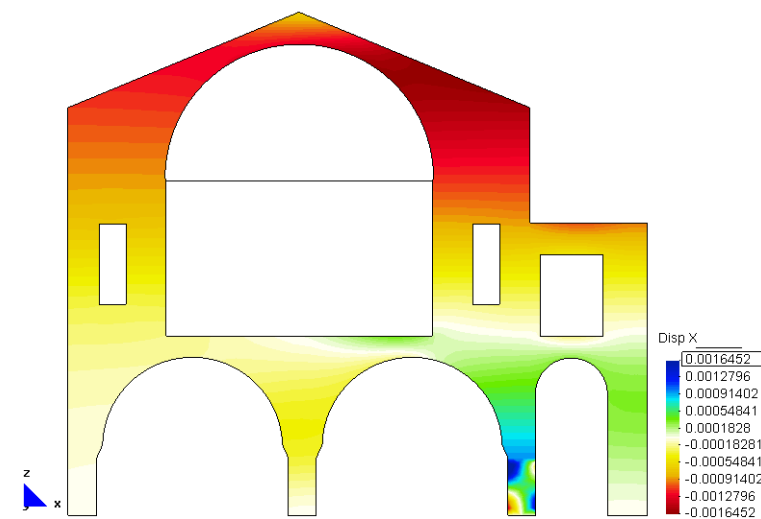
d. - Main Ax. Force (N/M). "Sii" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (Sii).

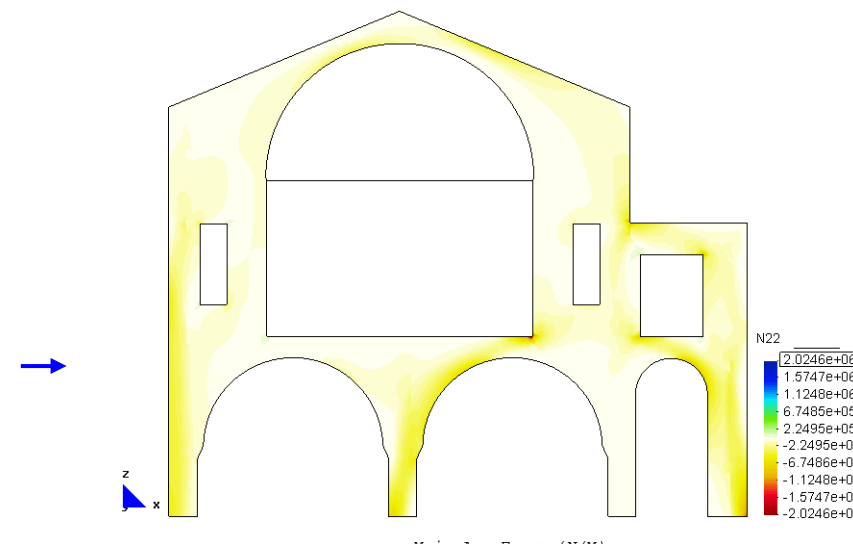


g. - Main Ax. Force (N/M). "Si" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si).

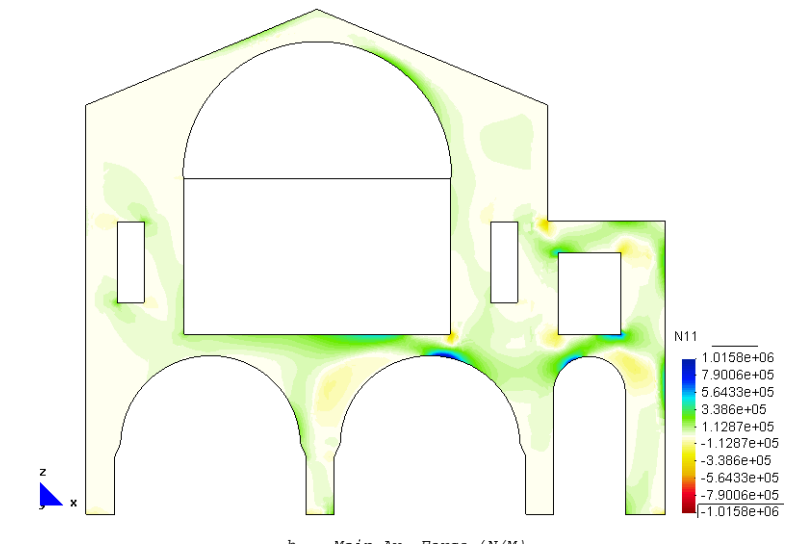


b. - Displacement (m).Disp-X



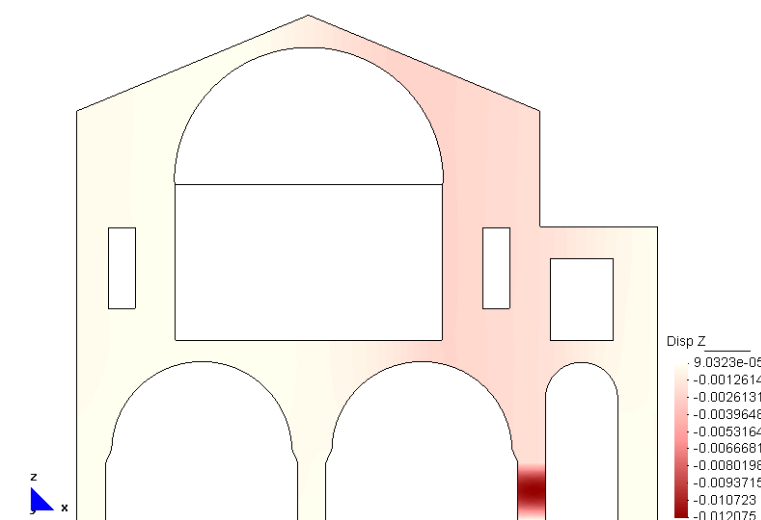
e. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22).



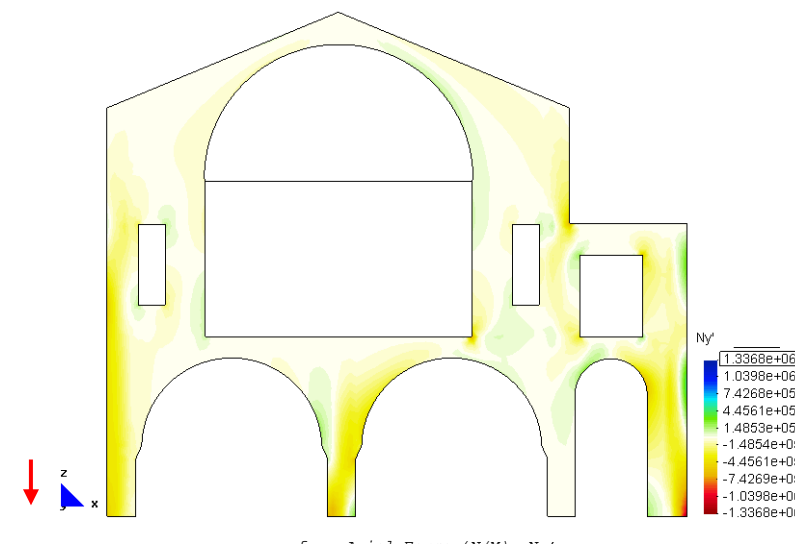
h. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N11).



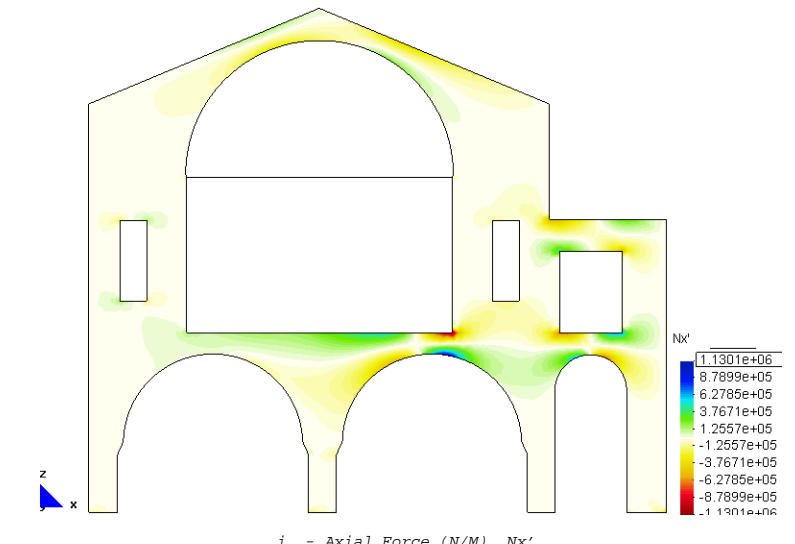
c.- Displacement (m).Disp-Z

Desplazamientos



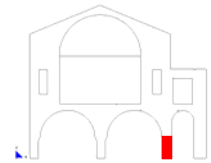
f. - Axial Force (N/M). Ny'.

Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')



i. - Axial Force (N/M). Nx'.

Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx').

6.3.2.1.3 Pared incluyendo fisuración: $E=5,00E05N/m^2$ **FICHA DEL MODELO****1.- NOMBRE DEL MODELO:**

Huecos con arcos-def-apoy-30⁸⁴
(Hueco con arco, con la base apoyada, $e=30$)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,20
	N/m	8.000
Cp	Tn/m ²	0,00
	N/m	0.00
Su	Tn/m ²	0,10
	N/m	4.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000N/m^3$
$E=5,00E05N/m^2$

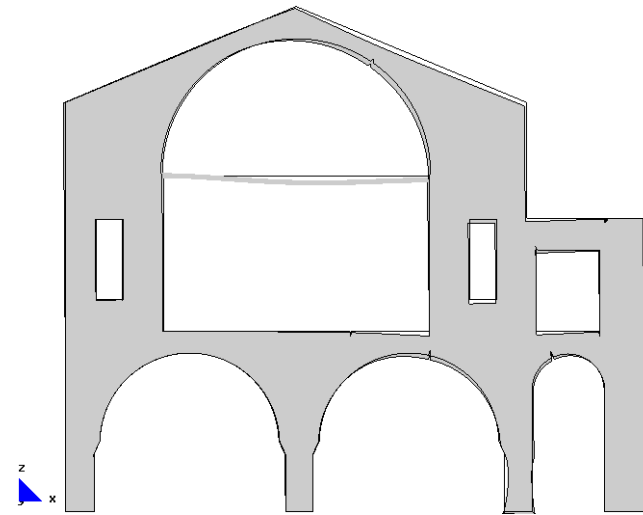
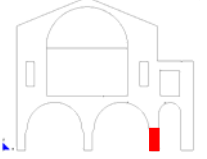
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

No considerando el zuncho de conexión con el muro.
--

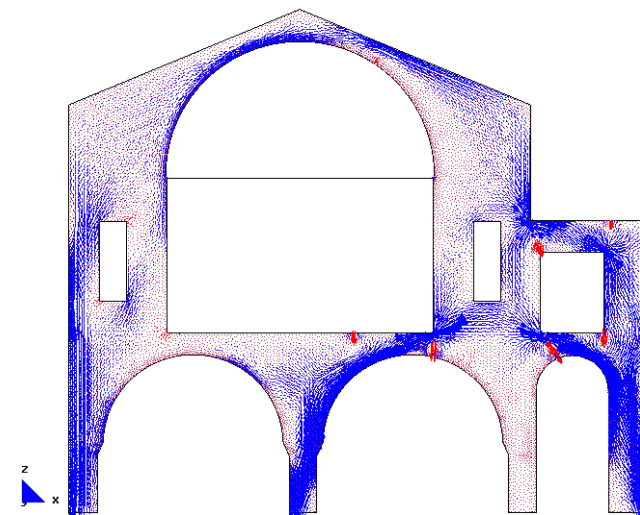
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento de la base y restricciones laterales.

⁸⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-2-pared con arco colapsada\arcos con fisura-1.gid.

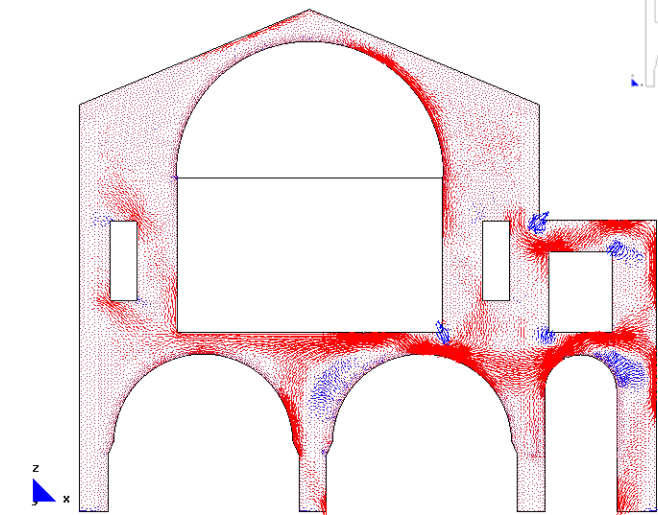


a.- Deformada



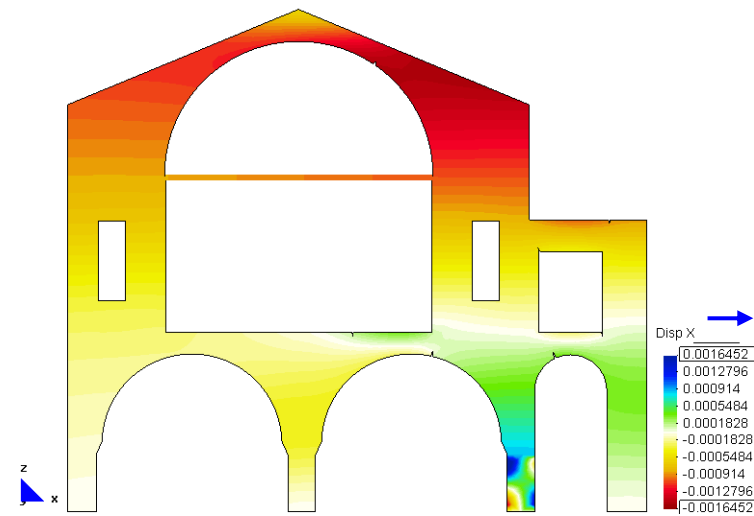
d. - Main Ax. Force (N/M). "Sii" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "22" (Sii).

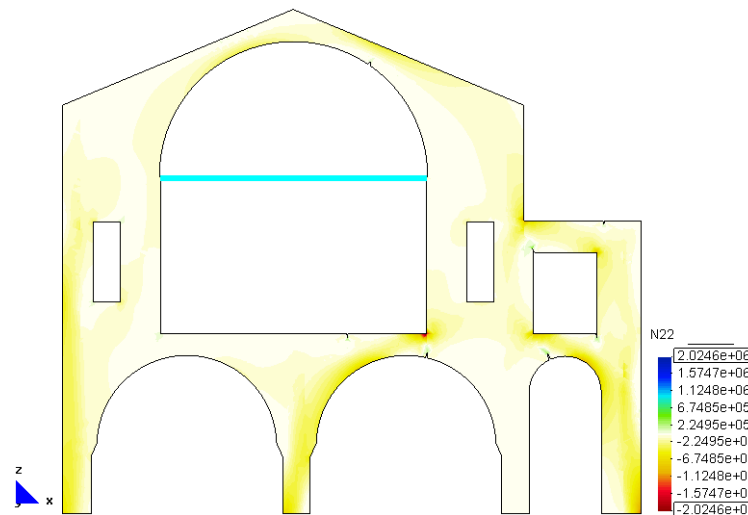


g. - Main Ax. Force (N/M). "Si" factor-2.0e-6.

Vectores en el sentido de la dirección principal "11" (Si).

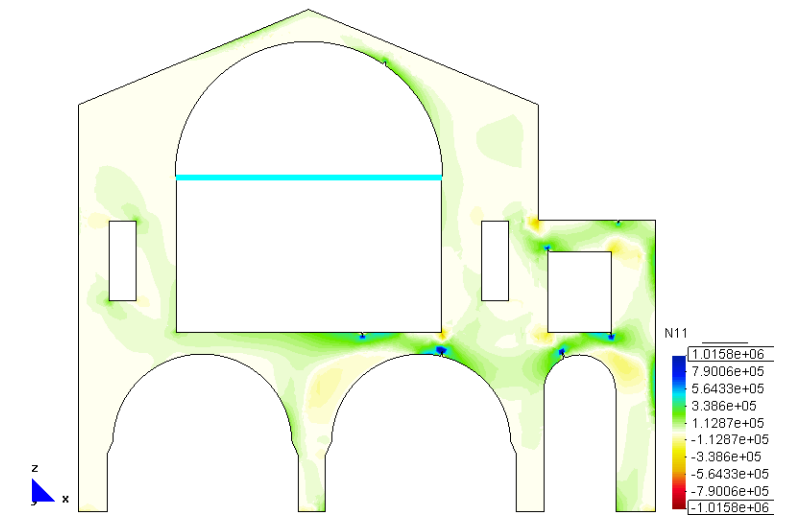


b. - Displacement (m).Disp-X



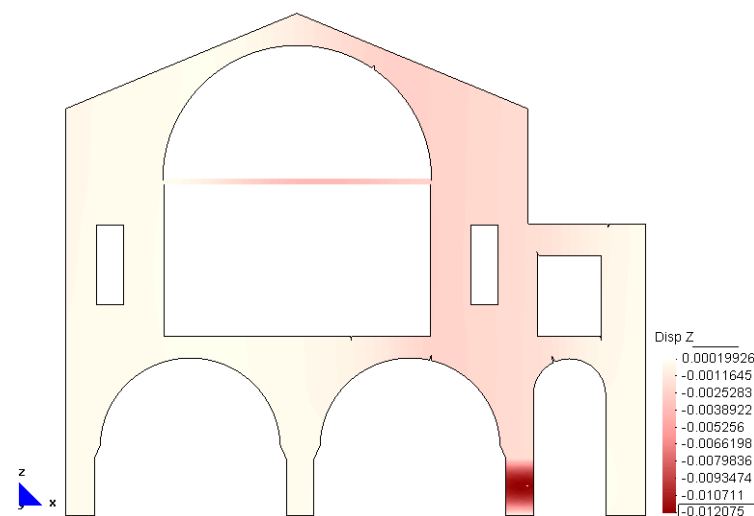
e. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (N22).



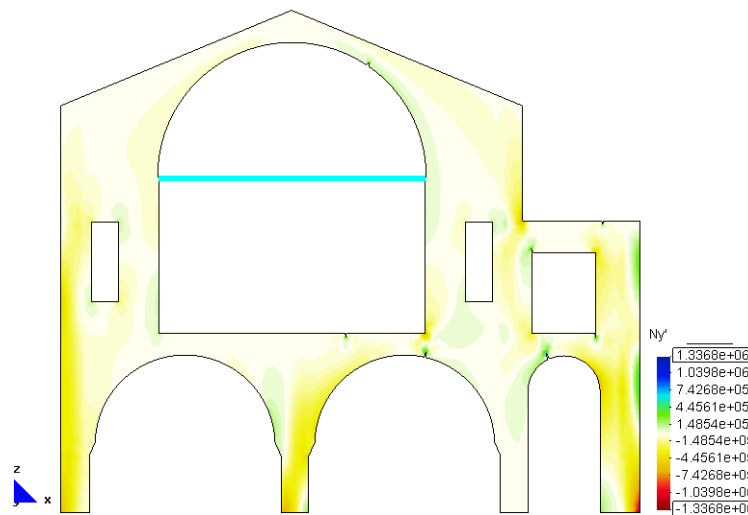
h. - Main Ax. Force (N/M).

Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (N11).



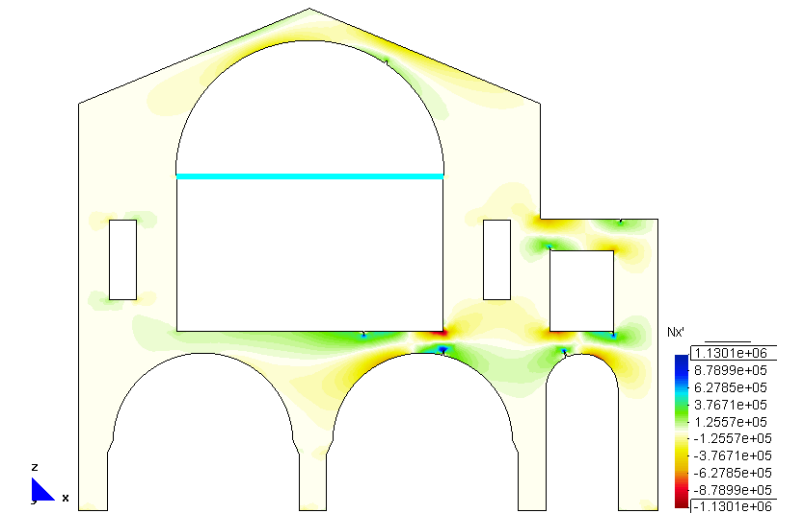
c.- Displacement (m).Disp-Z

Desplazamientos



f. - Axial Force (N/M). Ny'.

Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')



i. - Axial Force (N/M). Nx'.


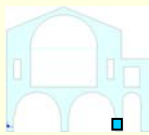
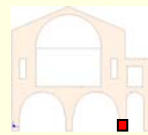
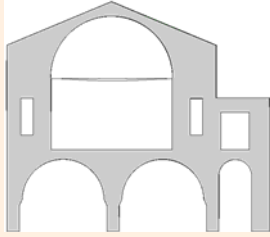
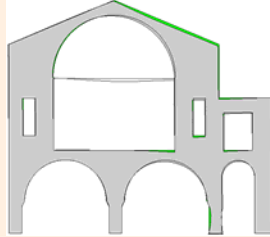
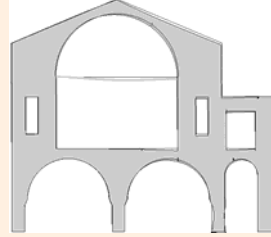
Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx')

6.3.3 Análisis comparativo

A continuación analizamos de modo paralelo los tres modelos informáticos de la pared. Se va observando cómo, al manipular el módulo de deformación longitudinal "E", varía considerablemente el comportamiento de la pared, incluso aparecen zonas que superan la tensión admisible a tracción de la fábrica⁸⁵.

Para realizar las comparaciones, se divide el apartado siguiendo el orden de la información obtenida en cada uno de los modelos.

6.3.3.1 Deformaciones

(GRAF.6: 52) PARED COLAPSADA: DEFORMADA		
		
(GRAF.6: 43) Esquema del estado inicial con un E=5,70E09N/m2.	(GRAF.6: 44) Esquema del estado con un E=5,00E05N/m2.	(GRAF.6: 45) Esquema del estado fisurado con un E=5,00E05N/m2.
Deformaciones.		
		
(19) 6.2.2.1.1.ia	(20) 6.2.2.1.1.ia	(21) 6.2.2.1.1.ia

1. En el modelo inicial se aprecia que⁸⁶:
 - a. Las deformaciones no son excesivas.
2. Si manipulamos el módulo de deformación de la base del tercer machón se puede apreciar que⁸⁷:
 - b. En el modelo sin fisuración aumenta considerablemente la deformación de la pared, aunque con mayor intensidad en el machón⁸⁸. Este incremento de deformada es superior cuando se introducen las fisuras⁸⁹.
 - c. Al descender el machón, atrae junto con él todo lo que está encima: los propios arcos que soporta, el lado derecho del arco de medio punto⁹⁰ y los arcos de ángulos rectos. Esto se produce sin que se entere prácticamente el lado izquierdo de la pared.

⁸⁵ En estas zonas se introducen las fisuras.

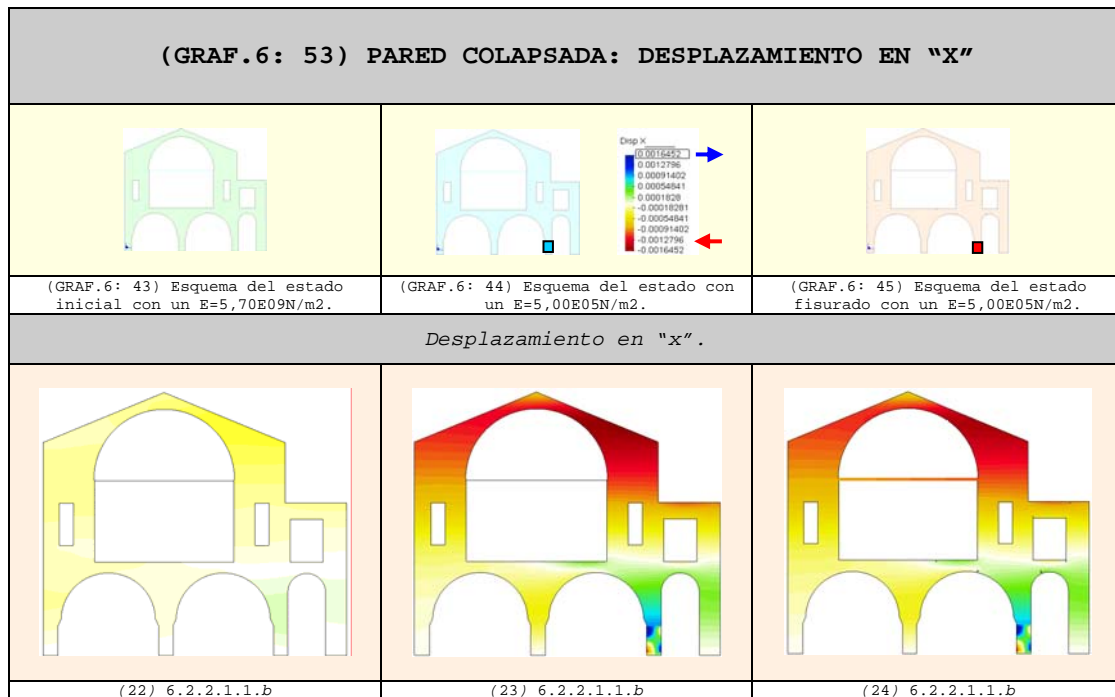
⁸⁶ Ver gráfico (19).

⁸⁷ Ver gráficos (20) y (21).

⁸⁸ Ver gráfico (20).

⁸⁹ Ver gráfico (21).

⁹⁰ Tanto su base como la parte superior.

6.3.3.2 Desplazamiento en "x"⁹¹

3. En el modelo inicial se aprecia que⁹²:
 - d. Los desplazamientos son prácticamente insignificantes.
4. Si manipulamos el módulo de deformación de la base del tercer machón se puede apreciar que⁹³:
 - e. Los desplazamientos importantes se localizan en el machón y en la parte superior derecha del arco de la planta alta⁹⁴.
 - f. Los desplazamientos aumentan de modo visible en un orden del 10%.
 - g. La parte inferior de la pared tiende a desplazarse hacia la derecha, mientras que la parte superior tiende a desplazarse hacia la izquierda⁹⁵.
 - h. La base del machón tiende a abrirse mientras que un poco más arriba se desplaza considerablemente hacia la derecha⁹⁶⁻⁹⁷.
 - i. Al introducirse las fisuras en el modelo aumentan, en pequeña magnitud, los desplazamientos⁹⁸.

⁹¹ Los desplazamientos hacia el lado derecho se representan con la gama de colores fríos (verde-azul) y los desplazamientos hacia el lado izquierdo con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo).

⁹² Notar que esto quiere decir que la pared realmente no tenía ningún problema. Ver gráfico (22) y compararlo con (23) y (24).

⁹³ Ver gráficos (23) y (24).

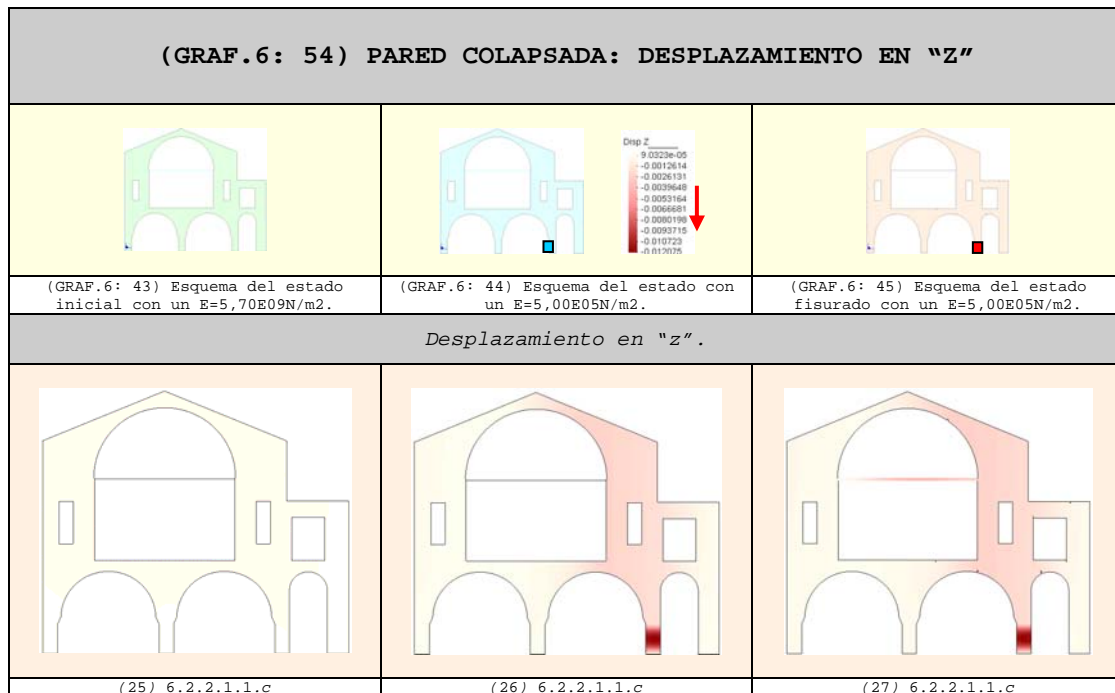
⁹⁴ Lógicamente el movimiento de la parte superior del arco se origina por los movimientos de dicho machón.

⁹⁵ Esto es razonable ya que, al desplazarse la base hacia la derecha, tiende a volcarse hacia el lado izquierdo.

⁹⁶ Los factores que originan este comportamiento son: El empotramiento de su base y el efecto de Poisson.

⁹⁷ Como es de esperar este comportamiento lo tiene únicamente el machón con el módulo de elasticidad reducido.

⁹⁸ Ver gráfico (24).

6.3.3.3 Desplazamiento en "z"⁹⁹

5. En el modelo inicial se aprecia que¹⁰⁰:

j. Los movimientos verticales son insignificantes.

6. Si manipulamos el módulo de deformación de la base del tercer machón apreciamos que¹⁰¹:

k. Los desplazamientos aumentan considerablemente en el machón¹⁰².

l. Toda la zona de la pared que se apoya en el machón desciende visiblemente, aunque mucho menos si lo comparamos con su base¹⁰³.

m. La deformación que se obtiene es aproximadamente de 1,00cm que es un valor muy alto para la fábrica¹⁰⁴.

n. Cuando se introduce la fisura aumentan en pequeña magnitud los descensos¹⁰⁵.

⁹⁹ Los desplazamientos aumentan de valor a medida que el color se acerca al rojo intenso.

¹⁰⁰ Notar que esto quiere decir que la pared realmente no tenía ningún problema. Ver gráfico (25) y compararlo con (26) y (27).

¹⁰¹ Ver gráficos (26) y (27).

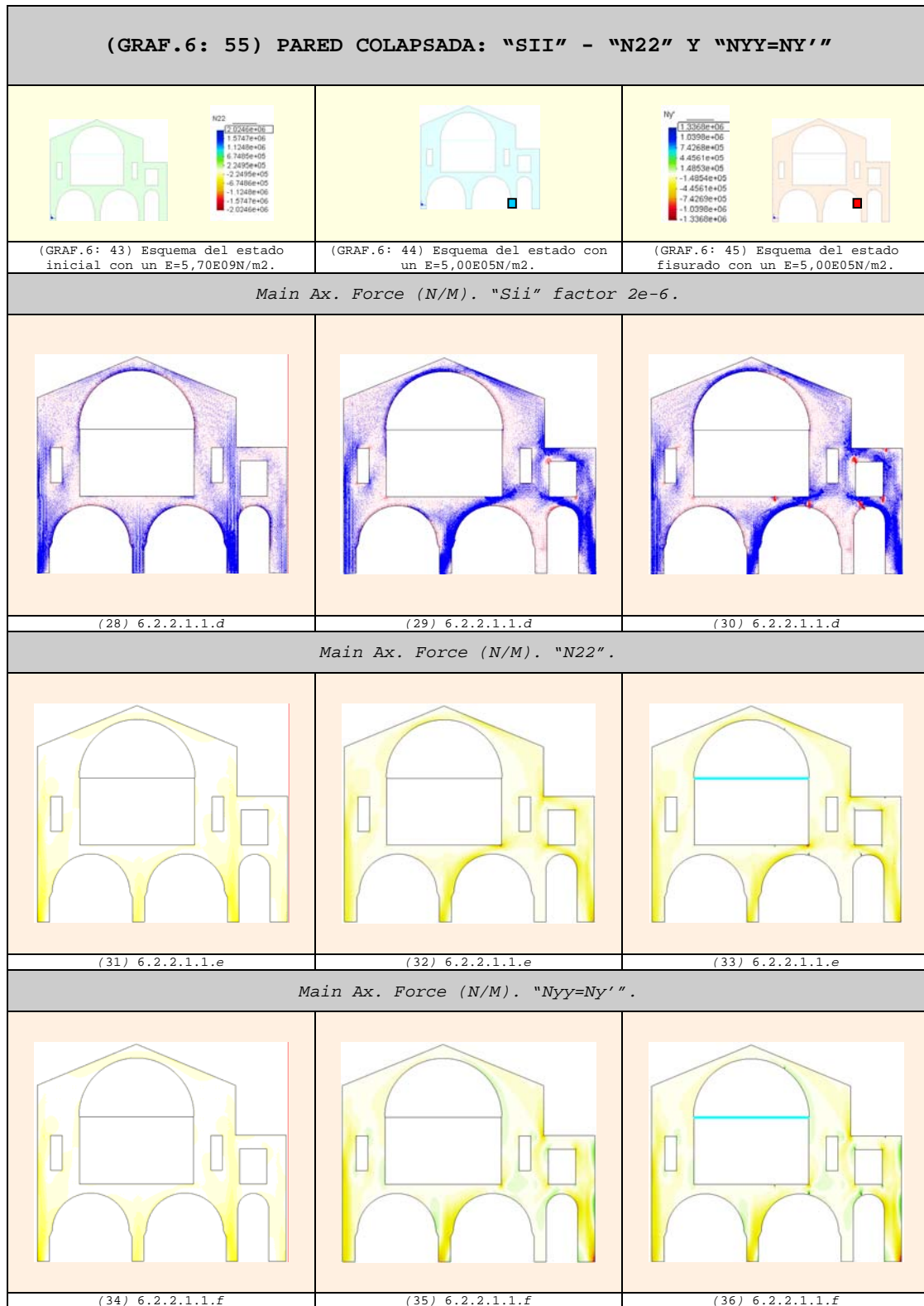
¹⁰² Comparar (25) con (26).

¹⁰³ Esto se debe a que su "E" es superior 5,70E07N/m2, por ello deforma mucho menos.

¹⁰⁴ Esto origina que el comportamiento de la pared cambie considerablemente, provocando su colapso.

¹⁰⁵ Ver gráfico (27).

6.3.3.4 Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "22" (Sii¹⁰⁶ - N22) y Fuerzas en el sentido "yy" (Nyy=Ny')¹⁰⁷



¹⁰⁶ Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

¹⁰⁷ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul.

7. En el modelo inicial se aprecia que:
- o. Las cargas descienden con preferencia por los machones extremos de los arcos más grandes de la planta baja¹⁰⁸, con menor intensidad por el machón que une a ambos y en mucha menor cantidad por el machón extremo derecho de la pared.
8. Si manipulamos el módulo de deformación de la base del tercer machón apreciamos cambios muy importantes, entre ellos¹⁰⁹:
- p. Las cargas se redistribuyen de modo claro, cuyo recorrido es diferente al inicial¹¹⁰.
 - q. Al perder rigidez el machón¹¹¹ se produce por completo su descarga¹¹², lo cual da lugar a la redistribución de las fuerzas que soportaba inicialmente. Los machones que reciben las nuevas cargas, fruto de la redistribución, son aquellos que están a sus lados.
 - r. Otro punto crítico al producirse la redistribución es en el lado derecho de la base del arco más grande¹¹³. En esta zona falla la pared, tanto por compresión como por tracción.
 - s. En la pared aparecen zonas que superan la resistencia a tracción de la fábrica, dando como resultado la formación de fisuras¹¹⁴.
 - t. En el hueco recto ubicado a la izquierda del arco más grande se traccionan algunas de sus aristas, aunque no llegan a fisurar.
 - u. Cuando introducimos las fisuras en el modelo se intensifican las zonas traccionadas¹¹⁵.
 - v. En el machón del extremo derecho de la pared existen fuertes tracciones, aunque, dado el espesor del mismo, no superan la resistencia de la fábrica¹¹⁶.

¹⁰⁸ Esto es totalmente razonable ya que el arco grande descargaba por sus extremos. En la gráfica de los vectores se aprecia con claridad el recorrido de las cargas, ver gráfico (28). También ver gráficos (31) y (34).

¹⁰⁹ Ver gráficos (29) y (30) - (32) y (33) - (35) y (36).

¹¹⁰ Comparar (28) con (29)- (30), (31) con (32)- (33) y (34) con (35)- (36).

¹¹¹ Tener en cuenta que este machón es el que más carga en el modelo inicial.

¹¹² Esto quiere decir que pierde su capacidad portante, es decir, no es capaz de soportar carga.

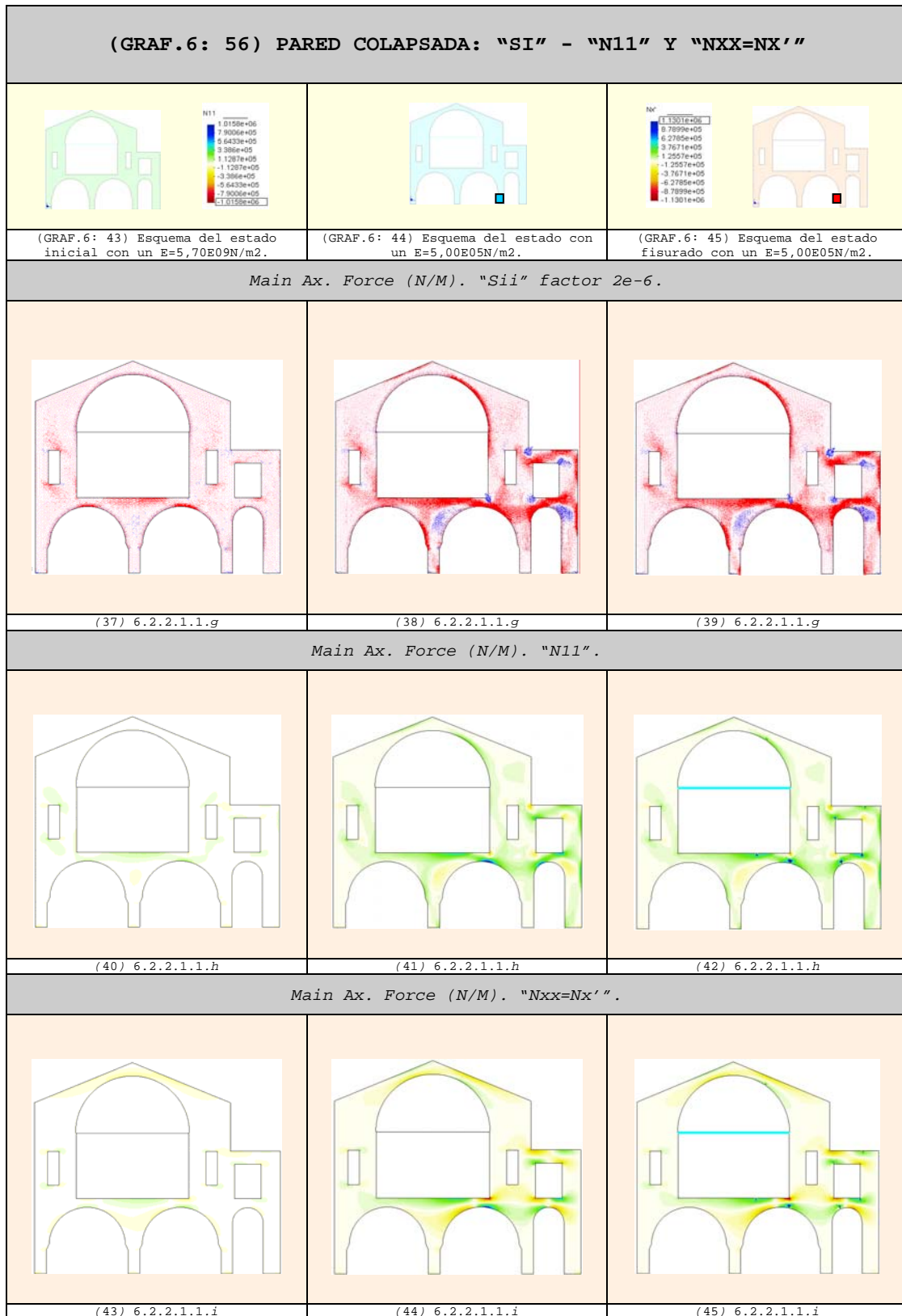
¹¹³ Observemos que la sección es muy reducida, inicialmente no recibía compresiones excesivas, aunque ahora las fuerzas son superiores, capaces de llegar a sobre-tensionar a la fábrica; comparar (28) con (29).

¹¹⁴ Que al desarrollarse producen el colapso de la pared.

¹¹⁵ Ver gráficos (30), (33) y (36).

¹¹⁶ En realidad este machón es el espesor del muro de carga corrido que constituye a su vez el cerramiento del edificio.

6.3.3.5 Vectores y fuerzas en el sentido de la dirección principal "11" (Si¹¹⁷ - N11) y Fuerzas en el sentido "xx" (Nxx=Nx')¹¹⁸



¹¹⁷ Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

¹¹⁸ En los gráficos de las fuerzas, las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul.

9. En el modelo inicial se aprecia que:
- w. En la pared aparecen zonas traccionadas, aunque no superan la resistencia de la fábrica a tracción ¹¹⁹.
10. Si manipulamos el módulo de deformación de la base del tercer machón apreciamos cambios muy importantes, entre ellos ¹²⁰⁻¹²¹:
- x. La base del machón con un "E" bajo origina su descenso y con él tiende a atraer hacia sí al resto de pared produciéndose el estiramiento de la misma.
- y. Las fuerzas de tracción que existen en el modelo inicial aumentan considerablemente su magnitud, e incluso aparecen nuevas zonas traccionadas.
- z. En algunos de los casos las tracciones superan la resistencia de la fábrica y se forman fisuras. Al desarrollarse, llegan a colapsar la estructura.
- aa. La clave del segundo arco de la planta baja se convierte en un punto crítico de la pared por concentrarse fuertes fuerzas de tracción.
- bb. Entre la clave del arco de la planta baja y la parte inferior derecha del arco de la planta alta se produce una concentración de tracciones y compresiones excesiva.
- cc. La parte derecha de la clave del arco de medio punto más grande se sobre tensiona y rompe.
- dd. En la parte superior izquierda del arco de ángulos rectos más grande se produce una concentración excesiva de tracciones que superan la resistencia de la fábrica.
- ee. En el modelo fisurado se aprecia una igualdad en la distribución de las fuerzas con relación al modelo sin fisuración. Por otro lado, los esfuerzos de tracción aumentan considerablemente ¹²²⁻¹²³.

¹¹⁹ Esto es totalmente razonable ya que el arco grande descargaba por sus extremos. En la gráfica de los vectores se aprecia con claridad el recorrido de las cargas, ver gráfico (37). También ver gráficos (40) y (43).

¹²⁰ Ver gráficos (38) y (39) - (41) y (42) - (44) y (45).

¹²¹ Comparar (37) con (38), (40) con (41) y (43) con (44).

¹²² Ver gráficos (39), (42) y (45).

¹²³ Comparar (38) con (39), (41) con (42) y (44) con (45).

6.3.4 Conclusión del ejercicio-2

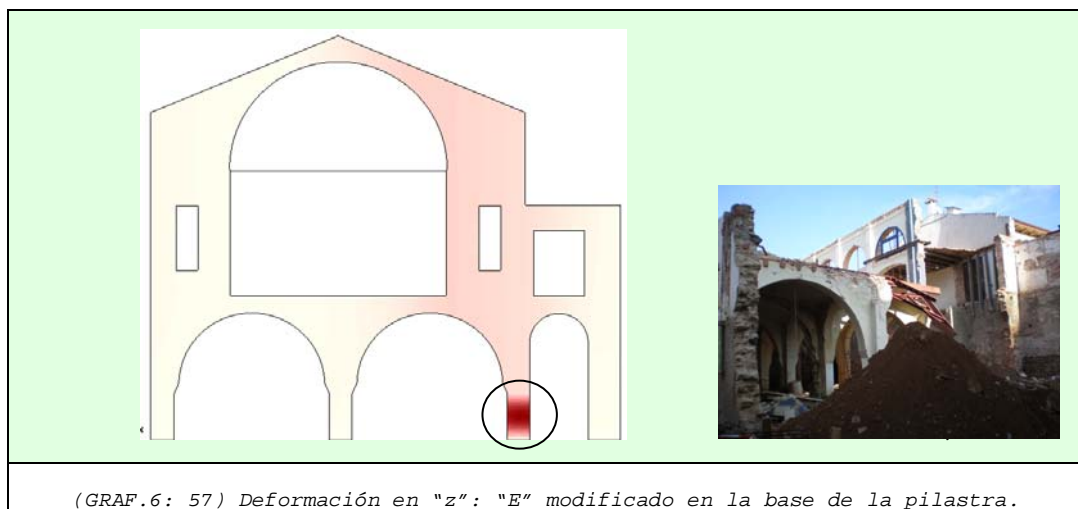
Los resultados obtenidos son realmente buenos. Nos dan una idea clara de las consecuencias originadas por una mala intervención en la base de los machones que se simula en los modelos alterando el "E"¹²⁴.

A modo de resumen podemos concretar:

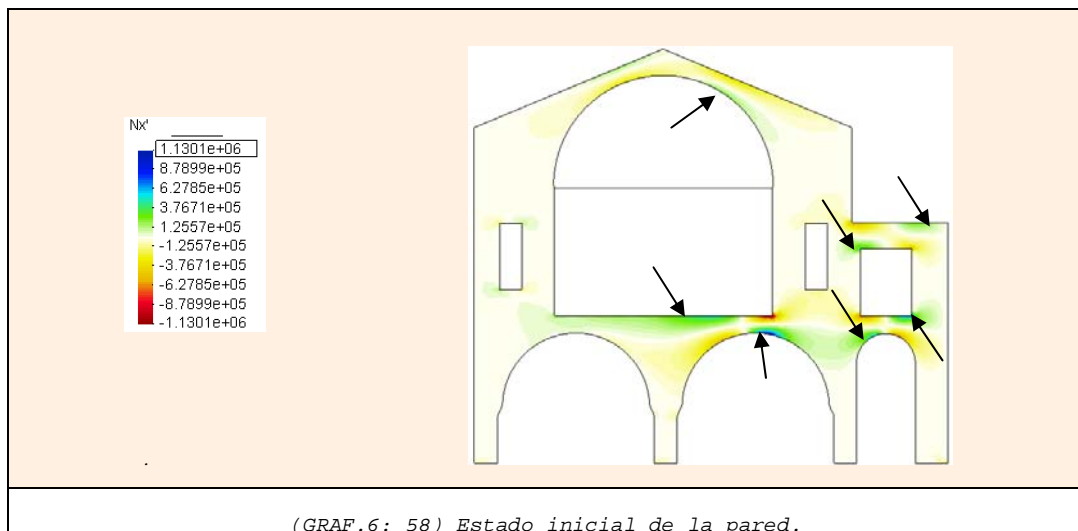
11. La importancia de no alterar una cimentación existente sin un estudio previo y sin tomar las medidas de seguridad oportunas¹²⁵.

12. La importancia del "E" del material en el comportamiento de la estructura.

13. Si el "E" se altera en una parte de la estructura, los desplazamientos en "z" aumentan de magnitud en la zona afectada.



14. Aparecen fuerzas de tracción importantes que llegan a romper la fábrica en los puntos críticos que se indican en el siguiente esquema.

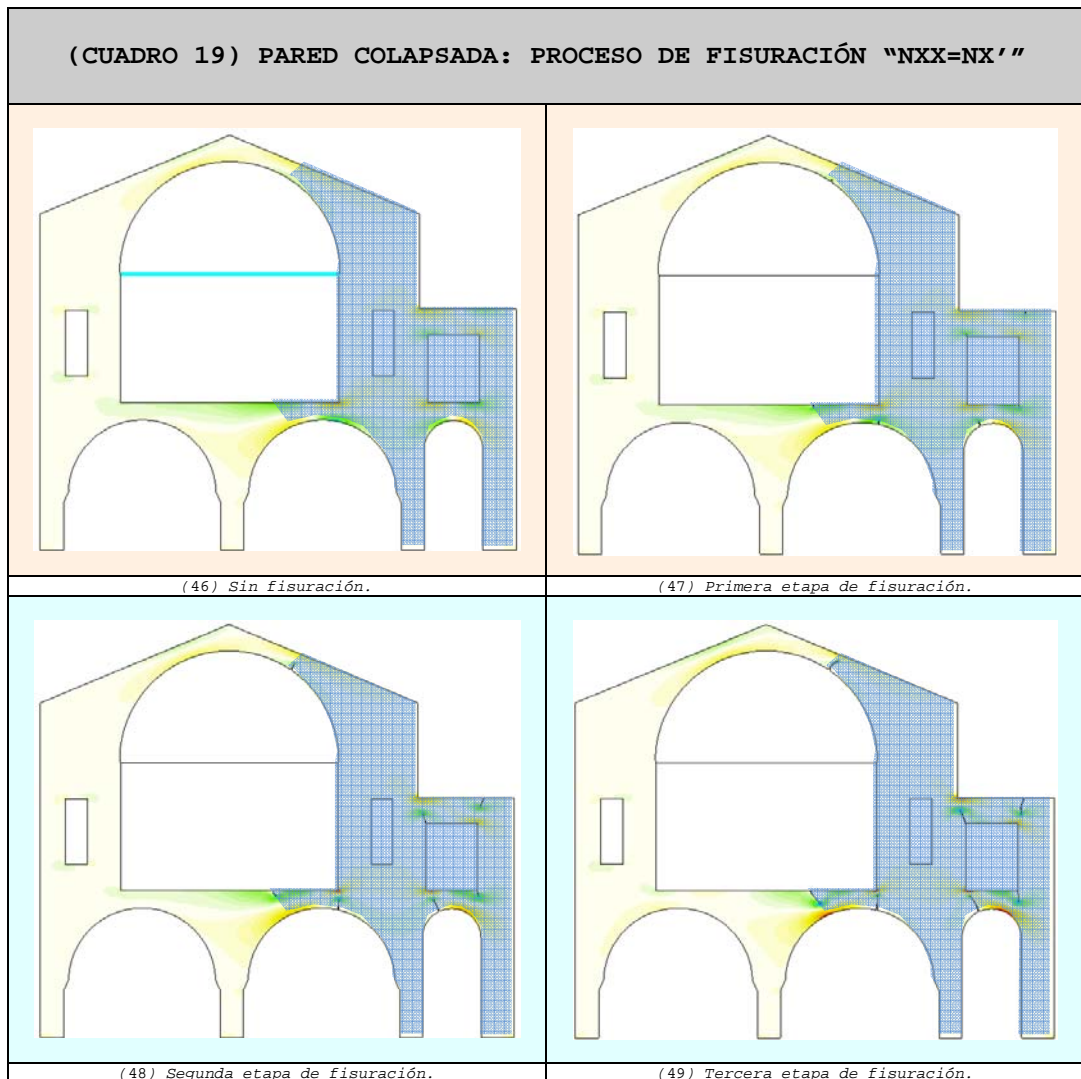


15. El colapso de la pared se alcanza cuando las primeras fisuras crecen gracias a las fuertes tracciones a las que está sometida.

¹²⁴ Módulo de deformación longitudinal del material, el real es $E=5,70E09N/m^2$ y el modificado es $E=5,00E05N/m^2$.

¹²⁵ Ya que en el momento que sufra un mínimo asentamiento la estructura sufre mucho llegando incluso a la pérdida completa de la pieza estructural, es decir, al colapso.

16. En el (CUADRO 19) se incluyen algunos resultados de los modelos desarrollados con fisuración avanzada¹²⁶⁻¹²⁷, con la finalidad de poderlos comparar con los dos modelos expuestos cuyo "E" está alterado.



- ff. Si seguimos la secuencia de las cuatro imágenes se puede observar el desarrollo de las fisuras en los puntos más comprometidos de la pared¹²⁸.
- gg. En la tercera etapa de fisuración se observa cómo las fisuras están bastante desarrolladas y el colapso es inminente.

Los resultados son claros y coherentes ya que coincide con la zona colapsada real¹²⁹ de la pared.

Esto es bueno ya que indica que el método utilizado es aceptable y fiable.

¹²⁶ Que de acuerdo con lo indicado anteriormente, no se presentan todos sus resultados, sino aquellos más relevantes del proceso de colapso.

¹²⁷ Es necesario indicar que el rango de valores utilizado es superior, en comparación con el que hemos utilizado hasta ahora.

¹²⁸ Concentrándose en sus cabezas las fuerzas con magnitudes mayores.

¹²⁹ La zona sombreada indica la parte de la pared colapsada en la realidad.

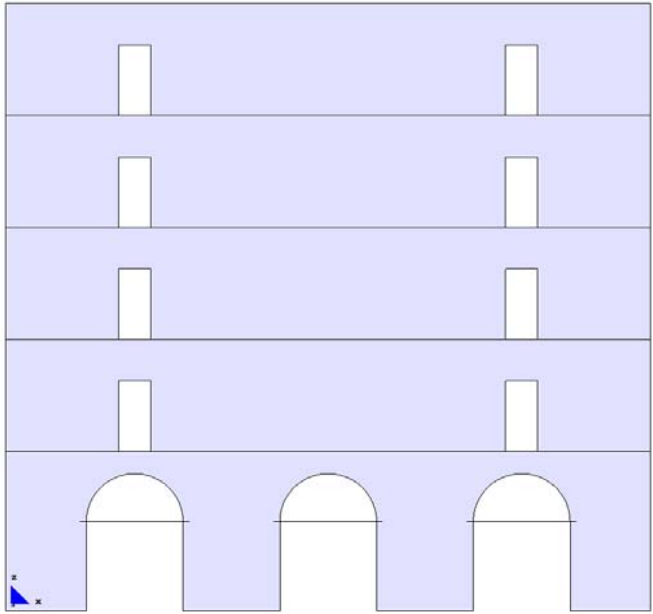
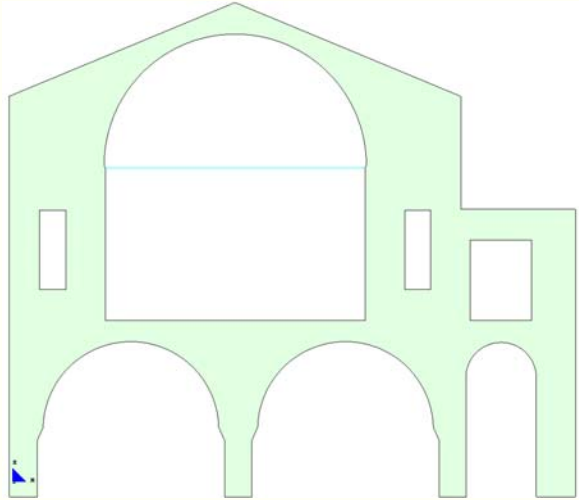
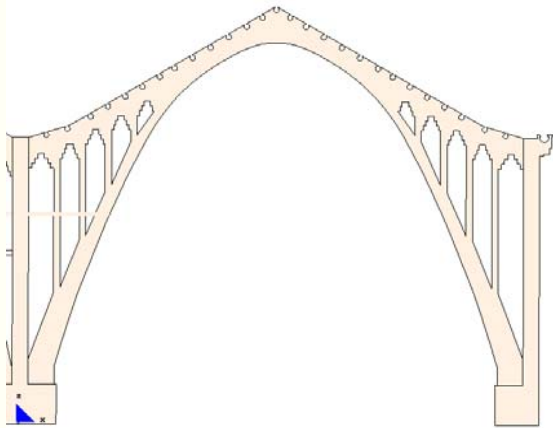
MJIG

CAPÍTULO-6

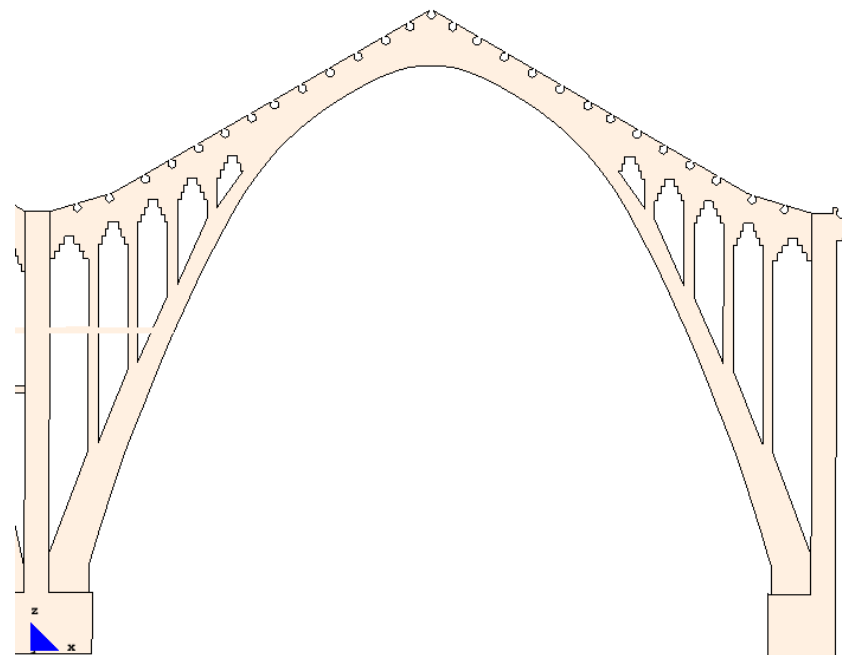
- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA
- 3.- EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO
- 4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"**
- 5.- CONCLUSIÓN GENERAL

6.4 EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS FISURADOS PERTENECIENTES A UN COMPLEJO INDUSTRIAL"

En el (CUADRO 9) se indican todos los modelos que se analizan en este capítulo.

(CUADRO 9) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TRES MODELOS		
		
<p>(GRAF.6: 1) Ejemplo-1: pared de edificio de viviendas.</p>	<p>(GRAF.6: 2) Ejemplo-2: pared colapsada.</p>	<p>(GRAF.6: 3) Ejemplo-2: arcos fisurados.</p>

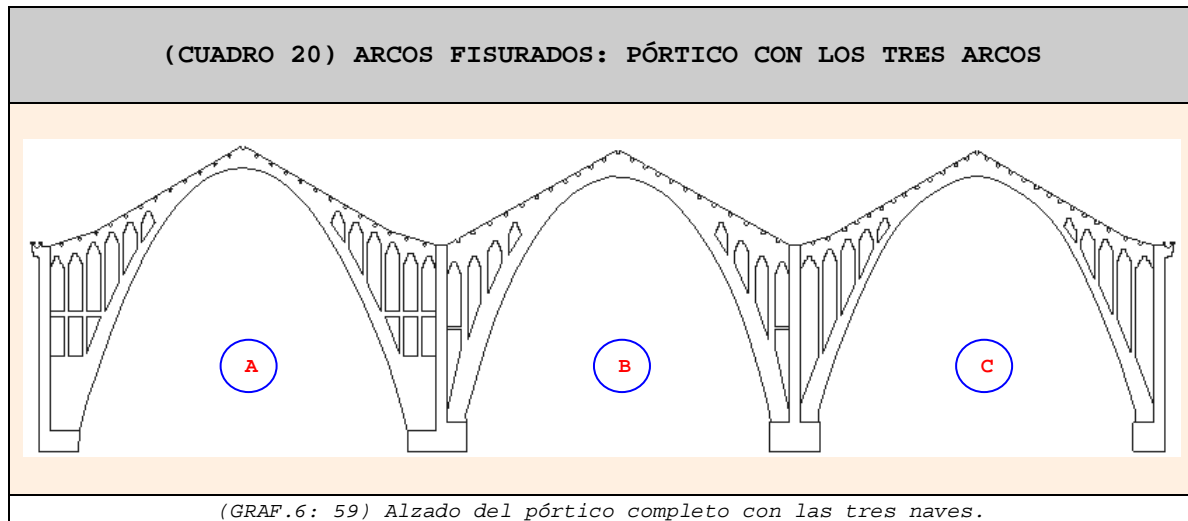
Tercer ejemplo práctico:



(GRAF.6: 3) Ejemplo-2: arcos fisurados.

El tercer ejemplo corresponde a una estructura existente con patologías. El edificio es una nave industrial compuesta por tres arcos de obra de fábrica, primera obra agraria del Arq. César Martinell Brunet (1888-1973).

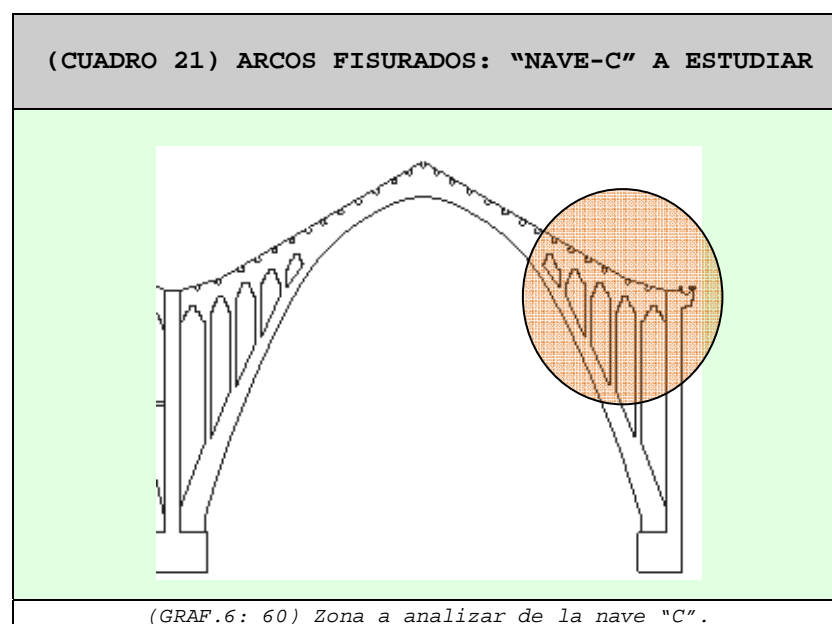
En el (CUADRO 20) se presenta el esquema de los arcos existentes y para diferenciarlos y facilitar la explicación los llamamos A-B-C¹³⁰:



Cabe indicar que el trazado de los tres arcos, así como sus dimensiones son completamente diferentes.

El edificio presenta serias patologías en los arcos "A" y "C", y se localizan especialmente en los extremos superiores próximos a las cornisas de las fachadas laterales¹³¹.

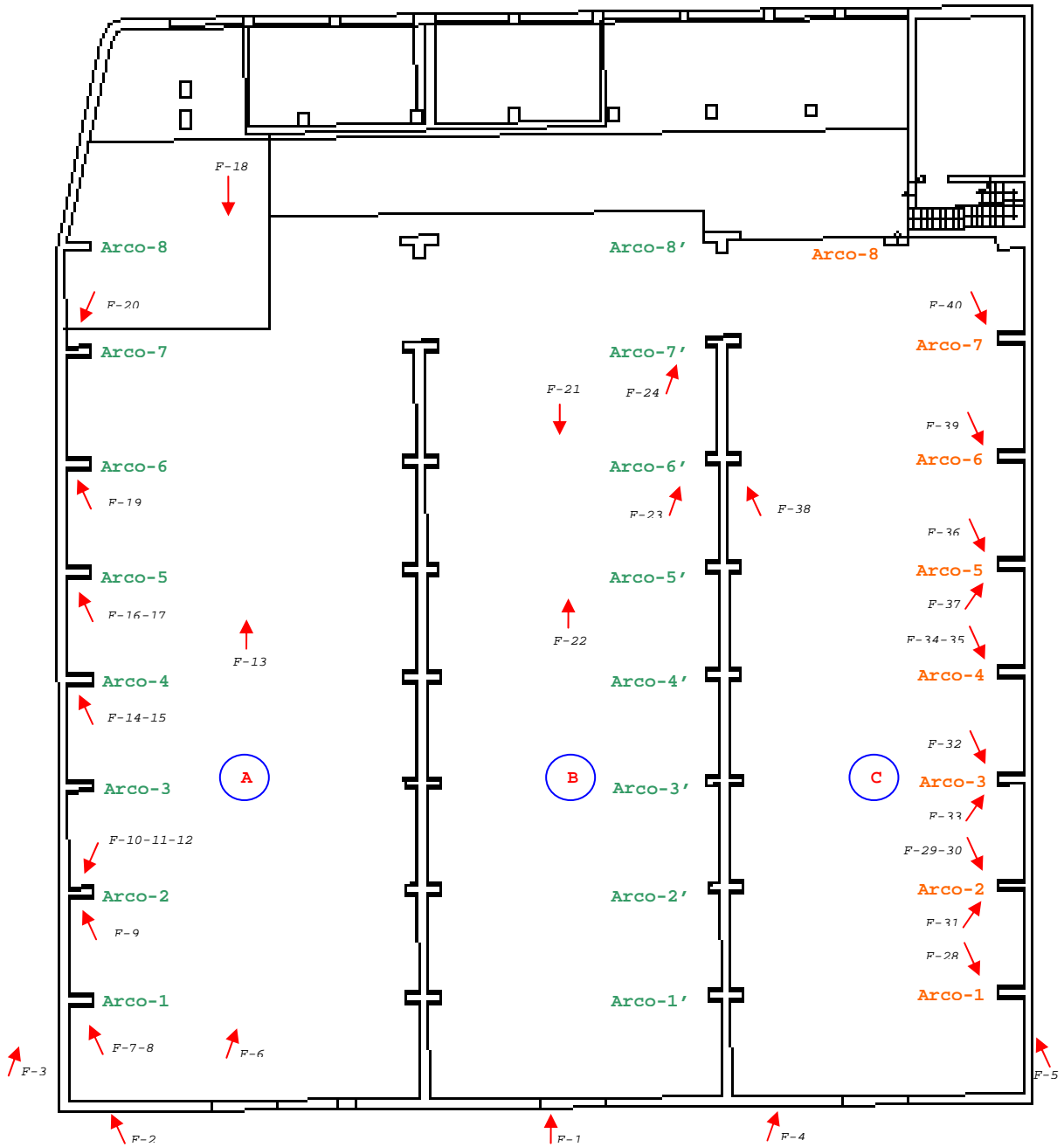
En el ejercicio analizamos concretamente el lado superior derecho de la nave "C", por presentar las patologías más importantes. En el (CUADRO 21) se especifica dicha zona.



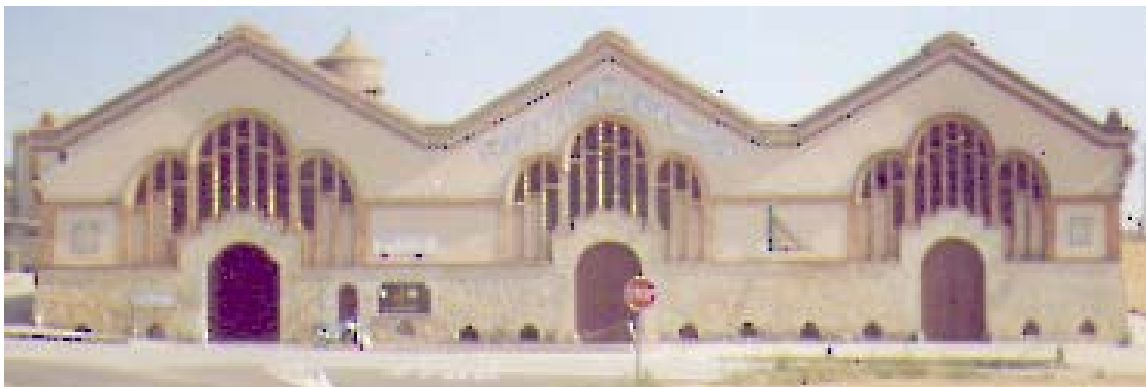
¹³⁰ Como se puede apreciar en el esquema anterior (GRAF.6: 59).

¹³¹ Las cuales se pueden apreciar en las fotos que se exponen en los siguientes apartados.

A continuación se presenta la planta de las naves:



(GRAF.6: 61) Planta general y localización del punto de vista de cada una de las fotos.



(F-1) Fachada principal.

MJIG

6.4 EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"

- 1.- FOTOS DEL ESTADO ACTUAL
- 2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS
- 3.- ESTUDIO A REALIZAR
- 4.- ESPECIFICACIÓN DE LA ZONA A ANALIZAR
- 5.- RESULTADO DE LOS MODELOS INDIVIDUALES
- 6.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES MODELOS
- 7.- CONCLUSIONES DEL EJERCICIO-3

6.4.1 Fotos del Estado Actual

- a. Fachada: lado Izquierdo. Nave A:



(F-2)

- b. Fachada Lateral Izquierda. Nave A:



(F-3)

- c. Fachada: lado Derecho. Nave B y C:



(F-4)

- d. Fachada Lateral Derecha. Nave C:



(F-5)

6.4.1.1 Fotos de la Nave-A

e. Arcos 1 A 8 (parte posterior derecha)(F-6)



f. Arco-1



(F-7)



(F-8)

g. Arco-2



(F-9)



(F-10)



(F-11)



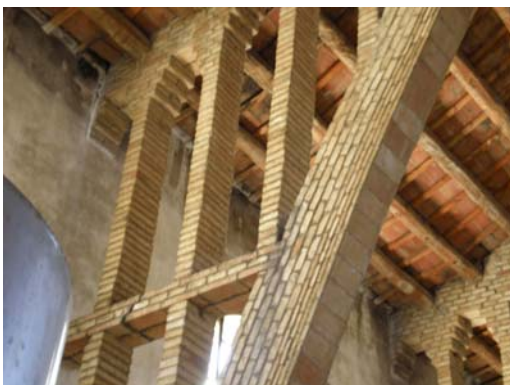
(F-12)

h. Arcos 4 A 8 (PARTE POSTERIOR-VISTA FRONTAL) (F12)



(F-13)

i. Arco-4



(F-14)



(F-15)

j. Arco 5

(F-16)



(F-17)

k. Arcos 8 A 1 (ACCESO POSTERIOR-LATERAL DERECHA)

(F-18)

l. Arco-6

(F-19)

m. Arco-7 (MONTAJE)



(F-20)

6.4.1.2 Fotos de la Nave-B

- n. Arcos 6' A 1' (acceso-vista frontal)



(F-21)

- o. Arcos 5' A 8' (PARTE POSTERIOR-FRONTAL)



(F-22)

p. Arco 6'.



(F-23)

q. Arco 7'.



(F-24)

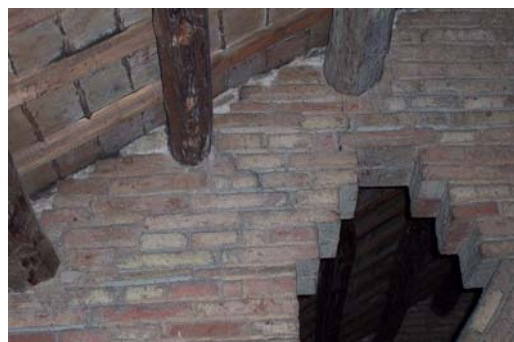
r. Arcos varios de la nave-B



(F-25)



(F-26)



(F-27)

6.4.1.3 Fotos de la Nave-C (Acceso: lado derecho)**s. Arco-1**

(F-28)

t. Arco-2

(F-29)



(F-30)



(F-31)

u. Arco-3

(F-32)



(F-33)

v. Arco-4

(F-34)



(F-35)

w. Arco-5

(F-36)



(F-37)



(F-38) Junto a la nave B

x. Arco-6

(F-39)

Arco-7



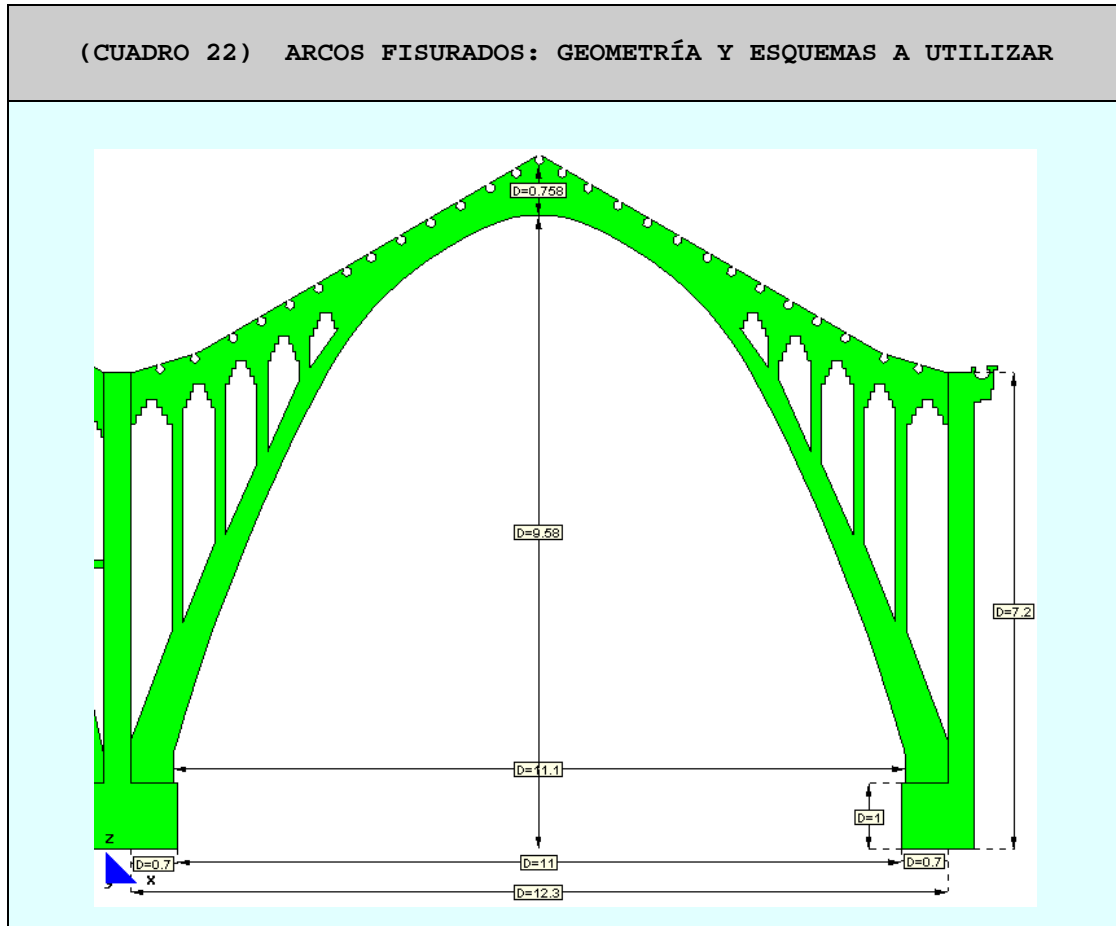
(F-40)

6.4.2 Características de los modelos

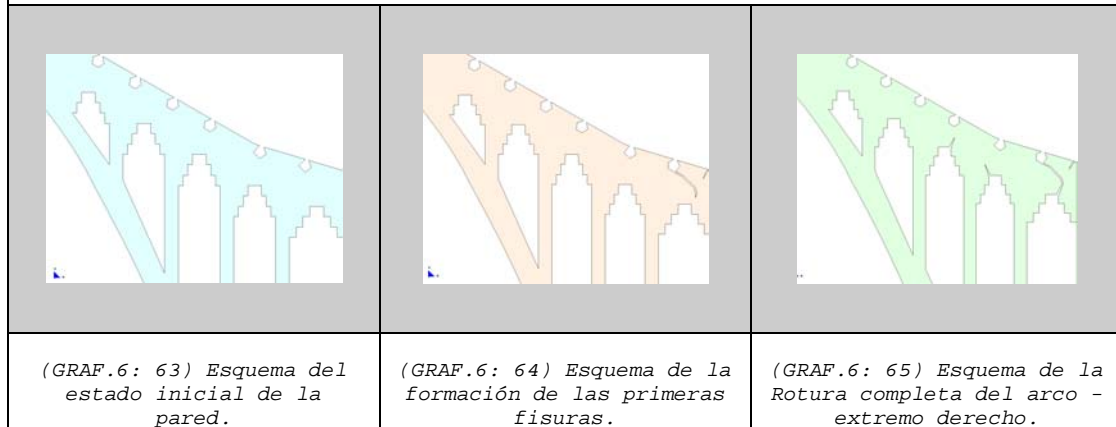
La geometría del modelo se dibuja en el programa "AutoCAD". Los datos que se utilizan para el desarrollo del estudio de los pórticos de arcos se especifican en los puntos que se presentan a continuación.

6.4.2.1 Características geométricas del modelo general

Las características geométricas se indican en el siguiente esquema, donde se especifican sólo las medidas generales.



(GRAF.6: 62) Esquema de las dimensiones de la pared: espesor constante 0,30m



6.4.2.2 Estado de carga utilizado

El modelo representa una pared central y el estado de carga utilizado es el siguiente:

Estado de carga en sentido vertical:

Pp + N	Tn/m ²	0,30
Lineal	N/m	9.000
Puntual	N	4.500

Pp = Peso propio

N = Nieve

Estado de carga en sentido horizontal (viento):

Qb	N/m	1.600
Qs	N/m	800

Qb = Presión

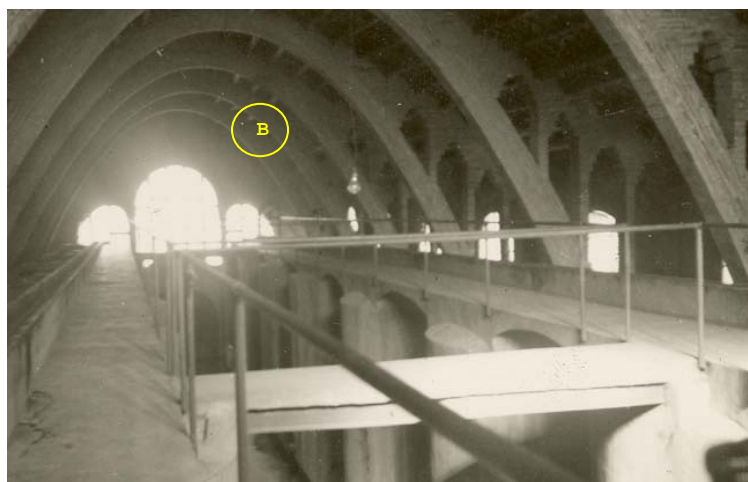
Qs = Succión

Para el análisis se considera una cubierta de cerámica cuyo entramado de vigas es de madera con un inter-eje de 0,50m. El inter-eje entre pórticos es de 3,00m aproximadamente.

6.4.2.3 Condiciones de Contorno

Se tiene en cuenta que las bases de los diferentes arcos están empotradas, mientras que las caras laterales están libres.

En los modelos se incluyen: los dos forjados laterales en la nave central "B" y un forjado de la nave "C"¹³² con sus inercias respectivas.



(F-41) Forjados a ambos lados de la Nave-B.

¹³² Dicho forjado se une con uno de los forjados de la nave "B".

6.4.3 Estudio a realizar

1. Análisis individual de cada modelo.

- Valores máximos y mínimos de los desplazamientos y fuerzas.

Los resultados que se presentan de estos modelos se realizan teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos de las fuerzas y de los desplazamientos que se indican en el (CUADRO 23):

(CUADRO 23) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS		
<p>(GRAF.6: 66) Desplazamiento en "x" máximo absoluto: 0.0017367m.</p>	<p>(GRAF.6: 67) Desplazamiento en "z" máximo absoluto: -0.0023338m.</p>	<p>(GRAF.6: 68) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "22" es "N22": 2.1217e6N/m.</p>
<p>(GRAF.6: 69) La fuerza máxima absoluta en la dirección "yy" es "Nyy=Ny'": 2.0763e6N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 70) La fuerza máxima absoluta en la dirección principal "11" es "N11": 5.9108e5N/m.</p>	<p>(GRAF.6: 71) La fuerza máxima absoluta en la dirección "xx" es "Nxx=Nx'": 5.9057e5N/m.</p>

- Definición del factor de escala: "Si" y "Sii".

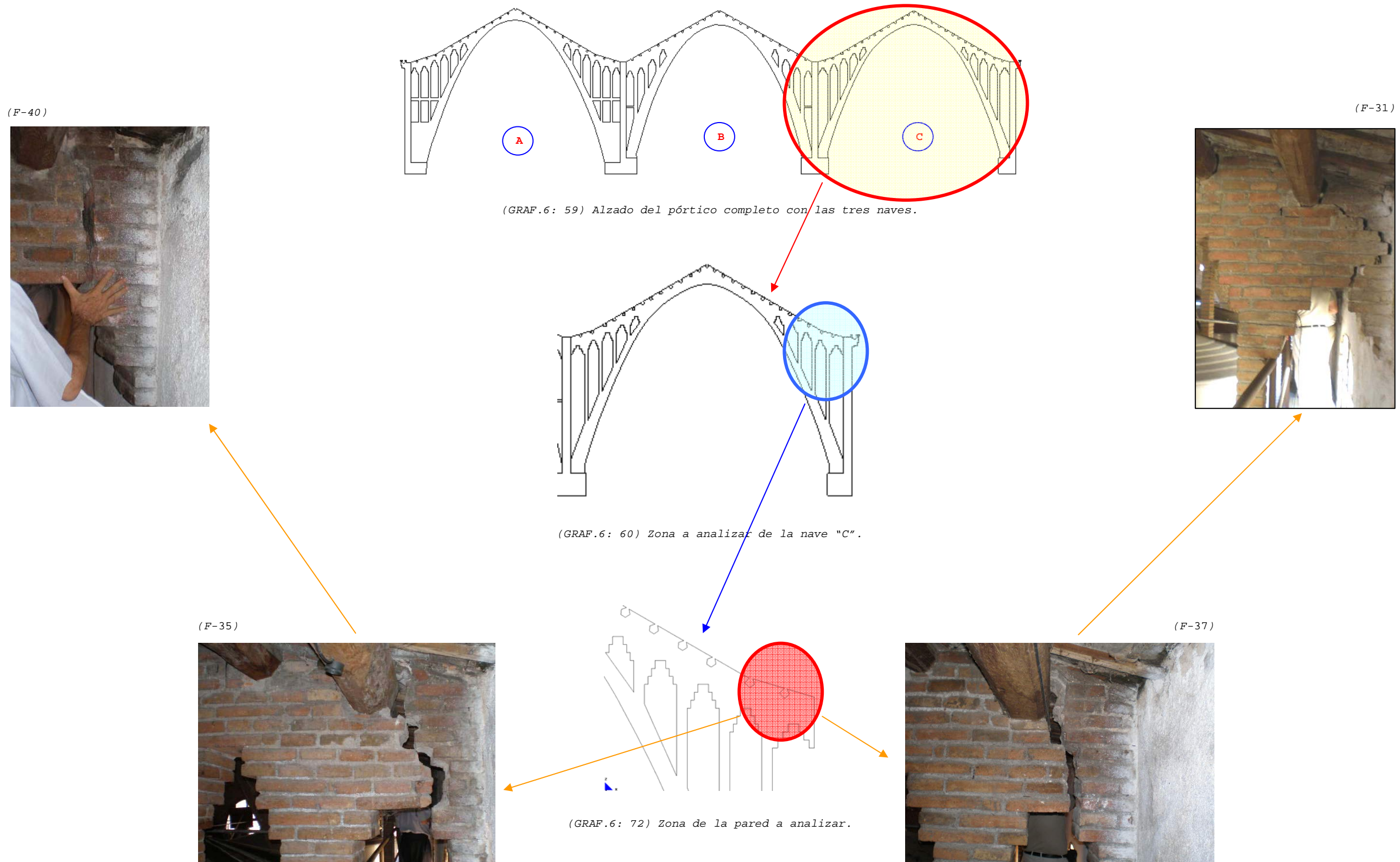
En el presente estudio utilizaremos como factor: "1,00e-6".

2. Análisis Comparativo de los diferentes modelos.

6.4.4 Especificación de la zona a analizar

Con el fin de conocer el comportamiento de la estructura completa de los arcos y localizar las zonas más tensionadas a tracción, se realiza un análisis completo del modelo sin fisuración. Es de prever que dichas zonas sobre-tensionadas se localicen en las esquinas libres de los arcos laterales, como se puede observar en las fotos presentadas en el apartado anterior. Aquí se seleccionan sólo algunas de la nave "C", correspondientes a diferentes arcos.

A continuación se presenta un esquema del análisis a realizar:



6.4.5 Resultado de los modelos individuales**6.4.5.1 Resultados del modelo sin fisuración****FICHA DEL MODELO****1.- NOMBRE DEL MODELO:**

Arcos-def-top-con forjados-fis.gid¹³³
(Arcos con forjados sin fisuración)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Estado de carga en sentido vertical:

Pp + N	Tn/m ²	0,30
Lineal	N/m	9.000
Puntual	N	4.500

Estado de carga en sentido horizontal (viento):

Qb	N/m	1.600
Qs	N/m	800

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000\text{N/m}^3$
$E=5,70\text{E}09\text{N/m}^2$
$G=2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$
$\nu=0,20$

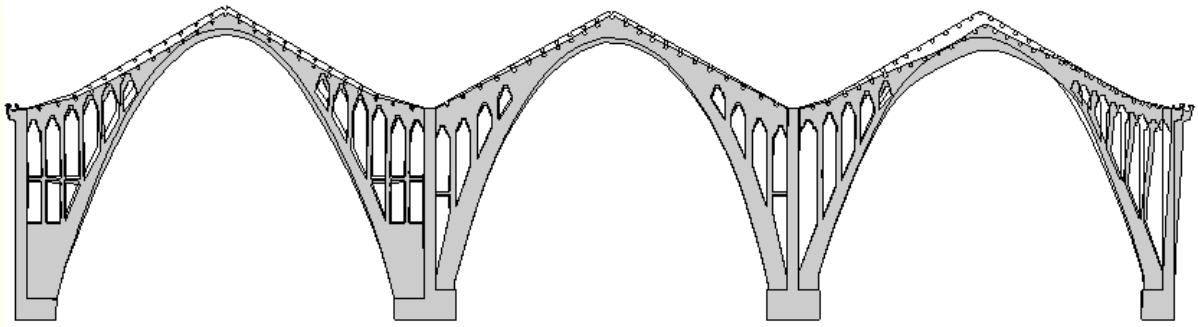
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Considerando los forjados la existentes.
--

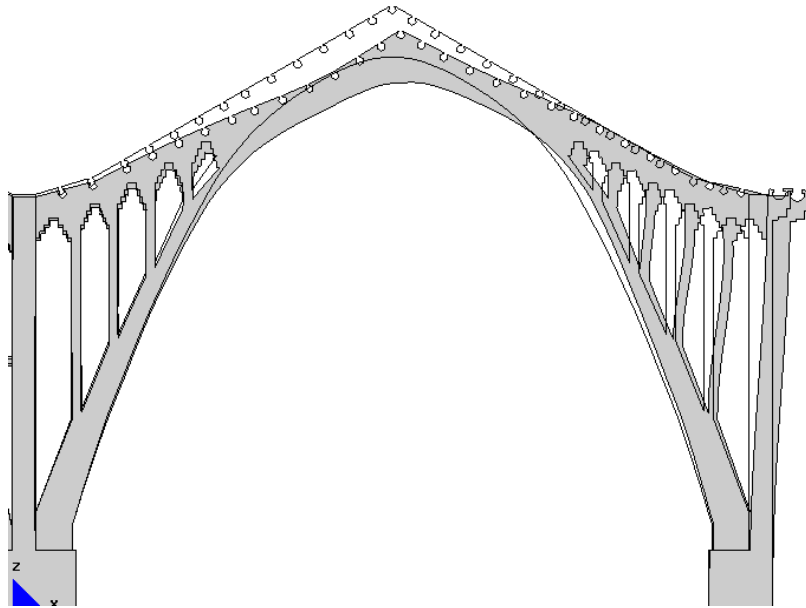
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento en la base y libre lateralmente.
--

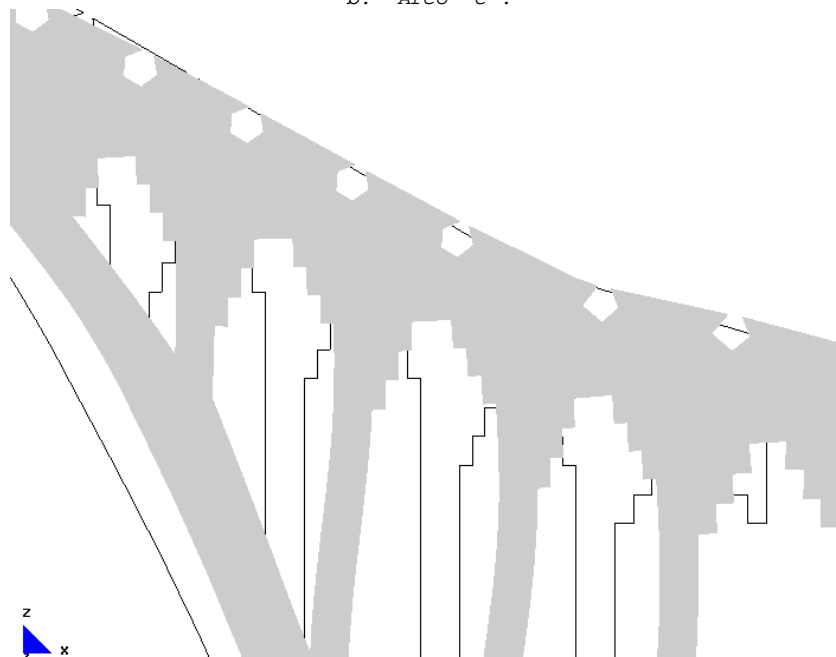
¹³³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta: F:\modelos-cálc\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-3-nave de tres arcos\arcos-def-top-con forjados.gid.

6.4.5.1.1 Deformada, ampliación 200 veces

a.- Modelo general.

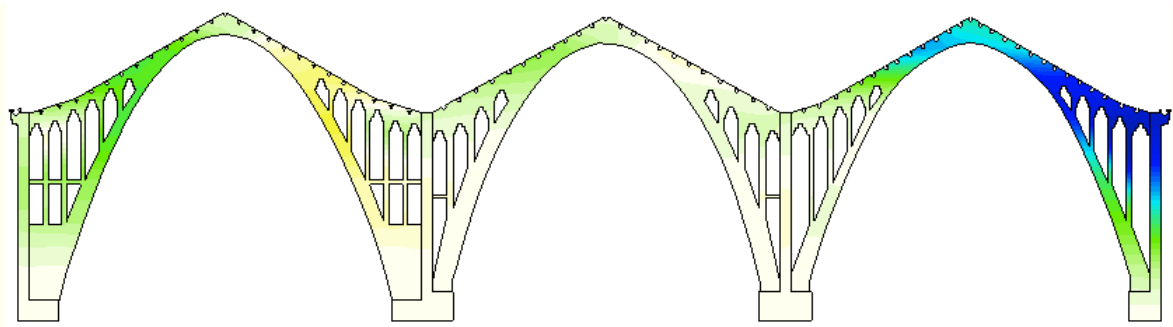


b.- Arco "C".

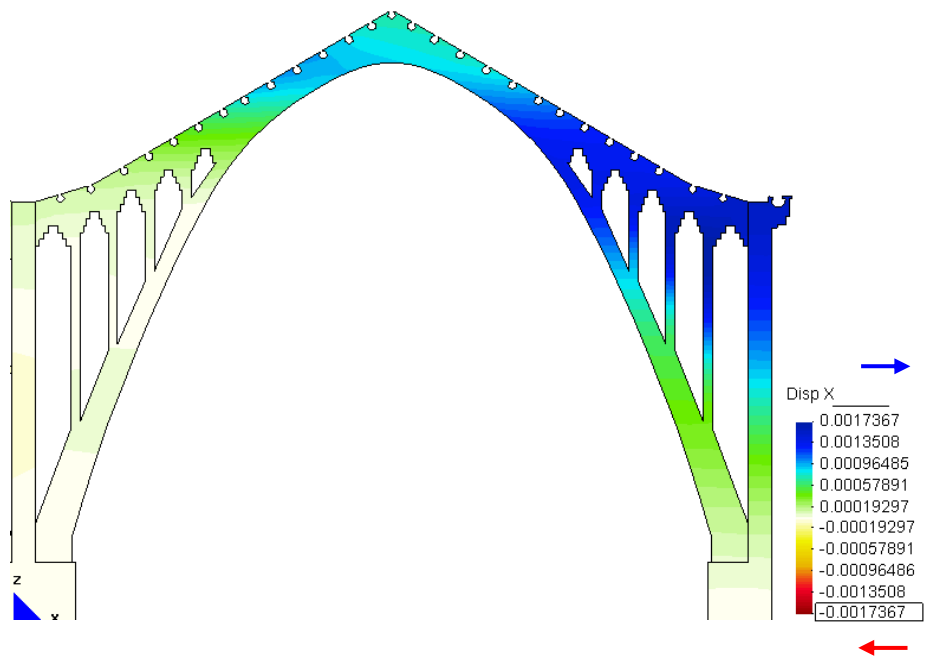


c.- Detalle: esquina superior derecha.

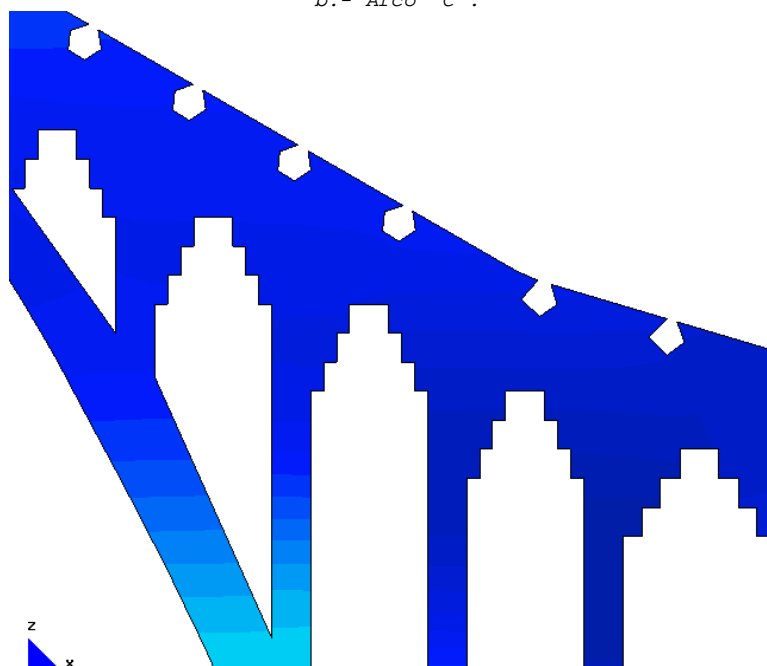
6.4.5.1.2 Desplazamiento en "x"



a.- Modelo general.

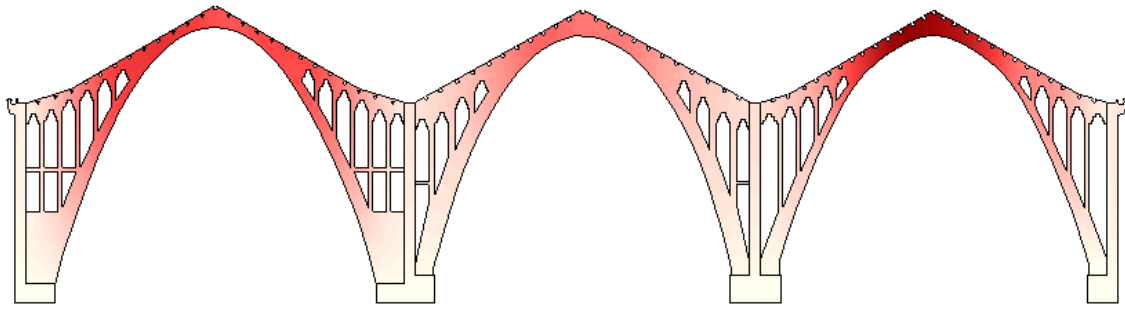


b.- Arco "C".

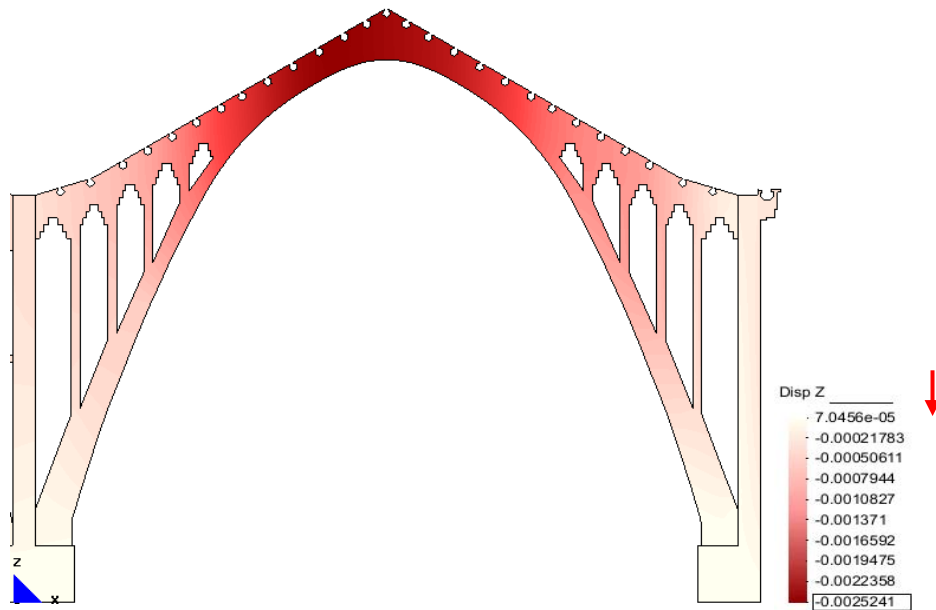


c.- Detalle: esquina superior derecha.

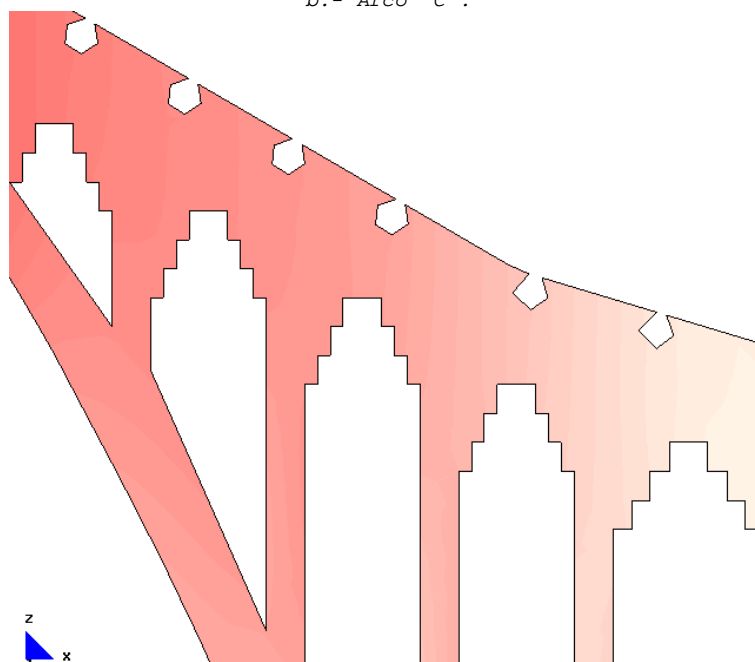
6.4.5.1.3 Desplazamiento en "z"



a.- Modelo general.

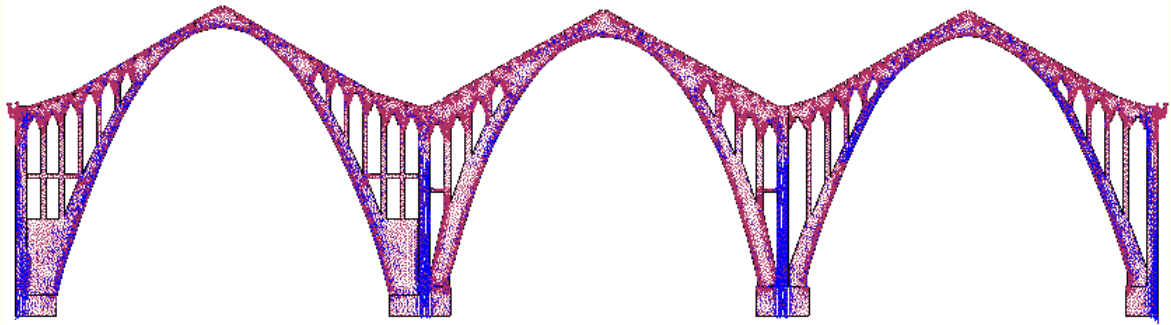


b.- Arco "C".

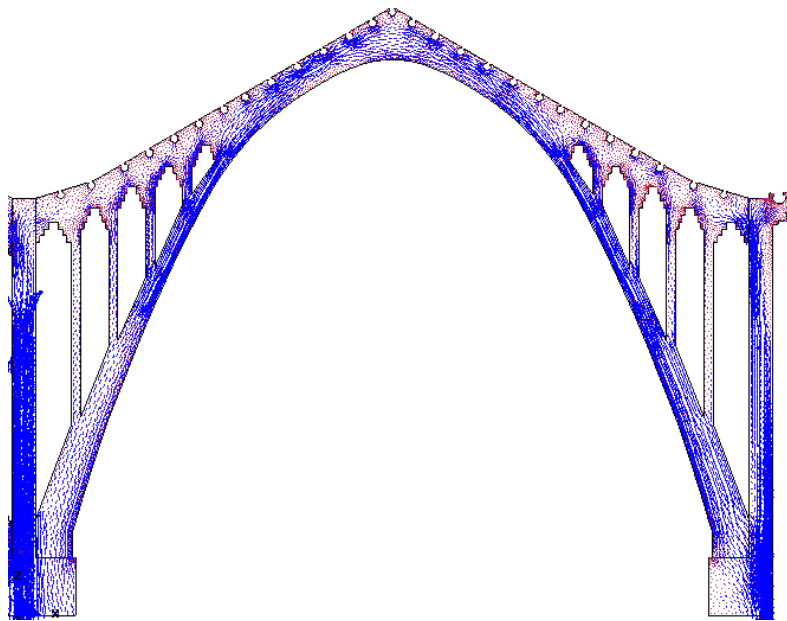


c.- Detalle: esquina superior derecha.

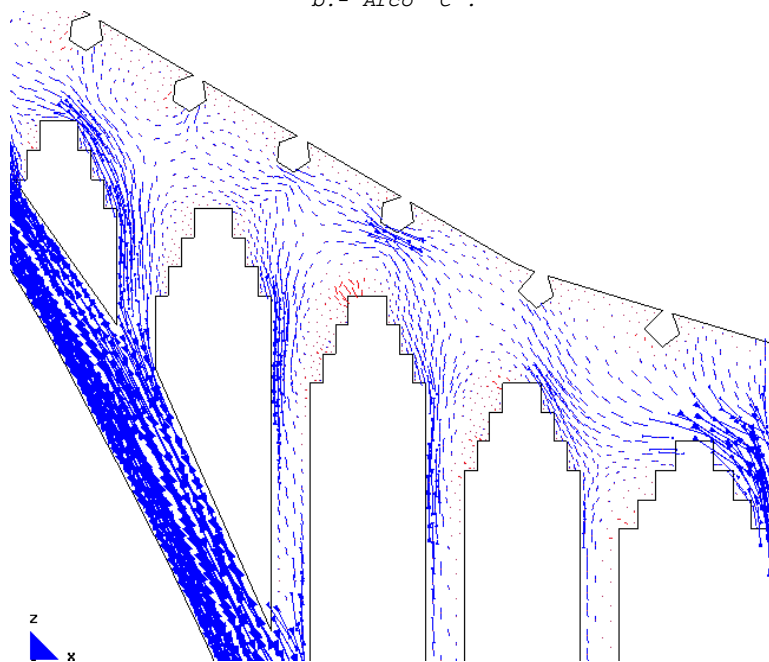
6.4.5.1.4 Vectores en el sentido de la dirección principal "22"
(Sii), factor-1e-6



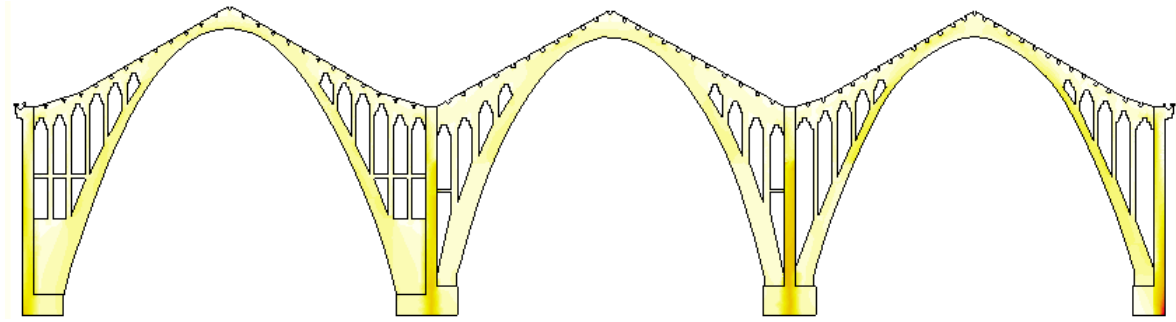
a.- Modelo general.



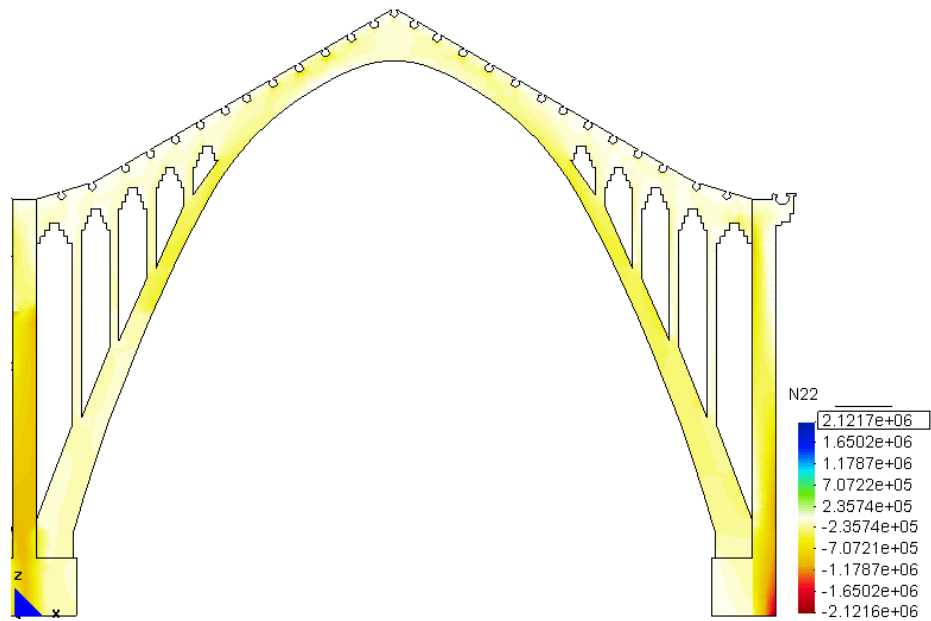
b.- Arco "C".



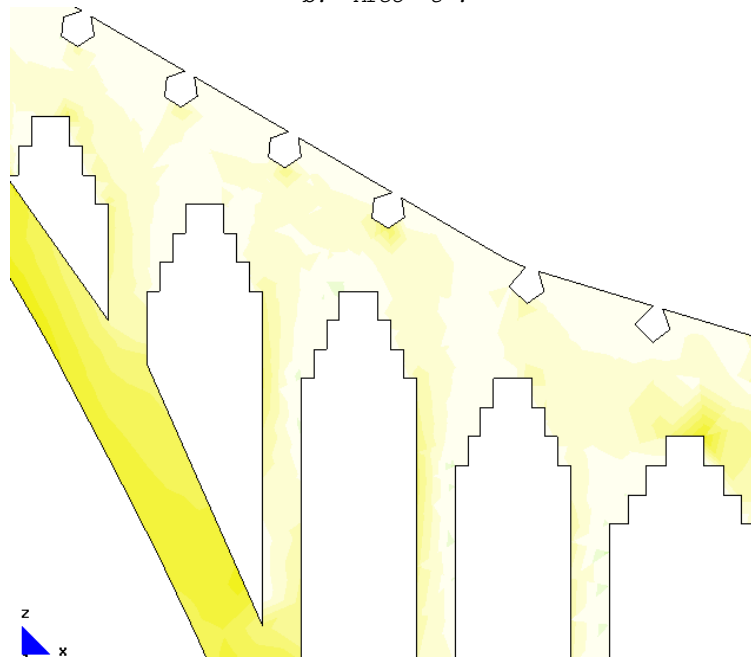
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.1.5 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22"
(N22)

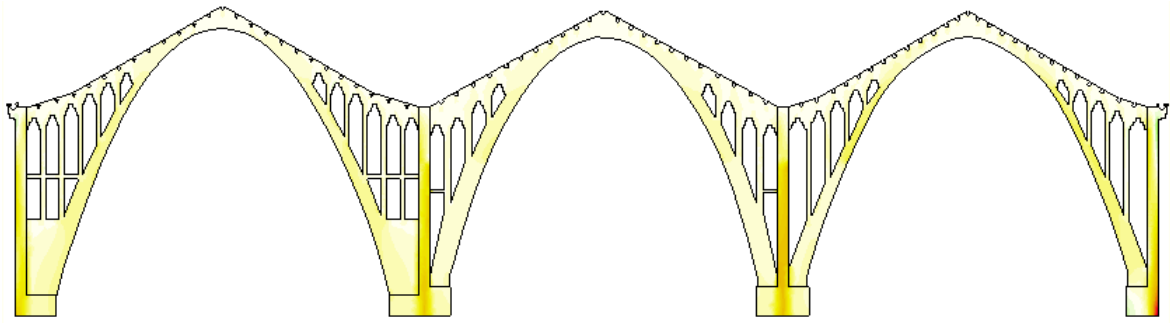
a.- Modelo general.



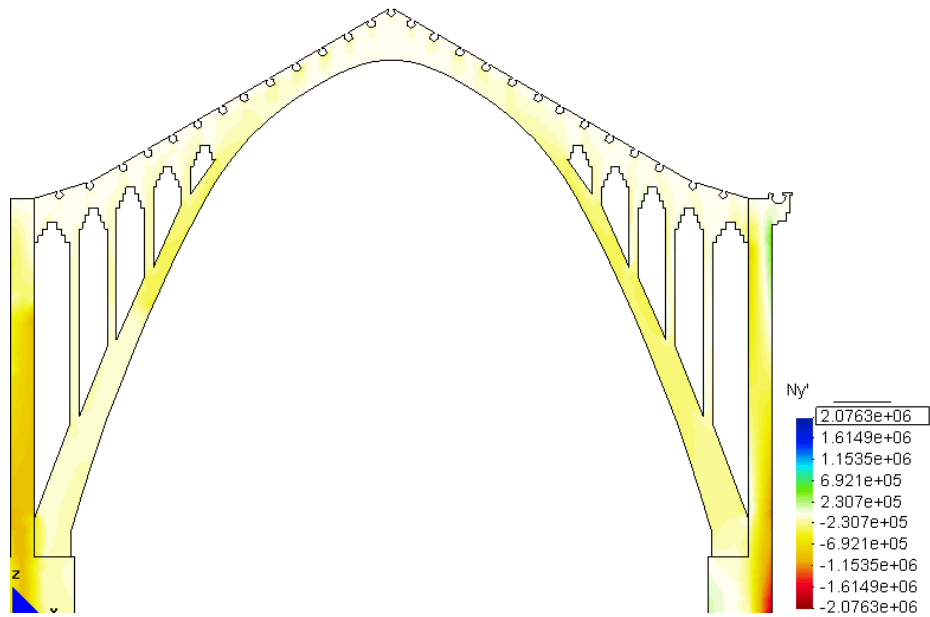
b.- Arco "C".



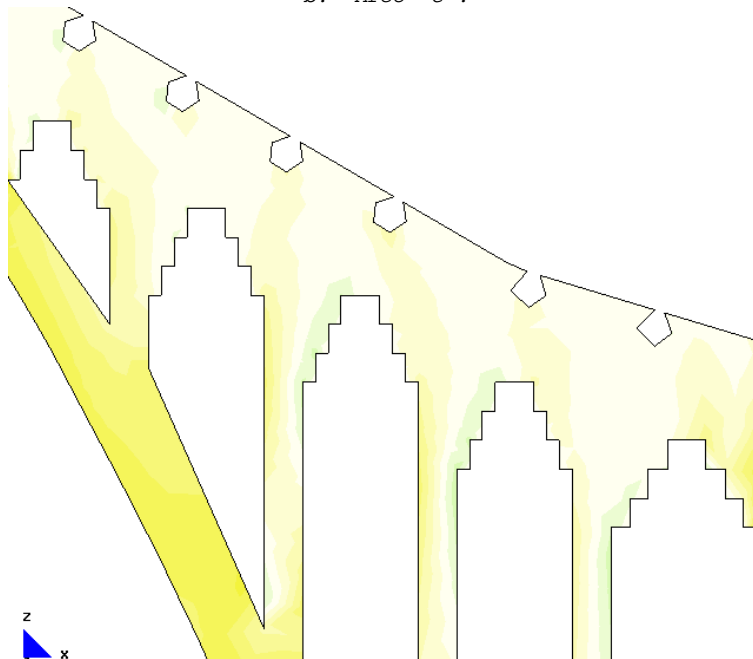
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.1.6 Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$)

a.- Modelo general.

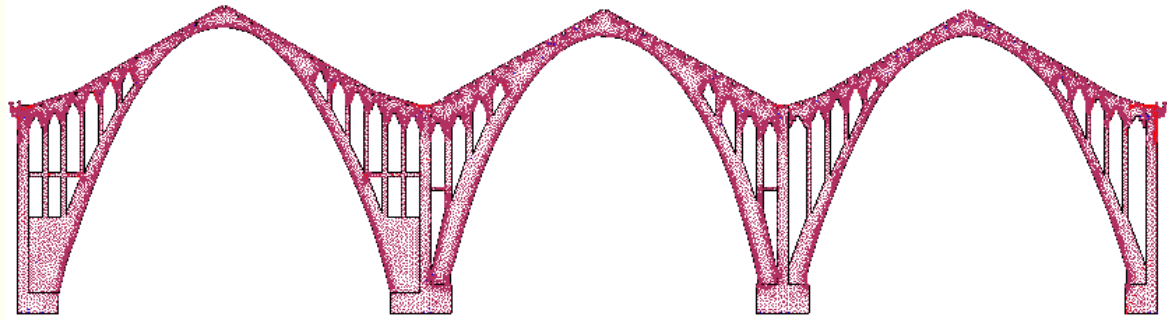


b.- Arco "C".

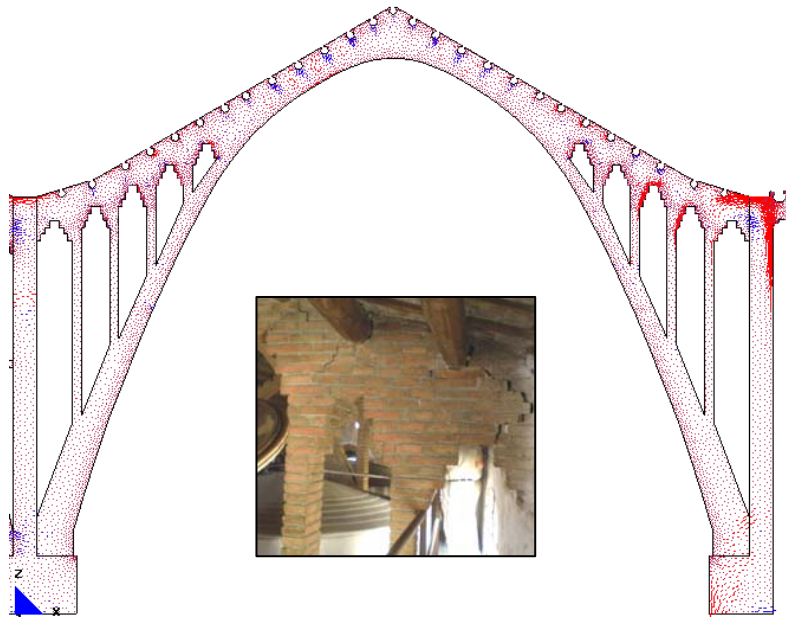


c.- Detalle: esquina superior derecha.

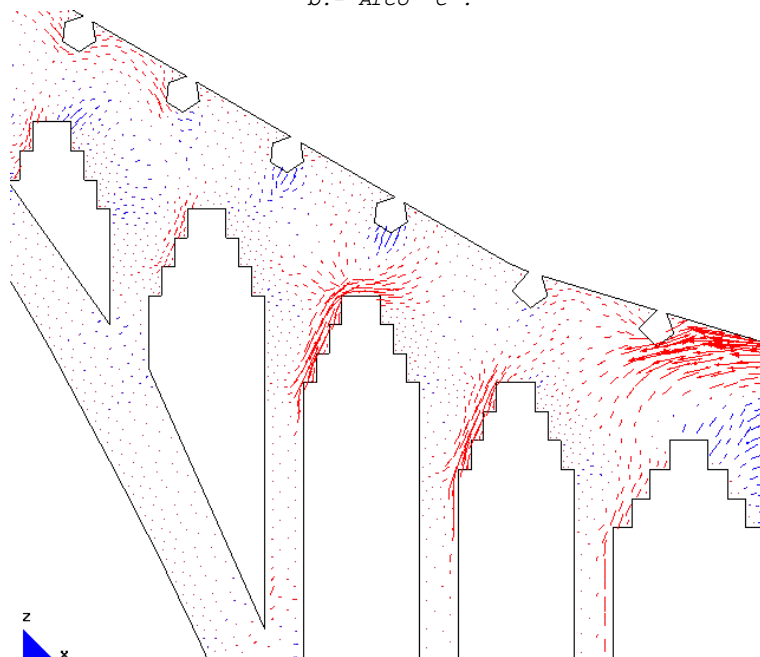
6.4.5.1.7 Vectores en el sentido de la dirección principal "11"
(Si), factor-1e-6



a.- Modelo general.

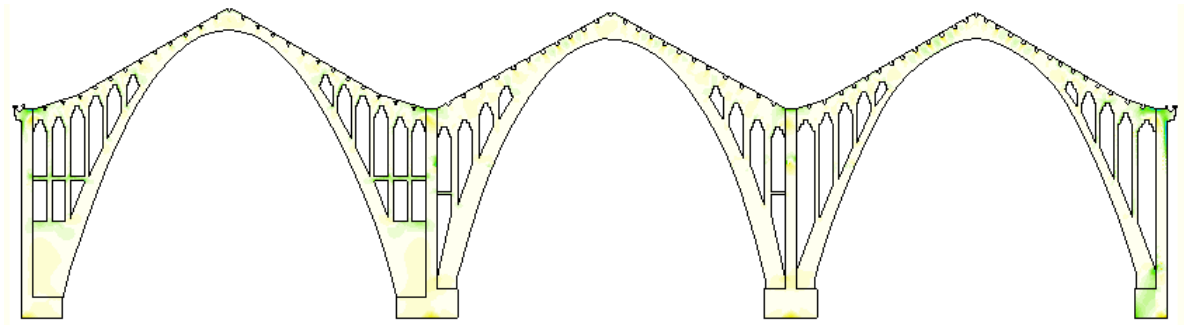


b.- Arco "C".

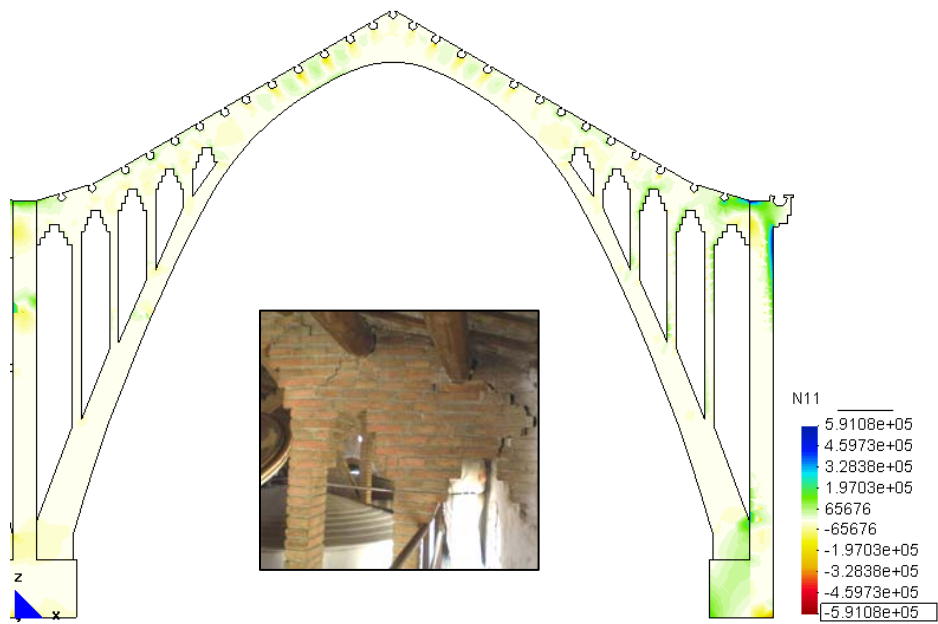


c.- Detalle: esquina superior derecha.

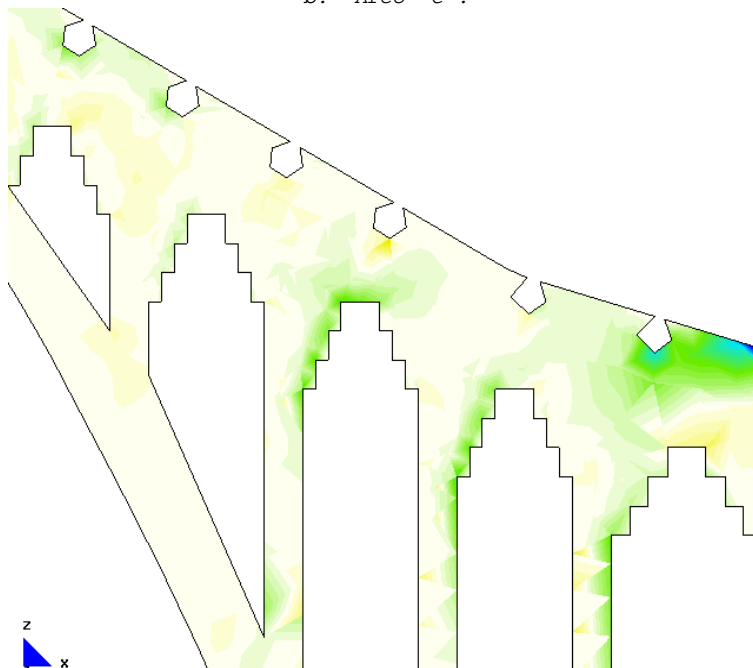
6.4.5.1.8 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11"
(N11)



a.- Modelo general.

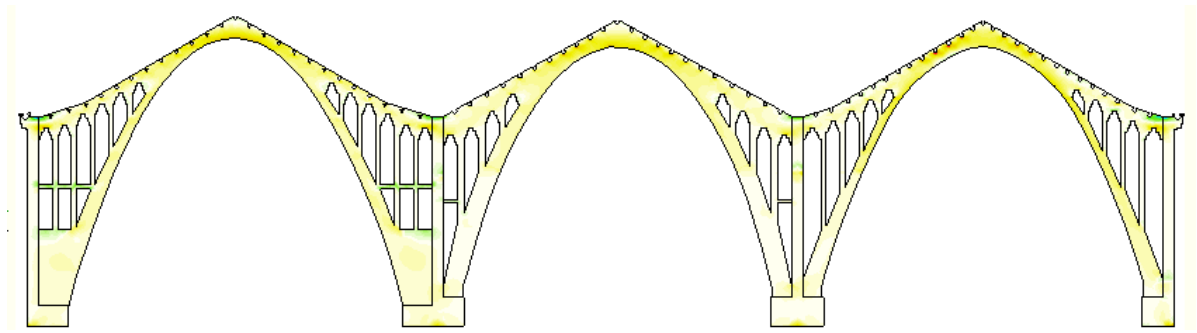


b.- Arco "C".

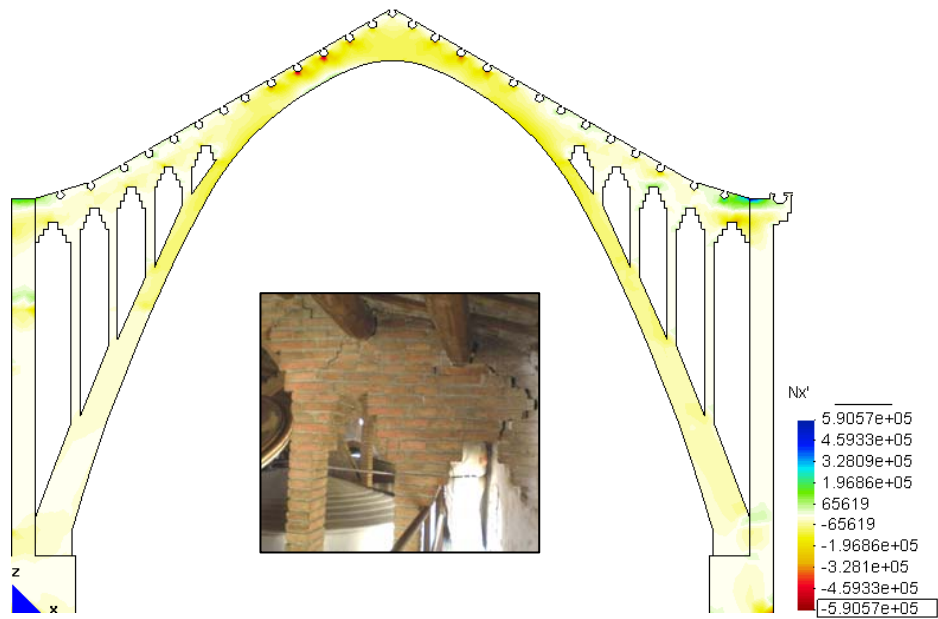


c.- Detalle: esquina superior derecha.

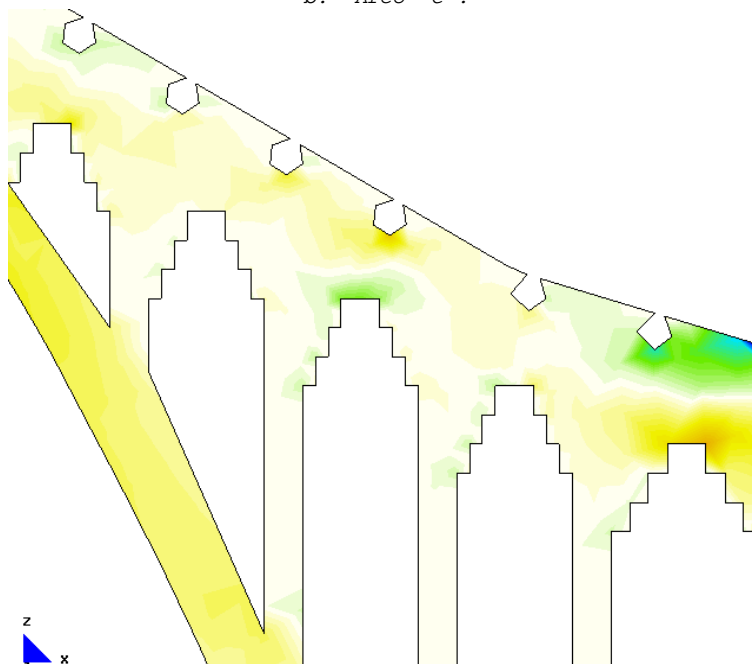
6.4.5.1.9 Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$)



a.- Modelo general.



b.- Arco "C".



c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2 Resultados del modelo con la formación de las primeras fisuras

FICHA DEL MODELO

1.- NOMBRE DEL MODELO:

Arcos-def-top-con forjados-fis.gid¹³⁴
(Arcos con forjados y con el primer grado de fisuración)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Estado de carga en sentido vertical:

Pp + N	Tn/m ²	0,30
Lineal	N/m	9.000
Puntual	N	4.500

Estado de carga en sentido horizontal (viento):

Qb	N/m	1.600
Qs	N/m	800

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000\text{N/m}^3$
$E=5,70\text{E}09\text{N/m}^2$
$G=2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$
$\nu=0,20$

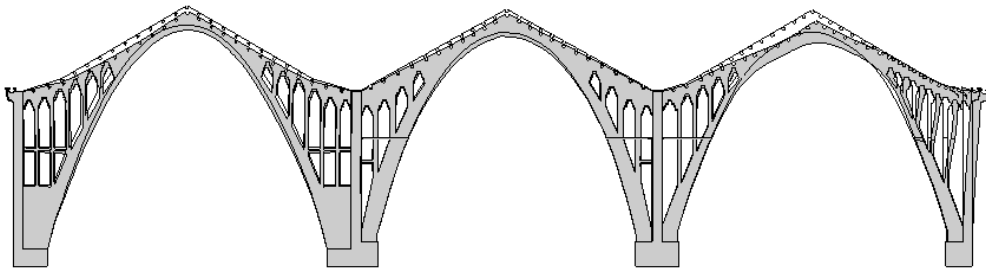
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Considerando los forjados la existentes.

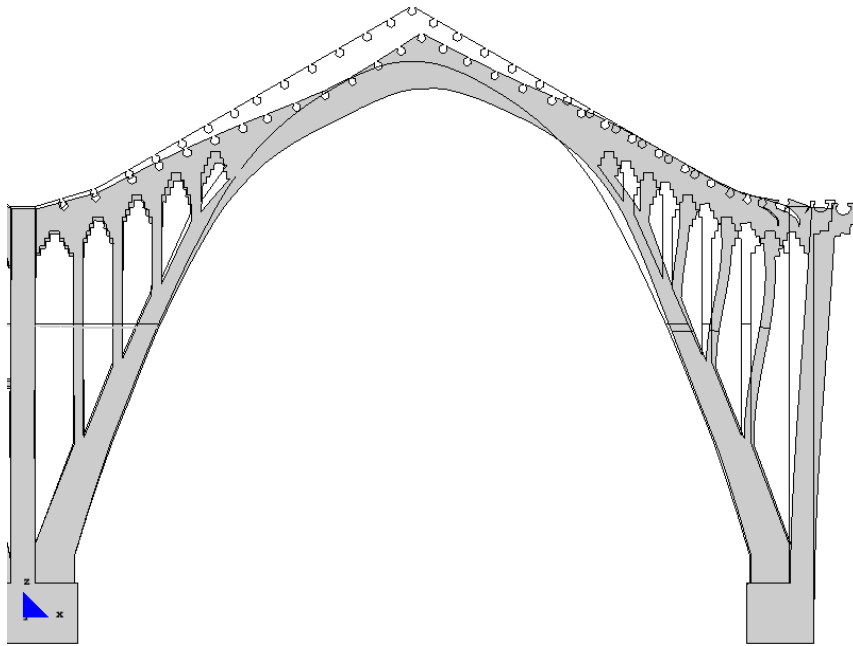
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento en la base y libre lateralmente.

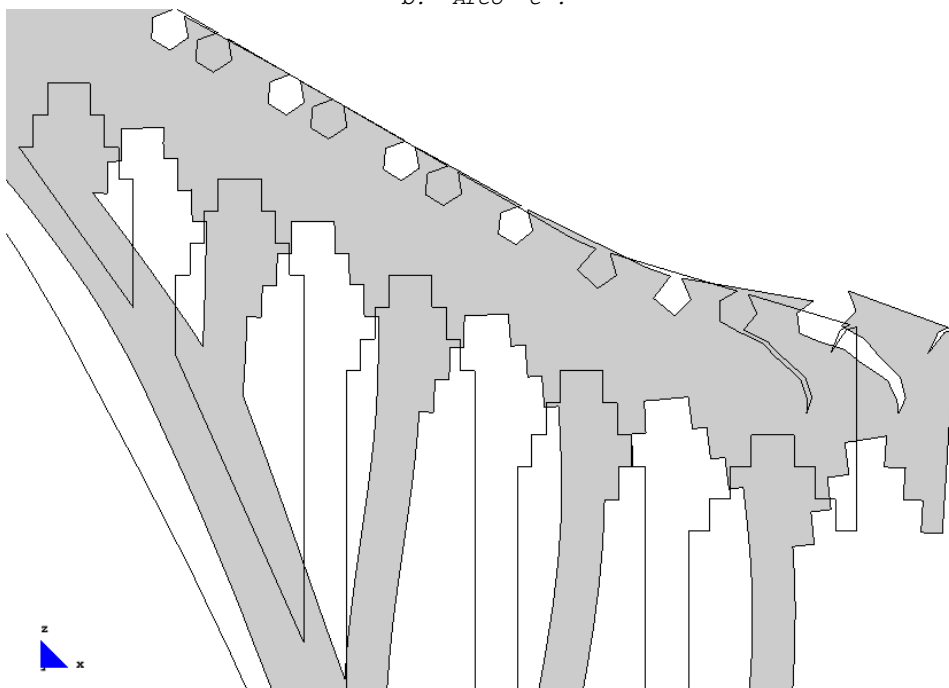
¹³⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta: F:\modelos-cálc\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-3-nave de tres arcos\arcos-def-top-con forjados-fis.gid.

6.4.5.2.1 *Deformada, ampliación 200 veces*

a.- Modelo general.

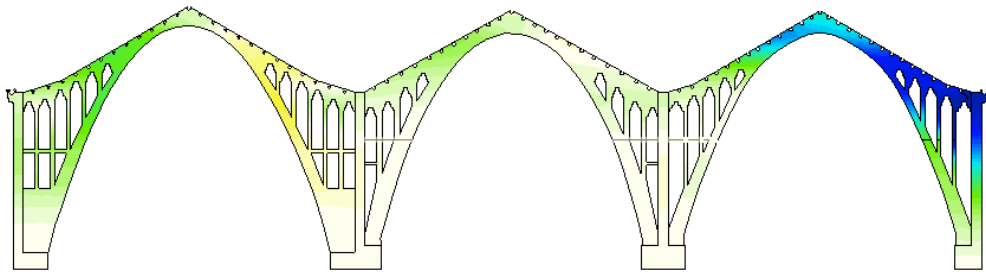


b.- Arco "C".

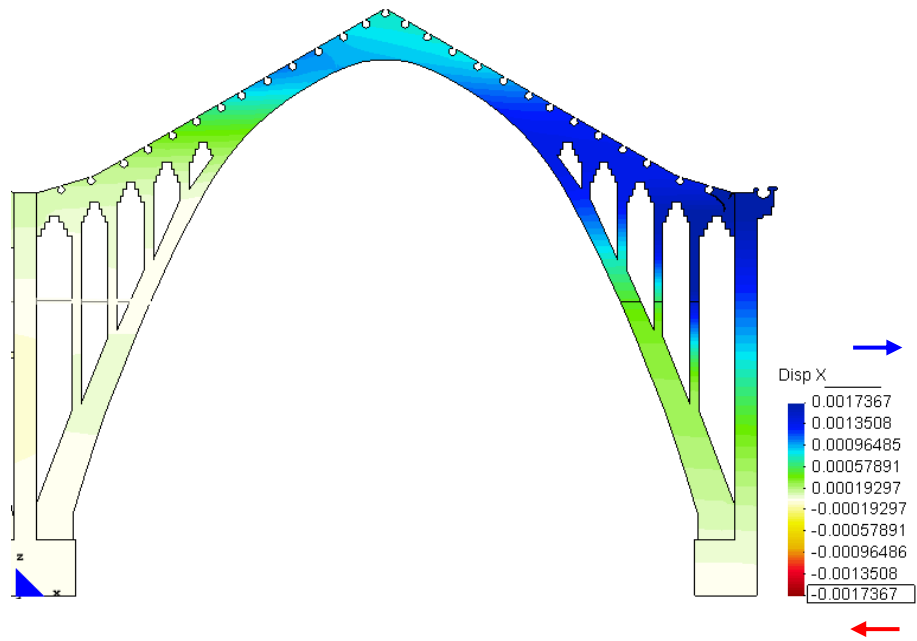


c.- Detalle: esquina superior derecha.

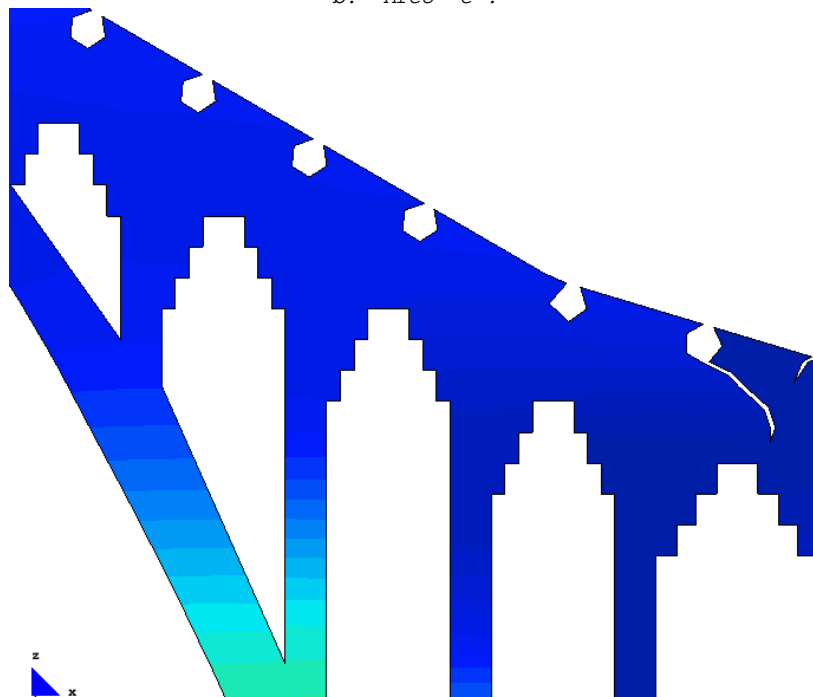
6.4.5.2.2 Desplazamiento en "x"



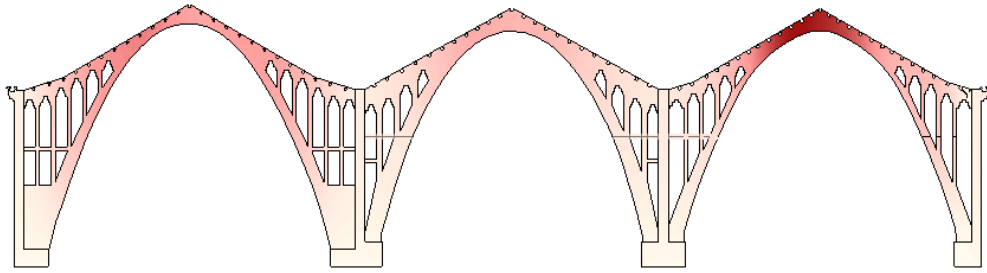
a.- Modelo general.



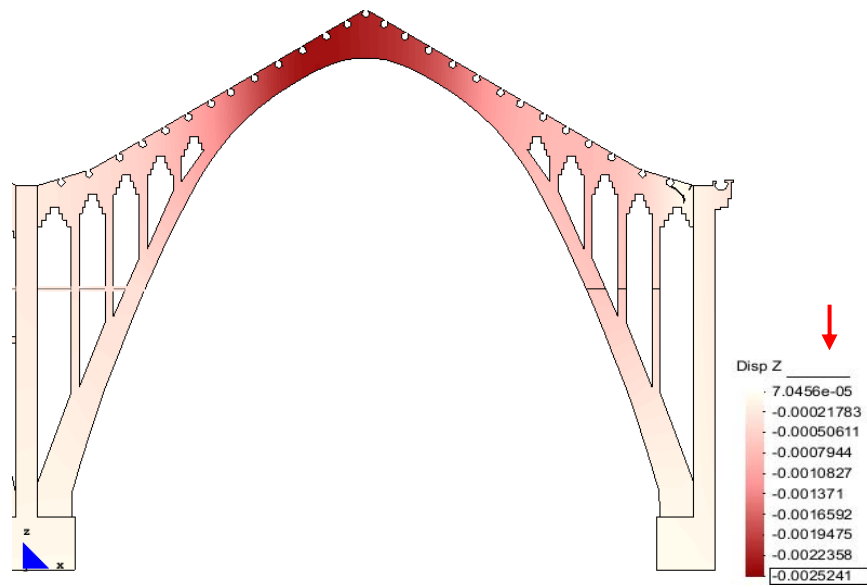
b.- Arco "C".



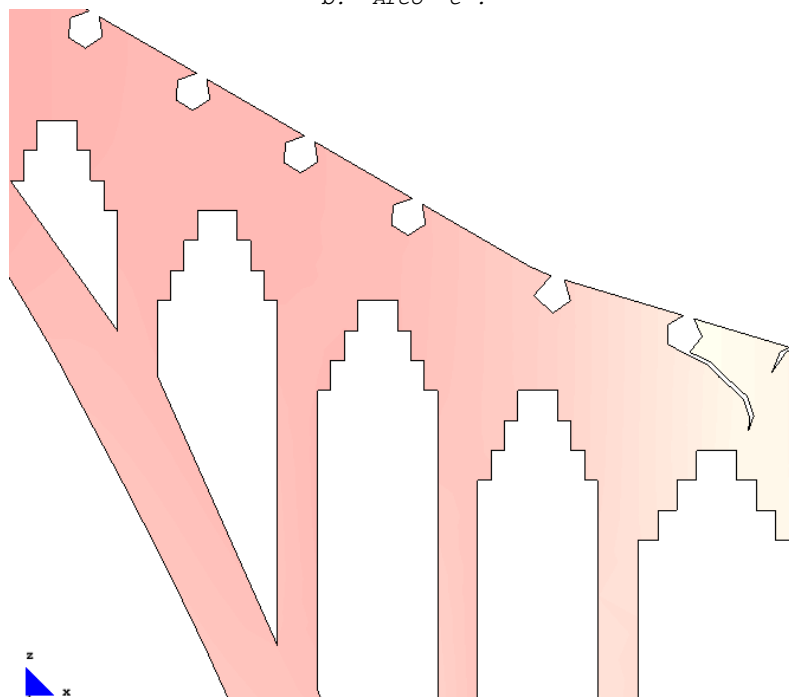
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2.3 Desplazamiento en "z"

a.- Modelo general.

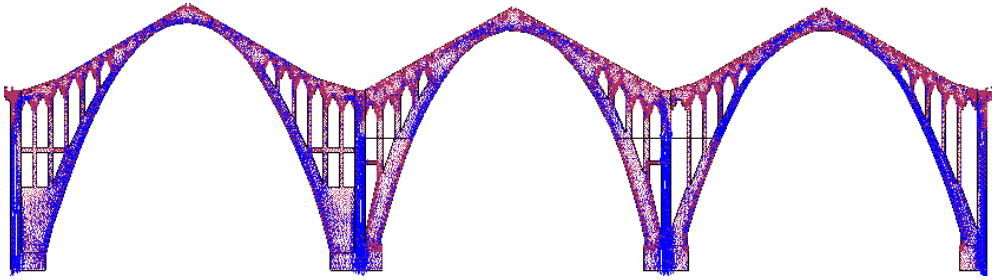


b.- Arco "C".

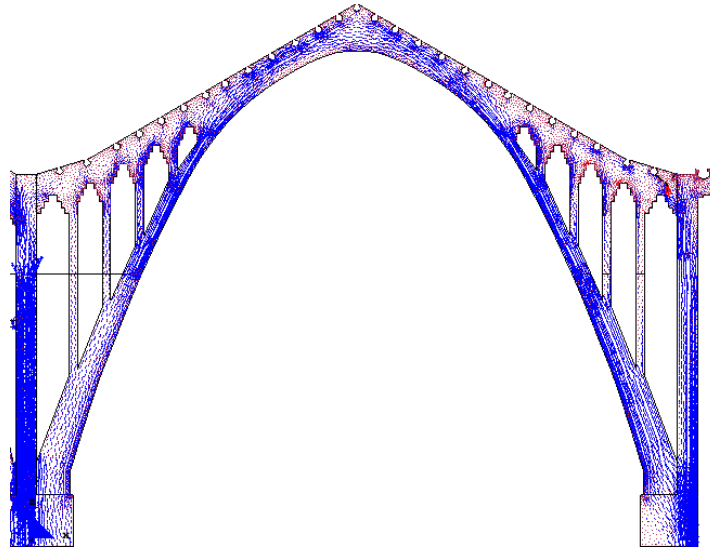


c.- Detalle: esquina superior derecha.

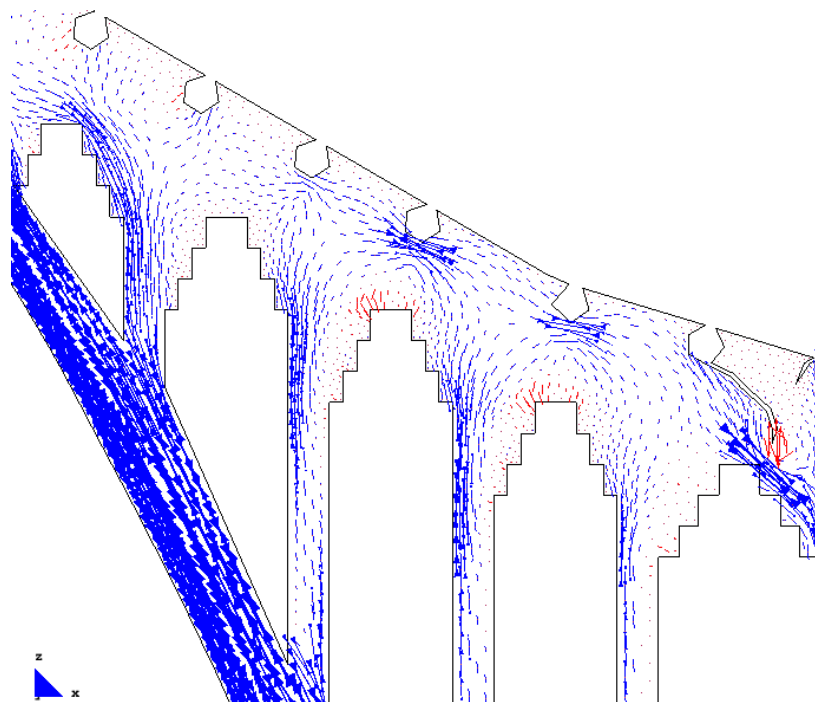
6.4.5.2.4 Vectores en el sentido de la dirección principal "22"
(Sii), factor-1e-6



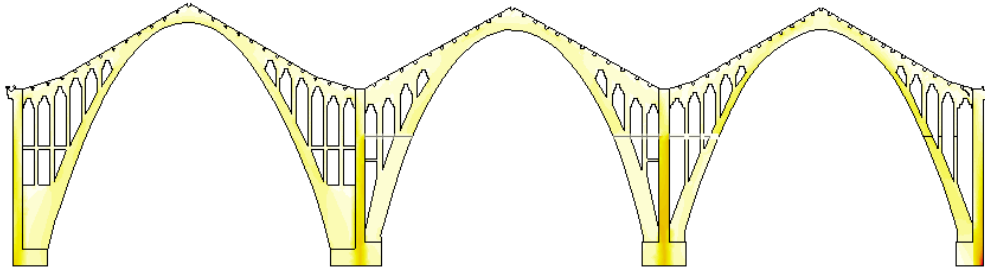
a.- Modelo general.



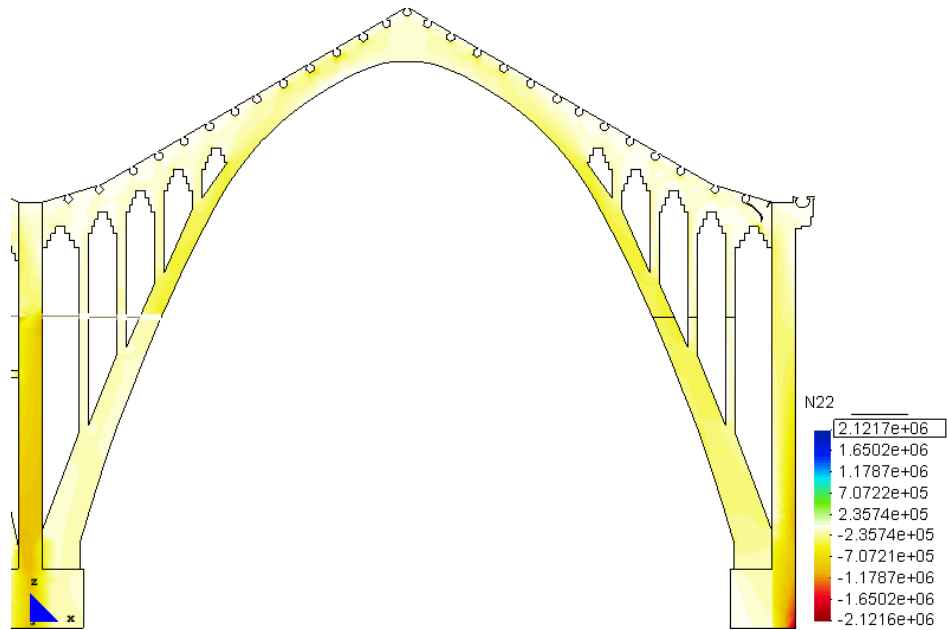
b.- Arco "C".



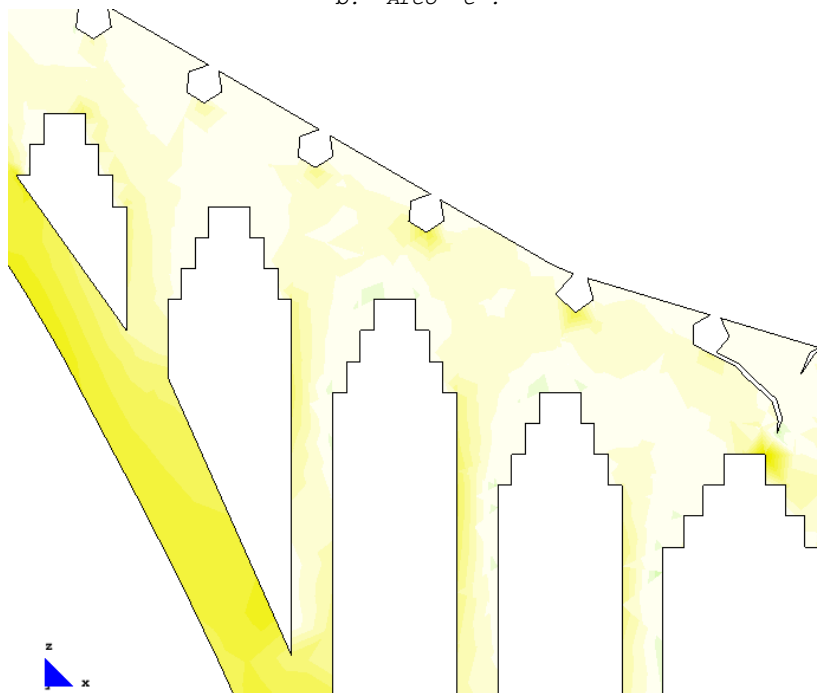
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2.5 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22"
(N22)

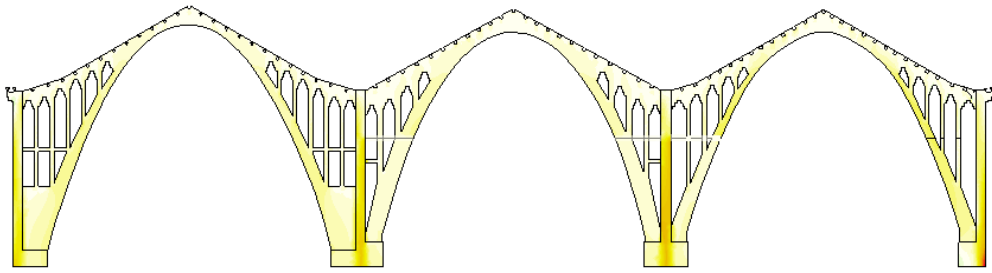
a.- Modelo general.



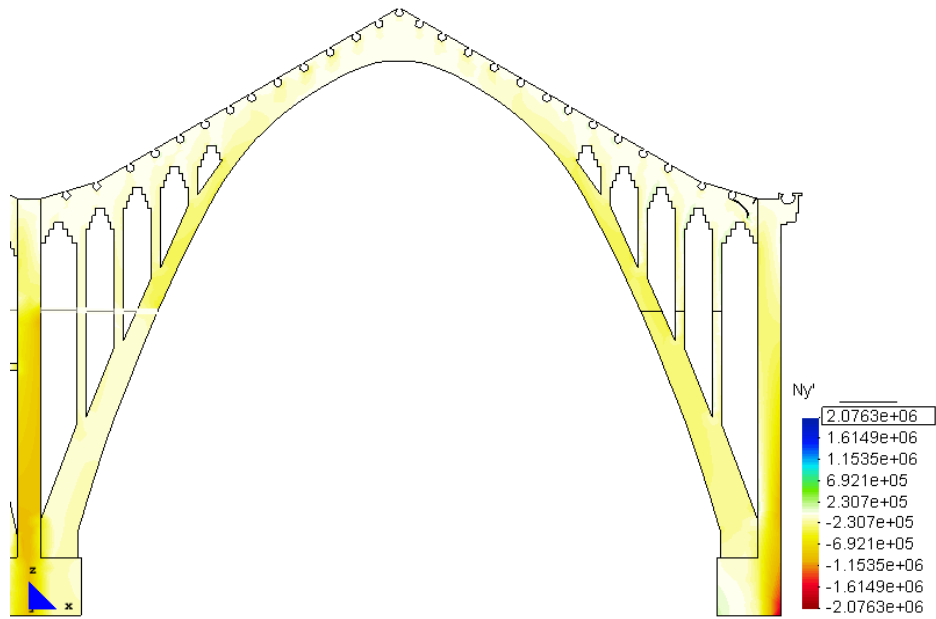
b.- Arco "C".



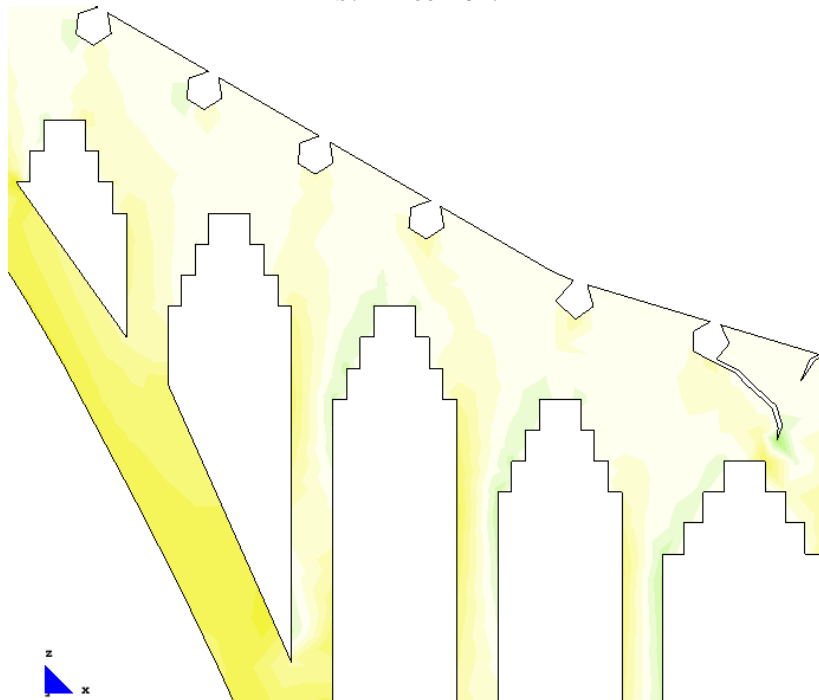
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2.6 Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$)

a.- Modelo general.

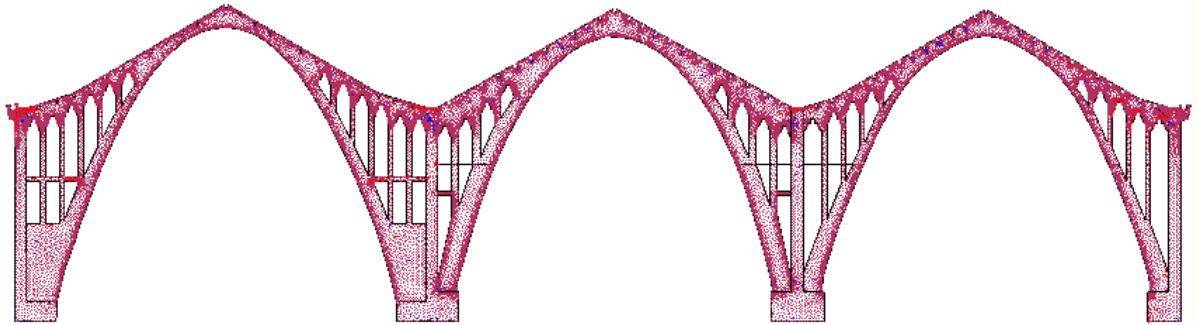


b.- Arco "C".

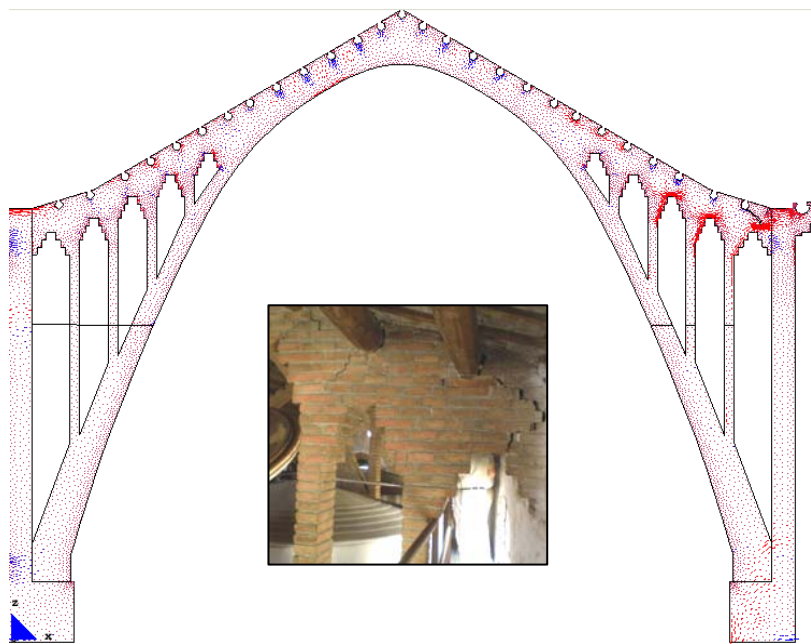


c.- Detalle: esquina superior derecha.

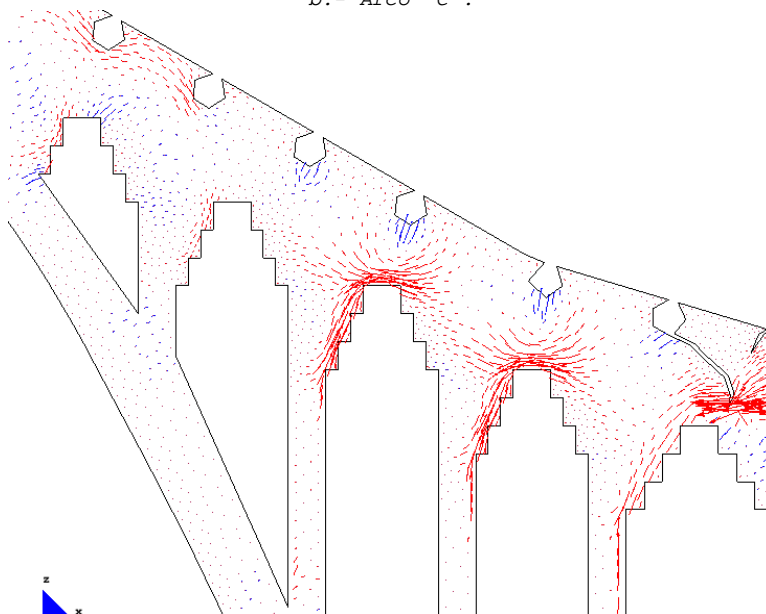
6.4.5.2.7 Vectores en el sentido de la dirección principal "11"
(Si), factor-1e-6



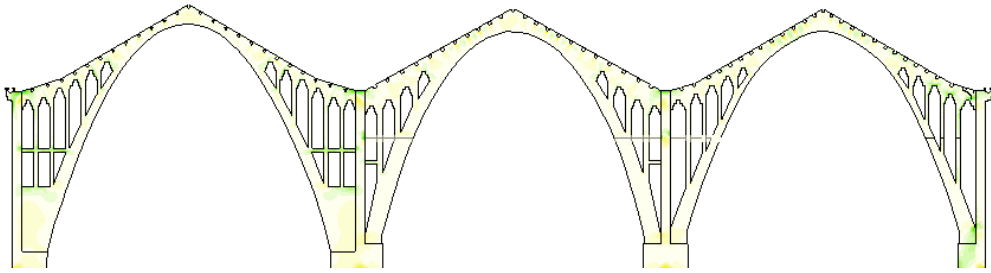
a.- Modelo general.



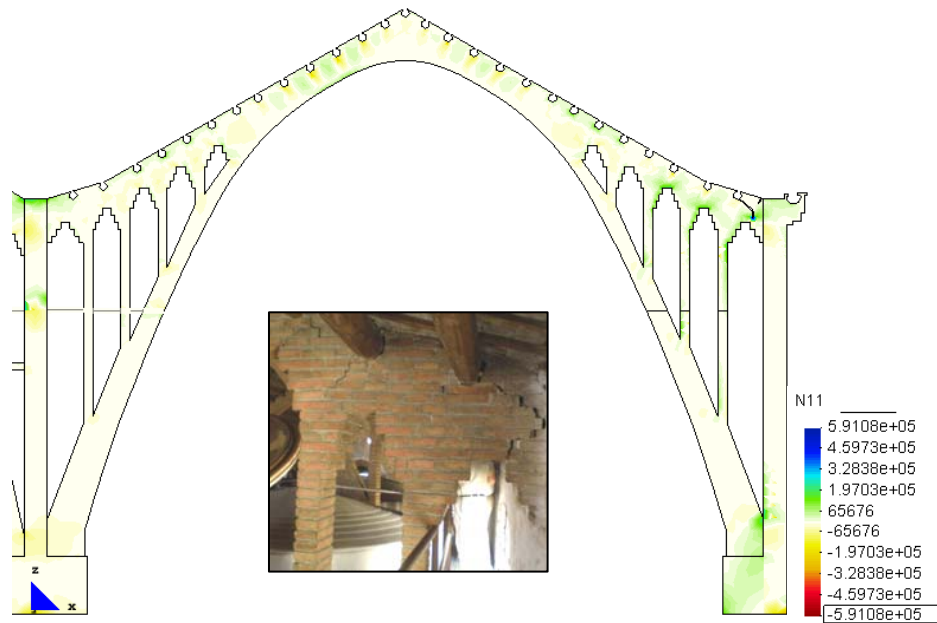
b.- Arco "C".



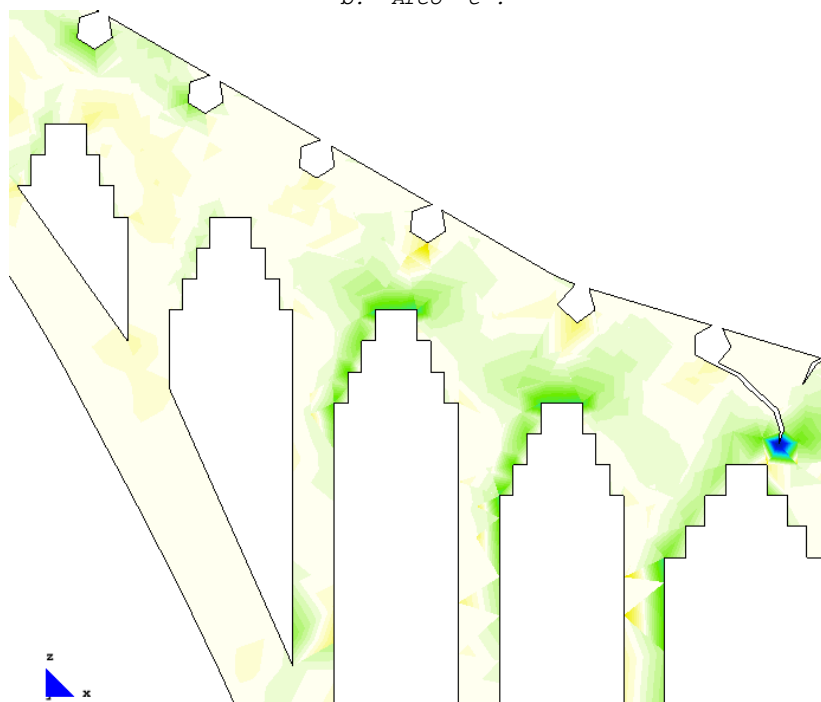
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2.8 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11"
(N11)

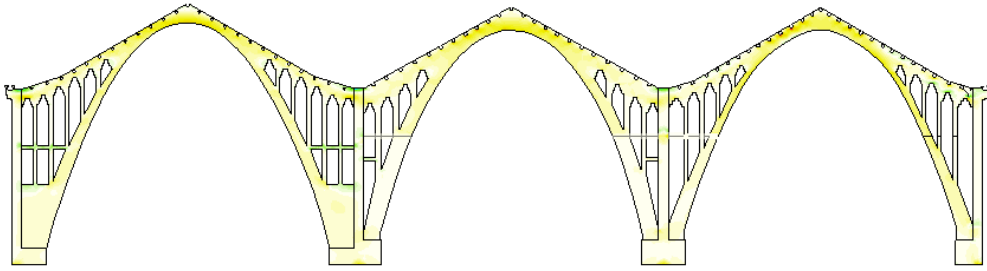
a.- Modelo general.



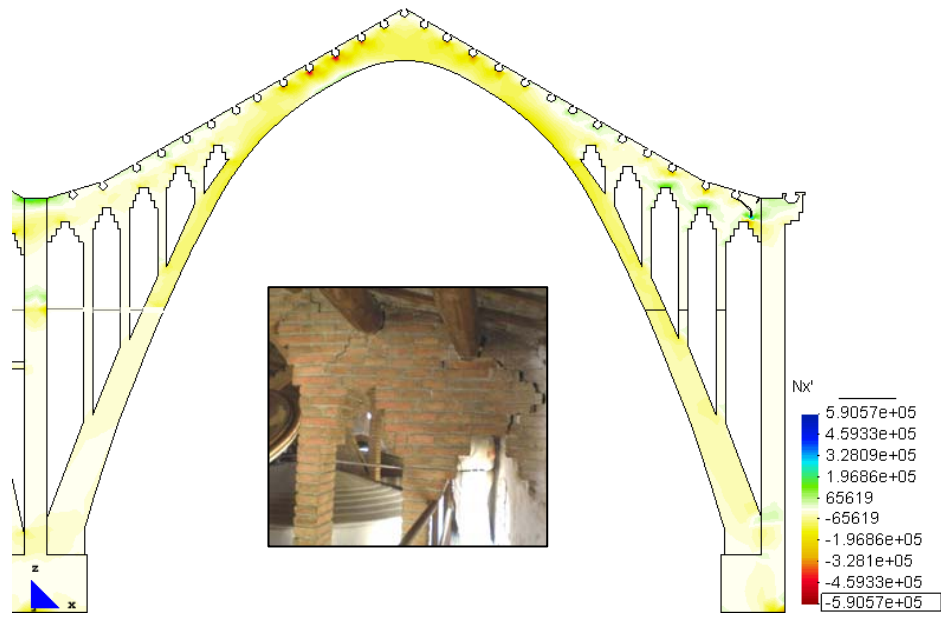
b.- Arco "C".



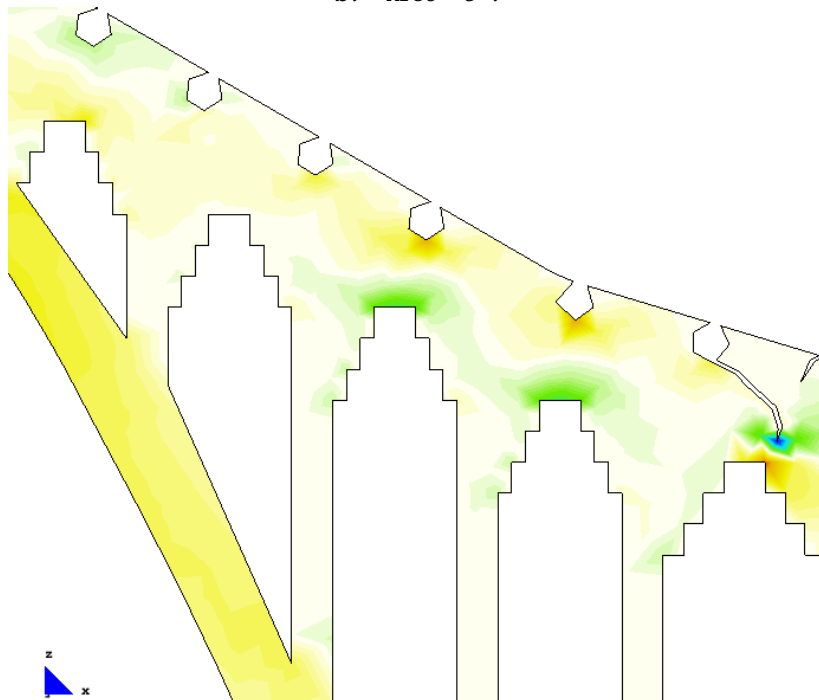
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.2.9 Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$)

a.- Modelo general.



b.- Arco "C".



c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3 Resultados del modelo con la rotura completa

FICHA DEL MODELO

1.- NOMBRE DEL MODELO:

Arcos-def-top-con forjados-fis3.gid¹³⁵
(Arcos con forjados y con el tercer grado de fisuración)

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Estado de carga en sentido vertical:

Pp + N	Tn/m ²	0,30
Lineal	N/m	9.000
Puntual	N	4.500

Estado de carga en sentido horizontal (viento):

Qb	N/m	1.600
Qs	N/m	800

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma=18.000\text{N/m}^3$
$E=5,70\text{E}09\text{N/m}^2$
$G=2,38\text{E}+09\text{N/m}^2$
$\nu=0,20$

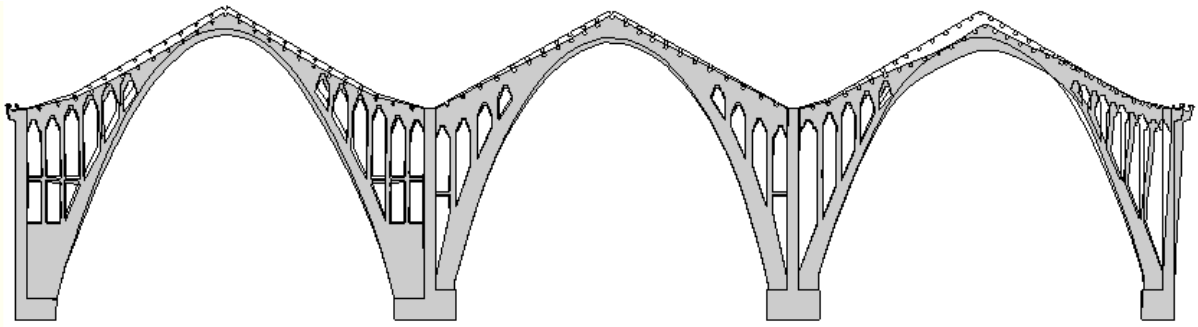
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Considerando los forjados la existentes.

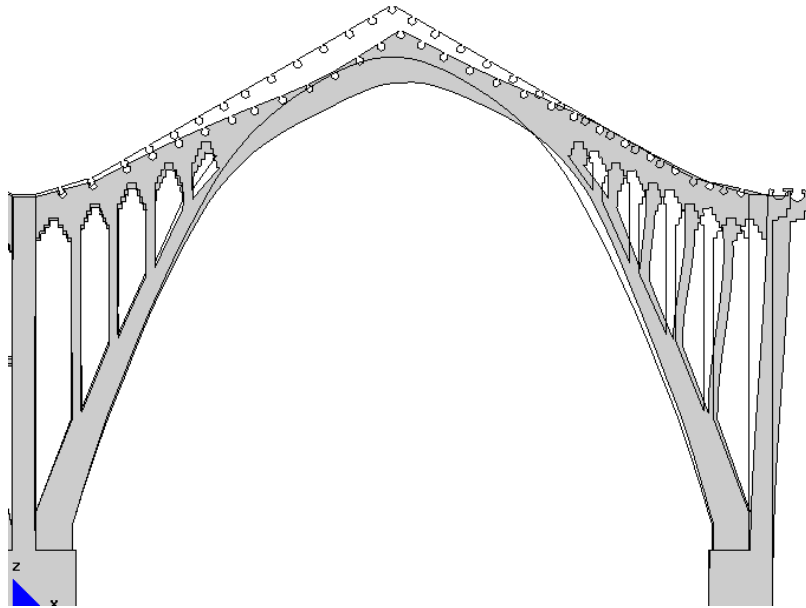
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con empotramiento en la base y libre lateralmente.

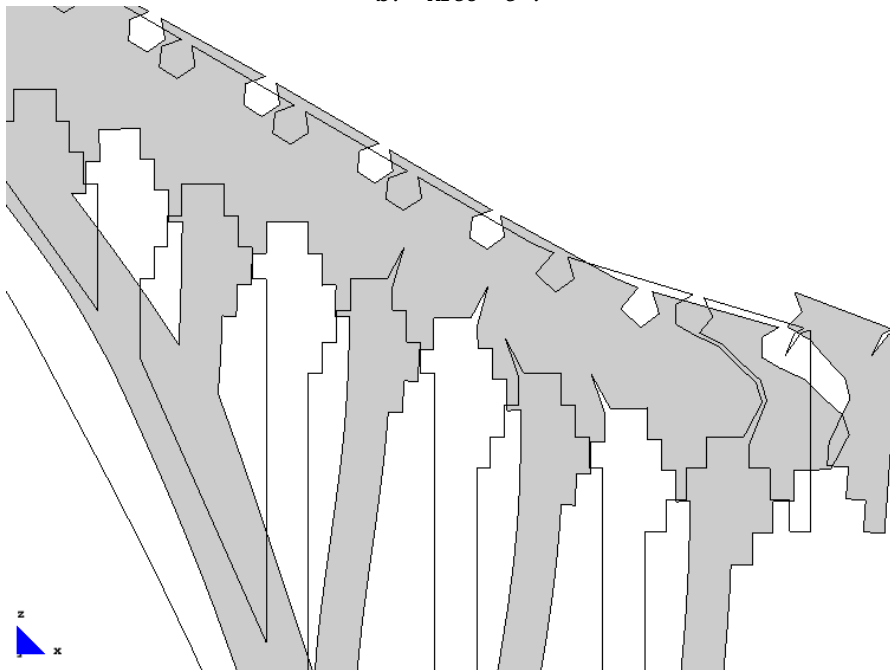
¹³⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta: F:\modelos-cálc\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-6 ejerc-práct\ejerc-3-nave de tres arcos\arcos-def-top-con forjados-fis3.gid

6.4.5.3.1 Deformada, ampliación 200 veces

a.- Modelo general.

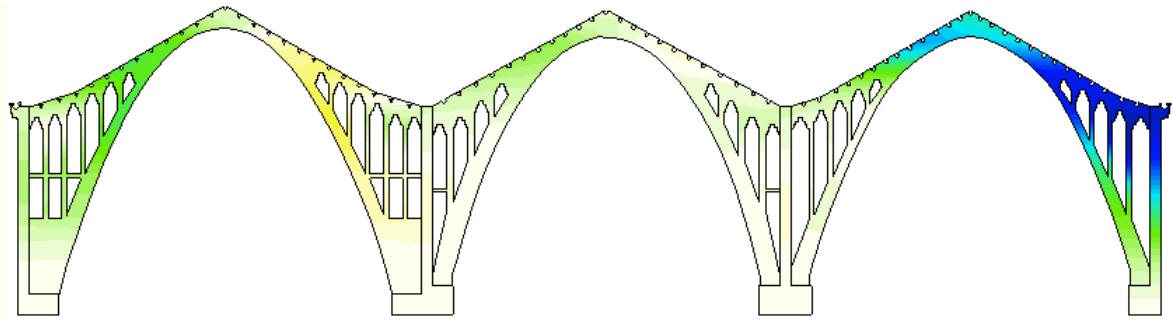


b.- Arco "C".

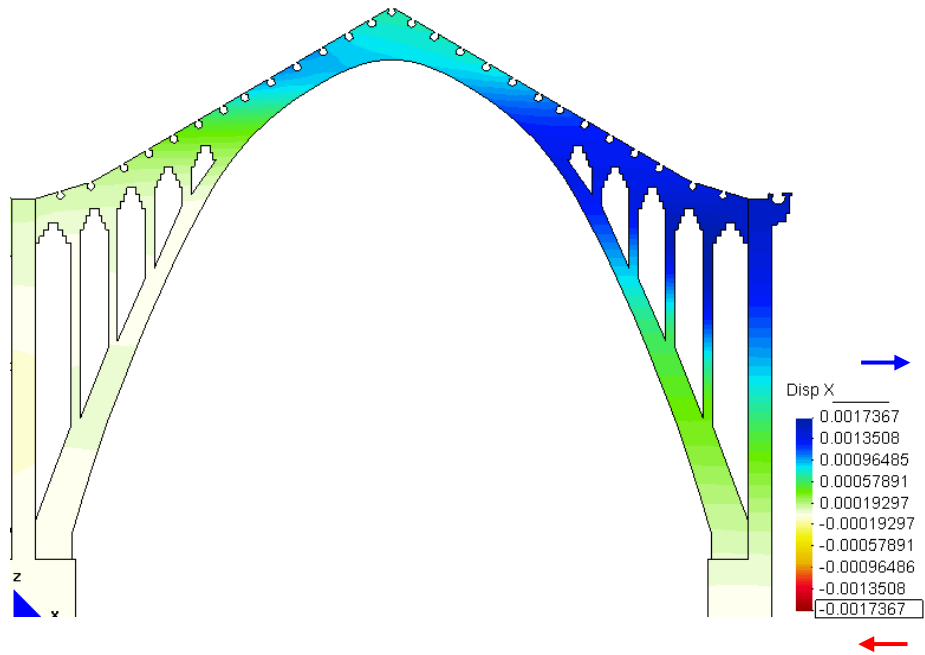


c.- Detalle: esquina superior derecha.

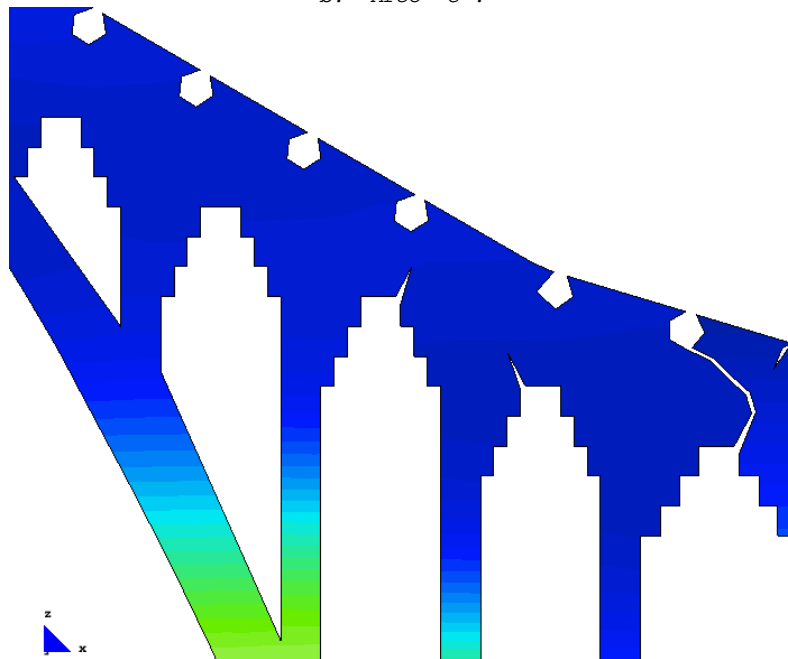
6.4.5.3.2 Desplazamiento en "x"



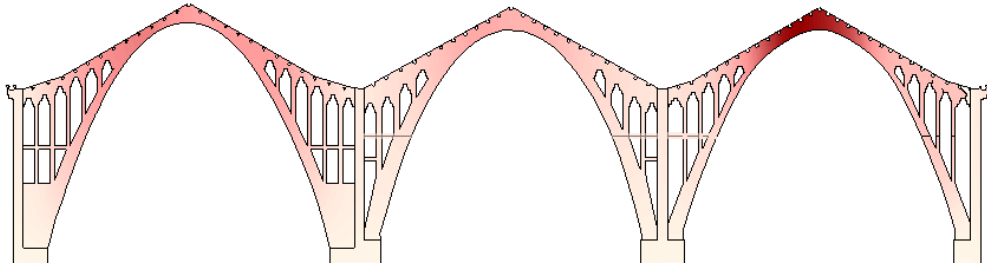
a.- Modelo general.



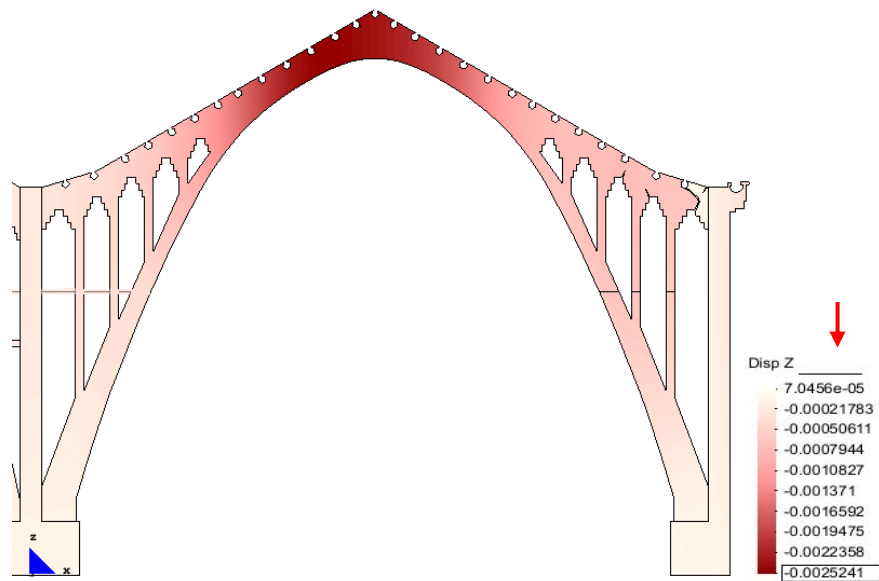
b.- Arco "C".



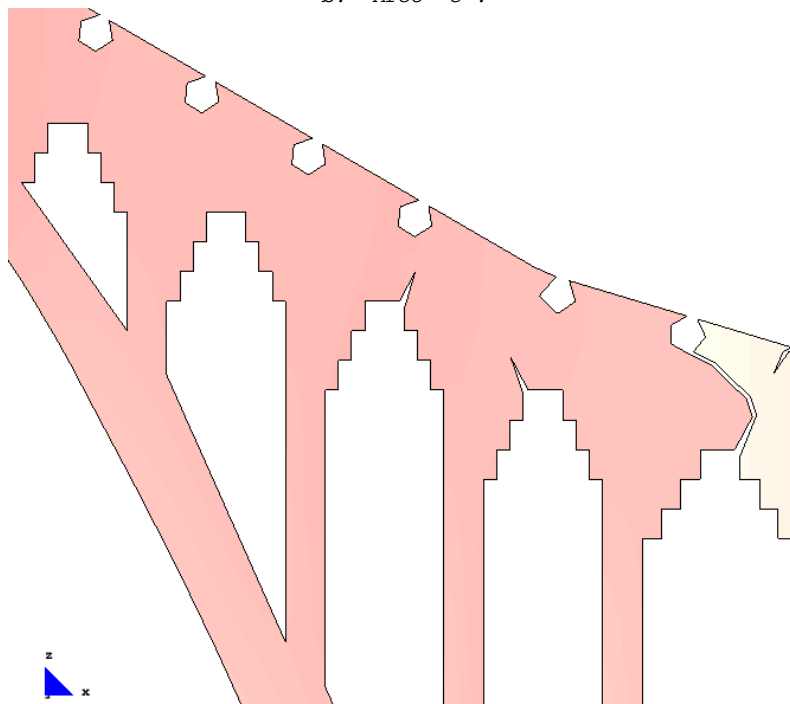
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3.3 Desplazamiento en "z"

a.- Modelo general.

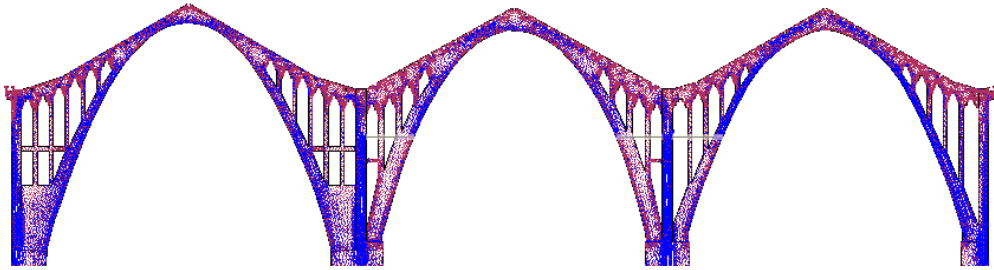


b.- Arco "C".

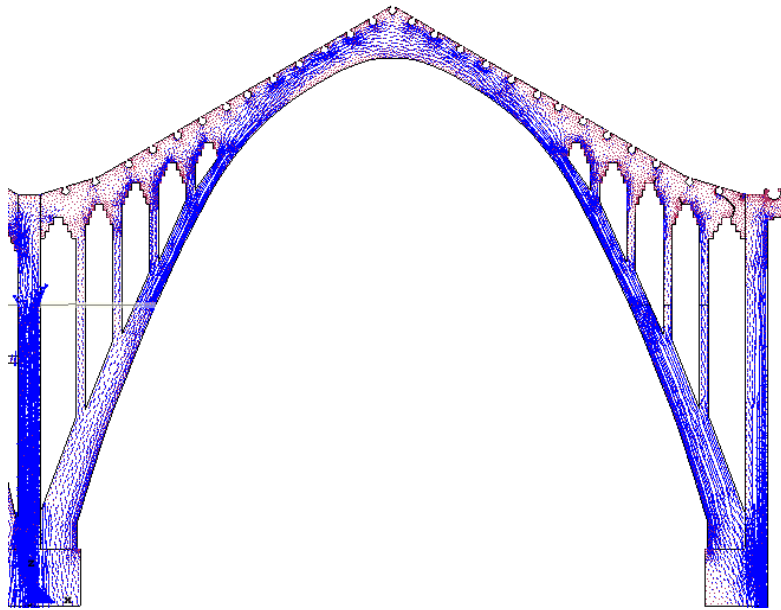


c.- Detalle: esquina superior derecha.

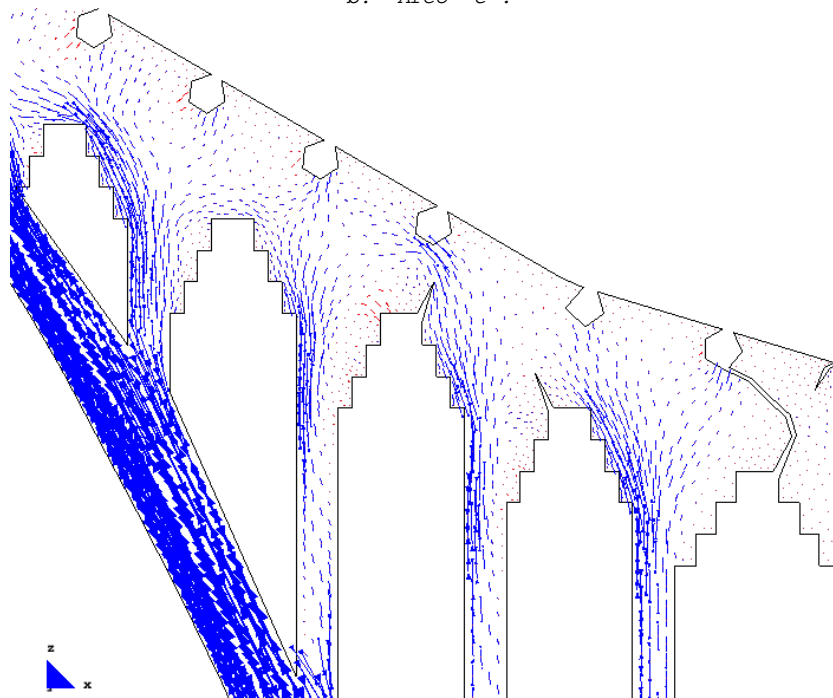
6.4.5.3.4 Vectores en el sentido de la dirección principal "22"
(Sii), factor-1e-6



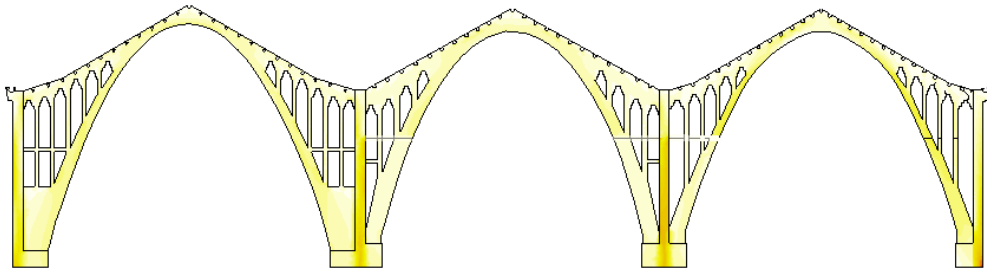
a.- Modelo general.



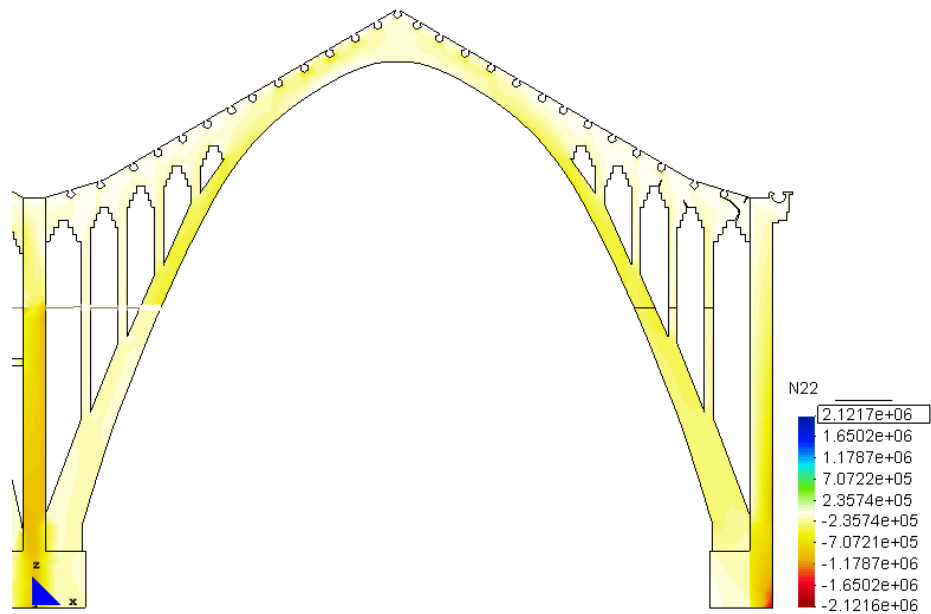
b.- Arco "C".



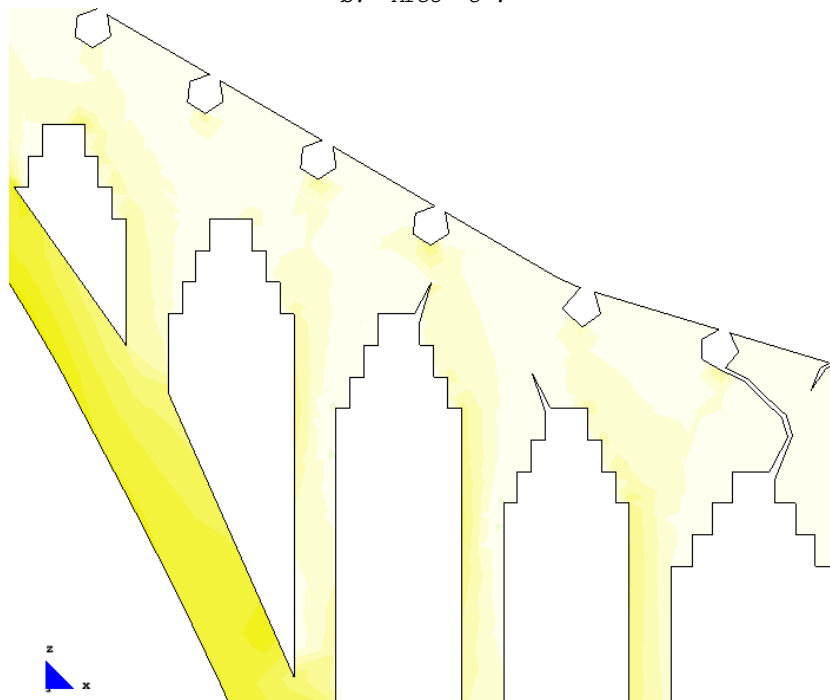
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3.5 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22"
(N22)

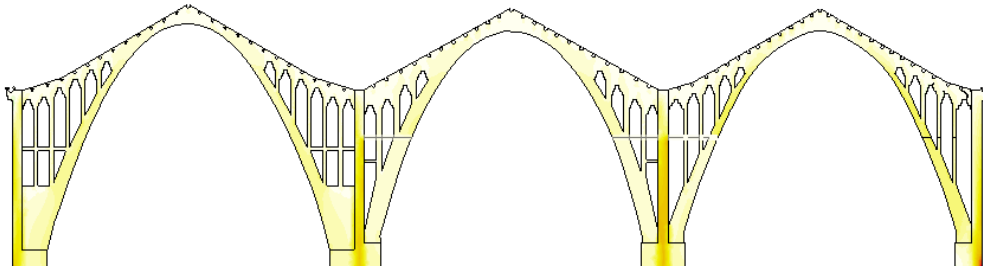
a.- Modelo general.



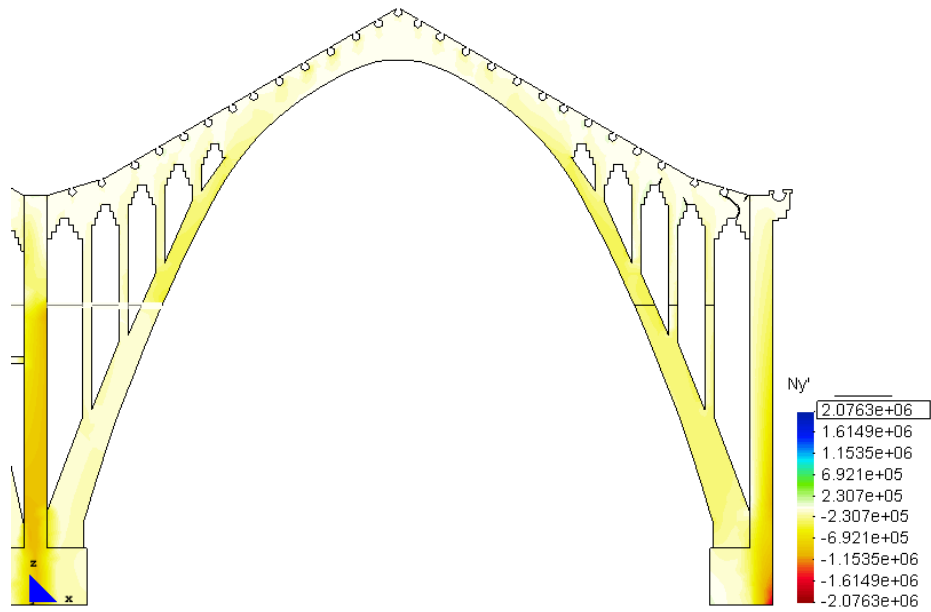
b.- Arco "C".



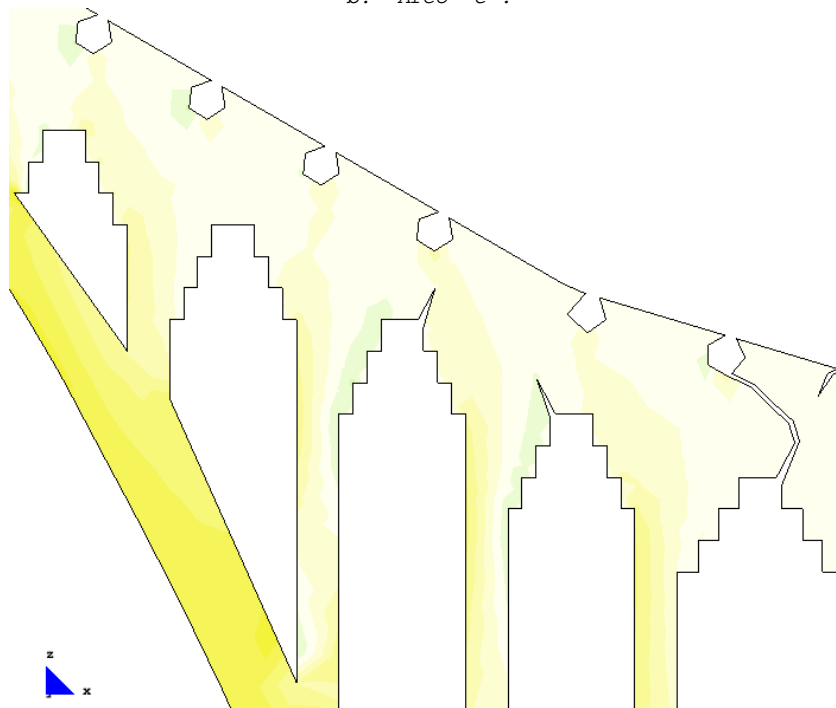
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3.6 Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$)

a.- Modelo general.

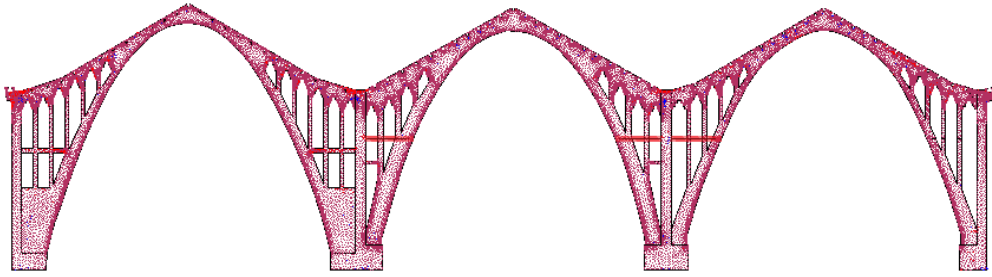


b.- Arco "C".

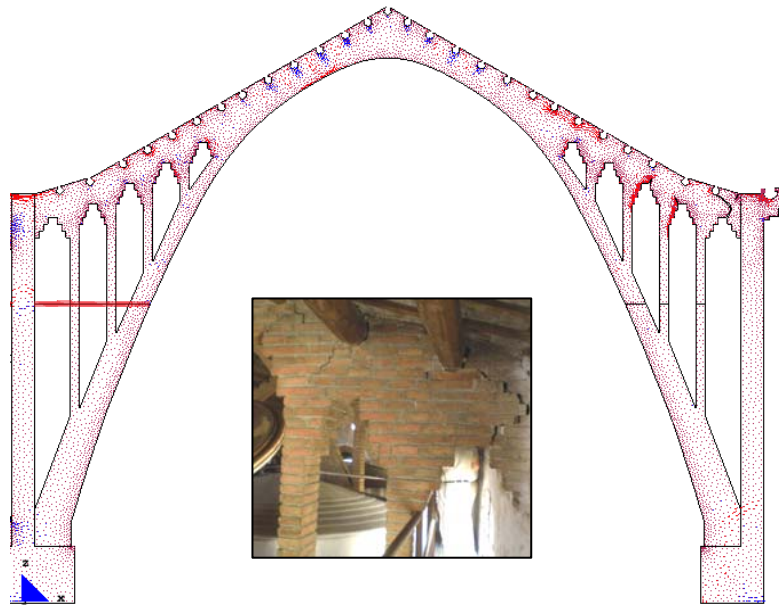


c.- Detalle: esquina superior derecha.

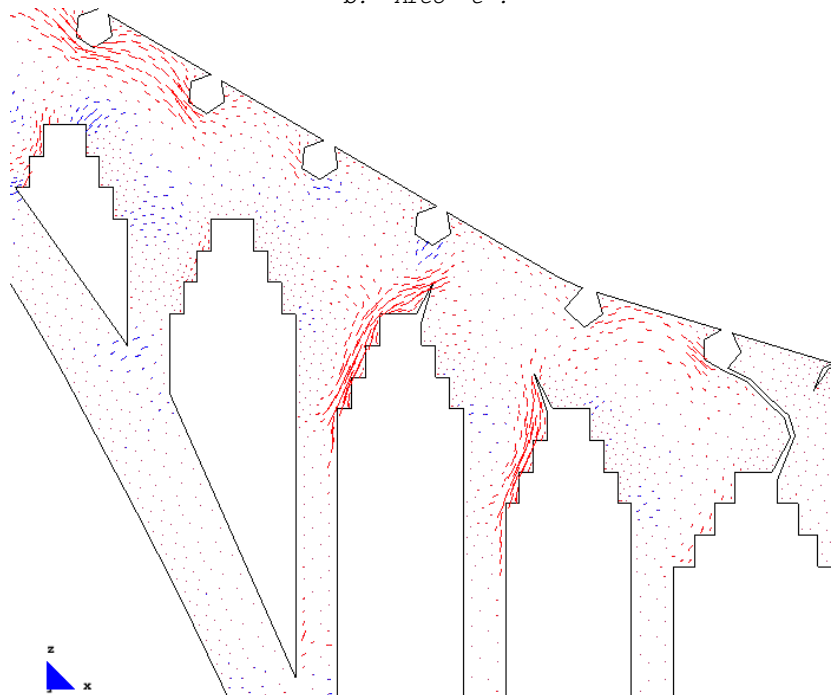
6.4.5.3.7 Vectores en el sentido de la dirección principal "11"
(Si), factor-1e-6



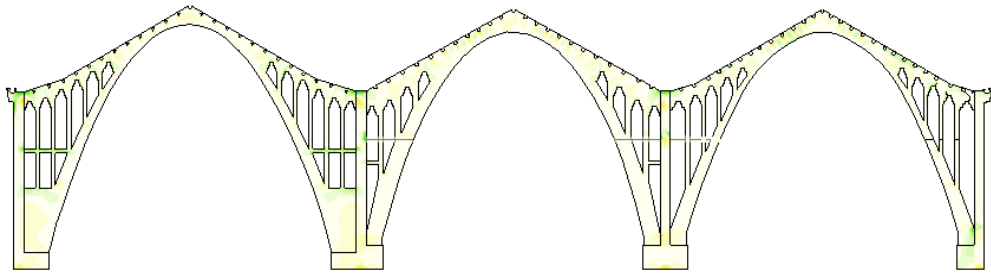
a.- Modelo general.



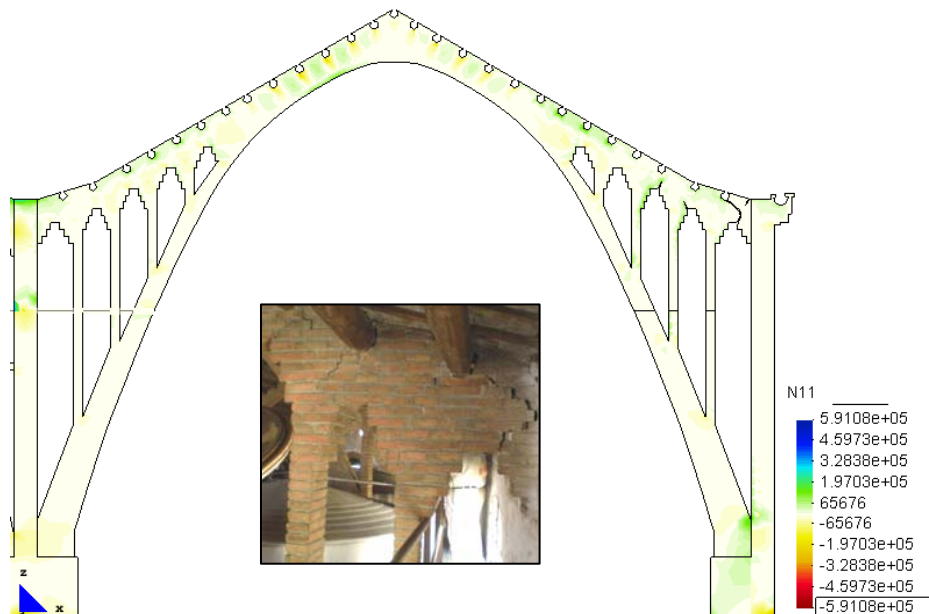
b.- Arco "C".



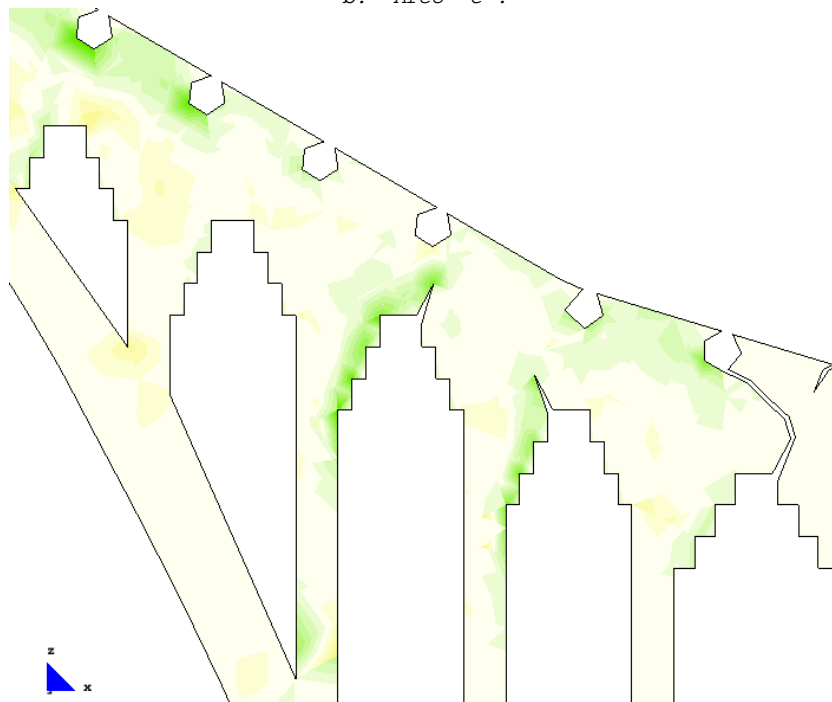
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3.8 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11"
(N11)

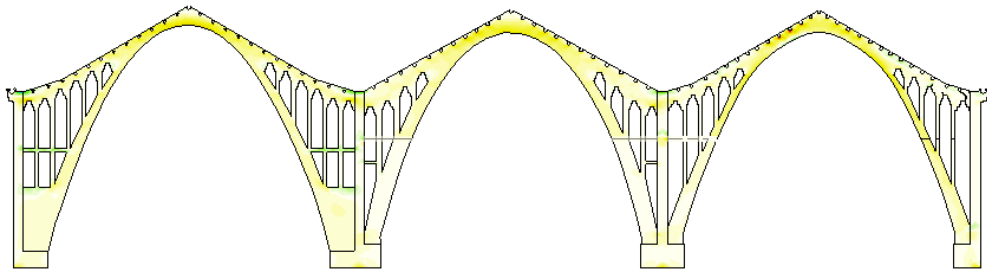
a.- Modelo general.



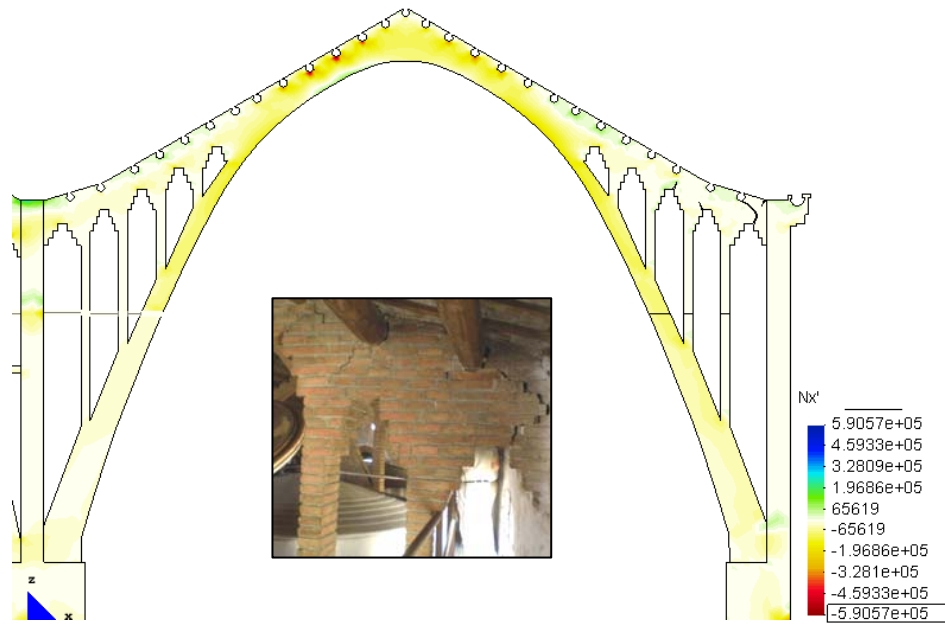
b.- Arco "C".



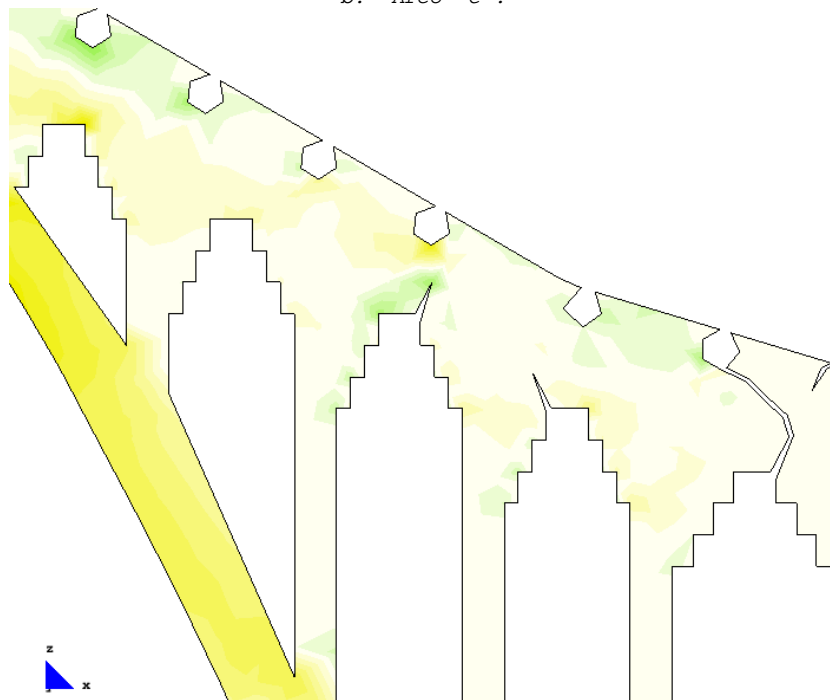
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.5.3.9 Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$)

a.- Modelo general.



b.- Arco "C".



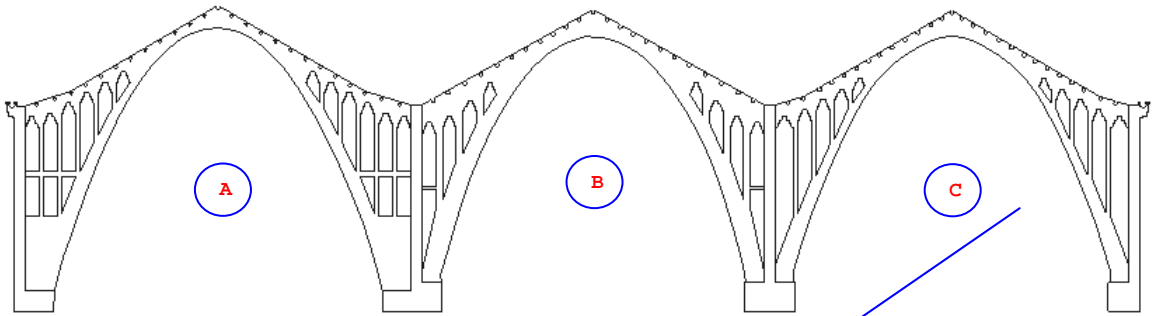
c.- Detalle: esquina superior derecha.

6.4.6 Análisis comparativo de los diferentes modelos

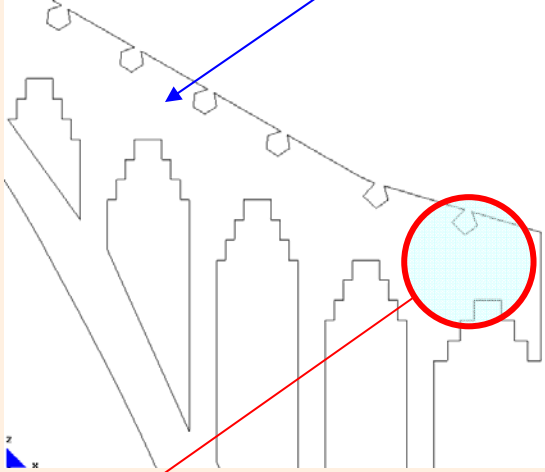
En este apartado se incluyen únicamente los gráficos "C" que corresponden a la parte superior izquierda de la nave "C".

Para una mejor comprensión en el (CUADRO 24) se indica el orden utilizado en los diferentes cuadros comparativos:

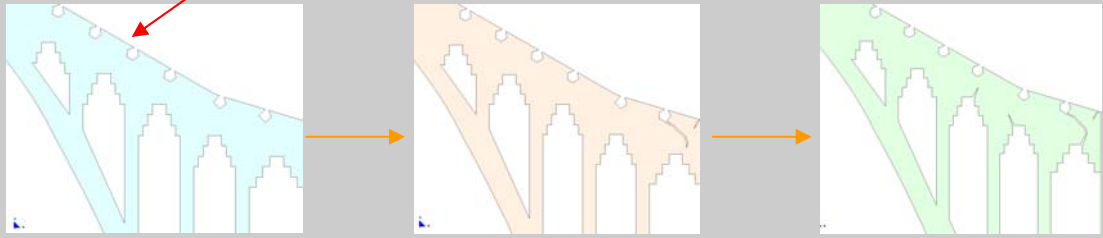
(CUADRO 24) ARCOS FISURADOS: GEOMETRÍA Y ESQUEMAS A UTILIZAR



(GRAF.6: 59) Alzado del pórtico completo con las tres naves.



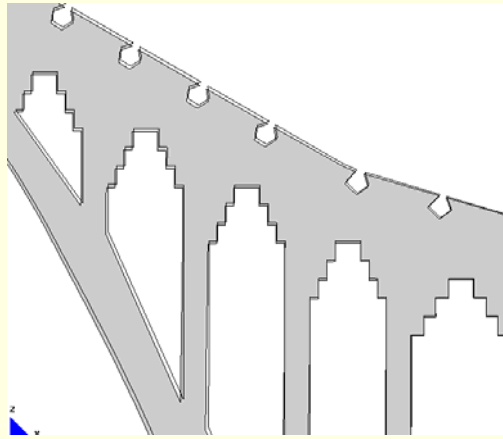
(GRAF.6: 72) Zona de la pared a analizar.



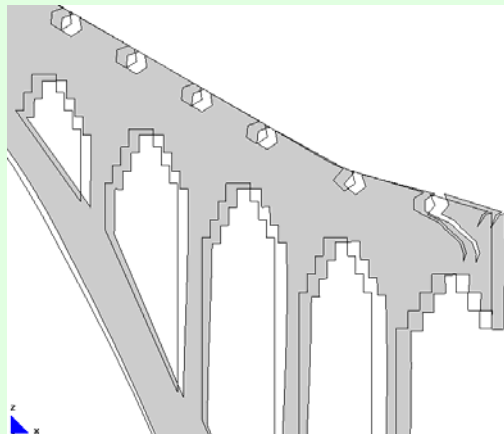
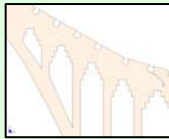
(GRAF.6: 73) Estado inicial de la pared.	(GRAF.6: 74) Formación de las primeras fisuras.	(GRAF.6: 75) Rotura completa del arco.
--	---	--

6.4.6.1 Deformada, ampliación 50 veces

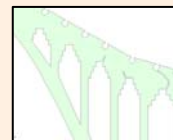
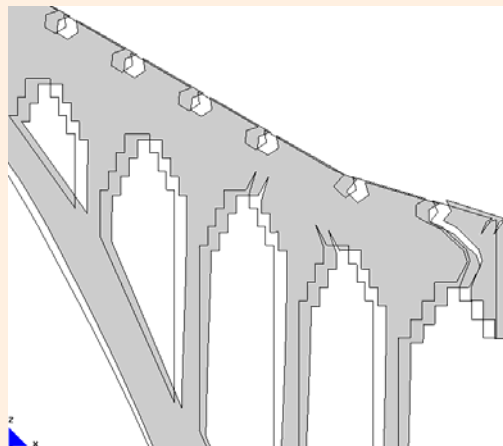
(CUADRO 25) ARCOS FISURADOS: DEFORMADA



(50) Deformación: sin fisura. (6.4.5.1.1-c)



(51) Deformación: primera etapa de fisuras. (0-c)



(52) Deformación: rotura completa del arco - extremo derecho. (6.4.5.3.1-c)

Con el fin de apreciar mejor las deformaciones de los tres modelos se reduce la escala de ampliación a 50 veces¹³⁶.

1. En el modelo sin fisuración podemos apreciar que¹³⁷:

- a. El arco tiende a abrirse¹³⁸.
- b. El lado derecho tiende a desplazarse hacia la derecha.

2. En el modelo con la primera etapa de fisuración se puede observar que¹³⁹:

- c. La deformación del arco es superior al caso anterior¹⁴⁰.
- d. El lado derecho de la fisura tiende a deformarse con mayor fuerza hacia la derecha.
- e. La fisura existente tiene tendencia a abrirse.

3. En el modelo con la rotura completa del lado derecho se distingue que¹⁴¹:

- f. La deformación se vuelve a incrementar, aunque en menor grado que en el caso anterior.
- g. Las dos fisuras nuevas continúan abriéndose, mientras que la pequeña del primer grupo¹⁴² detiene su crecimiento.

¹³⁶ En todos los modelos se oculta la pared existente de la derecha, es decir, de la fachada.

¹³⁷ Ver gráfico (50).

¹³⁸ Este comportamiento responde a la realidad.

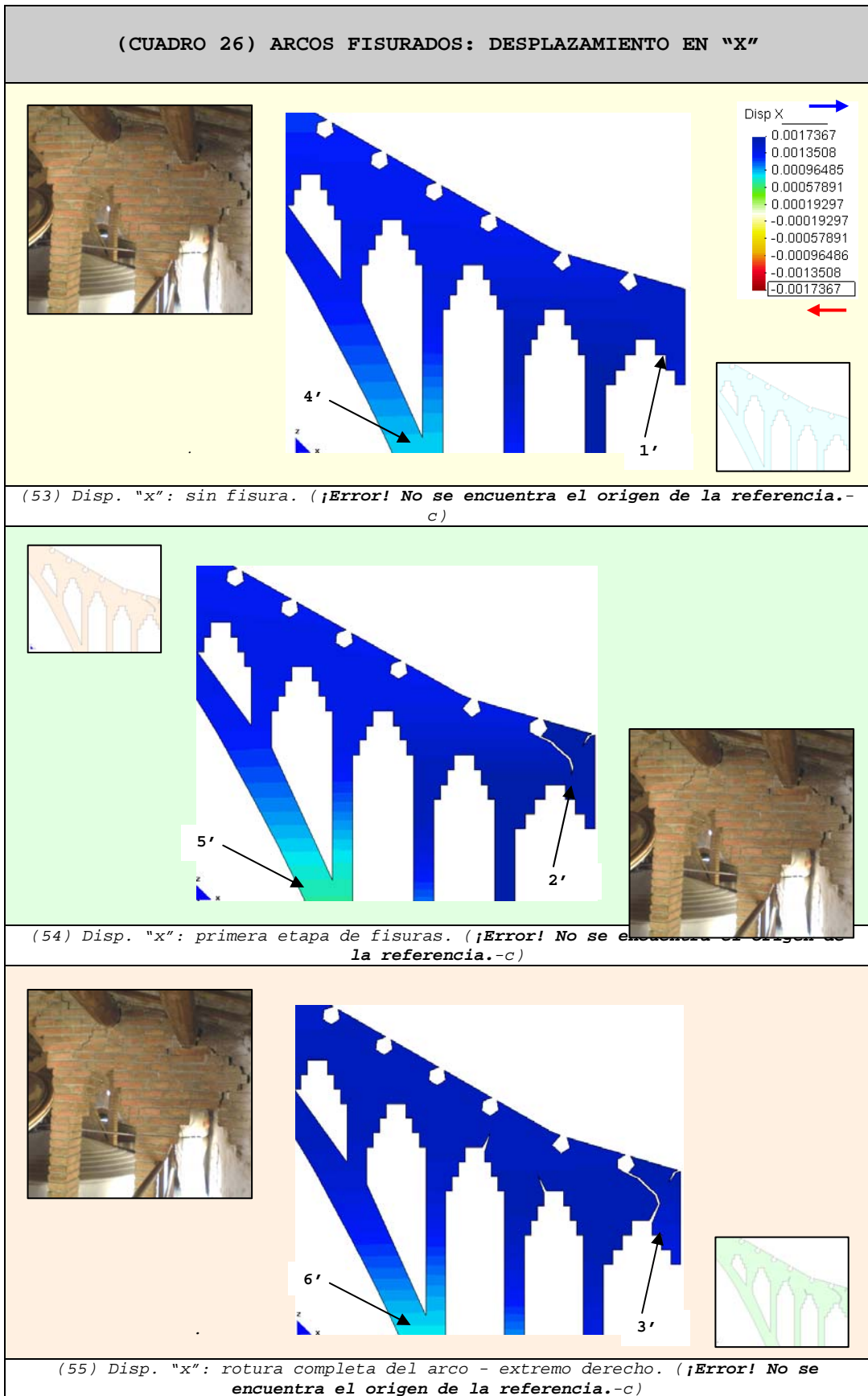
¹³⁹ Ver gráfico (51).

¹⁴⁰ Comparar (50) con (51).

¹⁴¹ Ver gráfico (52).

¹⁴² Fisura ubicada en el extremo superior derecho de la zona estudiada.

6.4.6.2 Desplazamiento en "x"¹⁴³



¹⁴³ Los desplazamientos hacia el lado derecha se representan con la gama de colores fríos (verde-azul) y los desplazamientos hacia el lado izquierdo con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo).

4. En el modelo sin fisuración notamos que¹⁴⁴:
- h. Los máximos desplazamientos se localizan en la parte superior derecha de la pared¹⁴⁵.
 - i. La zona interior¹⁴⁶ se mueve en menor grado.
5. En el modelo con la primera etapa de fisuración se puede observar que¹⁴⁷:
- j. Los desplazamientos laterales se incrementan en todo el modelo.
 - k. En la parte superior derecha de la pared existe mayor concentración de desplazamientos¹⁴⁸.
 - l. Los desplazamientos disminuyen en la zona interior¹⁴⁹.
6. En el modelo con la rotura completa del lado derecho se aprecia que¹⁵⁰⁻¹⁵¹:
- m. De modo global, la pared tiende a reducir sus desplazamientos.
 - n. Los desplazamientos se reducen en especial en el lado izquierdo de la rotura, aunque con valores superiores a los del modelo inicial¹⁵².
 - o. En el lado derecho de la rotura los desplazamientos reducen considerablemente¹⁵³.
 - p. En la parte interior de la pared los movimientos se reducen de modo claro¹⁵⁴.

¹⁴⁴ Ver gráfico (53).

¹⁴⁵ Ver (1') del gráfico (53).

¹⁴⁶ Ver (4') del gráfico (53).

¹⁴⁷ Ver gráfico (54).

¹⁴⁸ Ver (2') del gráfico (54).

¹⁴⁹ Ver (5') del gráfico (54).

¹⁵⁰ Ver gráfico (55).

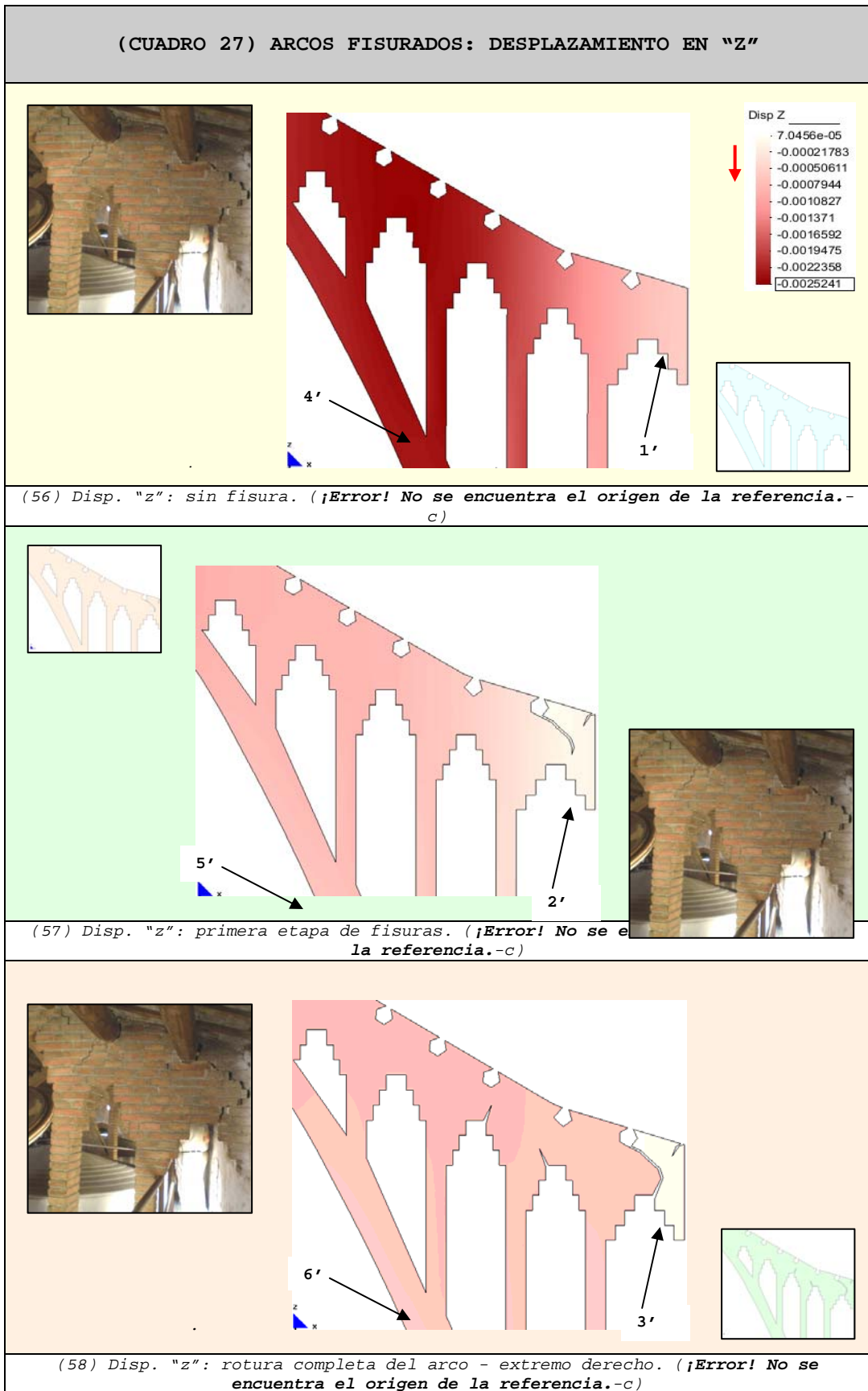
¹⁵¹ Comparar gráficos (55) con (53).

¹⁵² Comparar (1') del gráfico (53) con (3') del gráfico (55).

¹⁵³ Ver (3') del gráfico (55). Por otro lado, hay que tener en cuenta que esta parte de pared sigue unida a la fachada de la derecha (que ahora está oculta).

¹⁵⁴ Ver (6') del gráfico (55) y compararlo con (4') del gráfico (53).

6.4.6.3 Desplazamiento en "z"¹⁵⁵



¹⁵⁵ Los desplazamientos aumentan de valor a medida que el color se acercan al rojo intenso.

7. En el modelo sin fisuración podemos apreciar que¹⁵⁶:
- q. En la parte superior derecha de la pared se localizan los desplazamientos menores¹⁵⁷.
 - r. En la zona interior¹⁵⁸ se concentran los máximos desplazamientos.
8. En el modelo con la primera etapa de fisuración se puede observar que¹⁵⁹:
- s. Los desplazamientos laterales se minimizan claramente.
 - t. En la esquina superior derecha se reducen los descensos¹⁶⁰.
 - u. En la zona interior¹⁶¹ se concentran los desplazamientos más grandes.
9. En el modelo con la rotura completa del lado derecho se distingue que¹⁶²:
- v. Los desplazamientos reducen su magnitud en especial en las zonas (3').
 - w. Los desplazamientos son muy pequeños en ambos lados de la rotura¹⁶³.
 - x. En la parte interior de la pared los movimientos se reducen de modo visible¹⁶⁴.

¹⁵⁶ Ver gráfico (56).

¹⁵⁷ Ver (1') del gráfico (56).

¹⁵⁸ Ver (4') del gráfico (56).

¹⁵⁹ Ver gráfico (57).

¹⁶⁰ Ver (2') del gráfico (57).

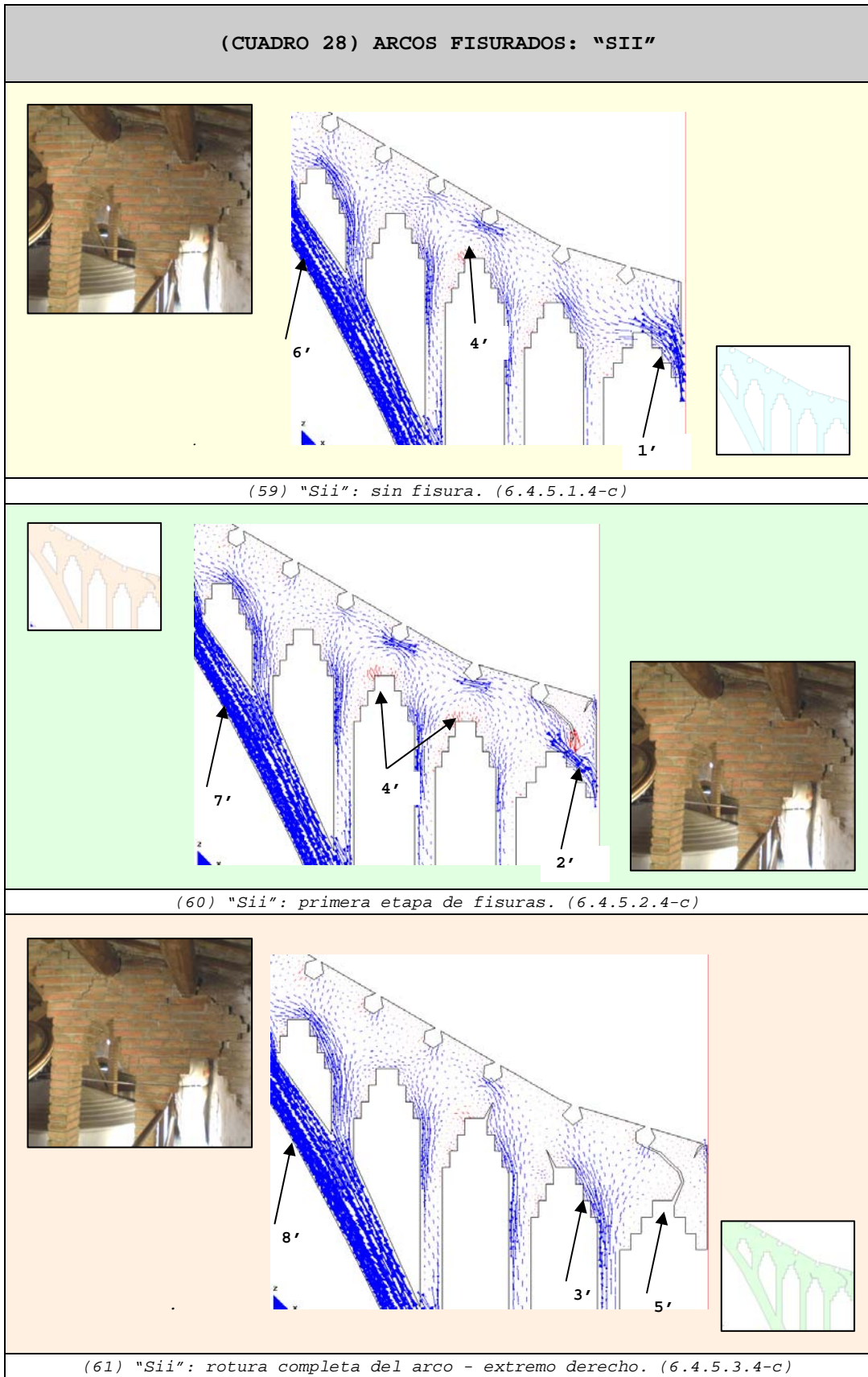
¹⁶¹ Ver (5') del gráfico (57).

¹⁶² Ver gráfico (58).

¹⁶³ Ver (3') del gráfico (58). Por otro lado, hay que tener en cuenta que esta parte de pared sigue unida a la fachada de la derecha (que ahora está oculta).

¹⁶⁴ Ver (6') del gráfico (58) y compararlo con (4') del gráfico (56).

6.4.6.4 Vectores en el sentido de la dirección principal "22"
(Sii)¹⁶⁵, factor-1e-6



¹⁶⁵ Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

10. En el modelo sin fisuración notamos que¹⁶⁶:

- y. La pared está prácticamente comprimida en su totalidad.
- z. En la parte superior izquierda del hueco central¹⁶⁷ se producen pequeñas tracciones¹⁶⁸ y, en menor grado, en el hueco que queda a su derecha.
- aa. En la parte superior derecha¹⁶⁹ existe una concentración de compresiones importantes¹⁷⁰.

11. En el modelo con la primera etapa de fisuración se puede observar que¹⁷¹:

- bb. En los arcos centrales las tracciones se intensifican¹⁷².
- cc. En la punta de la fisura de mayor longitud¹⁷³ se concentran los vectores de tracción más intensos¹⁷⁴.
- dd. En la clave del primer hueco de la derecha¹⁷⁵ se produce una concentración de compresiones elevada¹⁷⁶.
- ee. En la zona de los apoyos de las vigas se incrementan las compresiones¹⁷⁷.
- ff. En la zona interior aumentan las magnitudes de las fuerzas¹⁷⁸.

12. En el modelo con la rotura completa del lado derecho se aprecia que¹⁷⁹:

- gg. La pared se relaja bastante y se produce la redistribución de las fuerzas¹⁸⁰.
- hh. En las caras laterales derechas de los huecos se produce el aumento de los esfuerzos de compresión¹⁸¹.
- ii. En la zona interior se intensifican las compresiones¹⁸².

¹⁶⁶ Ver gráfico (59), (62) y (65).

¹⁶⁷ Ver (4') del gráfico (59), (62) y (65).

¹⁶⁸ Que no llegan a superar la resistencia a tracción de la fábrica.

¹⁶⁹ Ver (1') del gráfico (59), (62) y (65).

¹⁷⁰ Esto quiere decir que por dicha zona se produce el descenso de importantes cargas.

¹⁷¹ Ver gráfico (60), (63) y (66).

¹⁷² Ver (4') del gráfico (60), (63) y (66).

¹⁷³ Ver (2') del gráfico (60), (63) y (66).

¹⁷⁴ Es de esperar que las máximas tracciones se localicen en dicha zona.

¹⁷⁵ Ver (2') del gráfico (60), (63) y (66).

¹⁷⁶ Ya que se convierte en una de las vías necesarias para transmitir las cargas importantes.

¹⁷⁷ En especial las más próximas a la fisura existente.

¹⁷⁸ Ver (7') del gráfico (60), (63) y (66).

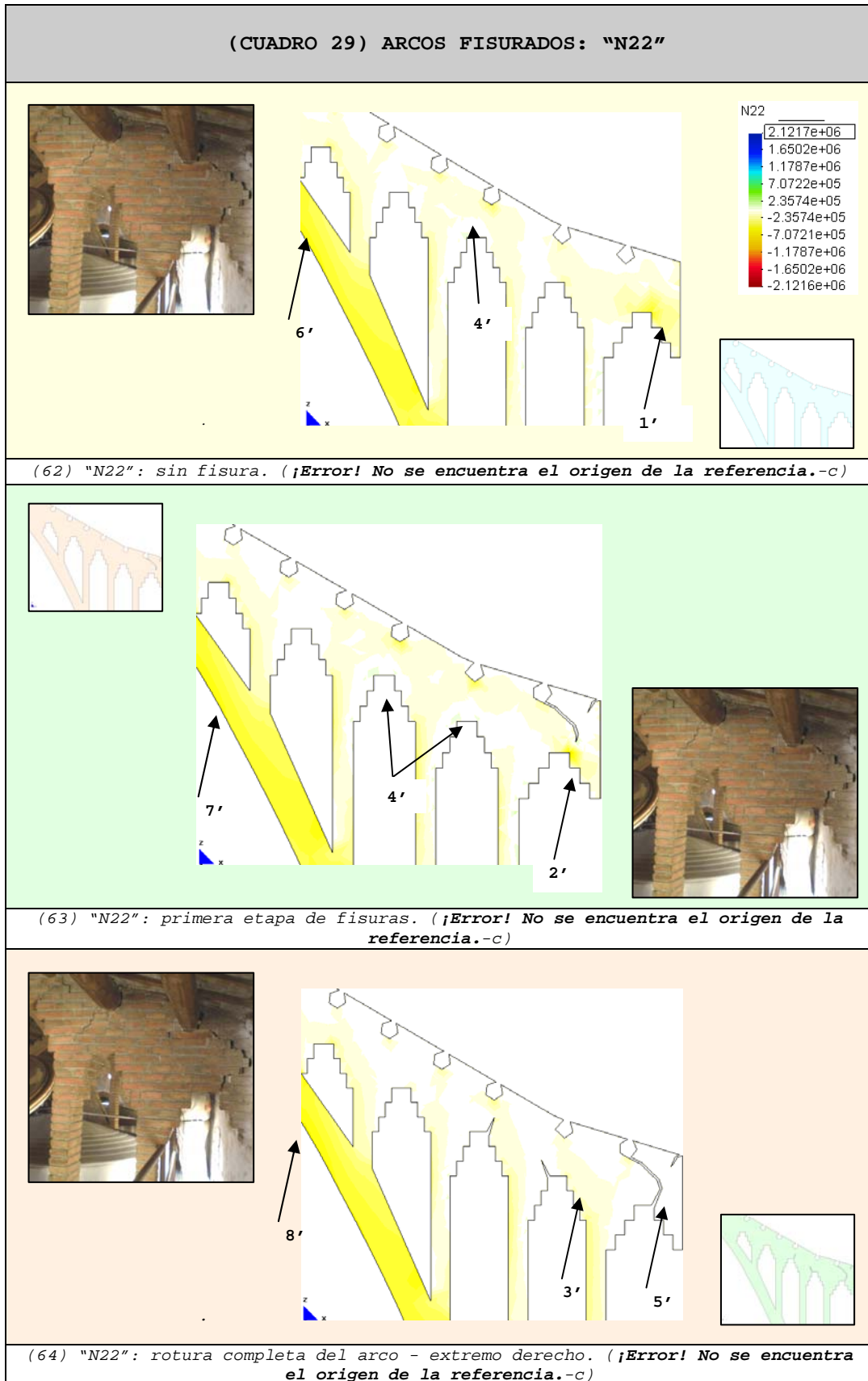
¹⁷⁹ Ver gráfico (61), (64) y (67).

¹⁸⁰ Ver (5') del gráfico (61), (64) y (67).

¹⁸¹ Ver (3') del gráfico (61), (64) y (67).

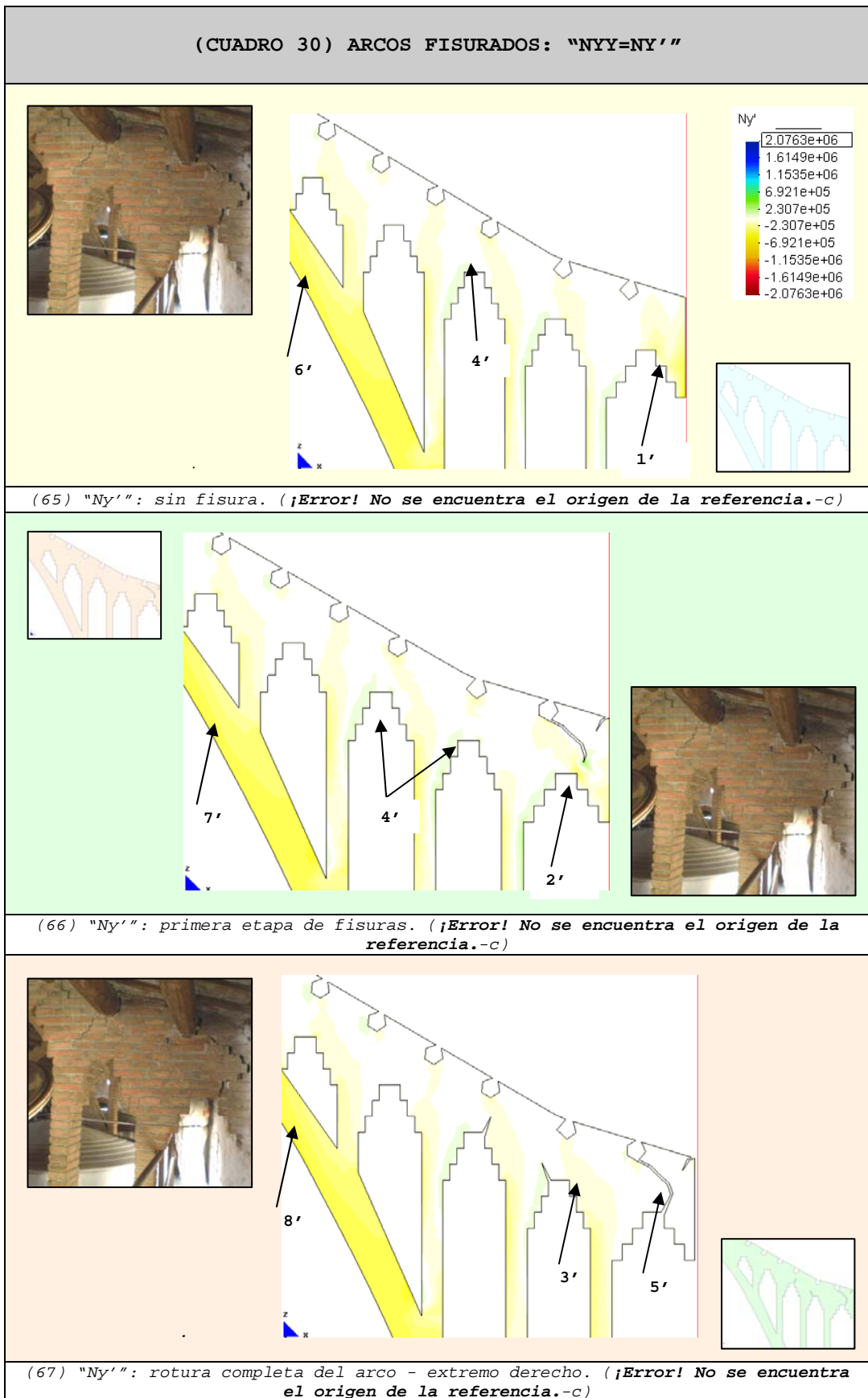
¹⁸² Por haberse convertido en la vía más importante del recorrido de las cargas después de la rotura. Ver (8') del gráfico (61), (64) y (67).

6.4.6.5 Fuerza en el sentido de la dirección principal "N22"
(N22)¹⁸³

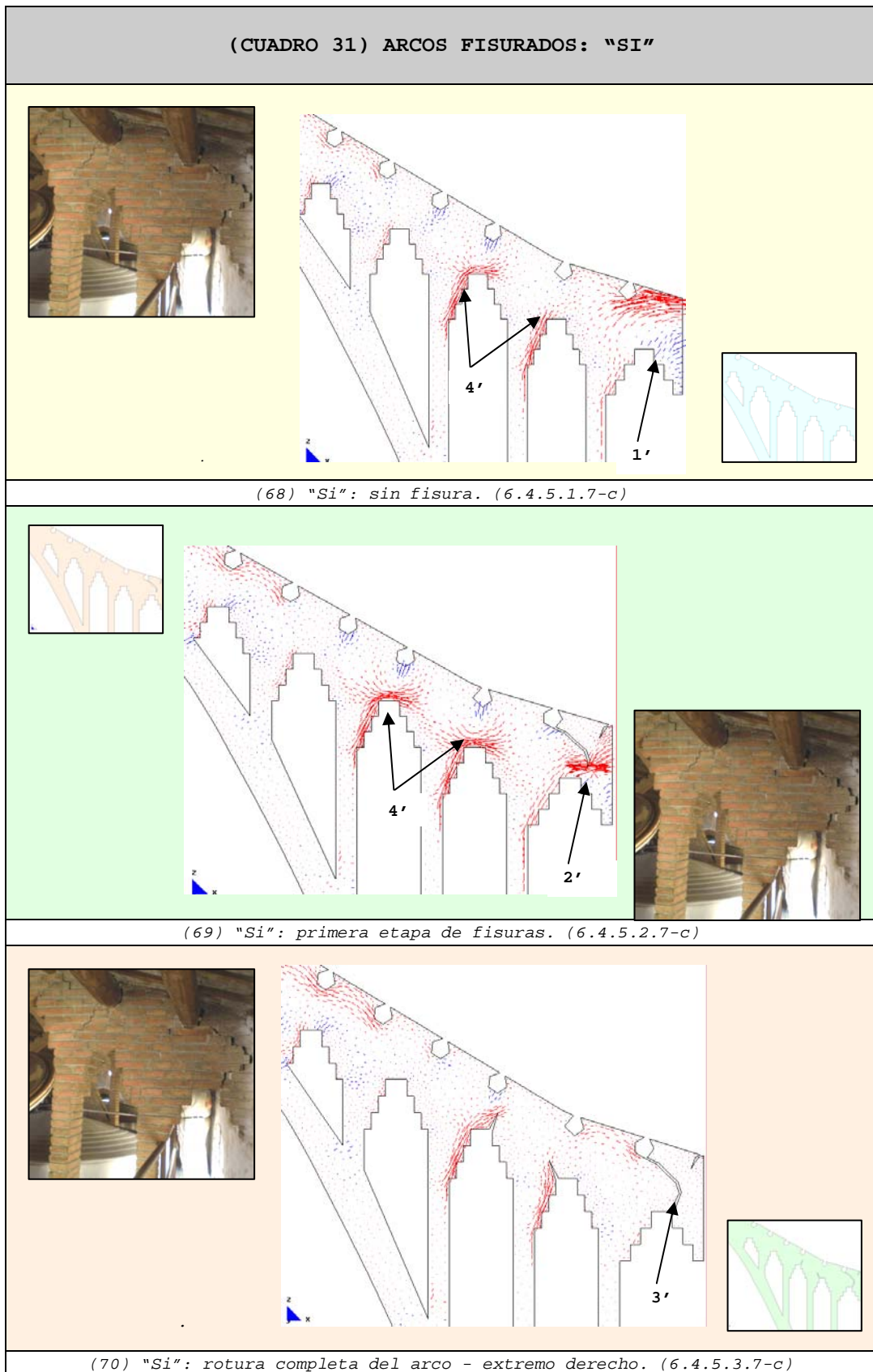


¹⁸³ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul. Ver comentarios de los párrafos (10), (11) y (12).

6.4.6.6 Fuerzas en el sentido "yy" ($N_{yy}=N_{y'}$) ¹⁸⁴



¹⁸⁴ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul. Ver comentarios de los párrafos (10), (11) y (12).

6.4.6.7 Vectores en el sentido de la dirección principal "11"
(Si)¹⁸⁵, factor-1e-6¹⁸⁵ Los vectores de compresión son de color azul y los de tracción son de color rojo.

13. En el modelo sin fisuración podemos apreciar que¹⁸⁶:
- jj. En la pared se observan muchas zonas traccionadas, aunque la mayoría no llegan a superar la resistencia a tracción de la fábrica.
 - kk. En la parte superior izquierda del hueco central¹⁸⁷ se producen pequeñas tracciones¹⁸⁸ y en menor grado en el hueco que queda a su derecha, aunque son de magnitudes insignificantes.
 - ll. En la parte superior derecha¹⁸⁹ existe una concentración importante de tracciones que son capaces de romper la obra de fábrica¹⁹⁰.
14. En el modelo con la primera etapa de fisuración se puede observar que¹⁹¹:
- mm. En los arcos centrales las tracciones se intensifican¹⁹² y sus magnitudes son elevadas y capaces de romper la pared. Observar que las tracciones cubren la parte recta de los arcos.
 - nn. En la punta de la fisura de mayor longitud¹⁹³ se concentran los vectores de tracción más intensos¹⁹⁴, mientras que la fisura pequeña detiene su crecimiento¹⁹⁵.
 - oo. En el lado izquierdo de la clave del primer hueco¹⁹⁶ se reorientan las tracciones y se intensifican, aunque no superan la resistencia a tracción de la obra de fábrica.
 - pp. Algunos apoyos de las vigas se cambian a un estado de compresión¹⁹⁷.
15. En el modelo con la rotura completa del lado derecho se distingue que¹⁹⁸:
- qq. La pared se relaja bastante, con ello se reducen considerablemente las tracciones en la pared.
 - rr. En los huecos centrales se reorientan las fuerzas de tracción¹⁹⁹.
 - ss. Las partes laterales de algunos apoyos de las vigas de la cubierta se vuelven a traccionar²⁰⁰.

¹⁸⁶ Ver gráfico (68), (71) y (74).

¹⁸⁷ Ver (4') del gráfico (68), (71) y (74).

¹⁸⁸ Que no llegan a superar la resistencia a tracción de la fábrica.

¹⁸⁹ Ver (1') del gráfico (68), (71) y (74).

¹⁹⁰ Exactamente se localiza en la zona del apoyo de la primera vigueta de la derecha y en la unión con la pared transversal (fachada derecha).

¹⁹¹ Ver gráfico (69), (72) y (75).

¹⁹² Ver (4') del gráfico (69), (72) y (75).

¹⁹³ Ver (2') del gráfico (69), (72) y (75).

¹⁹⁴ Es de esperar que las máximas tracciones se localicen en dicha zona.

¹⁹⁵ Unión con la pared transversal (fachada derecha).

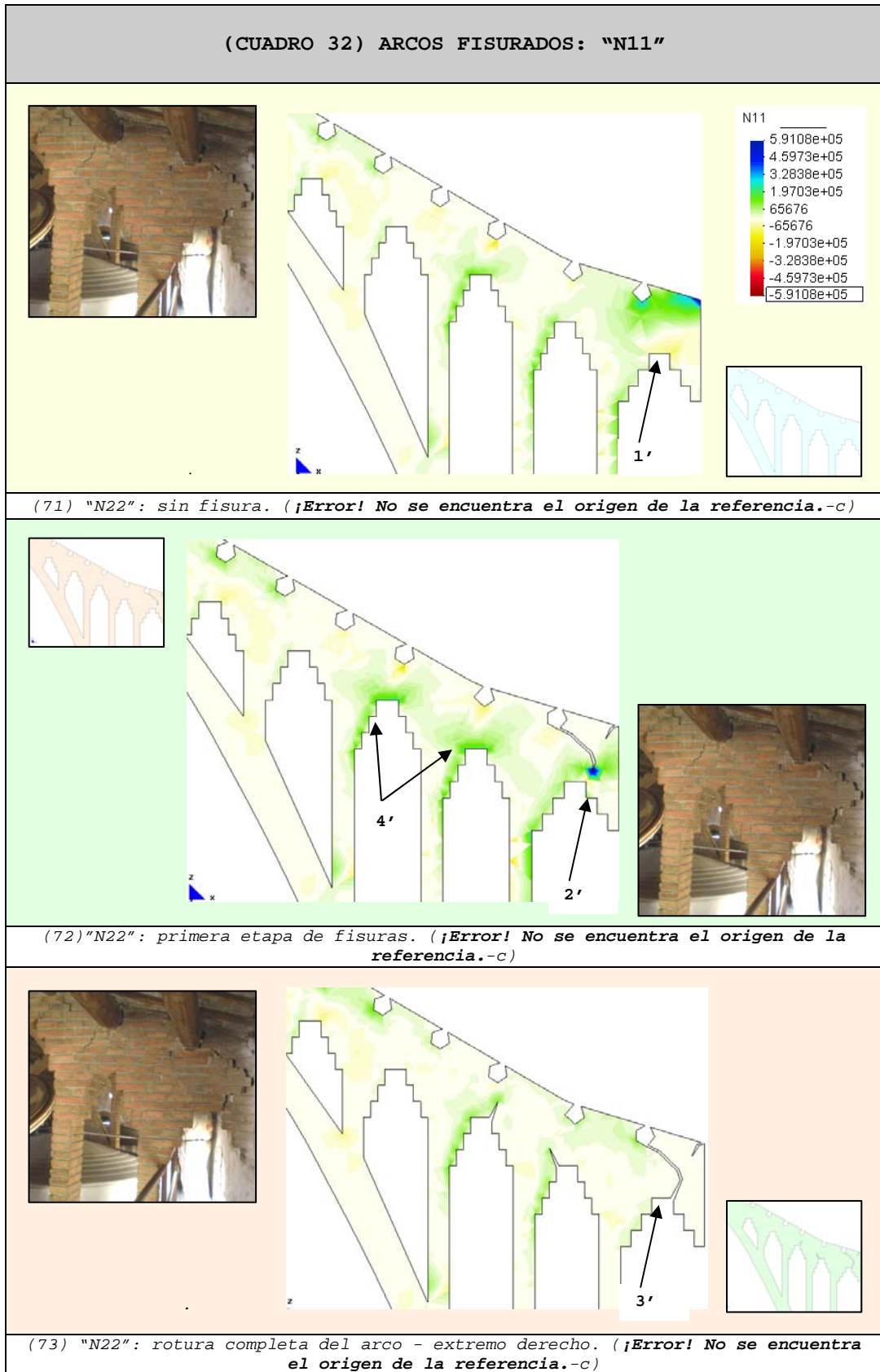
¹⁹⁶ Ver (2') del gráfico (69), (72) y (75).

¹⁹⁷ En especial las más próximas a la fisura existente.

¹⁹⁸ Ver gráfico (70), (73) y (76).

¹⁹⁹ Ver (3') del gráfico (70), (73) y (76).

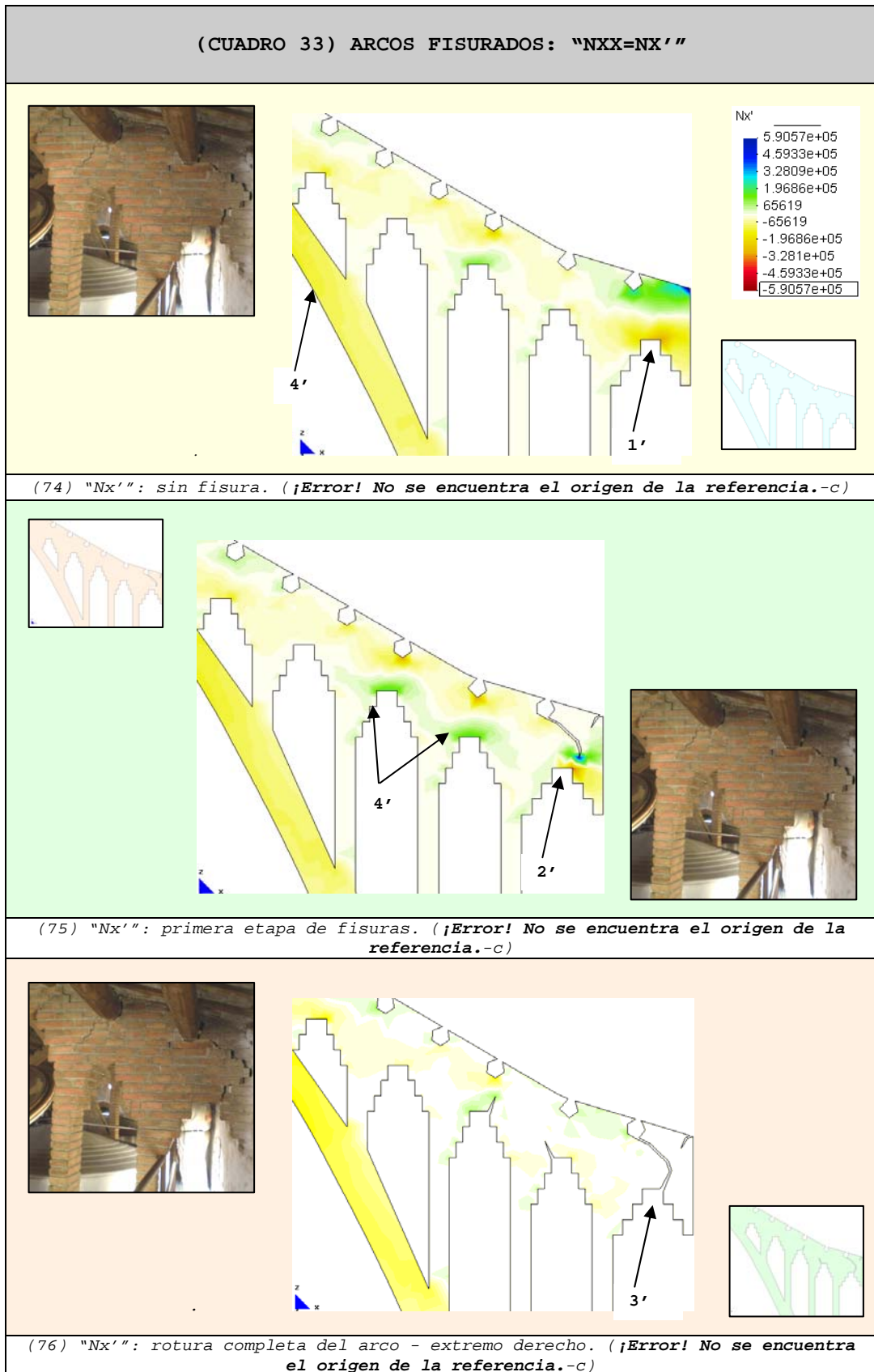
6.4.6.8 Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11"
(N11)²⁰¹



²⁰⁰ En especial las más próximas a la fisura existente.

²⁰¹ Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul. Ver comentarios de los párrafos (13), (14) y (15).

6.4.6.9 Fuerzas en el sentido "xx" ($N_{xx}=N_{x'}$) ²⁰²



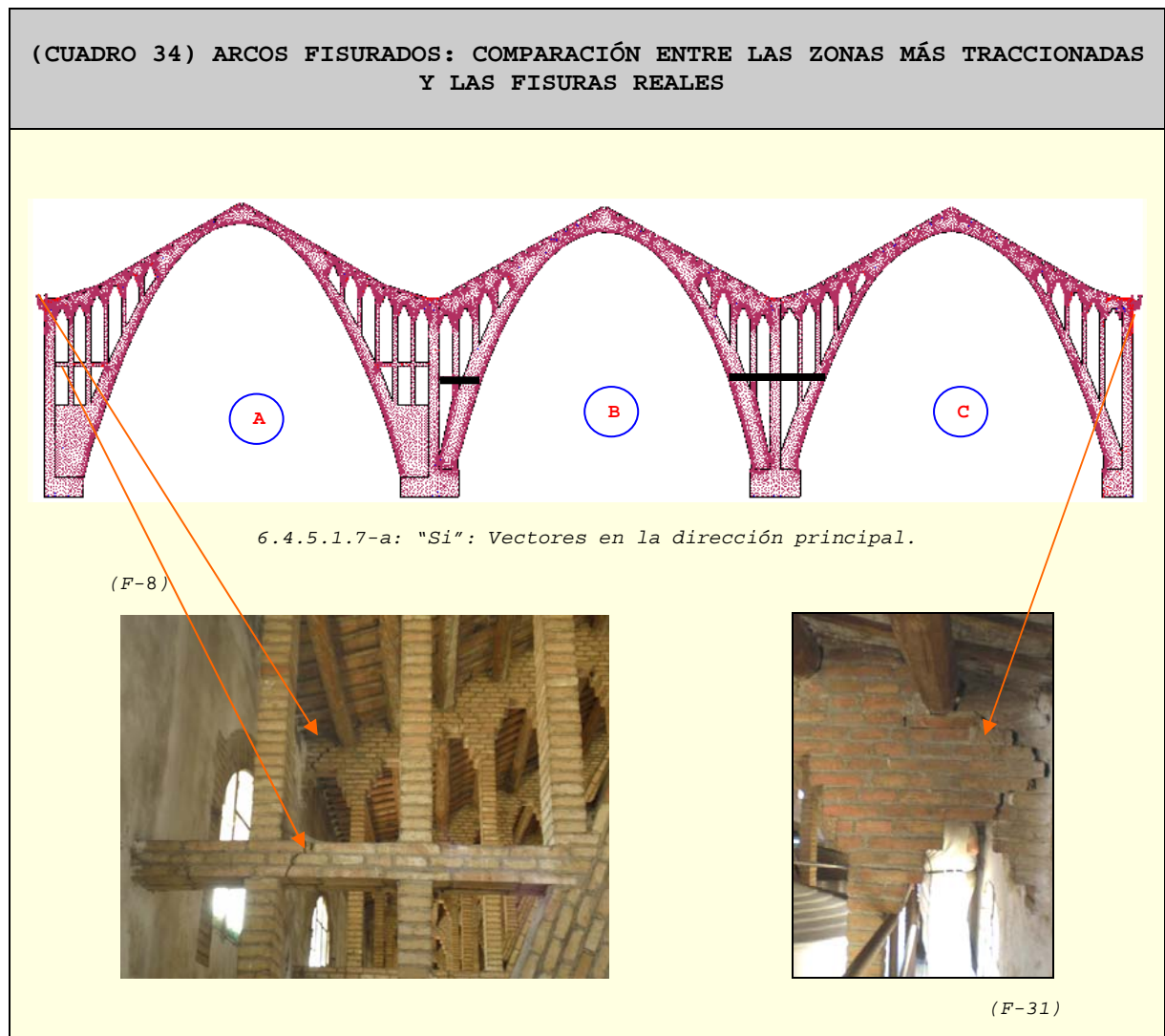
²⁰² Las compresiones se representan con la gama de colores cálidos (amarillo-rojo) y las tracciones con la gama de colores fríos (verde-azul). Las máximas compresiones alcanzan el color rojo y las máximas tracciones el color azul. Ver comentarios de los párrafos (13), (14) y (15).

6.4.7 Conclusiones del ejercicio-3

De modo general, podemos decir, que los resultados obtenidos se aproximan considerablemente al estado actual de la estructura, lo cual confirma que el método utilizado es bueno.

Entre los aspectos más relevantes podemos mencionar:

16. Si comparamos los resultados con las fotos es fácil constatar que, efectivamente, las zonas más desfavorables de las naves se localizan en sus extremos libres²⁰³. En el caso de la nave "A" también lo es el elemento horizontal.²⁰⁴



17. Es interesante observar cómo los lados restringidos de los arcos "A" y "C"²⁰⁵ presentan menos patologías, por existir una cierta compensación de fuerzas.

²⁰³ Por ejemplo en la nave "A" es el extremo izquierdo, mientras que en la nave "C" es el lado derecho.

²⁰⁴ Ver (CUADRO 34). Los resultados son bastante buenos dada su concordancia con la realidad.

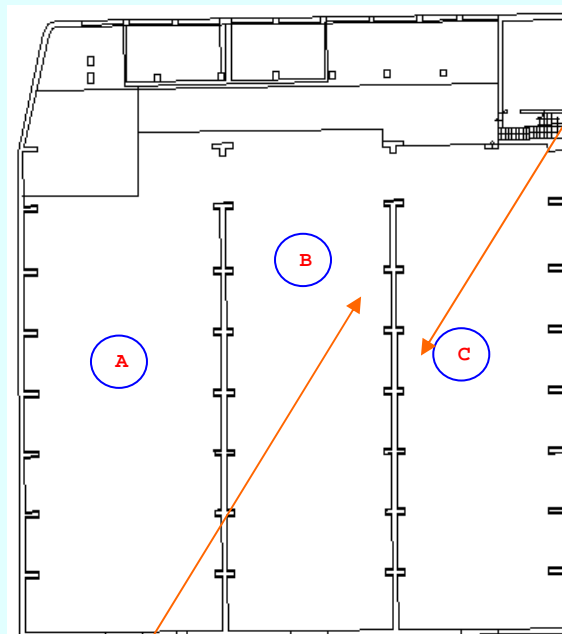
²⁰⁵ Es decir, los lados en que se unen con el arco "B".

18. La compensación de fuerzas horizontales se presenta con más claridad en el lado del arco "C" por tener un pequeño forjado que ayuda a rigidizar el arco y que se ata con el de la nave "B"²⁰⁶.

(CUADRO 35) ARCOS FISURADOS: FORJADOS EN LAS NAVES "B" Y "C"



Nave-C (F-38)



(GRAF.6: 61)

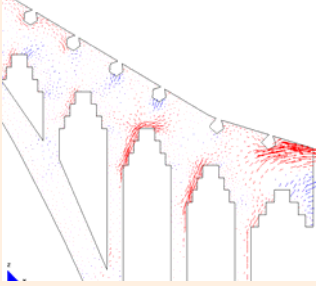
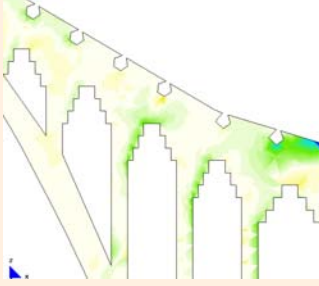
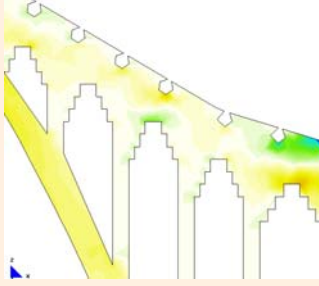




Planta.



Nave-B (F-22)

²⁰⁶ La existencia de los forjados reduce un poco las patologías del lado izquierdo de la nave "C". Ver (CUADRO 35).

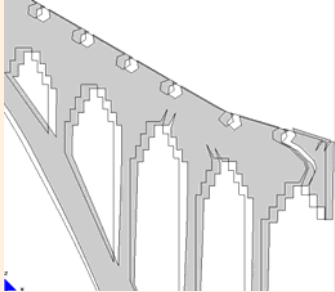
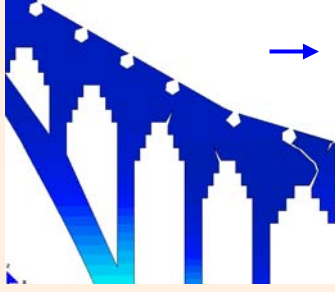
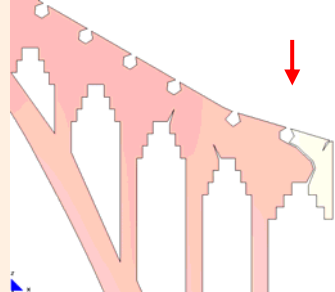




19. La parte más traccionada de los modelos iniciales²⁰⁷ coincide con las grietas más importantes. Esto lo podemos ver con claridad si comparamos los modelos informáticos con algunas fotos del estado actual de la nave "C"²⁰⁸.

(CUADRO 36) ARCOS FISURADOS NAVE "C": MODELO SIN FISURACIÓN COMPARACIÓN "SI" - "N11" Y "NXX=NX'"		
		
(68) "Si": sin fisura.	(71) "N22": sin fisura.	(74) "Nx'": sin fisura.
FOTOS QUE CORROBORAN LOS RESULTADOS		
		
(F-31)	(F-35)	
		
(F-37)	(F-40)	

²⁰⁷ Modelos sin fisuración.

²⁰⁸ Ver (CUADRO 36).

20. Otro aspecto relevante es la coincidencia de los desplazamientos de los modelos con la realidad. En los modelos informáticos se observan desplazamientos laterales hacia la derecha y desplazamientos verticales hacia abajo, esto se puede apreciar tanto en la deformada como en los desplazamientos, coincidiendo exactamente con la realidad²⁰⁹.

(CUADRO 37) ARCOS FISURADOS: MODELO CON LA ROTURA COMPLETA DEL ARCO: COMPARACIÓN "DEFORMADA" - "DISP-X" Y "DISP-Z"		
		
(52) Deformación: rotura completa del arco - extremo derecho.	(55) Disp. "x": rotura completa del arco - extremo derecho.	(58) Disp. "z": rotura completa del arco - extremo derecho.
FOTOS QUE CORROBORAN LOS RESULTADOS		
		
(F-31)	(F-35)	
		
(F-37)	(F-40)	

21. La diferencia del recorrido de las grietas reales de las cuatro fotos anteriores, se debe a la diferencia de resistencia de los materiales que forman la pared. Lógicamente, rompe primero el de menor resistencia (mortero)²¹⁰, aunque en alguno de los casos rompe incluso la fábrica²¹¹⁻²¹².




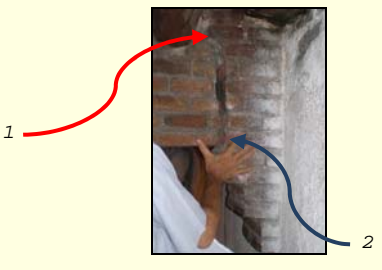
²⁰⁹ Ver (CUADRO 37).

²¹⁰ Ver fotos (F-31) del (CUADRO 37) que prácticamente sigue el trazado de la junta.

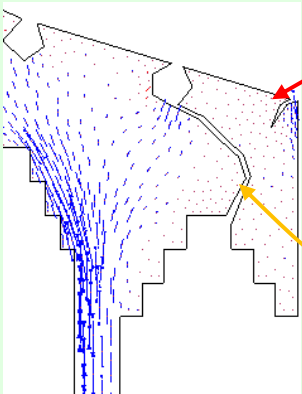

²¹¹ Ver fotos (F-35), (F-37) y (F-40) del (CUADRO 37).

²¹² Ver teoría del comportamiento de mampostería en el apartado "2,4,1".

22. De modo general coincide que la fisura se inicia en el lado derecho del apoyo de la primera viga²¹³ y termina en el lado superior derecho del primer hueco²¹⁴.

(CUADRO 38) FOTOS QUE CORROBORAN LOS RESULTADOS	
 <p>(F-31)</p>	 <p>(F-35)</p>
 <p>(F-37)</p>	 <p>(F-40)</p>

23. El trazado de las fisuras obtenido en el estudio coincide bastante con la fisura real²¹⁵.

(CUADRO 39) COMPARACIÓN TRAZADO DE FISURA FICTICIA CON LA REAL	
 <p>(77) Trazado de la fisura ficticia (modelo informática).</p>	 <p>(F-31) Fisura real.</p>

²¹³ Ver (1) de fotos (F-31), (F-35), (F-37) y (F-40) del (CUADRO 38).

²¹⁴ Ver (2) de fotos (F-31), (F-35), (F-37) y (F-40) del (CUADRO 38).

²¹⁵ Ver comparativa presentada en el (CUADRO 39).

MJIG

CAPÍTULO-6

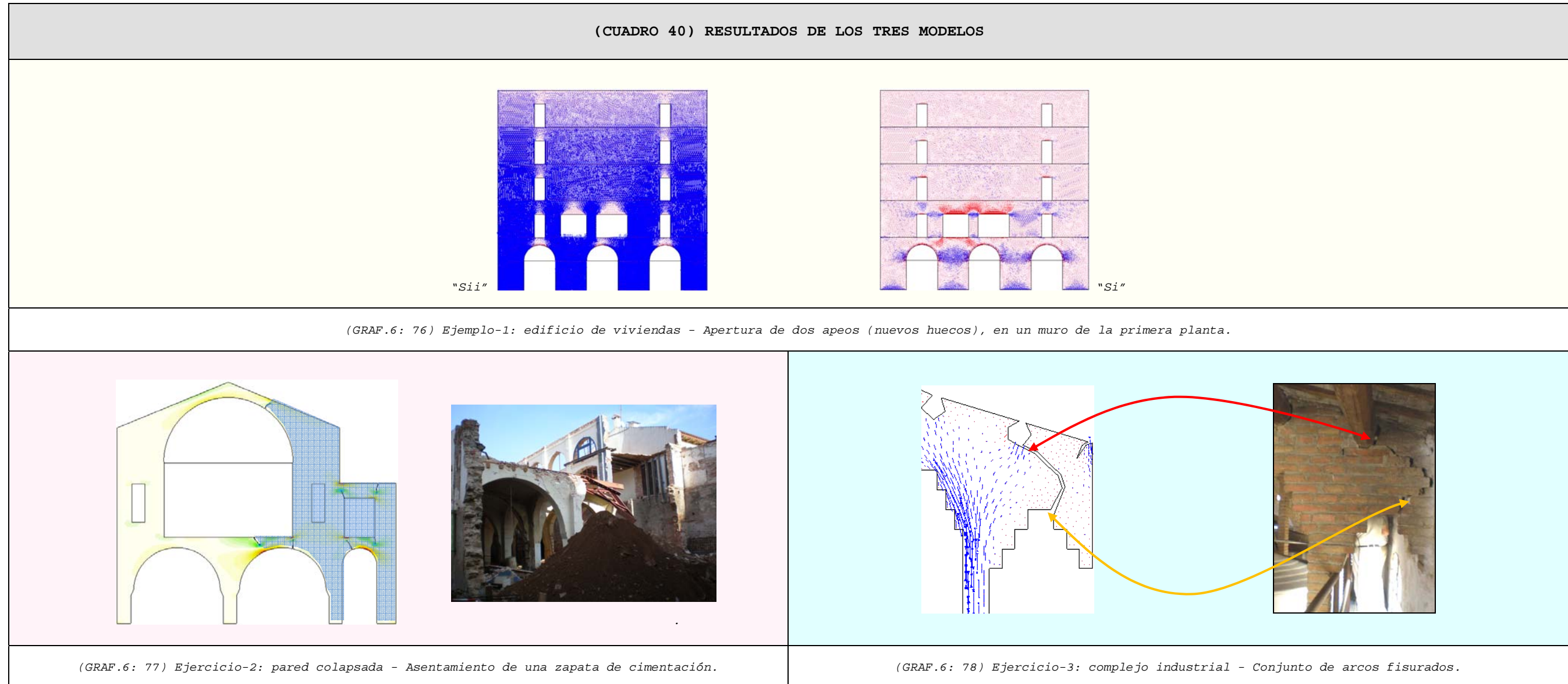
- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- EJEMPLO DE "EDIFICIO DE VIVIENDAS"
EN EL QUE SE ABREN DOS GRANDES
HUECOS (APEOS) EN UN MURO DE LA
PRIMERA PLANTA
- 3.- EJEMPLO DE UNA "PARED COLAPSADA"
AL CEDER LA ZAPARA DE CIMENTACIÓN
QUE SOPORTA EL ARRANQUE DE UN ARCO
- 4.- EJEMPLO DE UN "CONJUNTO DE ARCOS
FISURADOS PERTENECIENTES A UN
COMPLEJO INDUSTRIAL"

5.- CONCLUSIÓN GENERAL

6.5 CONCLUSIÓN GENERAL

En las conclusiones particulares de cada uno de los ejemplos se constata que se alcanzan sus objetivos, los mismos que se incluyen gráficamente en el (CUADRO 40) a modo de resumen.

- Ejemplo-1: obtención del comportamiento de la pared.
- Ejemplo-2: determinación de los puntos críticos que determinaron el colapso de la pared, modificando el "E" del material.
- Ejemplo-3: determinación de las causas que originan las serias patologías del extremo superior derecho de la nave "C".



Gracias a estos resultados podemos establecer una conclusión general que, a su vez, es la finalidad del presente capítulo: validar la metodología utilizada en el análisis de estructuras de obra de fábrica con apeos. Podemos decir que:

24. Dados los resultados de los diferentes modelos, el método utilizado es válido para analizar estructuras de obra de fábrica incluso cuando el material supera su resistencia a tracción o cuando hacemos apeos.

25. El método puede ser extrapolado a otros materiales, como es el caso del hormigón, dado que el parámetro restrictivo es la resistencia a tracción del material que estamos utilizando.

ÍNDICE DE CUADROS

(CUADRO 1) PROCESO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA DIRECCIÓN DE LAS FISURAS	6-12
(CUADRO 2) REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS TRES EJEMPLOS PRÁCTICOS	6-15
(CUADRO 3) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DESPLAZAMIENTOS Y GIROS	6-17
(CUADRO 4) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS	6-18
(CUADRO 5) VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS	6-19
(CUADRO 6) MANIPULACIÓN DE DATOS	6-19
(CUADRO 7) FUERZAS Y DESPLAZAMIENTO EN "X"	6-20
(CUADRO 8) DESPLAZAMIENTO EN "Z"	6-21
(CUADRO 9) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TRES MODELOS	6-23
(CUADRO 10) EDIFICIO DE VIVIENDAS: GEOMETRÍA Y ESQUEMAS A UTILIZAR	6-27
(CUADRO 11) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS	6-29
(CUADRO 12) EDIFICIO DE VIVIENDAS: DEFORMACIONES	6-34
(CUADRO 13) EDIFICIO DE VIVIENDAS: DESPLAZAMIENTOS EN "X"	6-35
(CUADRO 14) EDIFICIO DE VIVIENDAS: DESPLAZAMIENTOS EN "Z"	6-36
(CUADRO 15) EDIFICIO DE VIVIENDAS: "SII", "N22" Y "NY=NY'"	6-37
(CUADRO 16) EDIFICIO DE VIVIENDAS: "SI", "N11" Y "NXX=NX'"	6-39
(CUADRO 17) PARED COLAPSADA: GEOMETRÍA Y ESQUEMAS A UTILIZAR	6-47
(CUADRO 18) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS	6-49
(CUADRO 19) PARED COLAPSADA: PROCESO DE FISURACIÓN "NXX=NX'"	6-64
(CUADRO 20) ARCOS FISURADOS: PÓRTICO CON LOS TRES ARCOS	6-67
(CUADRO 21) ARCOS FISURADOS: "NAVE-C" A ESTUDIAR	6-67
(CUADRO 22) ARCOS FISURADOS: GEOMETRÍA Y ESQUEMAS A UTILIZAR	6-80
(CUADRO 23) MÁXIMOS ABSOLUTOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS	6-82
(CUADRO 24) ARCOS FISURADOS: GEOMETRÍA Y ESQUEMAS A UTILIZAR	6-114
(CUADRO 25) ARCOS FISURADOS: DEFORMADA	6-115
(CUADRO 26) ARCOS FISURADOS: DESPLAZAMIENTO EN "X"	6-117
(CUADRO 27) ARCOS FISURADOS: DESPLAZAMIENTO EN "Z"	6-119
(CUADRO 28) ARCOS FISURADOS: "SII"	6-121
(CUADRO 29) ARCOS FISURADOS: "N22"	6-123
(CUADRO 30) ARCOS FISURADOS: "NY=NY'"	6-124
(CUADRO 31) ARCOS FISURADOS: "SI"	6-125
(CUADRO 32) ARCOS FISURADOS: "N11"	6-127
(CUADRO 33) ARCOS FISURADOS: "NXX=NX'"	6-128
(CUADRO 34) ARCOS FISURADOS: COMPARACIÓN ENTRE LAS ZONAS MÁS TRACCIONADAS Y LAS FISURAS REALES	6-129
(CUADRO 35) ARCOS FISURADOS: FORJADOS EN LAS NAVES "B" Y "C"	6-130

(CUADRO 36) ARCOS FISURADOS NAVE "C": MODELO SIN FISURACIÓN COMPARACIÓN "SI" - "N11" Y "NXX=NX' "	6-131
(CUADRO 37) ARCOS FISURADOS: MODELO CON LA ROTURA COMPLETA DEL ARCO: COMPARACIÓN "DEFORMADA" - "DISP-X" Y "DISP-Z"	6-132
(CUADRO 38) FOTOS QUE CORROBORAN LOS RESULTADOS	6-133
(CUADRO 39) COMPARACIÓN TRAZADO DE FISURA FICTICIA CON LA REAL	6-133
(CUADRO 40) RESULTADOS DE LOS TRES MODELOS	6-135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

(GRAF.6: 1) EJEMPLO-1: PARED DE EDIFICIO DE VIVIENDAS.	6-9
(GRAF.6: 2) EJEMPLO-2: PARED COLAPSADA.	6-10
(GRAF.6: 3) EJEMPLO-2: ARCOS FISURADOS.	6-10
(GRAF.6: 4) VECTORES "SII".	6-12
(GRAF.6: 5) FUERZAS "N11".	6-12
(GRAF.6: 6) INTEGRACIÓN DE LOS VECTORES "SII" ¹¹ , EN DIFERENTES DIRECCIONES.	6-12
(GRAF.6: 7) DOS FISURAS: VECTORES "SII".	6-12
(GRAF.6: 8) DOS FISURAS: FUERZAS "N11".	6-12
(GRAF.6: 9) UNA FISURA: VECTORES "SII".	6-12
(GRAF.6: 10) UNA FISURA: FUERZAS "N11".	6-12
(GRAF.6: 11) EDIFICIO DE VIVIENDAS: APERTURA DE DOS APEOS (NUEVOS HUECOS) EN UN MURO DE LA PRIMERA PLANTA.	6-15
(GRAF.6: 12) PARED COLAPSADA: ASENTAMIENTO DE UNA ZAPATA DE CIMENTACIÓN.	6-15
(GRAF.6: 13) COMPLEJO INDUSTRIAL: CONJUNTO DE ARCOS FISURADOS.	6-15
(GRAF.6: 14) REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-X (δX).	6-17
(GRAF.6: 15) REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Y (δY).	6-17
(GRAF.6: 16) REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Z (δZ).	6-17
(GRAF.6: 17) REPRESENTACIÓN DEL GIRO-X (θX).	6-17
(GRAF.6: 18) REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Y (θY).	6-17
(GRAF.6: 19) REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Z (θZ).	6-17
(GRAF.6: 20) "SII": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS VECTORES AZULES COMPRESIONES.	6-18
(GRAF.6: 21) "N22": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "Y").	6-18
(GRAF.6: 22) "NY=NY'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "YY=Y'" (EN EL EJE LOCAL "Y'").	6-18
(GRAF.6: 23) "SI": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS VECTORES AZULES COMPRESIONES.	6-18
(GRAF.6: 24) FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "X").	6-18
(GRAF.6: 25) "NX=NX'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "XX=X'" (EN EL EJE LOCAL "X'").	6-18
(GRAF.6: 26) DATOS INICIALES DEL PROGRAMA. VALOR MÁXIMO ABSOLUTO (MÁX. ABS.)	6-19
(GRAF.6: 27) DATOS MANIPULADOS: IGUALDAD ENTRE MÁXIMOS Y MÍNIMOS. VALOR DE REFERENCIA 1.5424E+05 (MÁX. ABS.)	6-19
(GRAF.6: 28) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS VECTORES "SI".	6-21
(GRAF.6: 29) ESTADO INICIAL DE LA PARED.	6-24
(GRAF.6: 30) ESTADO FINAL DE LA PARED.	6-25
(GRAF.6: 31) ESQUEMA DE LAS DIMENSIONES DE LA PARED: ESPESOR CONSTANTE 0,30M	6-27
(GRAF.6: 32) ESQUEMA DEL ESTADO INICIAL DE LA PARED.	6-27

(GRAF.6: 33) ESQUEMA DEL ESTADO FINAL DE LA PARED.	6-27
(GRAF.6: 34) DESPLAZAMIENTO EN "X" MÁXIMO ABSOLUTO: 0.00040524M.	6-29
(GRAF.6: 35) DESPLAZAMIENTO EN "Z" MÁXIMO ABSOLUTO:	6-29
(GRAF.6: 36) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22" ES "N22": 1323180N/M.	6-29
(GRAF.6: 37) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "YY" ES "NYY=NY'": 1271920N/M.	6-29
(GRAF.6: 38) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11" ES "N11": 236542N/M.	6-29
(GRAF.6: 39) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "XX" ES "NXX=NX'": 368086N/M.	6-29
(GRAF.6: 40) ARRANQUE DEL ARCO QUE SE ASENTÓ.	6-44
(GRAF.6: 41) ZONA DE LA PARED DE COLAPSÓ.	6-45
(GRAF.6: 42) ESQUEMA DE LAS DIMENSIONES DE LA PARED: ESPESOR CONSTANTE 0,30M	6-47
(GRAF.6: 43) ESQUEMA DEL ESTADO INICIAL CON UN $E=5,70E09N/M2$	6-47
(GRAF.6: 44) ESQUEMA DEL ESTADO CON UN $E=5,00E05N/M2$	6-47
(GRAF.6: 45) ESQUEMA DEL ESTADO FISURADO CON UN $E=5,00E05N/M2$	6-47
(GRAF.6: 46) DESPLAZAMIENTO EN "X" MÁXIMO ABSOLUTO: 0.0016452M.	6-49
(GRAF.6: 47) DESPLAZAMIENTO EN "Z" MÁXIMO ABSOLUTO:	6-49
(GRAF.6: 48) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22" ES "N22": 2024560N/M.	6-49
(GRAF.6: 49) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "YY" ES "NYY=NY'": 1336830N/M.	6-49
(GRAF.6: 50) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11" ES "N11": 1015790N/M.	6-49
(GRAF.6: 51) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "XX" ES "NXX=NX'": 1130130N/M.	6-49
(GRAF.6: 52) PARED COLAPSADA: DEFORMADA.	6-56
(GRAF.6: 53) PARED COLAPSADA: DESPLAZAMIENTO EN "X"	6-57
(GRAF.6: 54) PARED COLAPSADA: DESPLAZAMIENTO EN "Z"	6-58
(GRAF.6: 55) PARED COLAPSADA: "SII" - "N22" Y "NYY=NY'"	6-59
(GRAF.6: 56) PARED COLAPSADA: "SI" - "N11" Y "NXX=NX'"	6-61
(GRAF.6: 57) DEFORMACIÓN EN "Z": "E" MODIFICADO EN LA BASE DE LA PILASTRA.	6-63
(GRAF.6: 58) ESTADO INICIAL DE LA PARED.	6-63
(GRAF.6: 59) ALZADO DEL PÓRTICO COMPLETO CON LAS TRES NAVES.	6-67
(GRAF.6: 60) ZONA A ANALIZAR DE LA NAVE "C"	6-67
(GRAF.6: 61) PLANTA GENERAL Y LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE VISTA DE CADA UNA DE LAS FOTOS.	6-68
(GRAF.6: 62) ESQUEMA DE LAS DIMENSIONES DE LA PARED: ESPESOR CONSTANTE 0,30M	6-80
(GRAF.6: 63) ESQUEMA DEL ESTADO INICIAL DE LA PARED.	6-80
(GRAF.6: 64) ESQUEMA DE LA FORMACIÓN DE LAS PRIMERAS FISURAS.	6-80
(GRAF.6: 65) ESQUEMA DE LA ROTURA COMPLETA DEL ARCO - EXTREMO DERECHO.	6-80
(GRAF.6: 66) DESPLAZAMIENTO EN "X" MÁXIMO ABSOLUTO: 0.0017367M.	6-82
(GRAF.6: 67) DESPLAZAMIENTO EN "Z" MÁXIMO ABSOLUTO:	6-82

(GRAF.6: 68) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22" ES "N22": 2.1217E6N/M.....	6-82
(GRAF.6: 69) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "YY" ES "NYY=NY'": 2.0763E6N/M.....	6-82
(GRAF.6: 70) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11" ES "N11": 5.9108E5N/M.....	6-82
(GRAF.6: 71) LA FUERZA MÁXIMA ABSOLUTA EN LA DIRECCIÓN "XX" ES "NXX=NX'": 5.9057E5N/M.....	6-82
(GRAF.6: 72) ZONA DE LA PARED A ANALIZAR.....	6-83
(GRAF.6: 73) ESTADO INICIAL DE LA PARED.....	6-114
(GRAF.6: 74) FORMACIÓN DE LAS PRIMERAS FISURAS.....	6-114
(GRAF.6: 75) ROTURA COMPLETA DEL ARCO.....	6-114
(GRAF.6: 76) EJEMPLO-1: EDIFICIO DE VIVIENDAS - APERTURA DE DOS APEOS (NUEVOS HUECOS), EN UN MURO DE LA PRIMERA PLANTA.....	6-135
(GRAF.6: 77) EJERCICIO-2: PARED COLAPSADA - ASENTAMIENTO DE UNA ZAPATA DE CIMENTACIÓN.....	6-135
(GRAF.6: 78) EJERCICIO-3: COMPLEJO INDUSTRIAL - CONJUNTO DE ARCOS FISURADOS.....	6-135

CAPÍTULO-7

DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA **PARA DIFERENTES MODELOS**

MJIG

CAPÍTULOS GENERALES

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ESTADO DEL CONOCIMIENTO
- 3.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 4.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 5.- INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS
- 6.- APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS
- 7.- *DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA PARA DIFERENTES MODELOS***
- 8.- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

CAPÍTULO-7

7	ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN PAREDES DE FÁBRICA	7-15
7.1	ASPECTOS GENERALES.....	7-15
7.1.1	Parámetros utilizados para obtener el trazado del arco de descarga.....	7-18
7.1.1.1	Localización de las fisuras.....	7-20
7.1.1.2	Determinación de la trayectoria de las fisuras.....	7-24
7.1.1.3	Determinación de las condiciones de contorno especiales.....	7-27
7.1.1.3.1	Determinación de las condiciones de contorno en la geometría asimétrica con mayor empuje en el lado derecho "D".....	7-29
7.1.1.3.2	Organigrama del proceso de obtención de las condiciones de contorno especiales.....	7-33
7.1.2	Especificación de los parámetros utilizados.....	7-54
7.1.2.1	Representación gráfica de todos los modelos a analizar.....	7-54
7.1.2.2	Estado de carga.....	7-55
7.1.2.3	Características mecánicas del material.....	7-55
7.1.2.4	Características de los Zunchos Perimetrales.....	7-56
7.1.2.5	Programas utilizados.....	7-56
7.1.2.6	Condiciones de Contorno.....	7-57
7.1.2.7	Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo.....	7-58
7.1.2.8	Definición del mallado de los modelos.....	7-59
7.2	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M.....	7-61
7.2.1	Modelo simétrico de dos plantas sin nuevos huecos.....	7-64
7.2.1.1	Modelo con un hueco central en planta baja.....	7-66
7.2.1.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-67
7.2.1.2.1	Pared sin fisuración.....	7-69

7.2.1.2.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.....	7-70
7.2.1.2.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras a excepción de las fisuras laterales.....	7-71
7.2.1.2.4	Aumento de las tres fisuras centrales e inicio del segundo grupo de fisuras, de las cuales las inclinadas inician la formación del arco de descarga.....	7-72
7.2.1.2.5	Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo.....	7-74
7.2.1.2.6	Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo. Aumento de dos nuevas fisuras.....	7-75
7.2.1.2.7	Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior de la pared.....	7-76
7.2.1.2.8	Aumento y desviación de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior.....	7-78
7.2.1.2.9	Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas y crecimiento de las fisuras horizontales.....	7-79
7.2.1.2.10	Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas y de las fisuras horizontales.....	7-80
7.2.1.2.11	Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas. Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A".....	7-82
7.2.1.2.12	Rotura completa en la zona "D" y colapso de la zona "C". Formación total del arco de descarga. Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.....	7-83
7.2.2	Modelo simétrico de dos plantas con nuevo hueco central.....	7-85
7.2.2.1	Modelo con huecos centrales: uno en planta baja y uno en planta alta.....	7-87
7.2.2.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-88
7.2.2.2.1	Pared sin fisuración.....	7-90
7.2.2.2.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.....	7-91
7.2.2.2.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.....	7-92
7.2.2.2.4	Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Presencia de un nuevo grupo de fisuras: inclinadas (que inician la formación del arco de descarga) y horizontal.....	7-93

7.2.2.2.5	Desarrollo de las fisuras existentes. Finalizan su crecimiento las dos fisuras laterales inferiores de cada lado.....	7-95
7.2.2.2.6	Desarrollo de las fisuras existentes.....	7-96
7.2.2.2.7	Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Desviación (prácticamente horizontal) de la parte superior de las fisuras inclinadas.....	7-97
7.2.2.2.8	Aumento de la longitud de las fisuras. Rotura completa de la fisura horizontal.....	7-99
7.2.2.2.9	Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A". Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.....	7-100
7.2.3	Modelo simétrico de dos plantas con dos nuevos huecos.....	7-102
7.2.3.1	Modelo con huecos centrales: uno en planta baja y dos en planta alta.....	7-104
7.2.3.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-105
7.2.3.2.1	Pared sin fisuración.....	7-107
7.2.3.2.2	Formación del primer grupo de fisuras. Entre ellas las que se localizan en los extremos de los huecos de planta alta.....	7-108
7.2.3.2.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras. Inicio del segundo grupo de fisuras: unas son las inclinadas (que darán lugar a la formación del arco de descarga) y otras se ubican en los extremos superiores de los huecos.....	7-109
7.2.3.2.4	Aumento de la longitud de las fisuras de ambos grupos. Las fisuras inferiores-extremas de los huecos se detienen por completo a la altura del forjado y no vuelven a crecer.....	7-110
7.2.3.2.5	Aumento y desviación de algunas fisuras existentes. Inicio de un nuevo grupo de fisuras: en la parte superior de la pared y en encima del forjado.....	7-112
7.2.3.2.6	Aumento de la longitud de las fisuras existentes de los diferentes grupos.....	7-113
7.2.3.2.7	Aumento de la longitud de las fisuras existentes.....	7-114
7.2.3.2.8	Rotura de la zona "B" y colapso de la zona "A".....	7-115
7.2.3.2.9	Crecimiento de las fisuras (C y D). Posterior equilibrio del conjunto.....	7-116

7.3	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M.....	7-118
7.3.1	Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas sin nuevos huecos.....	7-121
7.3.1.1	Modelo con un hueco en el lado derecho.....	7-123
7.3.1.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-124
7.3.1.3	Definición de las condiciones de contorno especiales en las diferentes etapas.....	7-126
7.3.1.3.1	Pared sin fisuración.....	7-128
7.3.1.3.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.....	7-129
7.3.1.3.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras e inicio de la fisura horizontal.....	7-130
7.3.1.3.4	Aumento las fisuras existentes e inicio de la fisura inclinada.....	7-132
7.3.1.3.5	Desarrollo de las fisuras existentes e inicio de un nuevo grupo de fisuras horizontales.....	7-133
7.3.1.3.6	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "A" de la pared.....	7-135
7.3.1.3.7	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación y bifurcación en alguna de ellas. Pérdida de la zona "B" de la pared.....	7-136
7.3.1.3.8	Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Pérdida completa de la zona "C" de la pared.....	7-137
7.3.1.3.9	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Rotura completa en la zona "D" de la pared.....	7-139
7.3.1.3.10	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "E" de la pared.....	7-140
7.3.1.3.11	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.....	7-142
7.3.1.3.12	Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida de la zona "F" de la pared.....	7-143
7.3.1.3.13	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.....	7-145
7.3.1.3.14	Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de un nuevo grupo de fisuras en la parte superior.....	7-147

- 7.3.1.3.15 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido de algunas de ellas.....7-148
- 7.3.1.3.16 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.....7-149
- 7.3.1.3.17 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.....7-150
- 7.3.1.3.18 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.....7-152
- 7.3.1.3.19 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de nuevas fisuras en la zona "I" de la pared.....7-153
- 7.3.1.3.20 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "G" de la pared.....7-154
- 7.3.1.3.21 Desarrollo de las fisuras existentes, en especial en la zona "L". Rotura completa de la pared en la zona "H".....7-156
- 7.3.1.3.22 A partir de esta etapa se imponen las fuerzas especiales ver (CUADRO 14). Desarrollo de la fisura de la zona "L". Presencia de nuevas fisuras en la zona "J". Las fisuras en la zona "I" se comienzan a cerrar.....7-157
- 7.3.1.3.23 Desarrollo de las fisuras existentes. En la zona "I" las fisuras se cierran completamente.....7-158
- 7.3.1.3.24 Desarrollo y bifurcación de la fisura de la zona "L" y desarrollo acelerado de las fisuras de la pilastra.....7-159
- 7.3.1.3.25 Desarrollo de las fisuras existentes, e inicio de nuevas fisuras aproximadamente perpendiculares a la existente de la zona "L".....7-160
- 7.3.1.3.26 Desarrollo de las fisuras existentes. Inicio de excesivas compresiones en la zona "J".....7-161
- 7.3.1.3.27 Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Inicio de excesivas compresiones en la zona "K".....7-163
- 7.3.1.3.28 Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Crecimiento excesivo de las zonas comprimidas "K" y "J".....7-164
- 7.3.1.3.29 Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida completa de la continuidad por compresiones excesivas en las zonas "K" y "J". Posterior colapso de la zona "L".....7-165
- 7.3.1.3.30 Colapso de la zona "M" y posterior equilibrio de la pared.....7-166

7.3.2	Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas con nuevo hueco.....	7-168
7.3.2.1	Modelo con huecos en el lado derecho: uno en planta baja y uno en planta alta.....	7-170
7.3.2.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-171
7.3.2.3	Definición de las condiciones de contorno especiales en las diferentes etapas.....	7-172
7.3.2.3.1	Pared sin fisurar.....	7-174
7.3.2.3.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y en la esquina inferior izquierda del hueco.....	7-175
7.3.2.3.3	Crecimiento del primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo, entre ellas las de la zona "M".....	7-176
7.3.2.3.4	Desarrollo y cambio de sentido de las fisuras existentes del primer y segundo grupo.....	7-178
7.3.2.3.5	Crecimiento de fisuras e inicio del tercer grupo de fisuras. Rotura completa en las zonas "A" y "B" de la pared.....	7-180
7.3.2.3.6	Imposición de condiciones de contorno especiales (CUADRO 16). Desarrollo de las fisuras existentes de los diferentes grupos. Se cierran las fisuras de la zona" M".....	7-187
7.3.2.3.7	Desarrollo de la fisura de la zona "D" y excesivas compresiones en la zona "E" perdiéndose por completo la continuidad entre ambos lados de la pared. Colapso de la zona "C". Rotura en la zona "F", por excesivas compresiones y tracciones.....	7-189
7.3.2.3.8	En la zona "F" la parte que falla por tracción tiene que ser capaz de soportar compresiones, cerrándose incluso las fisuras en dicha zona. En la zona "G" se produce exceso de tracciones y compresiones.....	7-191
7.3.2.3.9	Fallo por excesivas compresiones en la base de la pilastra, zona "G", lo cual origina el colapso de las tres zonas "J", "I" y "H". Se vuelven a abrir las fisuras de la zona "M".....	7-192
7.3.2.3.10	Colapso de la zona "E", al producirse excesivas tracciones en la zona "L" y posterior equilibrio de la pared.....	7-193
7.3.3	Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas con dos nuevos huecos.....	7-195
7.3.3.1	Modelo con huecos en el lado derecho: uno en planta baja y uno en planta alta.....	7-197
7.3.3.2	Desarrollo del arco de descarga.....	7-198

7.3.3.2.1	Pared sin fisuración.....	7-200
7.3.3.2.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y fisuras inclinadas tanto en la parte inferior del hueco como encima del forjado.....	7-201
7.3.3.2.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo.....	7-202
7.3.3.2.4	Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras.....	7-204
7.3.3.2.5	Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras. Formación del tercer grupo de fisuras.....	7-205
7.3.3.2.6	Desarrollo de las fisuras existentes. Rotura completa de las zonas "A" y "B". Desprendimiento completo de la zona "C" de la pared.....	7-206
7.3.3.2.7	Excesivas compresiones en las zonas "A" y "B". Así también en la zona "D", en la cual la pared pierde por completo la continuidad. La zona "E" se rompe tanto por exceso de compresiones como de tracciones.....	7-208
7.3.3.2.8	Rotura completa en la zona "F" y pérdida de pared en la zona "G".....	7-209
7.3.3.2.9	Aumento de las compresiones en la zona "I". Pérdida completa de la zona "H" de la pared.....	7-210
7.3.3.2.10	Pérdida completa de la continuidad por compresión y tracción, en las zonas "B" e "I". Desprendimiento completo de las zonas "J" y "K" de la pared y posterior equilibrio de la estructura.....	7-211
7.4	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M.....	7-213
7.4.1	Modelo simétrico de dos plantas.....	7-216
7.4.1.1	Desarrollo del arco de descarga.....	7-217
7.4.1.1.1	Pared sin fisuración.....	7-219
7.4.1.1.2	Inicio del primer grupo de fisuras.....	7-220
7.4.1.1.3	Desarrollo del primer grupo de fisuras.....	7-221
7.4.1.1.4	Crecimiento del primer grupo de fisuras.....	7-222
7.4.1.1.5	Desarrollo del primer grupo de fisuras.....	7-223
7.4.1.1.6	Crecimiento del primer grupo de fisuras.....	7-224
7.4.1.1.7	Desarrollo del primer grupo de fisuras.....	7-225

7.4.1.1.8	Momento en que se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza la estabilidad del conjunto. No se llega a desarrollar el arco de descarga.....	7-226
7.4.2	Modelo simétrico con cinco plantas.....	7-228
7.4.2.1	Desarrollo del arco de descarga.....	7-229
7.4.2.1.1	Pared sin fisuración.....	7-231
7.4.2.1.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.....	7-232
7.4.2.1.3	Aumento de la longitud de las fisuras y cambio de sentido de las fisuras más pequeñas.....	7-234
7.4.2.1.4	Aumento y desviación de las tres fisuras centrales. Se detiene el crecimiento de las fisuras más pequeñas.....	7-235
7.4.2.1.5	Aumento y desviación de las tres fisuras centrales.....	7-237
7.4.2.1.6	Aumento de la longitud de las tres fisuras centrales, hasta llegar al nivel del forjado.....	7-238
7.4.2.1.7	Bifurcación de las tres fisuras centrales.....	7-239
7.4.2.1.8	Con una carga equivalente de 5 plantas, en el peor de los casos: se llega a la pérdida del material en la zona "A", se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza el equilibrio de la pared.....	7-240
7.4.2.1.9	Al incrementar la carga, a una equivalente de 8 plantas, inicio de la formación de las fisuras inclinadas que dan lugar al arco de descarga.....	7-242
7.4.3	Modelo simétrico de cinco plantas con una carga equivalente a 10 plantas.....	7-244
7.4.3.1	Desarrollo del arco de descarga.....	7-245
7.4.3.1.1	Pared sin fisuración.....	7-248
7.4.3.1.2	Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.....	7-249
7.4.3.1.3	Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.....	7-250
7.4.3.1.4	Aumento del primer grupo de fisuras e inicio de fisuras inclinadas que originan la formación del arco de descarga.....	7-252
7.4.3.1.5	Crecimiento de fisuras existentes. Cambio de sentido de las discontinuidades pequeñas. Las fisuras inclinadas llegan a tocar el forjado.....	7-253

7.4.3.1.6	Desarrollo de las tres fisuras centrales. Crecimiento y desviación de las fisuras inclinadas.....	7-255
7.4.3.1.7	Desarrollo y desviación de las tres fisuras centrales y de las inclinadas.....	7-256
7.4.3.1.8	Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Desprendimiento de la zona "A" de la pared que se localiza entre el apeo y el forjado, $h=0.50m$	7-257
7.4.3.1.9	Pérdida total del contacto entre la parte superior de la pared y el zuncho.....	7-259
7.4.3.1.10	Formación del tercer grupo de fisuras.....	7-260
7.4.3.1.11	Crecimiento de las fisuras del tercer grupo.....	7-262
7.4.3.1.12	Desarrollo de las fisuras existentes y formación de las fisuras inclinadas que forman el arco de descarga.....	7-263
7.4.3.1.13	Aumento de la longitud de las fisuras existente y desviación de las centrales.....	7-264
7.4.3.1.14	Desarrollo de las tres fisuras centrales e inclinadas.....	7-266
7.4.3.1.15	Crecimiento de las fisuras centrales e incremento de su inclinación.....	7-267
7.4.3.1.16	Aumento de las fisuras inclinadas y de la fisura central del modelo.....	7-269
7.4.3.1.17	Aumento más importante de las fisuras inclinadas y más pequeño en la central. Aumento del ancho del hueco.....	7-270
7.4.3.1.18	Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Bifurcación en la fisura central. Inicio de la fisura inferior.....	7-272
7.4.3.1.19	Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas hasta llegar a separarse por completo.....	7-273
7.4.3.1.20	Aumento acelerado de la parte superior de la fisura inclinada. Se detienen todas las fisuras adicionales.....	7-275
7.4.3.1.21	Aumento de la parte superior de las fisuras inclinadas y cambio de sentido de las mismas (a una trayectoria horizontal), por incremento de la tensión de tracción vertical.....	7-277
7.4.3.1.22	Formación completa del arco de descarga, con la existencia del zuncho de forjado. Mientras exista el zuncho la pared no cae, sino que se comporta como una zona inerte. Altura del arco: $h_t=1.83m$ ($0,50m+1,33m$)	7-278

7.4.3.1.23	El zuncho no llega a fallar, dada su elevada resistencia. Para llegar al final del proceso, se considera como hipótesis más desfavorable el fallo del mismo. Inicio de fisuras en la clave del arco de descarga en la zona "A".....	7-279
7.4.3.1.24	Incremento de la altura del arco de descarga al no existir zuncho de forjado. Altura total del arco: $h_t=1.90m (0,50m+1,40m)$	7-280
7.5	CONCLUSIONES.....	7-282
7.5.1	Cuadro de resumen de la formación del arco de descarga de todos los modelos.....	7-282
7.5.2	Conclusiones.....	7-283
7.5.2.1	Modelos simétricos: zuncho $0,001x0,001m$	7-283
7.5.2.2	Modelos asimétricos: zuncho $0,001x0,001m$	7-285
7.5.2.3	Modelos simétricos: zuncho $0,20mx0,20m$	7-290
7.5.2.4	Comparación entre modelos simétricos y asimétricos.....	7-294

MJIG

CAPÍTULO-7

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO
ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO
ZUNCHOS DE 0,20X0,20M
- 5.- CONCLUSIONES

MJIG

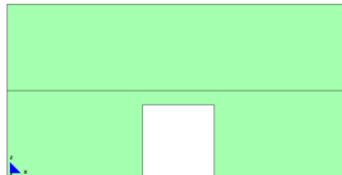
CAPÍTULO-7**1.- ASPECTOS GENERALES**

- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M
- 5.- CONCLUSIONES

7 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN PAREDES DE FÁBRICA

7.1 ASPECTOS GENERALES

El modelo que utilizaremos para analizar el fenómeno del arco de descarga es una pared de dos plantas, con base empotrada y sin influencia del zuncho de forjado¹. Este modelo se escoge por ser el primero en iniciar el proceso de fisuración², de acuerdo con las conclusiones obtenidas en el Capítulo-5.



Para abarcar el mayor número de casos posibles se analizan modelos de dos tipologías geométricas: simétricas y asimétricas³.

A su vez, de cada una de estas dos tipologías se estudian tres modelos diferentes:

- Con un hueco en la planta baja⁴.
- Con un hueco en la planta baja y un hueco nuevo en la planta alta⁵ y
- Con un hueco en la planta baja y dos huecos nuevos en la planta alta⁶.

Adicionalmente se generan tres ejemplos simétricos, para complementar el estudio, que incluyen la influencia del zuncho de forjado embebido en la pared. Dichos modelos son de:

- Dos plantas (M-7), con una carga igual a dos plantas⁷.
- Cinco plantas, con una carga total equivalente de cinco plantas (M-8)⁸.
- Cinco plantas, aunque con una carga total equivalente de diez plantas (M-9)⁹.

Con respecto al mallado se procura trabajar con una malla más densa en la zona superior del hueco de la planta baja, así como en las caras laterales de los elementos que colindan con los huecos¹⁰.

¹ Que se encuentra embebido en el muro.

² De acuerdo a las conclusiones obtenidas en el Capítulo-5.

³ Ambas formas tienen un comportamiento bien diferenciado, como se puede constatar en los siguientes apartados.

⁴ M-1 y M-4, simétrico y asimétrico respectivamente.

⁵ M-2 y M-5, simétrico y asimétrico respectivamente.

⁶ M-3 y M-6, simétrico y asimétrico respectivamente.

⁷ Para comprobar si realmente el zuncho influye favorablemente en el comportamiento de la pared.

⁸ Se desarrolla al constatar que la fisuración en M-7 es mínima y no se forma el arco de descarga. Al observar que tampoco se generaba el arco, es necesario incrementar la carga hasta que las fisuras inclinadas se inicien.

⁹ Se lo desarrolla con la finalidad de observar el proceso completo de formación del arco hasta llegar al colapso.

¹⁰ Por ser las zonas donde se localizan las mayores tensiones.

MJIG

7.1 ASPECTOS GENERALES

- 1.- PARÁMETROS UTILIZADOS PARA OBTENER EL TRAZADO DEL ARCO DE DESCARGA
- 2.- ESPECIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS

MJIG

7.1 ASPECTOS GENERALES

- 1.- **PARÁMETROS UTILIZADOS PARA OBTENER EL TRAZADO DEL ARCO DE DESCARGA**
- 2.- ESPECIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS

7.1.1 Parámetros utilizados para obtener el trazado del arco de descarga

El presente capítulo tiene por finalidad analizar el desarrollo del arco de descarga en diferentes modelos, tanto simétricos como asimétricos.

De acuerdo con el "CTE"¹¹, el arco de descarga alcanza una altura más o menos equivalente al 60% del ancho del hueco. Para el trazado de los arcos se tienen en cuenta los siguientes criterios:

1. Para medir la resistencia a compresión de la fábrica¹² se toma como límite el valor de 3,20N/mm² (32Kg/cm²), en consecuencia se desprecia la contribución del material, con excesivas compresiones, por no ser capaz de soportar más esfuerzos de compresión.

2. El material rompe cuando supera su resistencia de cálculo a tracción¹³ de 0,10N/mm² (1Kg/cm²)¹⁴.

3. Las máximas tracciones se deben localizar en la cabeza de la fisura, nunca en los labios de la misma¹⁵⁻¹⁶.

4. La distancia entre fisuras se limita a la dimensión de la pieza de cerámica¹⁷⁻¹⁸.

5. Las direcciones de las fisuras que se generan en el proceso de cálculo deberán ser perpendiculares a los vectores de las direcciones principales de tracción que las originan¹⁹.

6. Se permite que en un punto sobretensionado a tracción se forme una fisura y como máximo dos²⁰. El ángulo que forman ambas se determina en los modelos por el sentido de los vectores.

7. Para representar los gráficos de las fuerzas se utiliza una cromática con dos gamas bien determinadas: una gama de colores cálidos intensos²¹ que simbolizan tracciones considerables y una gama de colores cálidos claros²² que representan tracciones pequeñas.

A continuación se presenta en dos ejemplos prácticos el proceso a seguir en la metodología.

- El primero corresponde a la localización de las fisuras.
- El segundo corresponde a la determinación de la trayectoria de las mismas.

¹¹ Que no tiene en cuenta la influencia de los zunchos de borde.

¹² Ver "2.2.1.2".

¹³ Ver apartado "2.4.2.4.2".

¹⁴ Ver apartado "2.4.1.2.2".

¹⁵ Este punto ha sido un parámetro importante en la determinación de la trayectoria de la fisura, que se analiza en el apartado "2.2.4".

¹⁶ De acuerdo con la teoría de la fisuración analizado en el apartado "2.4.2".

¹⁷ Considerando que el mortero es el primero en fisurar por tener menos resistencia; ver "2.4.1.1.1".

¹⁸ Para las fisuras verticales la distancia entre ellas es el ancho del bloque, mientras que para el trazado de las fisuras horizontales es el canto de la pieza.

¹⁹ Ver apartado "2.4.2.4.3".

²⁰ De acuerdo con la teoría de la fisuración; apartado "2.4.2.4.3".

²¹ Colores que se acercan al rojo intenso.

²² Colores que se aproximan al blanco.

MJG

7.1.1 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA
OBTENER EL TRAZADO DEL ARCO DE
DESCARGA

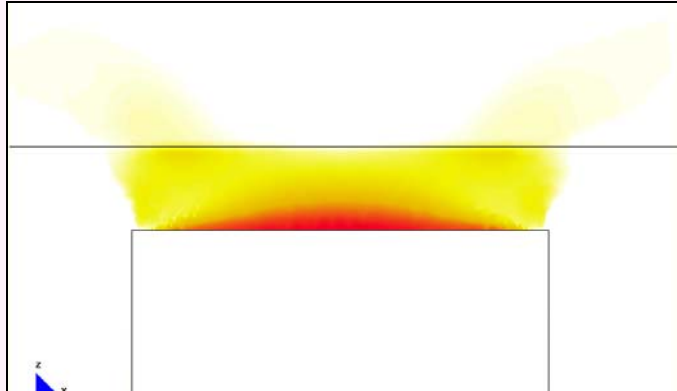
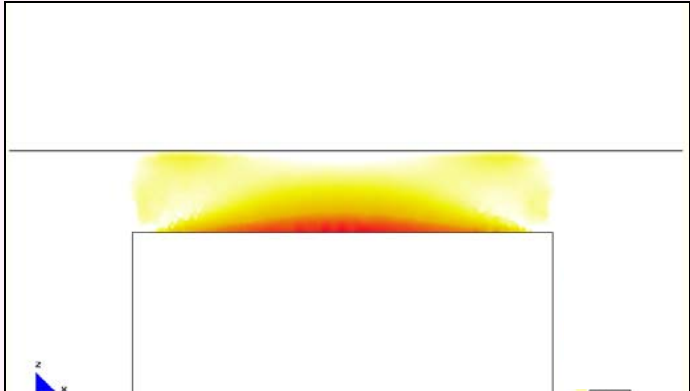
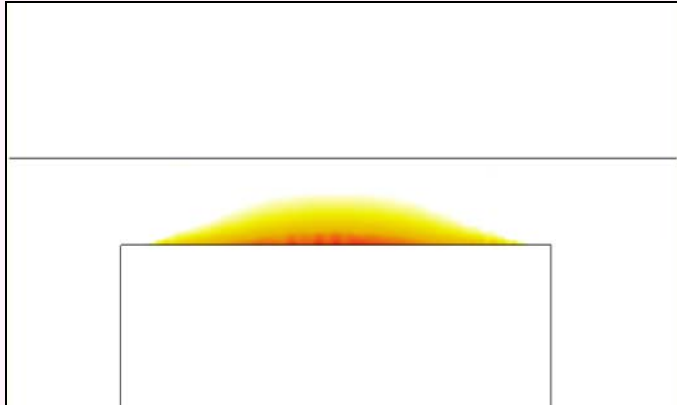
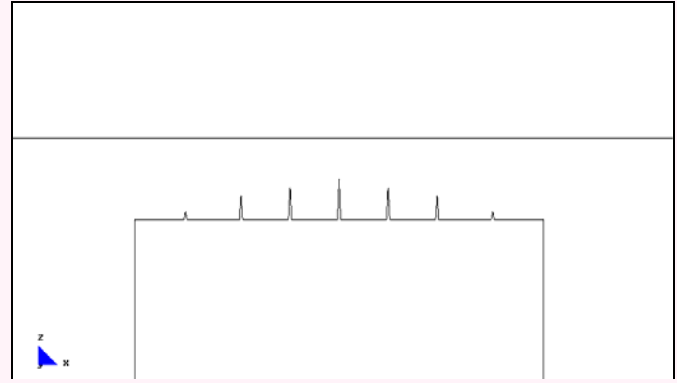
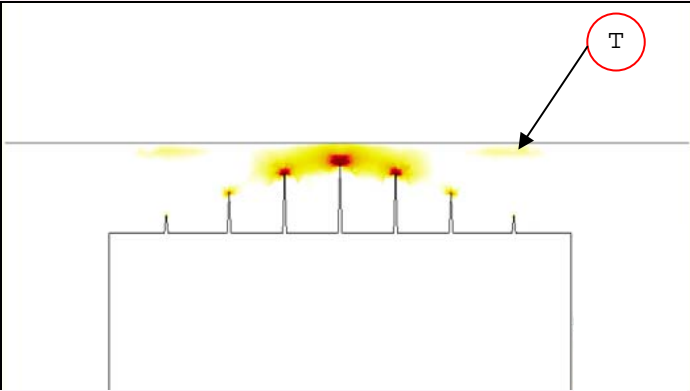
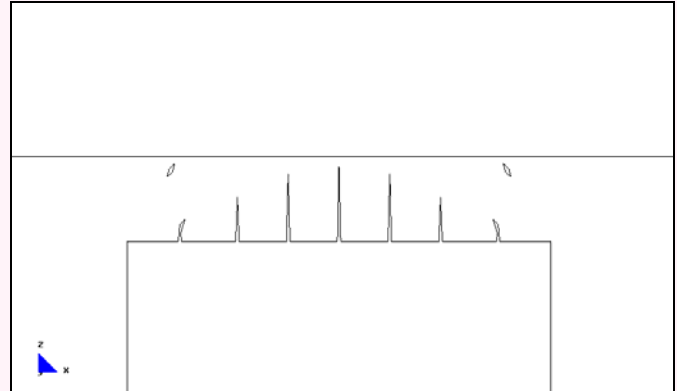
- 1.- LOCALIZACIÓN DE LAS FISURAS
- 2.- DETERMINACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE LAS FISURAS
- 3.- DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES

7.1.1.1 Localización de las fisuras

Los gráficos generados para este estudio corresponden a modelos con influencia del zuncho de forjado embebido en las paredes de fábrica.

También es importante indicar que los resultados con los que trabajamos pertenecen a las fuerzas "N11"²³.

En el (CUADRO 1) se muestra una visión global del proceso utilizado para localizar las fisuras en los modelos. Cada uno de los pasos es explicado detalladamente en las páginas siguientes:

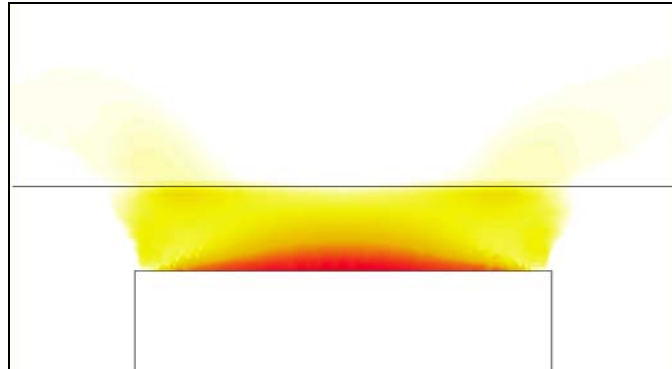
(CUADRO 1) PROCESO PARA LOCALIZAR LA UBICACIÓN DE LAS FISURAS		
a)	b)	c)
		
<p>(GRAF.7-1: 1) Selección de toda la zona traccionada del modelo.</p>	<p>(GRAF.7-1: 2) Selección de la zona traccionada que supera la σ_t.</p>	<p>(GRAF.7-1: 3) Selección de la zona que se rompe en primer lugar.</p>
d)	e)	f)
		
<p>(GRAF.7-1: 4) Formación del primer grupo de fisuras.</p>	<p>(GRAF.7-1: 5) Localización de las zonas menos tensionadas que no desaparecen de una etapa a otra.</p>	<p>(GRAF.7-1: 6) Formación de fisuras en las zonas localizadas en el paso anterior.</p>

²³ Ver apartado "7.1.2.7".

A continuación se explican detalladamente los pasos para localizar las fisuras en los diferentes gráficos expuestos en el cuadro anterior:

a. Selección de toda la zona traccionada del modelo.

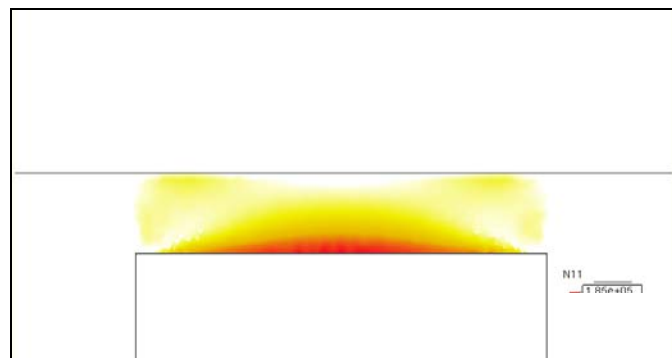
La zona traccionada tiene un rango de valores que va desde cero a los máximos valores de los esfuerzos.



(GRAF.7-1: 1) Selección de toda la zona traccionada del modelo.

b. Selección de la zona traccionada que supera la σ_t .

Se selecciona la zona que supera la resistencia a tracción del material de 0,10N/mm². Tengamos en cuenta que la zona que rompe se localiza por debajo del zuncho perimetral²⁴ del forjado embebido en la pared de carga²⁵.



(GRAF.7-1: 2) Selección de la zona traccionada que supera la σ_t .

c. Selección de la zona que se rompe primero.

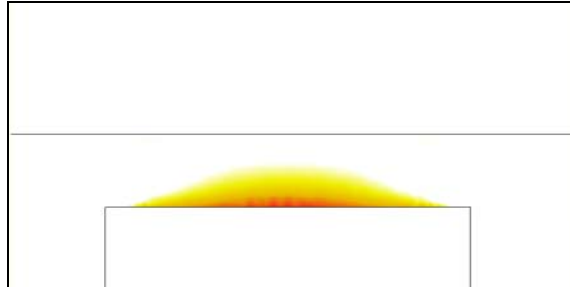
Se selecciona un rango de fuerzas que incluye las zonas más tensionadas, por ser las primeras en romper²⁶. Hay que tener en cuenta que no se representan las zonas traccionadas con valores menores²⁷.

²⁴ El zuncho reduce la fisuración, como consecuencia del efecto de zunchado que introduce en la pared, según lo comprobado en el Capítulo-4.

²⁵ Lógicamente esta zona se puede apreciar en el gráfico del paso anterior, pero con tonalidades más intensas.

²⁶ En la mayoría de los casos simétricos las fisuras se localizan en la parte central del apeo, como es el caso del modelo utilizado.

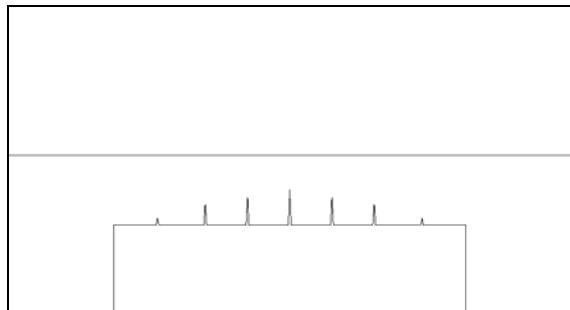
²⁷ Aunque localmente puedan también superar la tensión σ_t



(GRAF.7-1: 3) Selección de la zona que se rompe en primer lugar.

d. Formación del primer grupo de fisuras.

Determinada la zona anterior se forma el primer grupo de fisuras en el modelo²⁸.



(GRAF.7-1: 4) Formación del primer grupo de fisuras.

e. Localización de las zonas menos tensionadas que no desaparecen de una etapa a otra.

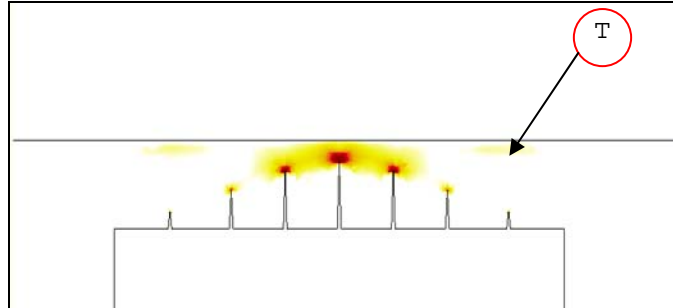
En algunos de los casos las fuerzas menores tienden a desaparecer en el momento en que aparecen las primeras fisuras, mientras que en otros, se mantienen e incluso aumentan de valor.

En el (CUADRO 2) se observa que la zona "T", que existía en el paso "b", no desaparece aunque existan las fisuras introducidas en el paso "d".

(CUADRO 2) Análisis de la zona "T"	
<p>b)</p>	<p>d)</p>
<p>(GRAF.7-1: 2) Selección de la zona traccionada que supera la σ_t.</p>	<p>(GRAF.7-1: 5) Localización de las zonas menos tensionadas que no desaparecen de una etapa a otra.</p>

²⁸ Las fisuras serán perpendiculares a las fuerzas que las generan.

Observemos que, en este caso, la zona "T"²⁹ no desaparece al pasar de una etapa a otra. En estas circunstancias, en dicha zona, se introducen unas nuevas fisuras³⁰, como se expone en el paso siguiente. En el (GRAF.7-1: 5) se aprecia en mayor escala dicha zona:

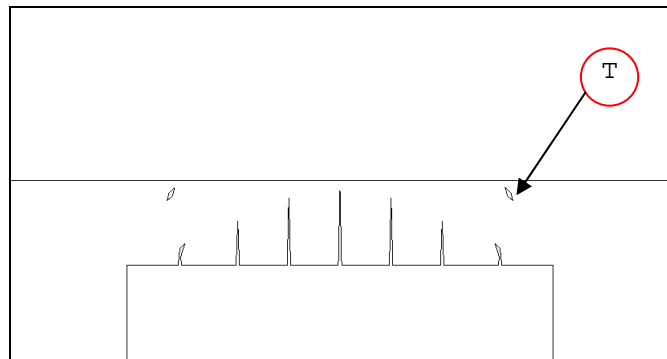


(GRAF.7-1: 5) Localización de las zonas menos tensionadas que no desaparecen de una etapa a otra.

f. Formación de fisuras en las zonas localizadas en el paso anterior.

Por lo dicho anteriormente, el siguiente paso consiste en introducir fisuras inclinadas en los extremos, localizadas en la zona "T".

En el (GRAF.7-1: 6) se pueden apreciar dichas fisuras:



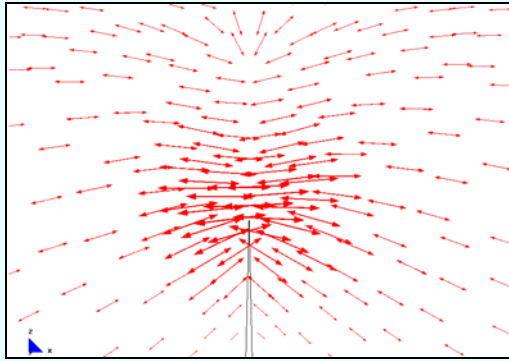
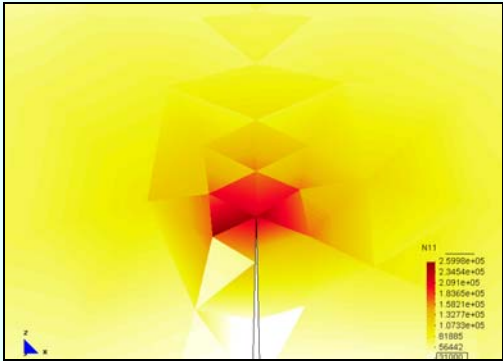
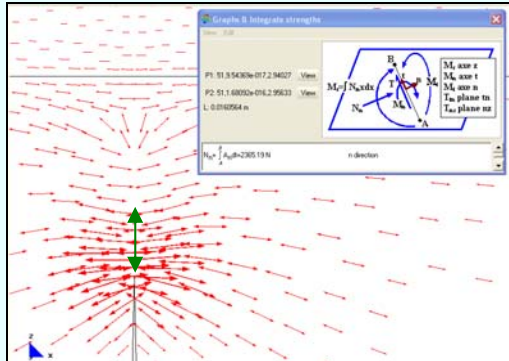
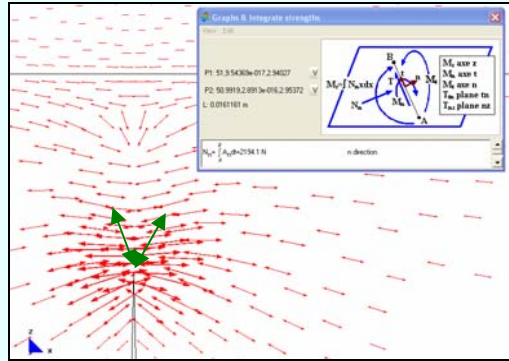
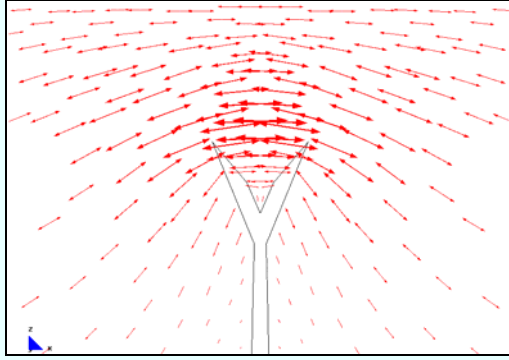
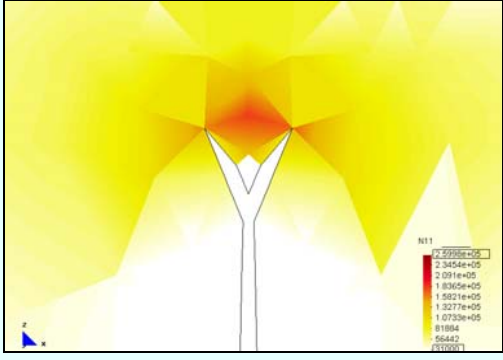
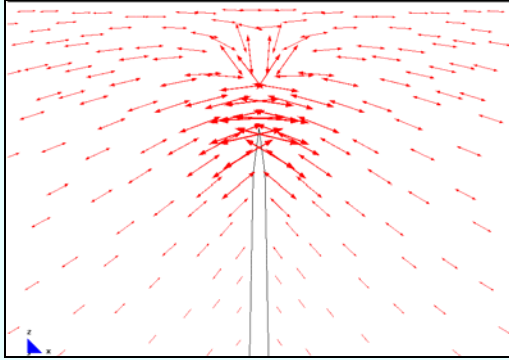
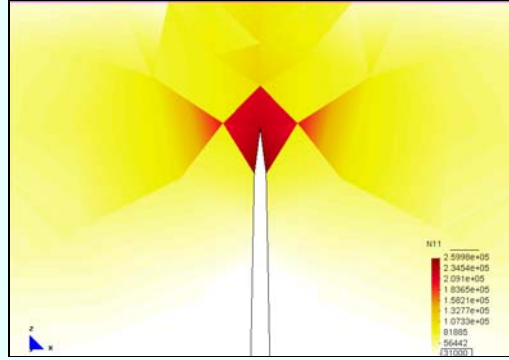
(GRAF.7-1: 6) Formación de fisuras en las zonas localizadas en el paso anterior.

²⁹ Que es una zona de tracciones con valores pequeños, aunque con magnitud superior a la que se considera de rotura.

³⁰ Que en este caso son inclinadas y son aquellas que darán lugar a la formación del arco de descarga del modelo.

7.1.1.2 Determinación de la trayectoria de las fisuras

El cuadro que vemos a continuación muestra una idea general del proceso considerado para determinar la trayectoria de la dirección de las fisuras en cada uno de los modelos. Explicamos detalladamente cada uno de los pasos en las páginas siguientes:

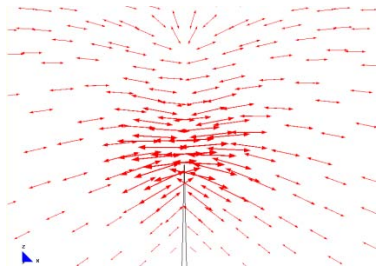
(CUADRO 3) PROCESO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA DIRECCIÓN DE LAS FISURAS			
g)		h)	
			
(GRAF.7-1: 7) Vectores "Sii".	(GRAF.7-1: 8) Fuerzas "N11".	(GRAF.7-1: 9) Integración de los Vectores "Sii" ³⁴ , en diferentes direcciones.	
Objetivo: determinar la mejor trayectoria de la fisura partiendo de esta información.		Paso 1: integrar las fuerzas en diferentes direcciones.	
0)			
			
(GRAF.7-1: 10) Dos fisuras: vectores "Sii".	(GRAF.7-1: 11) Dos fisuras: fuerzas "N11".	(GRAF.7-1: 12) Una fisura: vectores "Sii".	(GRAF.7-1: 13) Una fisura: fuerzas N11.
Paso 2.- Modelizar la trayectoria de las direcciones definidas en el Paso-1			
Selección de la trayectoria de la fisura para aplicarla al modelo definitivo. (Sii ³¹ ; N11 ³²)			

³¹ Vectores en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

³² Fuerzas en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

g. Determinar la mejor trayectoria de la fisura partiendo de la información indicada a continuación.

A partir de una fisura existente, presentamos un caso práctico en el cual se selecciona la dirección por donde se propaga la fisura. Se puede observar que en la cabeza de la discontinuidad³³ existen algunas posibles direcciones principales de propagación. El ejercicio consiste en determinar cuál de éstas representa la realidad de forma más precisa.



(GRAF.7-1: 7) Vectores "Sii".³⁴



(GRAF.7-1: 8) Fuerzas "N11".³⁵

En este caso se puede prever que la fisura seguirá una trayectoria vertical recta, ya que observamos una concentración superior de vectores horizontales.

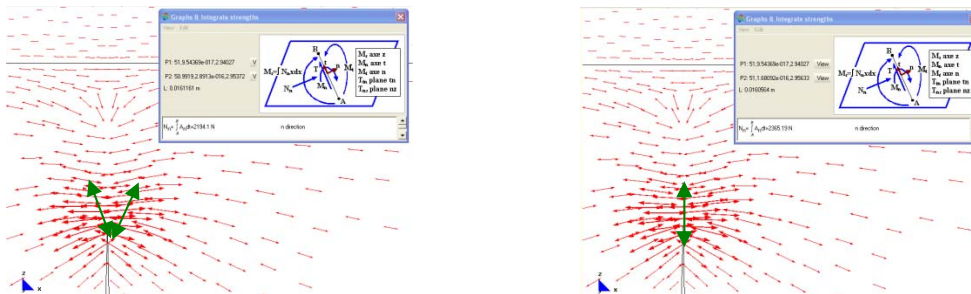
Para poder confirmar esta hipótesis se realizan dos análisis que deben ser compatibles el uno con el otro. Sólo en ese caso se puede dar la hipótesis como válida y se podría aplicar este proceso a todos los modelos³⁶.

Los análisis realizados son los siguientes:

h. Integrar las fuerzas en diferentes direcciones.

Teniendo claro que, como máximo, podemos admitir la formación de dos fisuras en cada punto, se obtiene la dirección que coincida con la fuerza máxima. Para ello procedemos a realizar la integración de cada una de las dos direcciones.

La primera integración se realiza en la dirección perpendicular de los vectores inclinados (figura izquierda). La segunda integración corresponde a una dirección perpendicular a los vectores horizontales (figura derecha).



(GRAF.7-1: 9) Integración de los Vectores "Sii"³⁴, en diferentes direcciones.

³³ Tras haber superado la resistencia a tracción del material.

³⁴ Vectores en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

³⁵ Fuerzas en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

³⁶ Que se desarrollan a lo largo de la tesis.

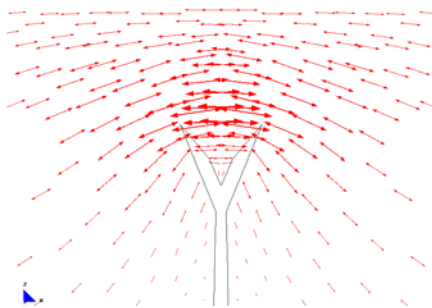
Si comparamos ambos resultados se observa que efectivamente las máximas fuerzas se concentran en los vectores horizontales; con ello, podemos dar como válida la segunda dirección de la propagación de la fisura.

i. Modelizar la trayectoria de las direcciones definidas en el punto anterior.

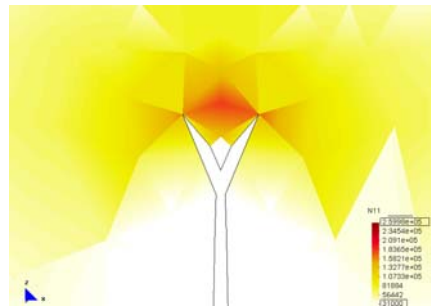
Para constatar los resultados anteriores se realiza el modelo para ambos casos de la propagación de la fisura.

Consideramos además otro aspecto³⁷: la concentración de las fuerzas de tracción deben localizarse siempre en la cabeza de la nueva fisura; nunca en sus lados.

En el primer caso se permite la formación de dos fisuras con direcciones perpendiculares a los vectores que las generan (vectores inclinados). Observamos que las máximas fuerzas se localizan en la parte central y no en las cabezas.

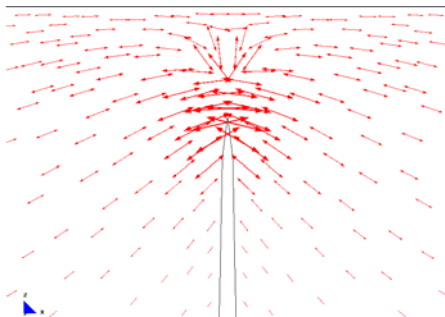


(GRAF.7-1: 10) Dos fisuras: vectores "Sii".³⁸

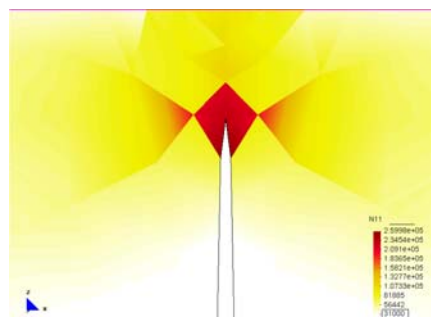


(GRAF.7-1: 11) Dos fisuras: fuerzas "N11".³⁹

En el segundo caso se permite la formación de una nueva fisura con dirección perpendicular a los vectores que la generan (vectores horizontales). Aquí, en cambio, observamos que las máximas fuerzas se localizan en la cabeza.



(GRAF.7-1: 12) Una fisura: vectores "Sii".



(GRAF.7-1: 13) Una fisura: fuerzas N11.

Es importante constatar que estos resultados concuerdan con los obtenidos en el primer análisis (apartado "a"): las máximas fuerzas se encuentran en la cabeza; por ello se incluirá tal fisura en el modelo real de la pared para proseguir con su análisis evolutivo.

³⁷ Citado anteriormente.

³⁸ Vectores en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

³⁹ Fuerzas en las direcciones principales; ver 7.1.2.7.

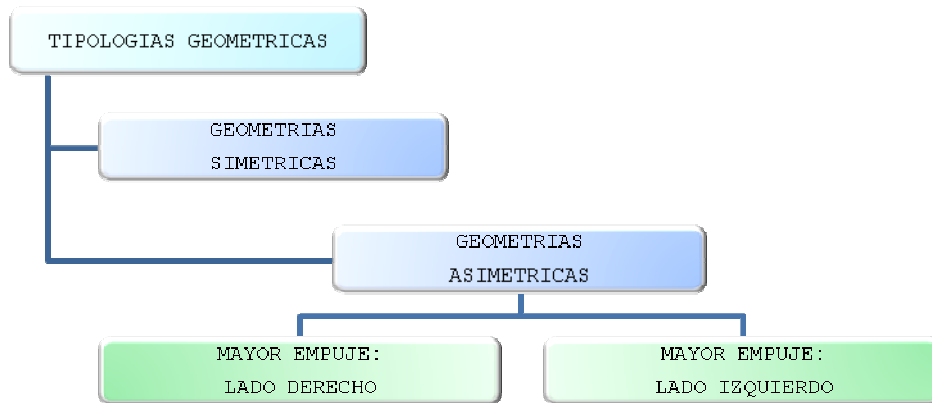
7.1.1.3 Determinación de las condiciones de contorno especiales

Es conocido que si una pared se rompe, su colapso puede depender de diferentes factores, tales como: la ubicación de dicha rotura en el conjunto, la forma de la rotura, la deformación del modelo una vez fisurado y los elementos que colinden con ella.

Estos factores pueden ayudar o no a desarrollar el efecto de engranaje. En el caso de que las fuerzas generadas por la estructura lateral compriman las piezas rotas, éstas se aguantan⁴⁰ gracias a dicho efecto. En cambio, cuando estas piezas están solicitadas a tracción caerán inmediatamente sin dar lugar a dicho fenómeno.

Los factores indicados anteriormente están muy relacionados con su tipología geométrica.

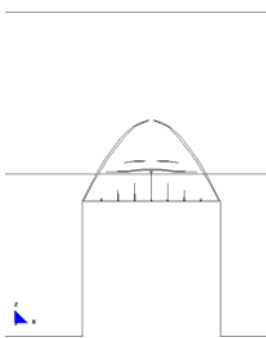
En el siguiente diagrama se presenta una pequeña clasificación de las tipologías estructurales utilizadas en el presente capítulo y que, a su vez, nos servirá de guía para el desarrollo de este apartado.



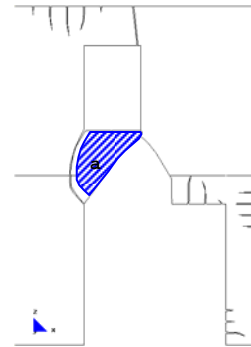
(GRAF.7-1: 14) Clasificación de las tipologías geométricas utilizadas.

a.- Estudio de las tipologías geométricas:

De acuerdo con lo expuesto anteriormente presentamos dos modelos con geometrías diferentes.



(GRAF.7-1: 15) Ejemplo de geometría simétrica.



(GRAF.7-1: 16) Ejemplo de geometría asimétrica.

⁴⁰ Aunque como zonas inertes, es decir, zonas que no contribuyen estructuralmente.

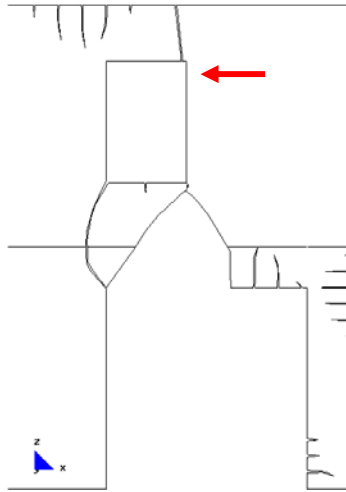
Si nos fijamos en la evolución de la fisura encima del dintel de la figura (GRAF.7-1: 15) podemos comprobar que cuando se rompe por completo la pared, su parte inferior cae al no tener ningún impedimento. En este caso, por tanto, no será preciso definir ningún tipo de condición de contorno.

En cambio, si nos fijamos en la otra figura (GRAF.7-1: 16) se puede apreciar cómo, aunque la pared se rompe completamente, la pieza "a" no puede caer libremente porque se lo impiden los elementos laterales⁴¹.

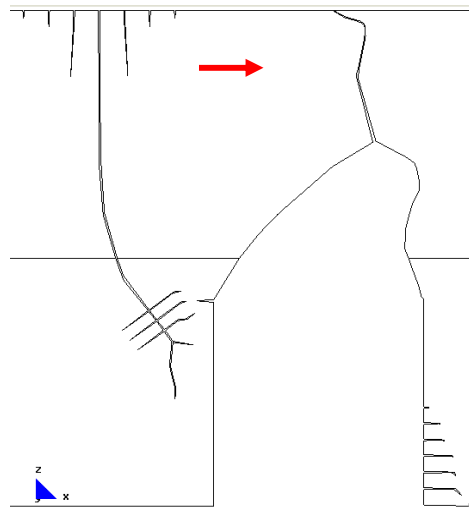
Si ahora nos fijamos en el caso de la geometría asimétrica (GRAF.7-1: 16), vemos como necesitamos plasmar el fenómeno del engranaje en nuestros modelos, lo cual se puede lograr imponiendo condiciones de contorno especiales.

b.- Consideración de las geometrías asimétricas:

En el caso de las geometrías asimétricas es necesario establecer procesos diferentes de obtención de las condiciones de contorno, tal como se puede apreciar en los siguientes gráficos:



(GRAF.7-1: 17) Mayor empuje: lado derecho.



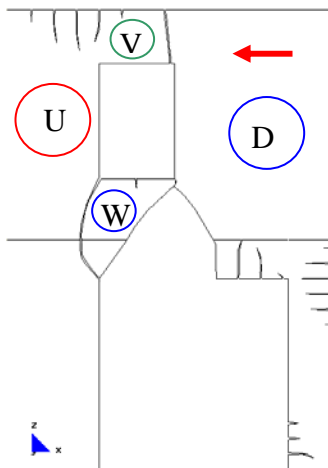
(GRAF.7-1: 18) Mayor empuje: lado izquierdo.

⁴¹ Únicamente cae cuando la parte de la pared derecha colapse definitivamente.

7.1.1.3.1 Determinación de las condiciones de contorno en la geometría asimétrica con mayor empuje en el lado derecho "D"

Se puede observar cómo el lado derecho "D" tiene más masa que las zonas "V" y "W"⁴², por lo tanto, su empuje será mayor y tenderá a volcarse hacia la izquierda.

Dicho desplazamiento se ve restringido por completo al entrar en contacto con el lado izquierdo de la pared, es decir, la zona "U".



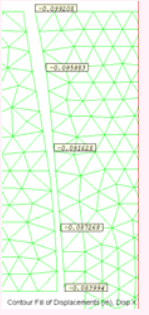
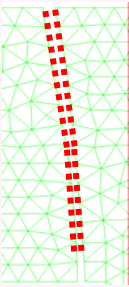
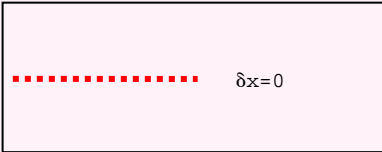
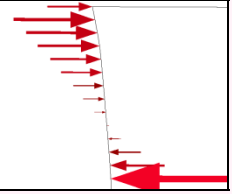
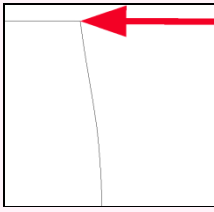
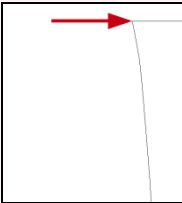
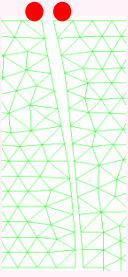
(GRAF.7-1: 19) Representación de las zonas de la pared. Mayor empuje: lado derecho.

Para determinar dichas restricciones, básicamente se siguen los siguientes pasos:

1. Elaboración del modelo especial dejando libertad de movimiento en ambos lados de la fisura.
2. Determinación de los desplazamientos en "x", en ambos lados de la fisura del modelo indicado en el punto "1" y posterior comparación.
3. Determinación de los desplazamientos en "z", en ambos lados de la fisura del modelo indicado en el punto "1" y posterior comparación.
4. Determinación de las condiciones de contorno iniciales.
5. Modelo especial en el cual se incluyen las condiciones de contorno iniciales y análisis de las reacciones que se producen en ese caso.
6. Eliminación de todos los nodos que tienen reacciones de tracción, originando nuevos modelos especiales secuenciales.
7. Determinación de las condiciones de contorno definitivas en los dos lados de las roturas, que tendrán como característica no permitir reacciones de tracción en ninguno de sus apoyos.
8. Introducción en los modelos de cálculo definitivos de las condiciones de contorno obtenidas en los pasos anteriores.
9. Obtención de los resultados de los modelos de cálculo definitivos.

⁴² Estas son las únicas zonas que empujan en sentido contrario oponiéndose a la deformación del lado derecho.

Ejemplo Práctico: para tener una idea general del proceso de obtención de las condiciones de contorno se desarrolla el siguiente cuadro:

(CUADRO 4) EJEMPLO PRÁCTICO DE OBTENCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO DE ACUERDO AL APARTADO 7.1.1.3.1			
1.- Modelización de la pared completamente libre.			
			
(GRAF.7-1: 20) δx : lado izquierdo	(GRAF.7-1: 21) δx : lado derecho	(GRAF.7-1: 22) δz : lado izquierdo	(GRAF.7-1: 23) δz : lado derecho
2.- Obtención de los desplazamientos en "x".		3.- Obtención de los desplazamientos en "z".	
			
(GRAF.7-1: 24) Condiciones de contorno iniciales.		(GRAF.7-1: 25) Lado izquierdo de la rotura.	(GRAF.7-1: 26) Lado derecho de la rotura.
4.- Determinación de las condiciones de contorno iniciales.		5.- Determinación de las reacciones considerando las condiciones de contorno iniciales.	
			
(GRAF.7-1: 27) Lado izquierdo de la rotura.	(GRAF.7-1: 28) Lado derecho de la rotura	(GRAF.7-1: 29) Condiciones de contorno definitivas.	
6.- Determinación de las reacciones eliminando las tracciones del modelo.		7.- Determinación de las condiciones de contorno definitivas.	
8.- Introducción en los modelos de cálculo definitivos de las condiciones de contorno obtenidas.			
9.- Obtención de los resultados de los modelos de cálculo definitivos.			

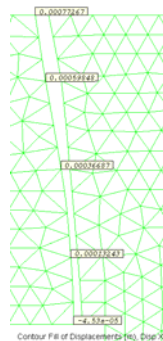
El (CUADRO 4) anterior indica un resumen del ejemplo práctico. Seguidamente se detalla cada de uno los pasos que se siguen para obtener unas condiciones de contorno que simulen lo mejor posible el comportamiento real.

1. Modelización de la pared completamente libre.

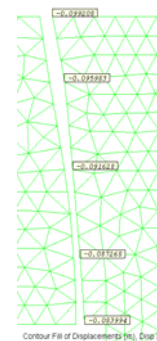
Primeramente modelizamos la pared con la rotura completa, sin poner ningún tipo de condición de contorno en los lados de la rotura.

2. Obtención de los desplazamientos en "x".

Si comparamos los desplazamientos de un lado y del otro, vemos que en el momento en que el lado derecho tienda a desplazarse hacia la izquierda se lo impedirá la pared de dicho lado, por lo cual podemos establecer que en la mayor parte del lado derecho de la pared, el movimiento en "x" está restringido. Mientras, el lado izquierdo en su totalidad tendrá restringido su desplazamiento en "x".



(GRAF.7-1: 20) δx : lado izquierdo

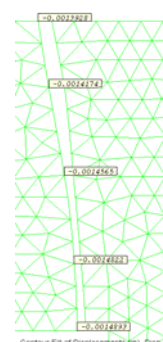


(GRAF.7-1: 21) δx : lado derecho

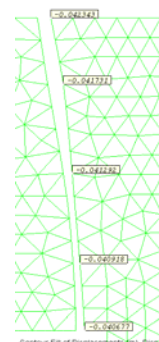
3. Obtención de los desplazamientos en "z".

Si observamos los desplazamientos en esta dirección vemos que, a pesar de ser mayores los desplazamientos del lado derecho en comparación con los del lado izquierdo, no existe ningún elemento que los restrinja dado que la trayectoria de la rotura es prácticamente vertical.

Por otro lado, se observa que el lado izquierdo puede desplazarse libremente, por lo que no podrá servir de apoyo para otro elemento.



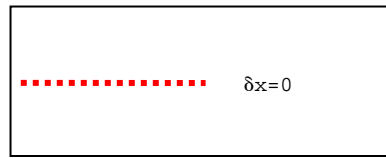
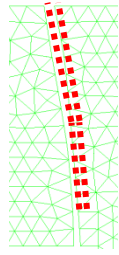
(GRAF.7-1: 22) δz : lado izquierdo



(GRAF.7-1: 23) δz : lado derecho

4. Determinación de condiciones de contorno iniciales.

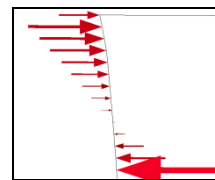
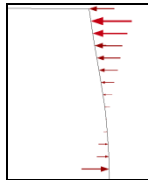
Analizados los desplazamientos, podemos llegar a establecer las siguientes condiciones de contorno iniciales en ambos lados:



(GRAF.7-1: 24) Condiciones de contorno iniciales.

5. Determinación de las reacciones considerando las condiciones de contorno iniciales.

Hacemos un modelo especial en el cual se incluyen las condiciones iniciales y análisis de la reacciones. En el caso de tener reacciones de tracción se seguirá con el proceso normal, en caso contrario, se puede pasar directamente al paso-8.

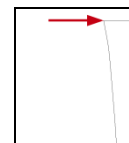
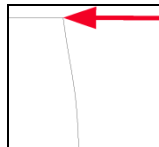


(GRAF.7-1: 25) Lado izquierdo de la rotura.

(GRAF.7-1: 26) Lado derecho de la rotura.

6. Determinación de las reacciones eliminando las tracciones del modelo.

Procedemos a eliminar todos los nodos que tienen reacciones de tracción, originando nuevos modelos especiales. Obtenemos así un modelo donde no existen tracciones en ninguno de los dos lados.

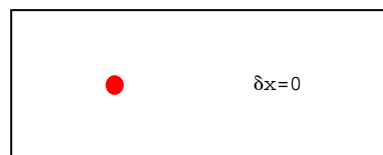
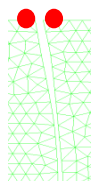


(GRAF.7-1: 27) Lado izquierdo de la rotura.

(GRAF.7-1: 28) Lado derecho de la rotura

7. Determinación de las condiciones de contorno definitivas.

Es importante considerar que los lados resultantes de la rotura tendrán como característica el no permitir reacciones de tracción en ninguno de sus apoyos.



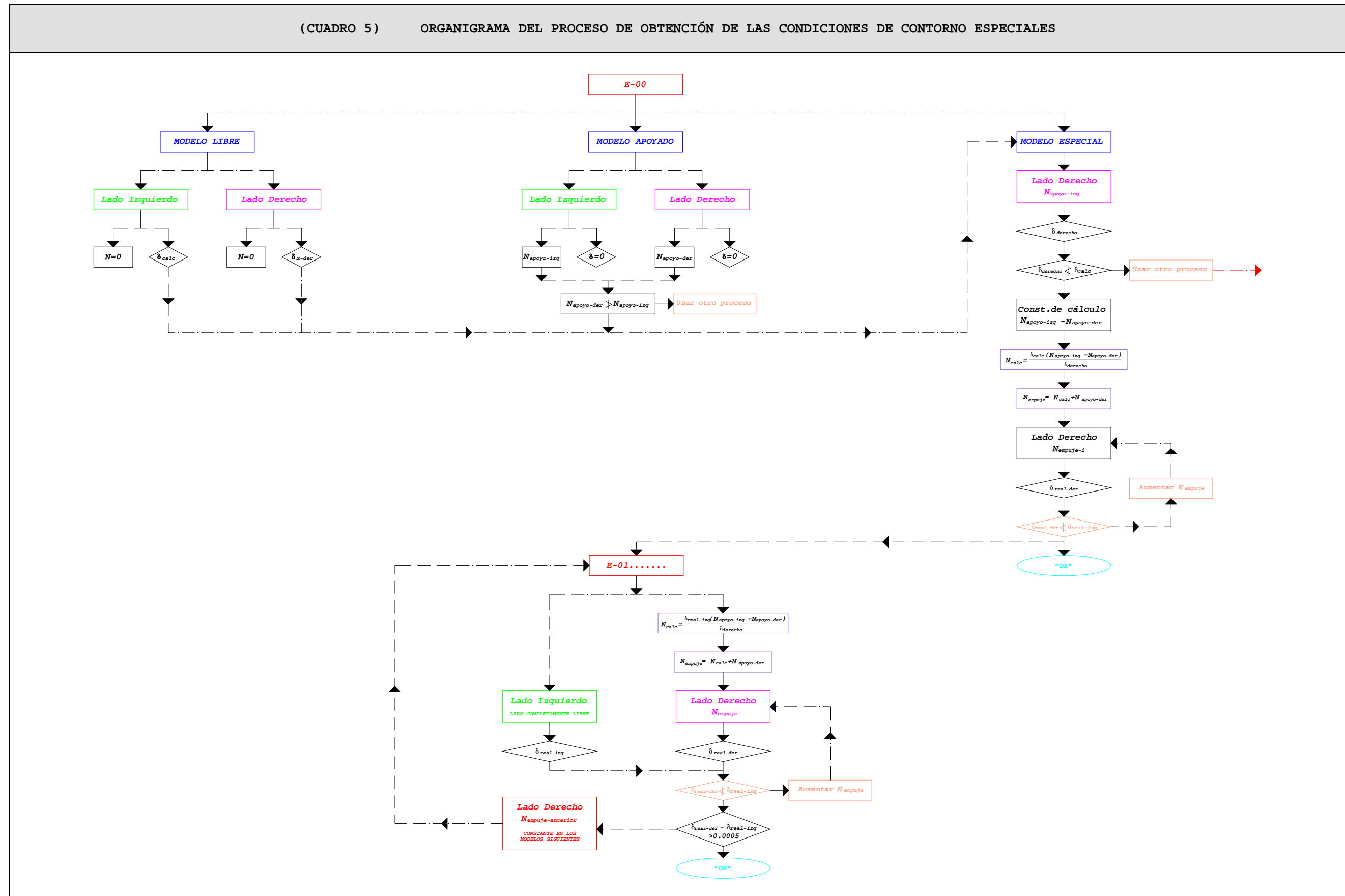
(GRAF.7-1: 29) Condiciones de contorno definitivas.

8. Introducción en los modelos de cálculo definitivos de las condiciones de contorno obtenidas.

9. Obtención de los resultados de los modelos de cálculo definitivos.

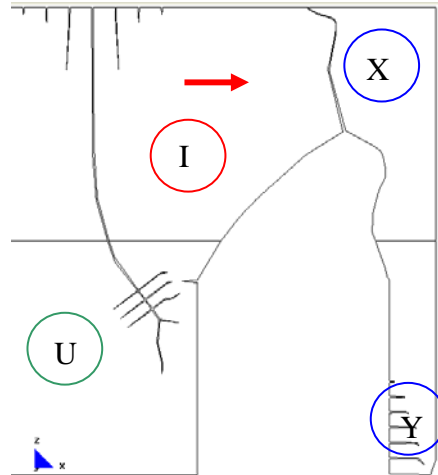
7.1.1.3.2 Organigrama del proceso de obtención de las condiciones de contorno especiales

En el (CUADRO 5) se presenta un organigrama para determinar las condiciones de contorno especiales en geometrías asimétricas con mayor empuje en el lado izquierdo:



La zona "I", en la figura (GRAF.7-1: 30), tiene mayor carga y excentricidad en comparación con la "X", dicho lado de la pared tendrá la tendencia a volcar hacia la derecha e ir empujando progresivamente al lado opuesto⁴³.

Ante ello, el lado "X" reaccionará soportándolo hasta que llegue el momento de su colapso⁴⁴. Llegado a este punto, el lado "I" quedará completamente libre y a la espera de su pronto colapso.



(GRAF.7-1: 30) Representación de las zonas de la pared. Mayor empuje: lado izquierdo.

Estos empujes se representan en los modelos por medio de fuerzas aplicadas en el lado derecho de la pared, siendo éstas necesarias para conseguir desplazamientos similares entre ambos lados.

Para ello, se tienen en cuenta los siguientes aspectos generales:

En todas las etapas del proceso de colapso, el lado "I" se considera con libertad de movimiento y luego se obtienen sus desplazamientos, con los que finalmente se calculan las fuerzas necesarias para que el lado derecho y el opuesto se desplacen de forma parecida.

Estas fuerzas de empuje (N_{empuje})⁴⁵ se obtienen tomando como hipótesis una relación lineal "entre las fuerzas y los desplazamientos" y se aplican en el lado derecho de la pared⁴⁶⁻⁴⁷.

Posteriormente, se obtienen los desplazamientos de ambos lados y se restan. Esta diferencia deberá ser igual o inferior a 0,0005m. Si este límite se cumple la fuerza se da como válida, en cambio, si es superior, se optará por mantener constante la fuerza en los pasos posteriores.

En el caso del ejemplo práctico que se muestra a continuación se opta por mantener constante la fuerza a partir de la etapa-23. En este momento, el comportamiento es claramente exponencial⁴⁸. Por ello, la diferencia entre

⁴³ Al tener empujes de rango mayor.

⁴⁴ El colapso se localizará en la zona "Y".

⁴⁵ Es decir, las fuerzas impuestas por el lado "I" son necesarias para movilizar el lado derecho "X".

⁴⁶ Dependiendo de la etapa que estemos analizando la fuerza será una u otra.

⁴⁷ Para la obtención de dichos empujes se ha desarrollado una hoja de cálculo que se detalla en apartados posteriores.

⁴⁸ Tal como se explica en los párrafos siguientes. Este comportamiento se debe a la pérdida de rigidez que experimenta poco a poco su base.

los desplazamientos no llega nunca a cumplir la condición impuesta en el párrafo anterior⁴⁹.

A continuación se presenta el proceso completo⁵⁰:

1. Crear un modelo liberando completamente ambos lados de la rotura y luego obteniendo los desplazamientos en el sentido-x de los lados liberados.⁵¹

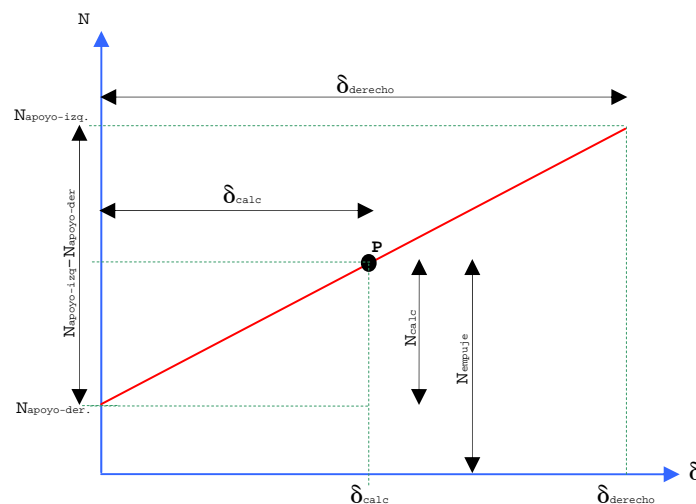
2. Restringir lateralmente ambos lados de la rotura y obtener las reacciones totales (derecha e izquierda: $N_{\text{apoyo-der}}$ y $N_{\text{apoyo-izq}}$, respectivamente). Comprobar que la máxima reacción corresponda al lado izquierdo. En caso contrario, no continuar con este proceso y utilizar el apartado "7.1.1.3.1".⁵²

3. Determinar la "1ª constante de cálculo" introduciendo en el modelo una fuerza con signo "+" en el lado derecho de la rotura. Ésta equivale a la reacción total del lado izquierdo obtenida en el punto 2. En esta etapa se obtendrá el desplazamiento en el sentido-x del lado derecho (δ_{derecho}).⁵³

4. Determinar la "2ª constante de cálculo" ($N_{\text{empuje-izq}} - N_{\text{empuje-der}}$) necesaria para obtener las fuerzas.⁵⁴

5. Obtener la expresión matemática utilizada para determinar cada una de las fuerzas (N_{empuje}) que se introducen en las diferentes etapas del modelo.

Esta expresión matemática se obtiene teniendo en cuenta una relación lineal entre las fuerzas y los desplazamientos y se rige por el siguiente esquema:



(GRAF.7-1: 31) Esquema lineal para obtener la expresión matemática.

Dicha expresión, que se expone a continuación, se calcula internamente en la hoja de cálculo:

⁴⁹ En el ejemplo citado la fuerza constante es de 10678N.

⁵⁰ El mismo que se aplicará más adelante en la hoja de cálculo correspondiente.

⁵¹ Los datos se colocarán en la línea "E-00, Paso-1" de la hoja de cálculo.

⁵² Los datos se colocarán en la línea "E-00, Paso-2" de la hoja de cálculo.

⁵³ Los datos se colocarán en la línea "E-00, Paso-3" de la hoja de cálculo.

⁵⁴ Estos datos son calculados directamente en la hoja, en la línea "E-00, Paso-4", columna-5.

$$N_{calc} = \frac{\delta_{calc} (N_{apoyo-izq} - N_{apoyo-der})}{\delta_{derecho}} \quad Ec.7-1: 1$$

$$N_{empuje} = N_{calc} + N_{apoyo-der} \quad Ec.7-1: 2$$

6. Incluir en el modelo la fuerza N_{empuje} hallada en el punto anterior⁵⁵. Obtener el valor del desplazamiento real del lado derecho e introducirlo en la hoja de cálculo⁵⁶. Comprobar que éste es igual o superior al del lado derecho.

7. Aumentar la fuerza impuesta en el caso de que no se cumpla la condición anterior.⁵⁷

8. Colocar en la segunda etapa del modelo la fuerza anterior y obtener el desplazamiento del lado derecho. Éste debe ser superior al de la etapa anterior.⁵⁸

9. Obtener el desplazamiento del lado izquierdo de la segunda etapa e incluirlo en la hoja de cálculo.

10. Repetir progresivamente los pasos del 5 al 9 en tantas etapas como se tengan.

11. Mantener constante la última fuerza hallada, siempre y cuando la diferencia entre los desplazamientos sea superior a $0,0005m$ ⁵⁹⁻⁶⁰.

⁵⁵ Y aparece en la columna-5, casillas de color amarillo.

⁵⁶ En la última columna de la hoja.

⁵⁷ El uso de este paso es improbable, ya que a medida que avanzan las etapas, el modelo pierde rigidez y, como consecuencia, es más deformable (a igualdad de carga mayor deformación).

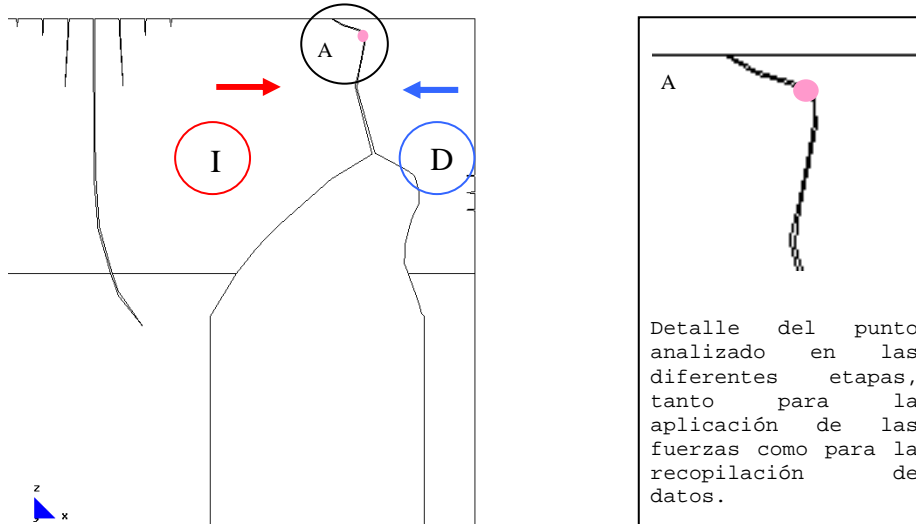
⁵⁸ Esta afirmación se debe a que siempre el modelo posterior estará más fisurado que el anterior, por lo tanto, será menos rígido.

⁵⁹ Ver paso 6.

⁶⁰ En el caso práctico se obtienen resultados bastante admisibles.

El ejemplo práctico que se presenta, incluye 8 etapas del proceso de rotura del Mod-4⁶¹.

En primer lugar, para obtener los datos de partida, se desarrolla una etapa especial (E-00⁶²) en que se produce la rotura total de la pared en la zona "A", quedando dividida en dos partes "I" y "D" (izquierda y derecha respectivamente).

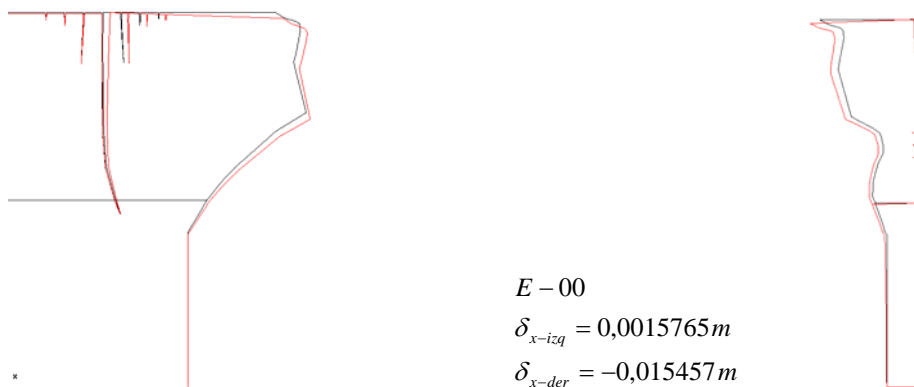


(GRAF.7-1: 32) Modelo-4, etapa-00 (Mod-4, E-00).

Adicionalmente se van analizando todas las etapas siguientes hasta llegar al colapso del lado derecho que se presenta en la E-28. Las etapas que se incluyen en el análisis serán de la E-21 a la E-28 (ver "7.3.1").

Para facilitar el desarrollo del ejemplo utilizamos la misma secuencia detallada anteriormente, aunque en ella incluiremos resultados reales.

1. Los desplazamientos⁶³ en el sentido del eje "x" de los lados liberados son:



(GRAF.7-1: 33) Gráfico del modelo completamente liberado en la zona de la rotura.

⁶¹ El proceso de colapso del modelo se desarrolla en 30 etapas; ver el apartado "7.3.1" (página 7-128).

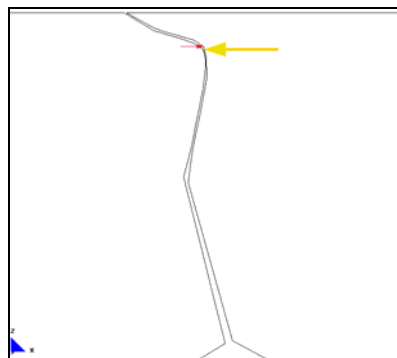
⁶² La E-00 es la etapa en que se inicia la rotura justo antes de la E-21. Por ser prácticamente iguales no se ha visto la necesidad de incluirla en el proceso indicado en el apartado "7.3.1.2". Este modelo se encuentra localizado en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10-E-00.gid

⁶³ Que se producen justo en el momento de la rotura.

Los desplazamientos obtenidos se colocan en la hoja de cálculo, como se indica en el gráfico que se presenta a continuación:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3			9886	17634	0,0197	0,0197
E-00, Paso-4		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

2. Las reacciones totales de los lados restringidos son:



$$E - 00$$

$$N_{apoyo-izq} = 25382,2N$$

$$N_{apoyo-der} = 7748N$$

$$N_{apoyo-izq} > N_{apoyo-der} \Rightarrow "OK"$$

(GRAF.7-1: 34) Representación gráfica de las reacciones totales.

Las fuerzas obtenidas se sitúan en la hoja de cálculo, de acuerdo al siguiente gráfico:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3			9886	17634	0,0197	0,0197
E-00, Paso-4		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

3. La 1ª constante de cálculo: $\delta_{derecho}$ al introducir la fuerza $N_{apoyo-izq}$ es:

$$E - 00$$

$$\xrightarrow{\text{aplicando } N_{apoyo-izq}} \delta_{real-der} = 0,0352m \xrightarrow{\text{CONSTANTE DE CALCULO (1ra)}} \rightarrow$$

El valor obtenido se coloca en la casilla indicada en el esquema siguiente:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

4. La 2ª constante de cálculo: $N_{empuje-izq} - N_{empuje-der}$ es:

$$E - 00$$

$$N_{apoyo-der} - N_{apoyo-izq} =$$

$$25382,2N - 7748N =$$

$$17634N \xrightarrow{\text{CONSTANTE DE CALCULO (2da)}} \rightarrow$$

El dato obtenido se calcula automáticamente en la casilla que se indica a continuación:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

5. La fuerza N_{empuje} para la etapa E-00.

$$\text{Considerando } \delta_{calc} = \delta_{x-izq}$$

$$N_{calc} = \frac{\delta_{calc} (N_{apoyo-izq} - N_{apoyo-der})}{\delta_{derecho}} = \frac{0,0015765m * 17634N}{0,0352m} = 790N$$

$$N_{empuje} = N_{calc} + N_{apoyo-der} = 790N + 7748N =$$

$$N_{empuje} = 8538N \xrightarrow{\text{FUERZA A APLICAR}}$$

Esta fuerza se ubica en la casilla indicada en el gráfico:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

6. El desplazamiento real al introducir la N_{empuje} es la siguiente:

$$E - 00 \quad \delta_{real} \geq \delta_{x-izq}$$

$$\xrightarrow{\text{aplicando } N_{empuje}} \delta_{real} = 0,0015765 \text{ m} \quad 0,0015765 = 0,0015765 \Rightarrow "OK"$$

El desplazamiento se sitúa en la casilla indicada en el siguiente gráfico:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

7. Por lo tanto, no es necesario aumentar la fuerza impuesta.

8. El desplazamiento real al introducir la N_{empuje} de la etapa anterior es la siguiente:

$$E - 21 \quad \xrightarrow{\text{aplicando } N_{empuje}} \delta_{real} = 0,0015770 \text{ m} \quad \delta_{real} \geq \delta_{real-anterior} \quad 0,0015770 > 0,0015765 \Rightarrow "OK"$$

La fuerza anterior se ubica en la casilla azul y el desplazamiento se localiza en la casilla roja:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.	LADO DER.				
		N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}	
		15765	0			-0,0155
		0	7748			0,0000
E-00, Paso-3			25382			0,0352
E-00, Paso-4		9886	17634	0,0197		0,0197
	0,0016	790	8538	0,0016		0,0016
Mod.4-10.21			8538			0,0016
	0,0030	1507	9255	0,0030		0,0030
Mod.4-10.22			9255			0,0032
	0,0058	2930	10678	0,0058		0,0063
Mod.4-10.23			10678			0,0073
	0,0063	3176	10924	0,0063		0,0080
Mod.4-10.24			10678			0,0097
	0,0074	3712	11460	0,0074		0,0130
Mod.4-10.25			10678			0,0127
	0,0087	4351	12099	0,0087		0,0229
Mod.4-10.26			10678			0,0161
	0,0113	5659	13407	0,0113		0,0461
Mod.4-11.27			10678			0,0250
	0,0187	9387	17135	0,0187		0,1496
Mod.4-11.28			10678			0,0858
	0,0573	28729	36477	0,0573		1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

9. El desplazamiento del lado izquierdo (movimientos libres) de la E-21 es el siguiente:

$$E - 21 \quad \xrightarrow{\text{lado liberado}} \delta_{real-izq} = 0,003005 \text{ m}$$

El desplazamiento se localiza en la casilla que se indica en color rojo:

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-21 a 29						
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
	0,0030		1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
	0,0058		2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
	0,0063		3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
	0,0074		3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
	0,0087		4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
	0,0113		5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
	0,0187		9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
	0,0573		28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

10. A partir de aquí, en las demás etapas, se repiten progresivamente los pasos del 5 al 9.

En la hoja de cálculo siguiente se incluyen todos los pasos⁶⁴ considerados desde la E-21 (Mod.4-10.21⁶⁵) a la E-28 (Mod.4-11.28⁶⁶). La última etapa corresponde al momento en que cae la pilastra lateral derecha (ver 7.3.1.2):

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje}.					

Tabla 1 Cálculo de las fuerzas N_{empuje} .

(Azul=valores introducidos manualmente por el usuario
Amarillo=Valores a introducir en el modelo)

11. La zona que puede ser considerada lineal, se marca en la tabla con una trama de rayas y abarca las etapas E-00; E-21 y E-22. La diferencia entre los desplazamientos es superior al límite indicado de 0,0005m en todas estas fases. Por ejemplo, en la E-22 la diferencia es de 0,0004874m

A partir de la etapa 23 las diferencias son superiores al límite indicado. Como ejemplos, indicaremos las siguientes:

- En la E-23 la diferencia es de 0,0016442m
- En la E-28 la diferencia es de 1,8473920m

⁶⁴ Localización de los modelos en el CD entregado. Mod.4-10.21-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.21.gid; Mod.4-10.22-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.22.gid; Mod.4-10.23-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.23.gid; Mod.4-10.24-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.24.gid; Mod.4-10.25-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.25.gid; Mod.4-10.26-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-10.26.gid; Mod.4-11.27-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-11.27.gid y Mod.4-11.28-Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\Mod.4-11.28.gid

⁶⁵ El término 21 indica el número de la etapa (ver 7.3.1.2).

⁶⁶ El término 28 indica el número de la etapa (ver 7.3.1.2).

A continuación se presentan unos comentarios importantes para nuestro estudio que ayudan a corroborar el proceso desarrollado. Todos los datos necesarios para generar los siguientes cuadros se toman directamente de la hoja de cálculo analizada.

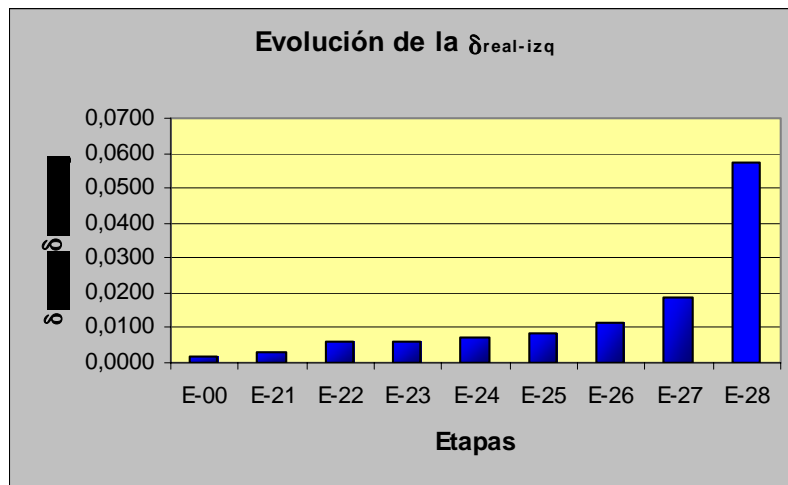
12. Análisis de la deformación del lado izquierdo de la pared.

En la tabla se indican los datos considerados para elaborar el (GRAF.7-1: 35). En color salmón se identifica el eje de las abscisas y en color rojo el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
				8538		0,0016
Mod.4-10.21		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047

NOTA: El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el gráfico (GRAF.7-1: 35) se puede ver la evolución de las deformaciones δ_{calc} o $\delta_{real-izq}$, en cada una de las etapas consideradas.⁶⁷



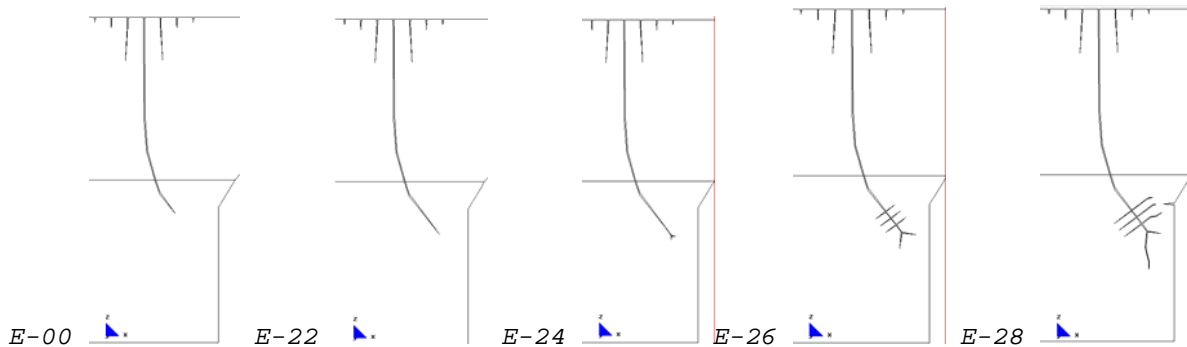
(GRAF.7-1: 35) Representación gráfica de los δ_{calc} o $\delta_{real-izq}$

Tal como se puede apreciar en el gráfico anterior, los saltos bruscos de los desplazamientos en el diagrama indican la pérdida de rigidez que

⁶⁷ El gráfico fue generado con el programa "Excel.2007".

experimenta la pared con la presencia de fisuras. Esta flexibilidad aumenta considerablemente en la última etapa E-28.

Para entender mejor los resultados se seleccionan las etapas en que se observan dichos saltos.



(GRAF.7-1: 36) Evolución del daño en la base del lado izquierdo:
Etapas E-00; E-22; E-24; E-26 y E-28

Si comparamos las dos etapas: E-00 y la E-28 (GRAF.7-1: 36) podemos ver cómo las fisuras varían considerablemente, por ello, se observa una mayor deformación en la última etapa, mientras que en la primera la deformación es muy pequeña.

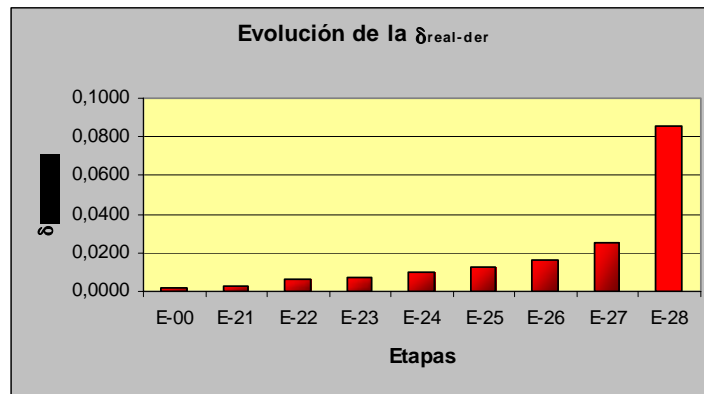
13. Análisis de la deformación del lado derecho de la pared.

En la tabla se indican los valores considerados para generar el (GRAF.7-1: 37). En color salmón el eje de las abscisas y en color rojo el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-21 a 29						
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,001	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,003	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,005	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047
NOTA:	El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .					

En el gráfico (GRAF.7-1: 37) se puede ver la evolución de las $\delta_{real-der}$ en cada una de las etapas consideradas. Estos desplazamientos resultan de aplicar a las etapas del proceso las N_{empuje} válidas (casillas amarillas de la hoja de cálculo)⁶⁸.

⁶⁸ El gráfico fue generado con el programa "Excel.2007".

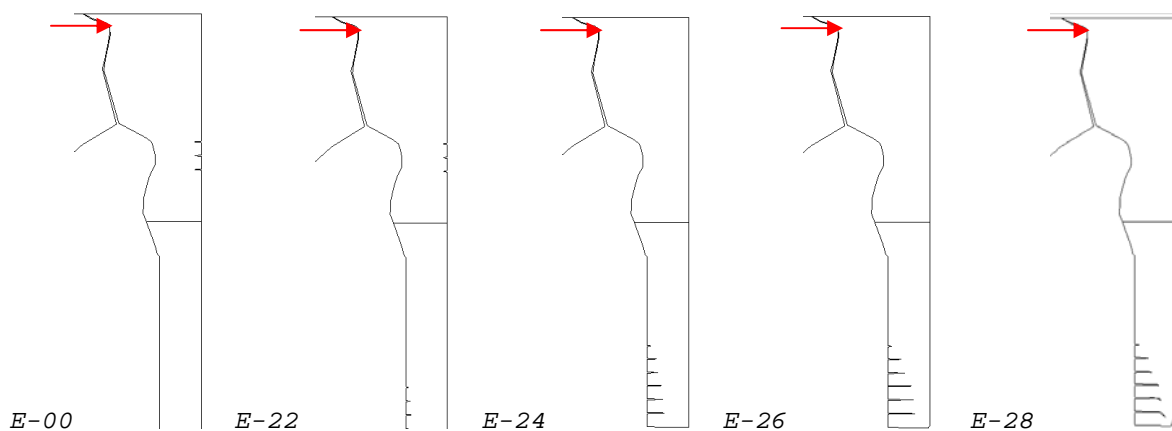


(GRAF.7-1: 37) Representación de la $\delta_{\text{real-der}}$.

Los saltos bruscos de desplazamientos en el diagrama indican la pérdida de rigidez que experimenta la pared con la presencia de fisuras.

Podemos apreciar cómo esta flexibilidad se va aumentando considerablemente en la última etapa.

Para entender mejor los resultados, a continuación, se seleccionan las etapas en que se observan dichos saltos, las mismas que, efectivamente, deben coincidir en el lado izquierdo.



(GRAF.7-1: 38) Evolución del daño en la base del lado derecho:
(Las flechas indican el sentido de las fuerzas aplicadas)
Etapas E-00; E-22; E-24; E-26 y E-28

Observamos en el gráfico (GRAF.7-1: 38) que a medida que evoluciona el daño en la base de la pared derecha, ésta va perdiendo rigidez tendiendo a deformarse cada vez más. Si comparamos la E-00 y la E-28 del mismo gráfico, podemos apreciar que la base en la E-28 está muy dañada, quedando una sección útil muy pequeña⁶⁹.

Por ello, la deformación se incrementa considerablemente en comparación con las etapas restantes.

⁶⁹ Estos daños son debidos a fuerzas excesivas tanto de tracción como de compresión.

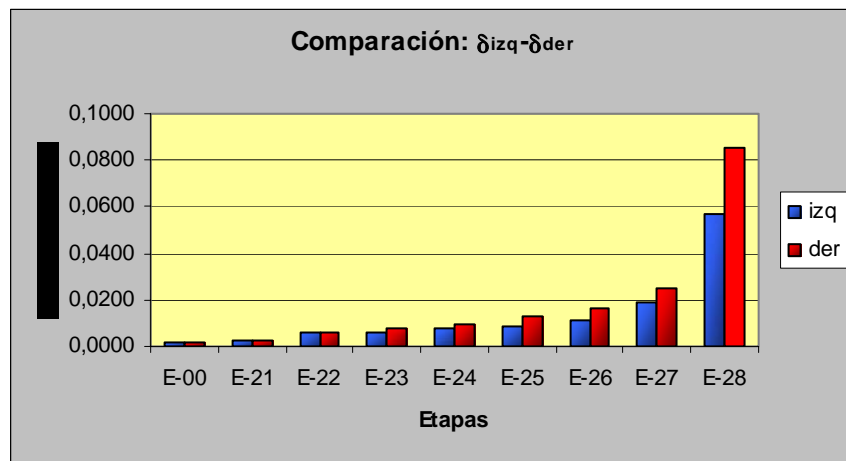
14. Comparación entre las deformaciones reales de los lados izquierdo y derecho.

En la tabla se indican los datos considerados para elaborar el (GRAF.7-1: 39). En color salmón se identifica el eje de las abscisas y en color rojo y azul el eje de las ordenadas.

CÁLCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-21 a 29						
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,001	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
Mod.4-10.22		0,0030	1507	9255	0,003	0,0030
Mod.4-10.23		0,0058	2930	10678	0,005	0,0063
Mod.4-10.23		0,0063	3176	10678	0,006	0,0073
Mod.4-10.24		0,0074	3712	10678	0,007	0,0080
Mod.4-10.24		0,0074	3712	11460	0,007	0,0097
Mod.4-10.25		0,0087	4351	10678	0,008	0,0127
Mod.4-10.25		0,0087	4351	12099	0,008	0,0229
Mod.4-10.26		0,0113	5659	10678	0,011	0,0161
Mod.4-10.26		0,0113	5659	13407	0,011	0,0401
Mod.4-11.27		0,0187	9387	10678	0,018	0,0250
Mod.4-11.27		0,0187	9387	17135	0,018	0,1496
Mod.4-11.28		0,0573	28729	10678	0,057	0,0858
Mod.4-11.28		0,0573	28729	36477	0,057	1,9047

NOTA: El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el gráfico (GRAF.7-1: 39) se comparan los desplazamientos δ_{izq} y δ_{der} que se analizaron individualmente en los dos puntos anteriores⁷⁰.



(GRAF.7-1: 39) Comparativa entre los desplazamientos reales: izq-der.

Si observamos el diagrama anterior podemos notar que la diferencia entre los dos tipos de desplazamientos (δ_{izq} y δ_{der}), en las tres primeras etapas, es muy pequeña. Mientras que, si consideramos las fases superiores, estas desigualdades van siendo mayores. Porcentualmente podríamos decir que la máxima diferencia entre los desplazamientos es del orden del 49% de la δ_{izq} y se localiza en la última etapa (E-28).

Notemos que los saltos bruscos de ambos grupos coinciden, siendo completamente razonable dado que el punto de partida siempre es la

⁷⁰ El gráfico fue generado con el programa "Excel.2007".

deformación del lado izquierdo y en base a ésta se obtiene la deformación en el lado opuesto. Claro que al presentar condiciones diferentes, vistas en los puntos anteriores, las deformaciones del lado derecho tienden a ser mayores que las estimadas en el cálculo.

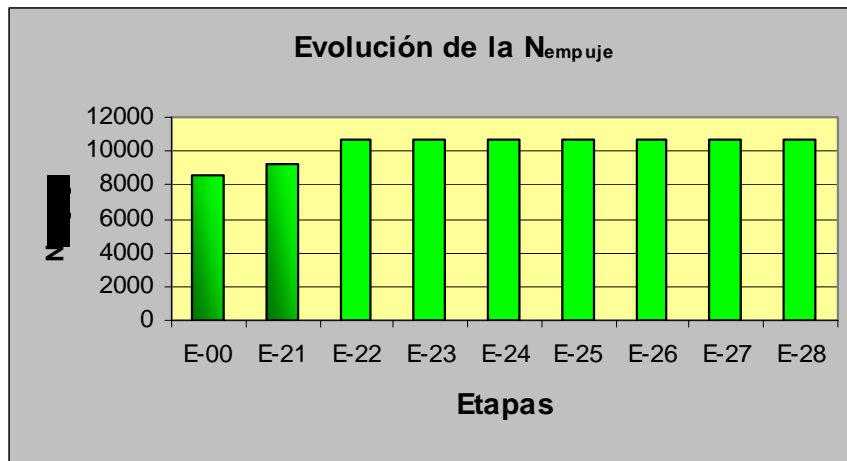
15. Análisis de la evolución de las fuerzas N_{empuje} .

En la tabla se indican los datos considerados para generar el (GRAF.7-1: 40). En color salmón se identifica el eje de las abscisas y en color rojo el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-21 a 29						
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	790	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	150	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	293	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11480	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047

NOTIA: El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el gráfico (GRAF.7-1: 40) se analiza la evolución de las fuerzas N_{empuje} utilizadas en los modelos definitivos⁷¹.



(GRAF.7-1: 40) Evolución de las fuerzas aplicadas a los modelos N_{empuje} .

En el diagrama se aprecian con claridad las cargas aplicadas en las diferentes etapas de colapso del modelo. A las tres primeras se le imponen las cargas obtenidas con la relación lineal⁷², mientras que las restantes mantienen constante dicha carga con un valor de 10.678 N.

⁷¹ Así como los casos anteriores, el gráfico fue generado con el programa "Excel.2007".

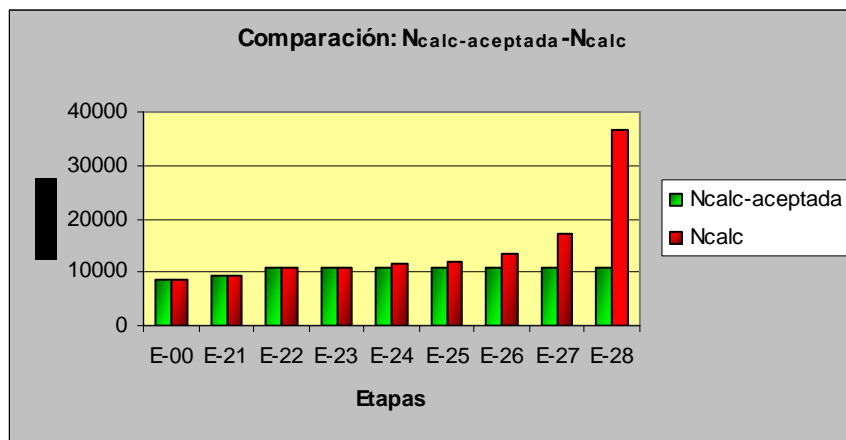
⁷² Entre las fuerzas y los desplazamientos.

En la tabla se indican los datos considerados para generar el (GRAF.7-1: 41). En color salmón se identifica el eje de las abscisas y en color rojo y verde el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	79	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	150	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	293	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	317	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	371	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	435	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	565	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	938	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	2872	36474	0,0573	1,9047

NOTA: El lado izquierdo de la rotura se dejara completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el gráfico (GRAF.7-1: 41) se hace una comparación entre las fuerzas utilizadas en los modelos definitivos (color verde) y las fuerzas que se calcularon con la expresión lineal (color rojo) observando con claridad las diferencias que existen a partir de la E-26.



(GRAF.7-1: 41) Comparación entre las fuerzas utilizadas y las calculadas linealmente

Es importante observar cómo la E-23 presenta diferencias muy pequeñas en comparación con las etapas posteriores, pero se excluye por superar el límite establecido de 0,0005m. A partir de la E-24 se comienza a crecer exponencialmente, como se explica en el punto "17". Ya en la E-28 las diferencias son realmente importantes, superando el doble del valor de la fuerza aplicada en dicha etapa del modelo definitivo.

16. Comprobación de la linealidad de los valores obtenidos.

Para la obtención de la gráfica de los puntos "16" y "17" hemos utilizado el programa matemático "ORIGIN-8"⁷³.

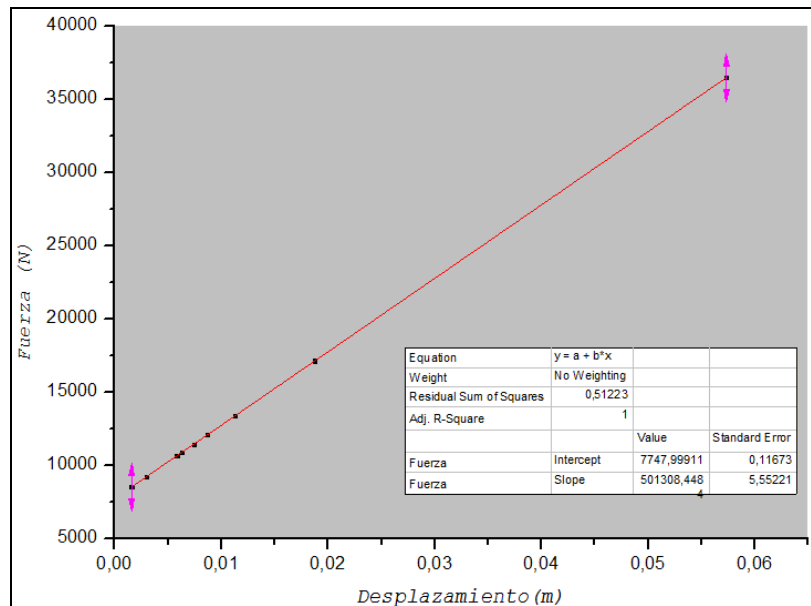
⁷³ En el capítulo-2 se indican características de este programa.

En la siguiente tabla se indican los datos considerados para elaborar el (GRAF.7-1: 42). En color rojo se identifica el eje de las abscisas y en color azul el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	79	8538	0,0016	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	150	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	293	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	317	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	371	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	435	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	565	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	938	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	2872	36477	0,0573	1,9047

NOTA: El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el figura (GRAF.7-1: 42) se observa la gráfica obtenida al relacionar las N_{empuje} que no se aplican en los modelos y los δ_{calc} .⁷⁴



(GRAF.7-1: 42) Relación Fuerza-desplazamiento de cálculo.

Se comprueba numéricamente que la gráfica es una línea perfecta. El margen de error es de 1 (Adj.r.square=1), es decir, que la línea es perfecta. Lo cual confirma los valores calculados para N_{empuje} .

17. Análisis de la relación entre N_{empuje} (calculada linealmente y no aplicada en los modelos) y $\delta_{real-der}$.

⁷⁴ Se incluye la ecuación de la gráfica junto con los valores de las constantes respectivas.

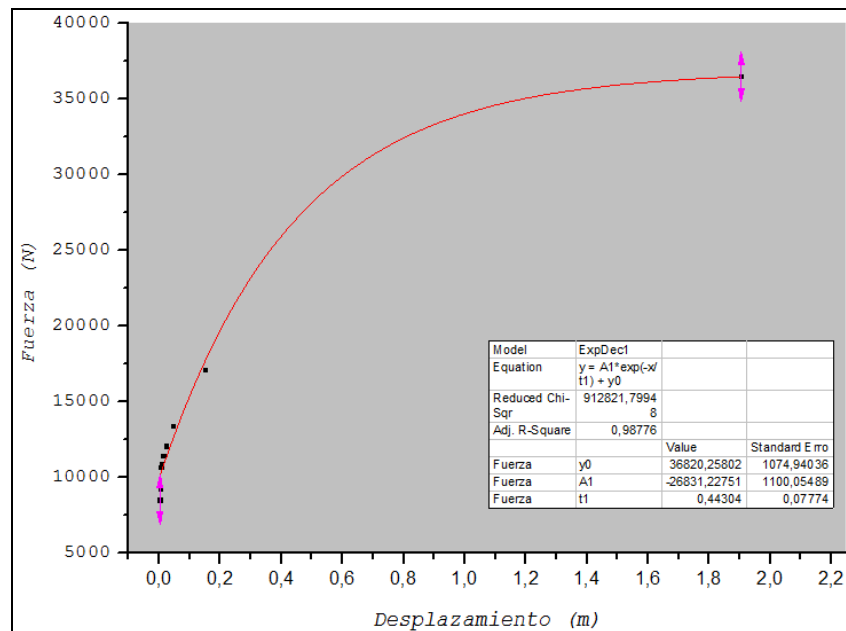
Se comprueba numéricamente que la gráfica que relaciona N_{empuje} con $\delta_{real-der}$ tiene aproximadamente una relación lineal en sus primeros puntos. Sin embargo, para valores superiores llegamos a determinar la curva real que une todos los puntos.

En la siguiente tabla se indican los datos considerados para elaborar el (GRAF.7-1: 43). En color rojo se identifica el eje de las abscisas y en color azul el eje de las ordenadas.

CALCULO DE LAS FUERZAS N_{empuje} , A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.		LADO DER.			
E-21 a 29	N	δ_{real}	N_{calc}	N_{empuje}	δ_{calc}	δ_{real}
E-00, Paso-1	0	0,0015765		0		-0,0155
E-00, Paso-2	25382,20	0		7748		0,0000
E-00, Paso-3				25382		0,0352
E-00, Paso-4			9886	17634	0,0197	0,0197
		0,0016	79	8538	0,001	0,0016
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	150	9255	0,003	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	293	10678	0,005	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	317	10924	0,006	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	371	11460	0,007	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	435	12099	0,008	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	565	13407	0,011	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	938	17135	0,018	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	2872	36477	0,057	1,9047

NOTA: El lado izquierdo de la rotura se dejará completamente libre, mientras que al lado derecho se le impondrá una fuerza N_{empuje} .

En el gráfico (GRAF.7-1: 43) se relacionan las fuerzas (N_{empuje}) con las deformaciones reales del lado derecho de la pared (δ_{real}).⁷⁵⁻⁷⁶



(GRAF.7-1: 43) Relación Fuerza-desplazamiento reales.

Los puntos trazan una clara ecuación exponencial, con un margen de error de 0,987 (Adj.r.square=0,987), que es admisible.

⁷⁵ Cómo se indicó en el punto anterior, usaremos el programa "ORIGIN-8" para obtener las curvas.

⁷⁶ En el mismo dibujo se indica la ecuación de la curva con los valores de las constantes respectivas.

Al inicio de la curva podemos apreciar un tramo bastante recto, lo cual nos confirma que es razonable considerar, en estas primeras 3 etapas, una relación lineal.

Le sigue una rama bastante exponencial, lo cual confirma que en estas zonas es imposible considerar una relación lineal, por ello hemos optado por mantener constante la N_{empuje} de la E-22 (10.678 N).

Por todo lo expuesto se puede confirmar que el proceso utilizado para esta tipología de geometría asimétrica es correcto.

MJIG

7.1 ASPECTOS GENERALES:

- 1.- PARÁMETROS UTILIZADOS PARA OBTENER EL TRAZADO DEL ARCO DE DESCARGA
- 2.- **ESPECIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS**

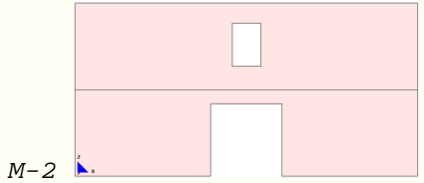
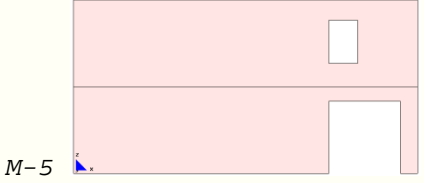
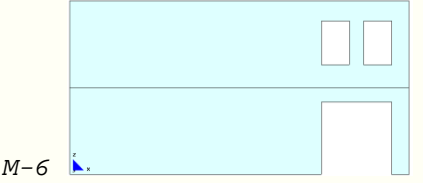
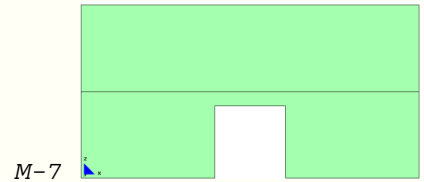
MJIG

7.1.2 ESPECIFICACIÓN DE LOS
PARÁMETROS UTILIZADOS

- 1.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE TODOS
LOS MODELOS A ANALIZAR
- 2.- ESTADO DE CARGA
- 3.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL
MATERIAL
- 4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ZUNCHOS
PERIMETRALES
- 5.- CONDICIONES DE CONTORNO
- 6.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS EN EL
PROGRAMA DE CÁLCULO
- 7.- DEFINICIÓN DEL MALLADO DE LOS
MODELOS

7.1.2 Especificación de los parámetros utilizados

7.1.2.1 Representación gráfica de todos los modelos a analizar

(CUADRO 6) CUADRO DE RESUMEN DE LOS MODELOS A ESTUDIAR		
MODELOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
MODELOS SIMÉTRICOS		
 <p>M-1</p>	 <p>M-2</p>	 <p>M-3</p>
<p>(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 45) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.</p>
MODELOS EXCÉNTRICOS		
 <p>M-4</p>	 <p>M-5</p>	 <p>M-6</p>
<p>(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en planta baja y dos en planta alta.</p>
MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M		
<p>"Inicio del proceso de fisuración"</p>  <p>M-7</p>	 <p>M-8</p>	 <p>M-9</p>
<p>(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.</p>

Como se puede apreciar en el (CUADRO 6), los diferentes modelos que analizamos incluyen el arco de ángulos rectos. A pesar de los inconvenientes que origina, lo hemos seleccionado⁷⁷ por tratarse del arco más usado en las estructuras de obra de fábrica, dada la facilidad de su trazado en obra.

7.1.2.2 Estado de carga

El modelo representa una pared medianera de un edificio de tres plantas: planta baja, planta primera, planta segunda y terraza (sin uso público). Su estado de carga es el siguiente:

Estado de carga en zonas de vivienda:

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000

Estado de carga en terraza (sólo de mantenimiento):

Pp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,30
	N/m	12.000
Su	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000

pp=Peso propio

cp=cargas permanentes

su + N=sobrecargas de uso + nieve

7.1.2.3 Características mecánicas del material

Las características mecánicas utilizadas en los diferentes modelos analizados se calculan en base al "CTE"

γ	N/m ³	18.000
E	N/m ²	5,70E09
G	N/m ²	2,30E+09
ν	-	0,20
f_d	N/m ²	3,2E+06
f_t	N/m ²	0,1E+06

⁷⁷ Al igual que en el capítulo precedente.

Para el cálculo de estos valores se desarrolla una hoja de cálculo que se presenta a continuación.

CTE - SE-F					
Valores de "k"		1Hoja	2Hojas		
Macizas		0,6		0,5	
Perforadas		0,55		0,45	
Aligeradas		0,5		0,4	
Huecas		0,4		-	
k	0,6				
f_b	25			N/mm ²	
f_m	15	OK		N/mm ²	
f_k	9,57			N/mm ²	
γ_M	3				
f_d	3,19			N/mm ²	
Valor de "E" teniendo "f _k "					
f_k	9,57	N/mm ²		9,57E+06	N/m ²
E	9570	N/mm ²		9,57E+09	N/m ²
E_{est lim serv}	5,742	N/mm ²		5,74E+09	N/m ²
G	3828	N/mm ²		2,30E+09	N/m ²

7.1.2.4 Características de los Zunchos Perimetrales

En el estudio se consideran zunchos de hormigón armado de dos dimensiones: de 0,001x0,001m y de 0,20x0,20m

En el cálculo no se tiene en cuenta el peso propio de los zunchos.

Los zunchos se modelizan con elementos finitos tipo barra.

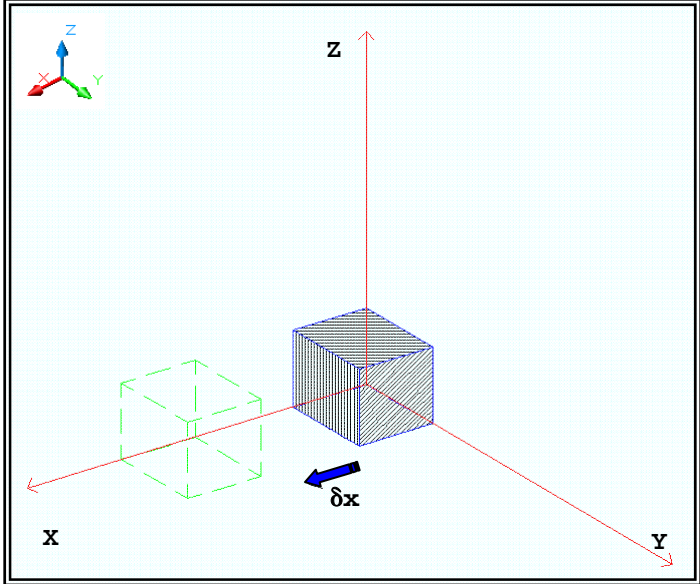
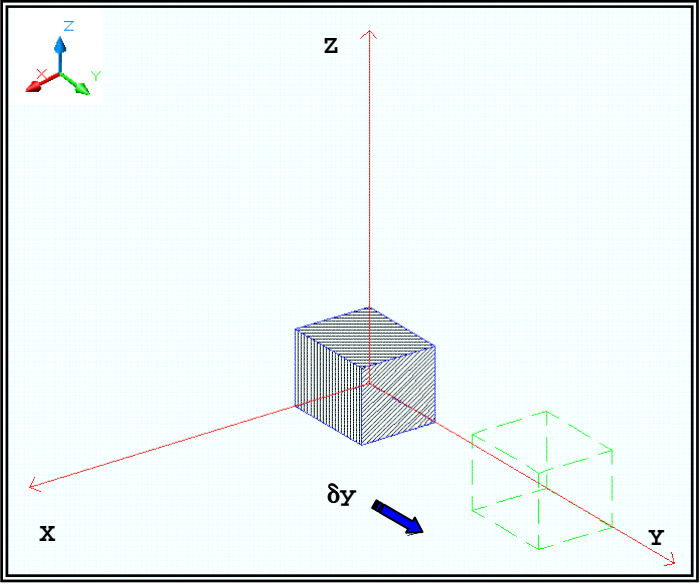
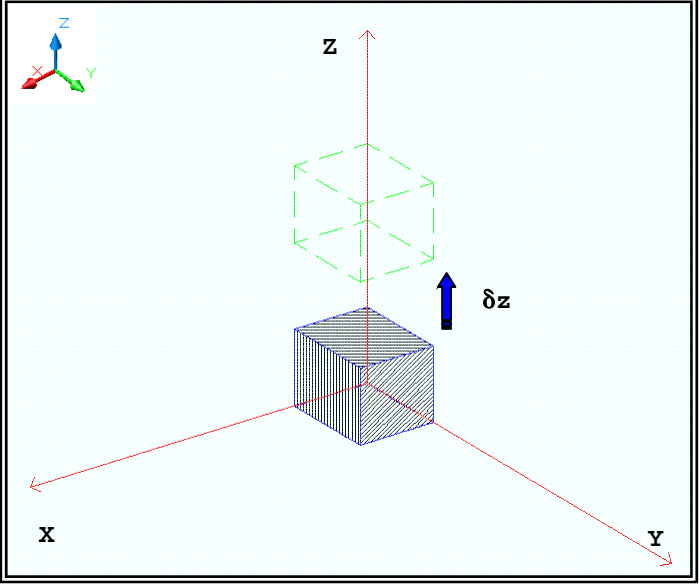
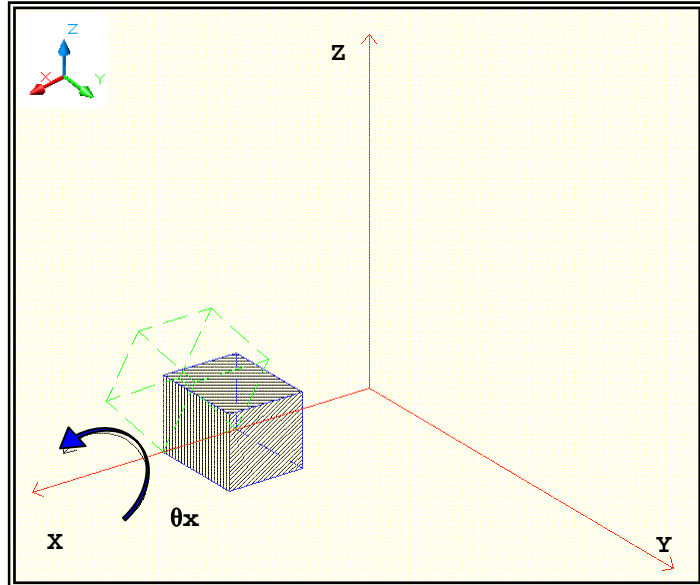
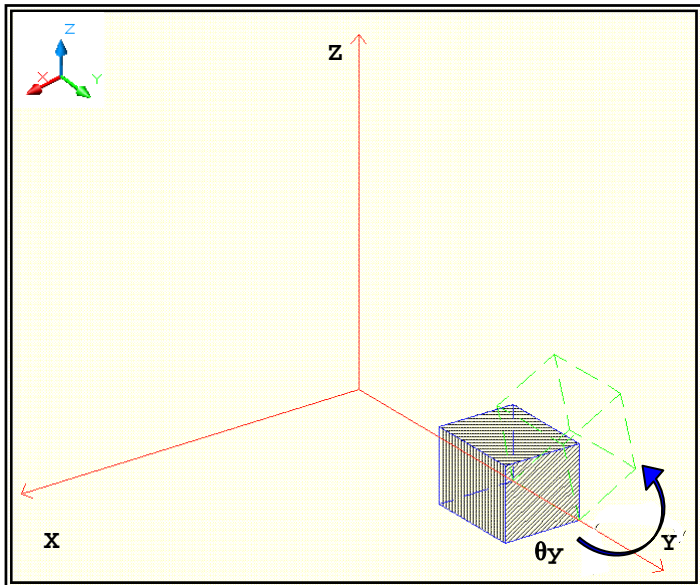
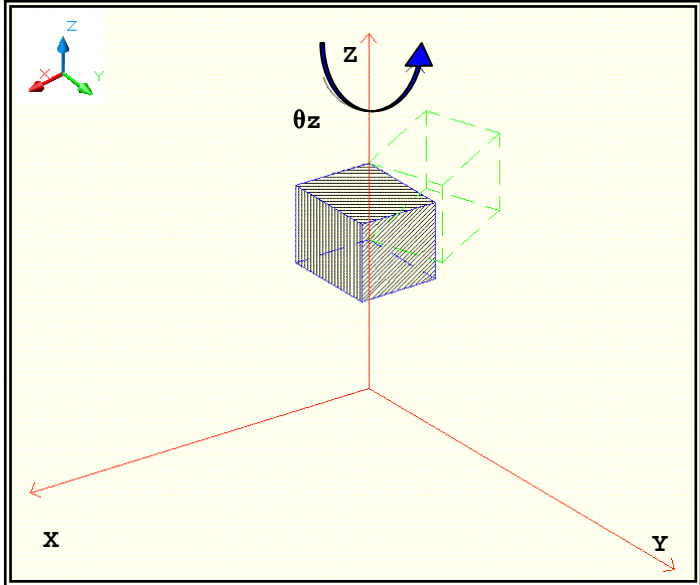
7.1.2.5 Programas utilizados

Los modelos se analizan por medio del programa de cálculo "Rambshell"⁷⁸ y usando como pre y post-procesador el programa "GID", los cuales se emplean a lo largo de toda la Tesis.

⁷⁸ En el Capítulo-2 se presentan características de estos dos programas.

7.1.2.6 Condiciones de Contorno

Para el estudio se considera que la base de los modelos está empotrada, es decir, con los desplazamientos y giros restringidos totalmente. Con el fin de aclarar la terminología, a continuación, en el (CUADRO 7), se presentan de modo gráfico los desplazamientos y giros, indicando únicamente su sentido positivo:

(CUADRO 7) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO		
DESPLAZAMIENTOS: ($\delta X = \delta Y = \delta Z = 0$) $\delta = U$		
		
(GRAF.7-1: 53) Representación del Desplazamiento-x (δx).	(GRAF.7-1: 54) Representación del Desplazamiento-y (δy).	(GRAF.7-1: 55) Representación del Desplazamiento-z (δz).
GIROS: ($\theta X = \theta Y = \theta Z = 0$)		
		
(GRAF.7-1: 56) Representación del giro-x (θx).	(GRAF.7-1: 57) Representación del giro-y (θy).	(GRAF.7-1: 58) Representación del giro-z (θz).

7.1.2.7 Representación gráfica de los resultados obtenidos en el programa de cálculo

En el (CUADRO 8) se exponen, de modo gráfico, los resultados que se obtienen de los modelos de cálculo tales como: "Sii", "N22", "Nyy=Ny'", "Si", "N11" y "Nxx=Nx'". La representación gráfica de los desplazamientos se puede ver en el apartado "7.1.2.6".

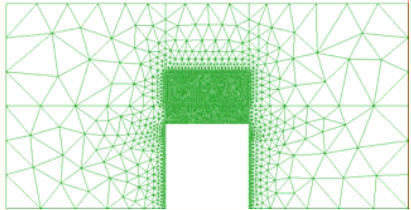


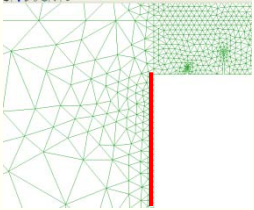
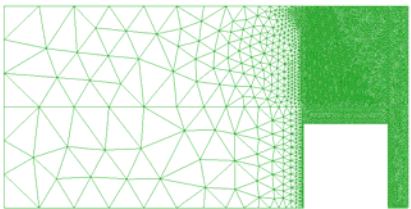
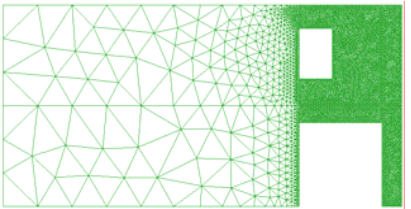
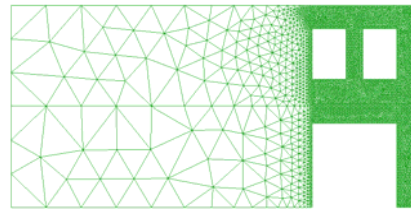
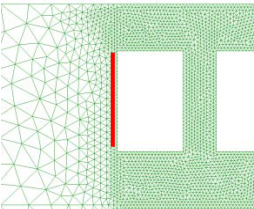
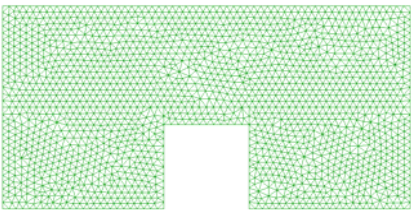
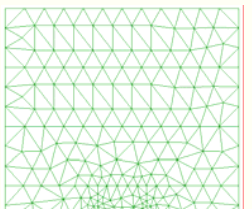
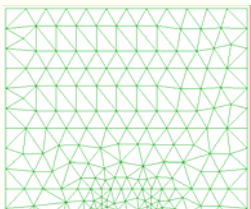
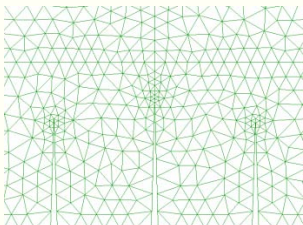
(CUADRO 8) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS		
<p>(GRAF.7-1: 59) "Sii": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "22=y"). Los vectores rojos representan tracciones y los azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.7-1: 60) "N22": fuerzas en la dirección principal "22=y" (en el eje de la dirección principal "y").</p>	<p>(GRAF.7-1: 61) "Nyy=Ny'": fuerzas en la dirección "yy=y'" (en el eje local "y").</p>
<p>(GRAF.7-1: 62) "Si": dirección de los vectores principales (en el eje de la dirección principal "11=x"). Los vectores rojos representan tracciones y los azules compresiones.</p>	<p>(GRAF.7-1: 63) "N11": fuerzas en la dirección principal "11=x" (en el eje de la dirección principal "x").</p>	<p>(GRAF.7-1: 64) "Nxx=Nx'": fuerzas en la dirección "xx=x'" (en el eje local "x").</p>

Ejes locales.
 Ejes de las direcciones principales.

7.1.2.8 Definición del mallado de los modelos

El mallado de los modelos es un factor muy importante para obtener buenos resultados, mientras más pequeño sea los resultados serán mucho más precisos. Se obtiene mayor precisión si usamos elementos con más cantidad de nodos internos (más grados de libertad). El hecho de que la malla sea muy densa y con un número superior de nodos tiene también sus desventajas: el aumento del tiempo de cálculo y de la memoria necesaria para desarrollar dicho proceso.

Con el fin de optimizar el mallado en nuestros modelos hemos optado por hacer más densa la malla en la zona más conflictiva⁷⁹ y menos densa en el resto del modelo. Utilizamos el elemento finito triangular de 3 nodos con una dimensión de 0,05m de longitud en las zonas densas y de 1,00m en las zonas restantes. Adicionalmente se hacen mallados especiales en los siguientes puntos: en las caras laterales de los elementos que dan a huecos se usa una dimensión de 0,05m⁸⁰ y en las cabezas de las fisuras se densifica el mallado con una longitud de 0,01m⁸¹.

(CUADRO 9) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MALLADO UTILIZADO			
MALLADO DE MODELOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M			DETALLES generales en puntos singulares.
M-1 	M-2 	M-3 	
(GRAF.7-1: 65) Modelo-1 (M-1): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 66) Modelo-2 (M-2): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 67) Modelo-3 (M-3): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 68) Lado del modelo que da a un hueco: malla 0,05m.
M-4 	M-5 	M-6 	
(GRAF.7-1: 69) Modelo-4 (M-4): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 70) Modelo-5 (M-5): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 71) Modelo-6 (M-6): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 72) Lado del modelo que da a un hueco: malla 0,05m.
MALLADO DE MODELOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,20x0,20m			
M-7 	M-8 	M-9 	
(GRAF.7-1: 73) Modelo-7 (M-7): Mallado general = 0,20m.	(GRAF.7-1: 74) Modelo-8 (M-8): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 75) Modelo-9 (M-9): mallado grande = 1,00m; mallado pequeño = 0,05m.	(GRAF.7-1: 76) En la cabeza de las fisuras: malla 0,01m.

⁷⁹ Zona superior de los huecos de planta baja.

⁸⁰ Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

⁸¹ Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

MJIG

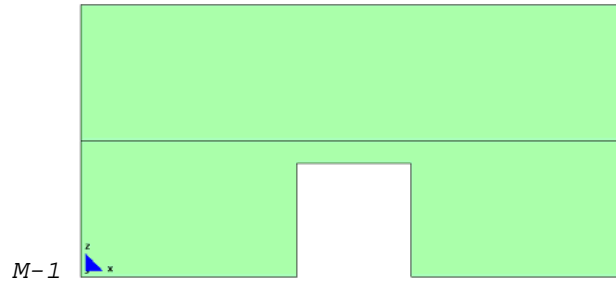
CAPÍTULO-7

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO
ZUNCHOS DE 0,001X0,001M**
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN
MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO
ZUNCHOS DE 0,20X0,20M
- 5.- CONCLUSIONES

7.2 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M

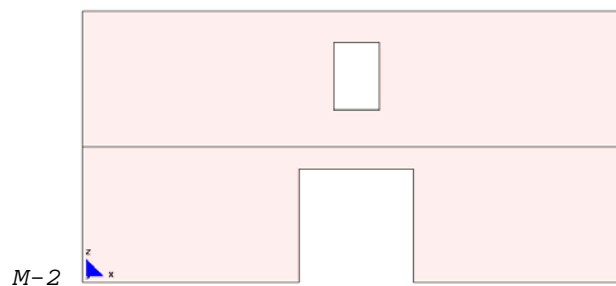
En el presente apartado se analizarán tres modelos con geometrías simétricas.

En el primer se considera el modelo simple sin huecos adicionales.



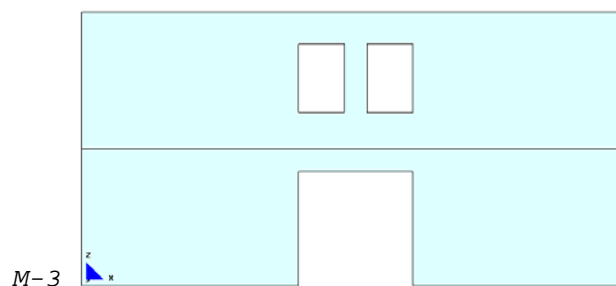
(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.

En el segundo, además, se coloca en la planta alta un hueco centrado con relación al apeo.



(GRAF.7-1: 45) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.

En el último se aumentan a dos el número de huecos que se ubican de modo simétrico con relación al apeo.



(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.

MJG

7.2 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M

- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON NUEVO HUECO CENTRAL
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON DOS NUEVOS HUECOS

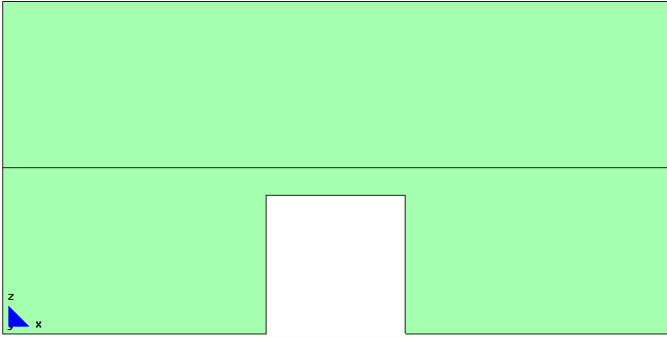
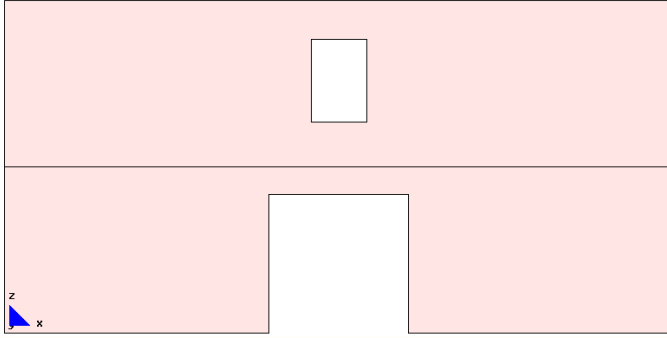
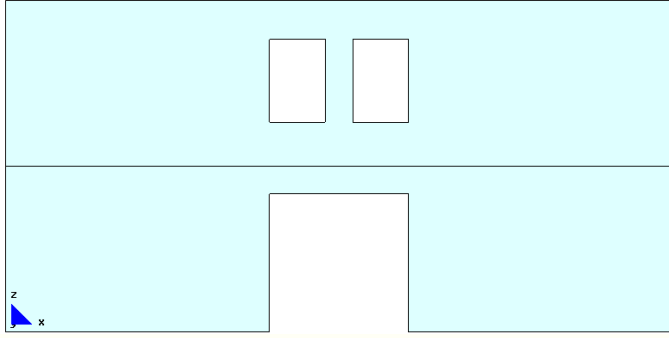
MJIG

7.2 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M

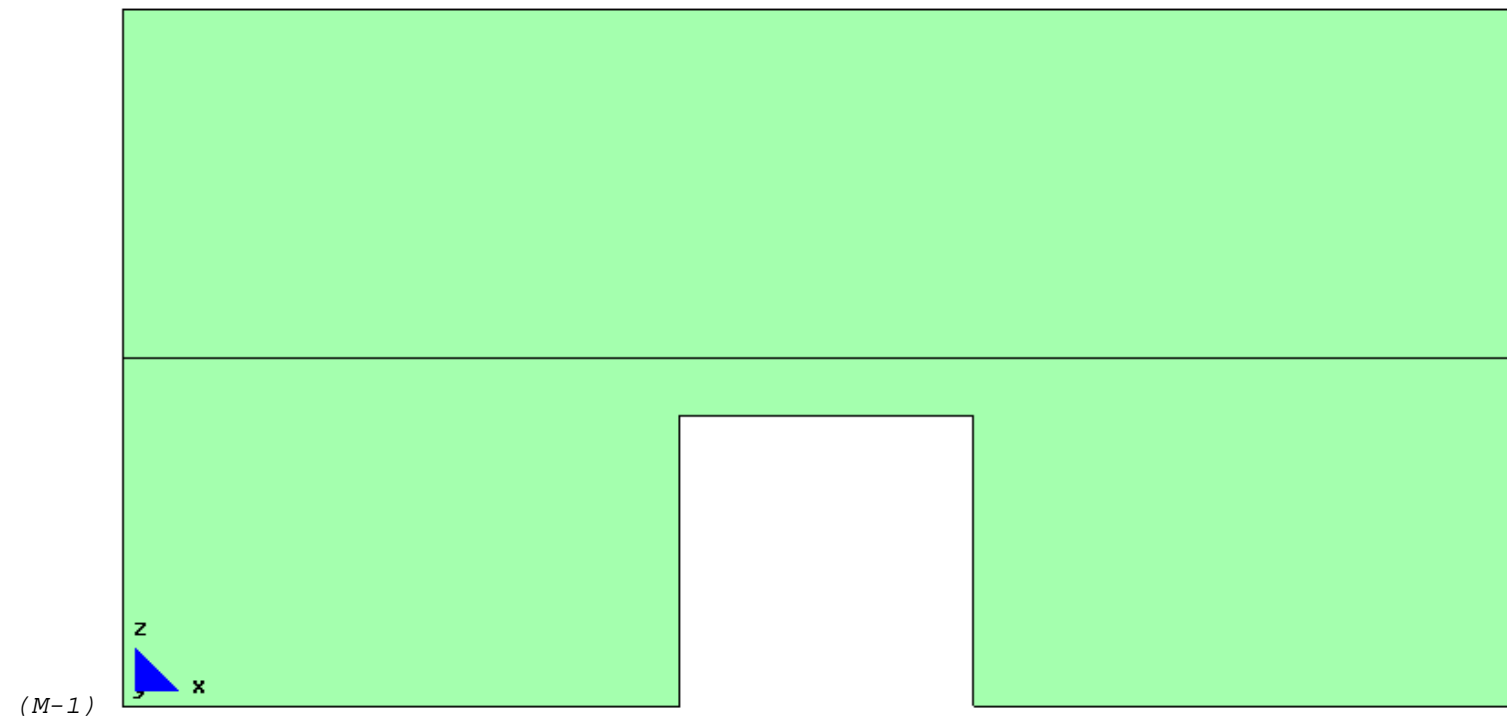
- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
SIN NUEVOS HUECOS**
- 2.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON NUEVO HUECO CENTRAL
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON DOS NUEVOS HUECOS

7.2.1 Modelo simétrico de dos plantas sin nuevos huecos

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos simétricos a analizar:

MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-1</p>	 <p>M-2</p>	 <p>M-3</p>
<p>(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 45) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.</p>

En primer lugar analizamos el primer modelo simétrico:



(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.

FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0⁸²

(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

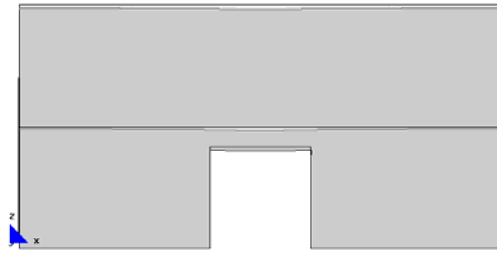
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

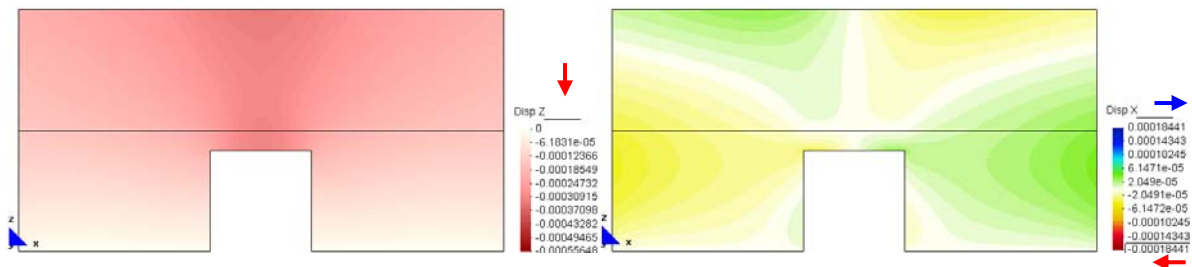
⁸² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálculo\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.2.1.1 Modelo con un hueco central en planta baja



f.- Deformada ampliada 300 veces.

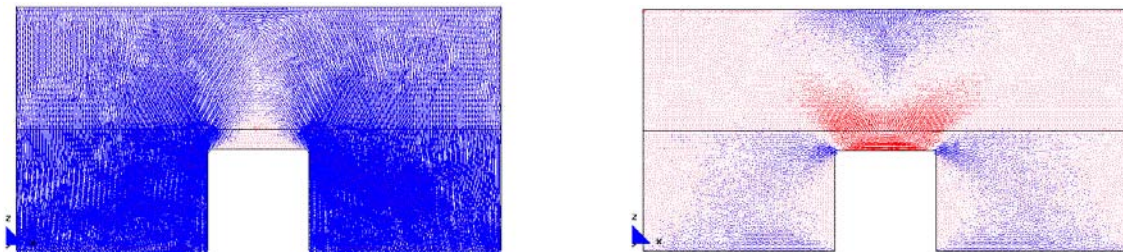
Deformada



a.- Displacement (m).Disp-Z

a'.- Displacement (m).Disp-X

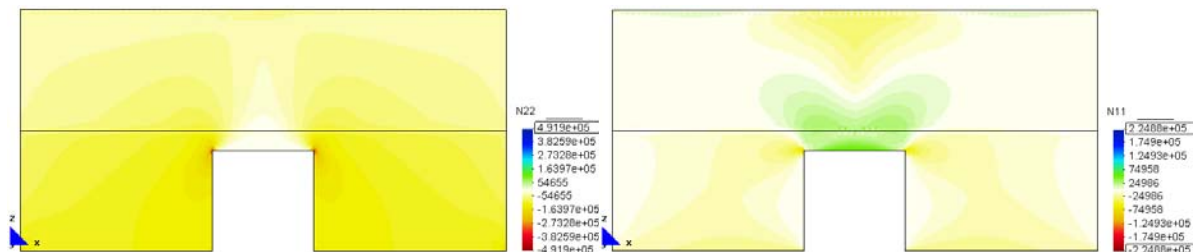
Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

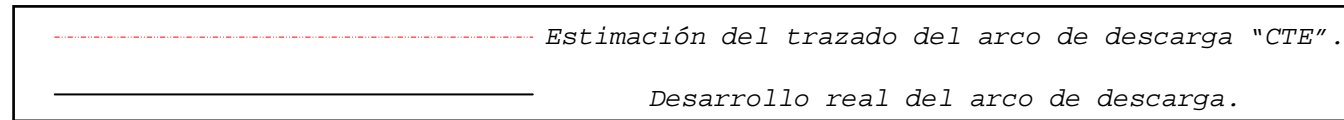


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

7.2.1.2 Desarrollo del arco de descarga



(CUADRO 10) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M			
<p>E-1</p>	<p>E-2</p>	<p>E-3</p>	<p>E-4</p>
<p>(GRAF.7-2: 1) Pared sin fisuración.</p>	<p>(GRAF.7-2: 2) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>(GRAF.7-2: 3) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras a excepción de las fisuras laterales.</p>	<p>(GRAF.7-2: 4) Aumento de las tres fisuras centrales e inicio del segundo grupo de fisuras, de las cuales las inclinadas inician la formación del arco de descarga.</p>
<p>E-5</p>	<p>E-6</p>	<p>E-7</p>	<p>E-8</p>
<p>(GRAF.7-2: 5) Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo.</p>	<p>(GRAF.7-2: 6) Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo. Aumento de dos nuevas fisuras.</p>	<p>(GRAF.7-2: 7) Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior de la pared.</p>	<p>(GRAF.7-2: 8) Aumento y desviación de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior.</p>
<p>E-9</p>	<p>E-10</p>	<p>E-11</p>	<p>E-12</p>
<p>(GRAF.7-2: 9) Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas y crecimiento de las fisuras horizontales.</p>	<p>(GRAF.7-2: 10) Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas y de las fisuras horizontales.</p>	<p>(GRAF.7-2: 11) Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas. Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A".</p>	<p>(GRAF.7-2: 12) Rotura completa en la zona "D" y colapso de la zona "C". Formación total del arco de descarga. Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.</p>

FICHA DEL MODELO: M-1-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.1.1⁸³*(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

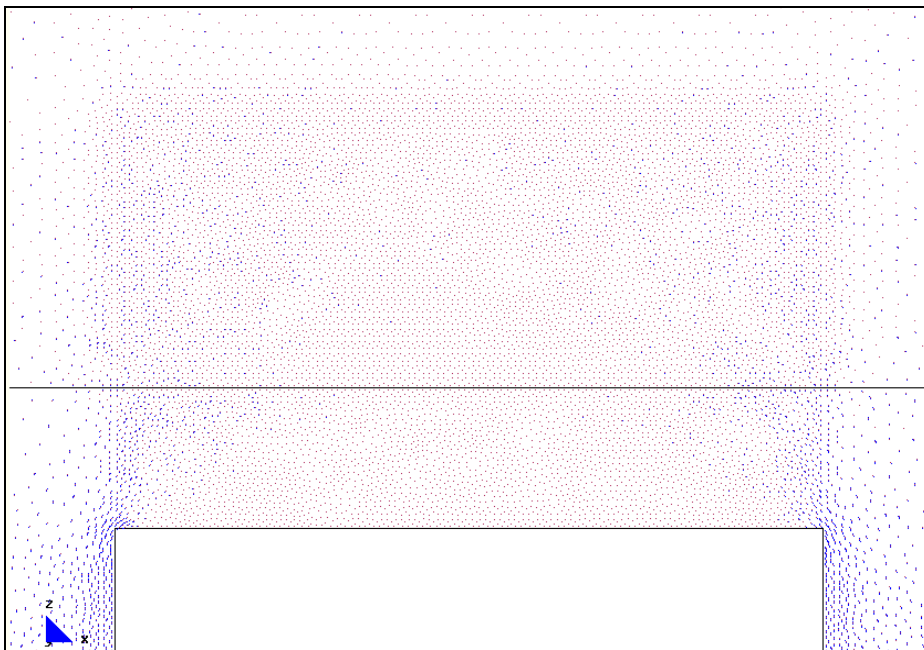
⁸³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.1.1.gid.

7.2.1.2.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.



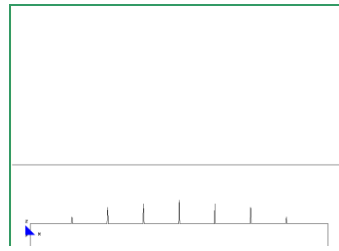
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



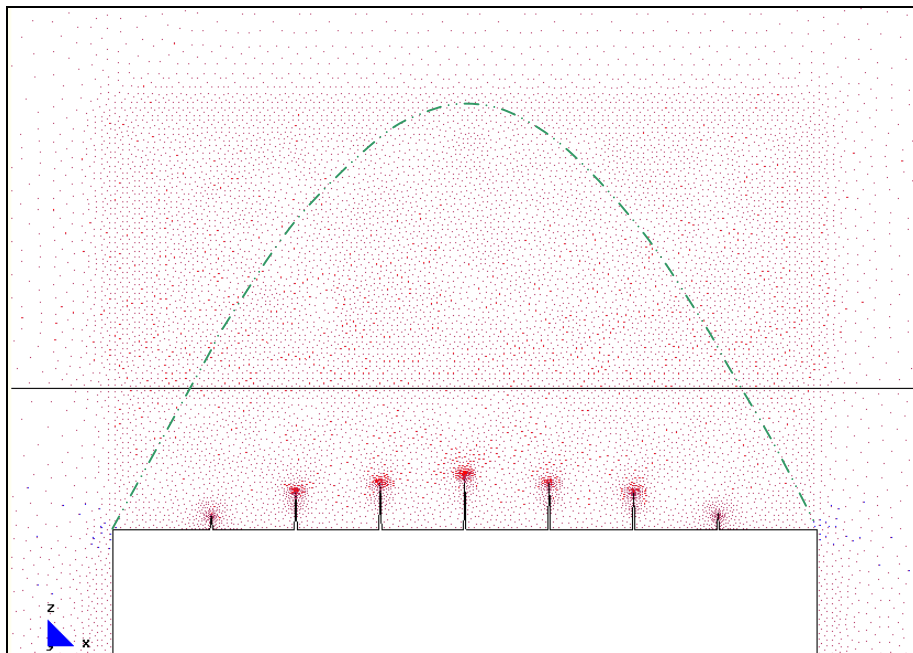
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

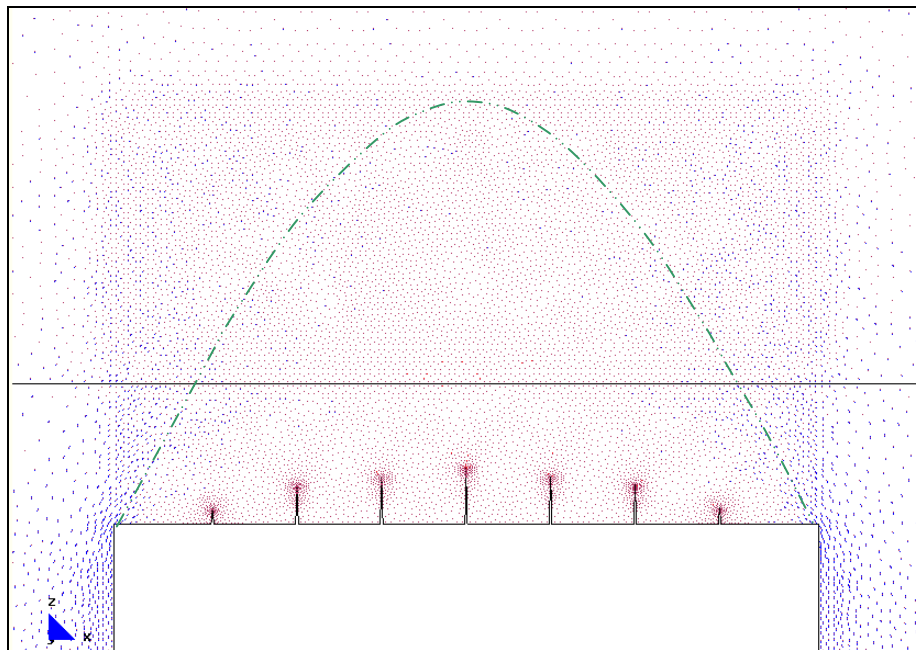
7.2.1.2.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo



a.- Gráfico del modelo completo.



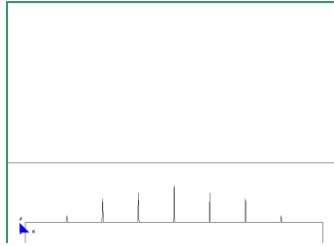
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



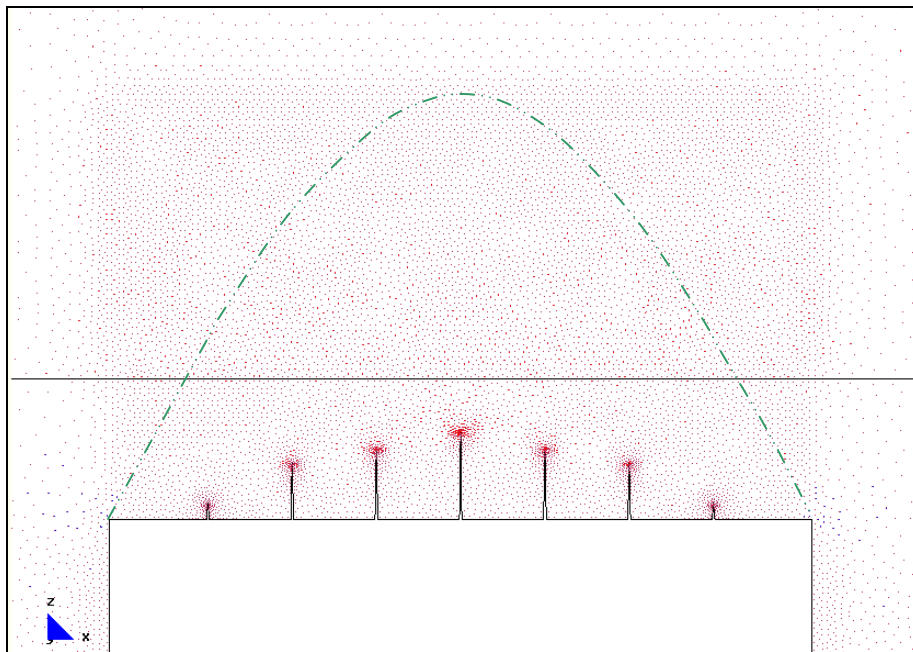
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

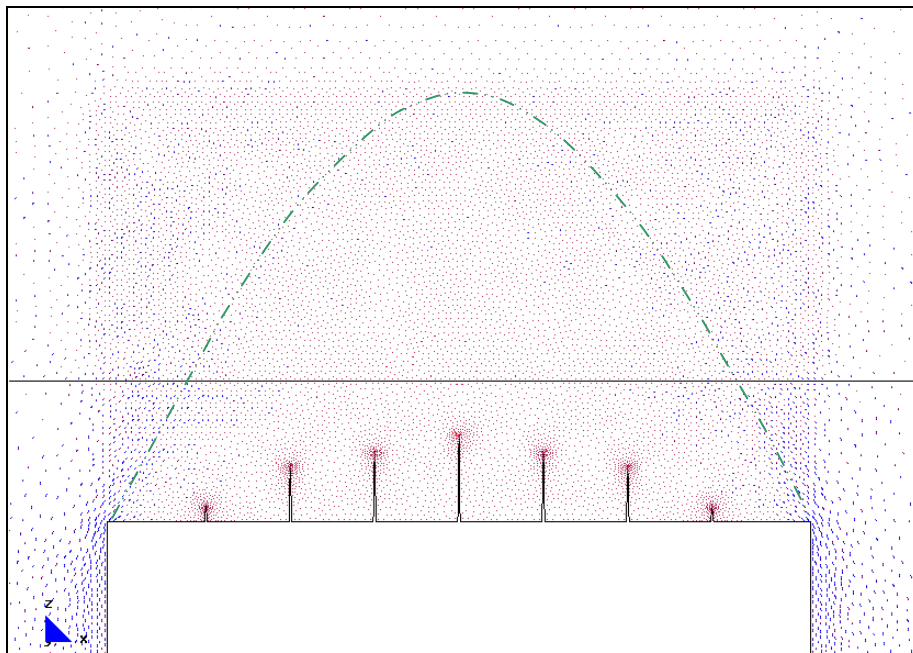
7.2.1.2.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras a excepción de las fisuras laterales



a.- Gráfico del modelo completo.



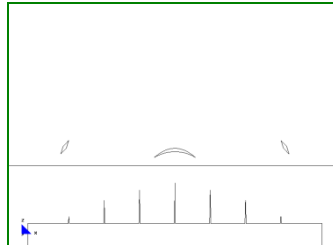
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



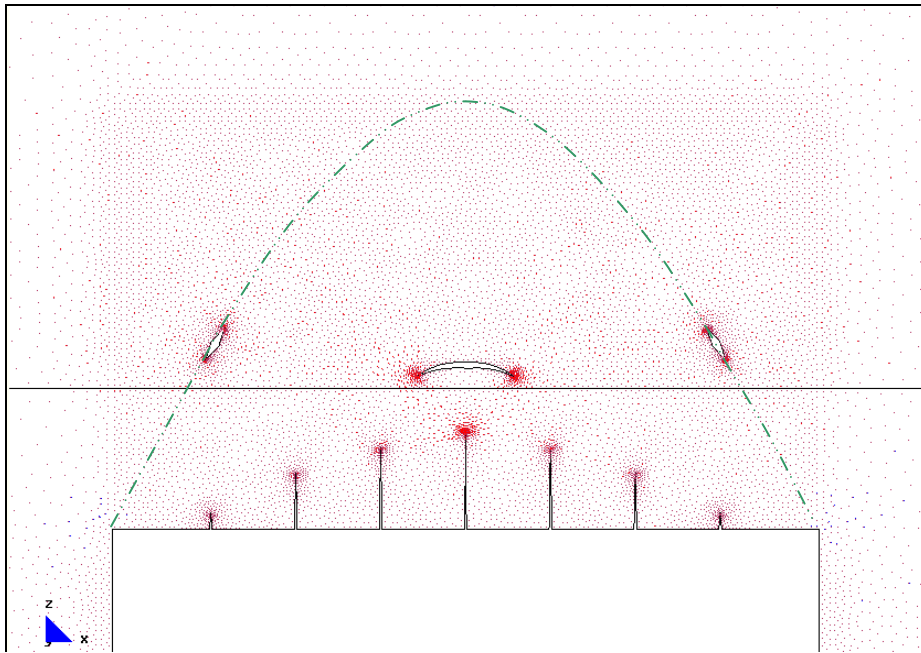
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

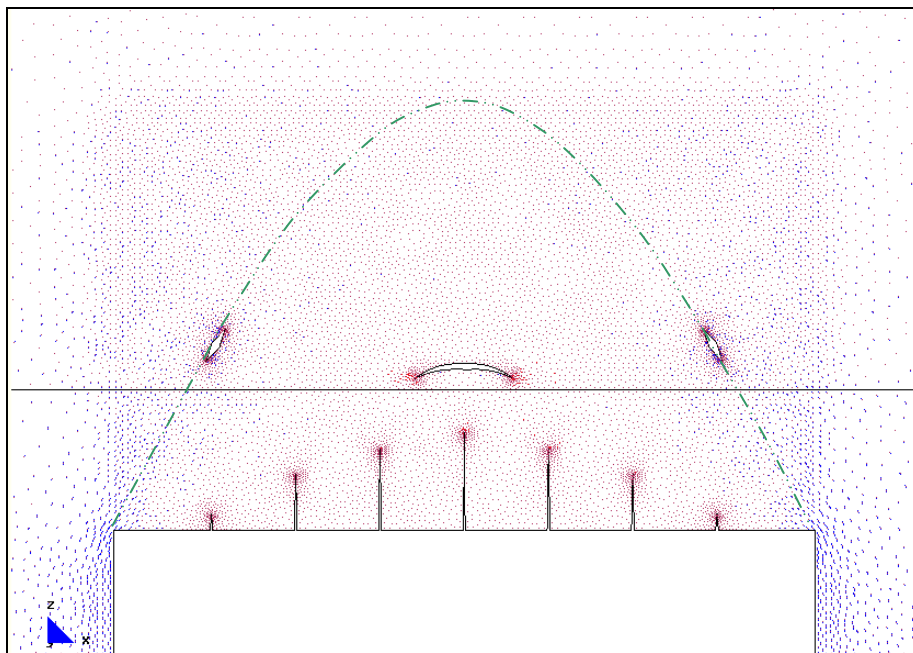
7.2.1.2.4 Aumento de las tres fisuras centrales e inicio del segundo grupo de fisuras, de las cuales las inclinadas inician la formación del arco de descarga



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-1-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.1.2⁸⁴*(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

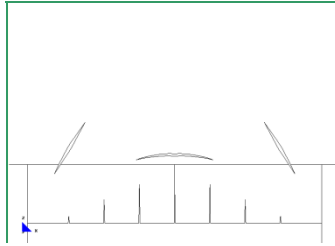
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

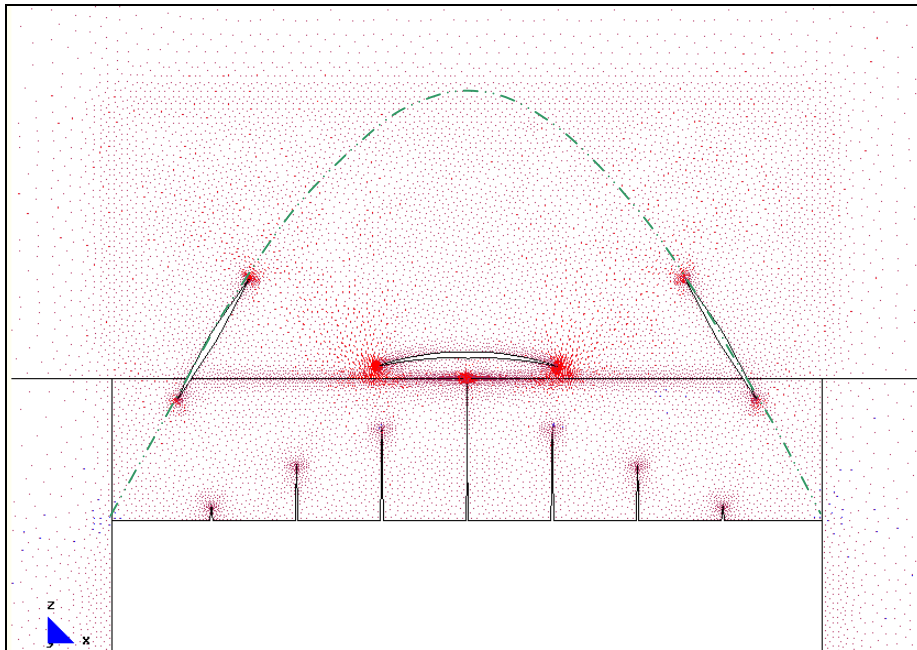
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁸⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.1.2.gid.

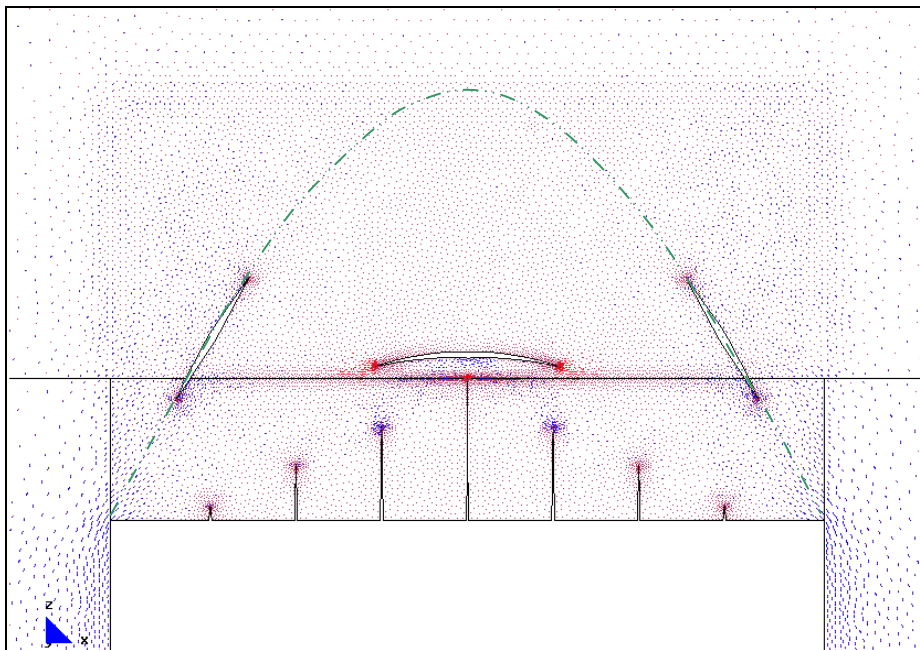
7.2.1.2.5 Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo



a.- Gráfico del modelo completo.



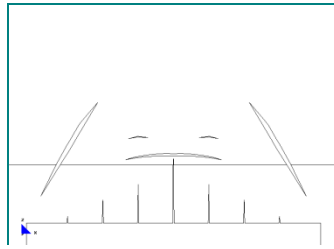
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



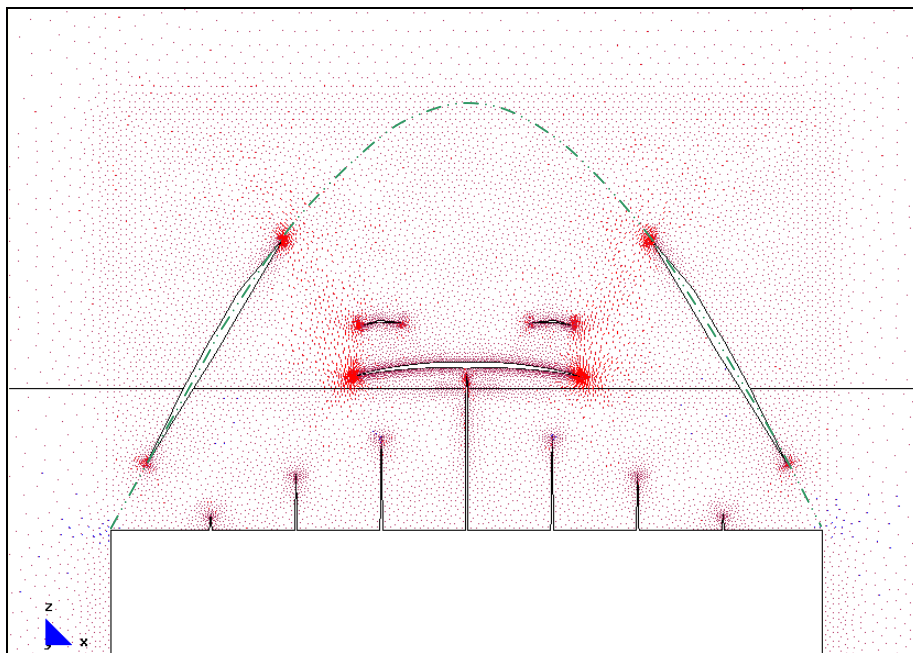
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

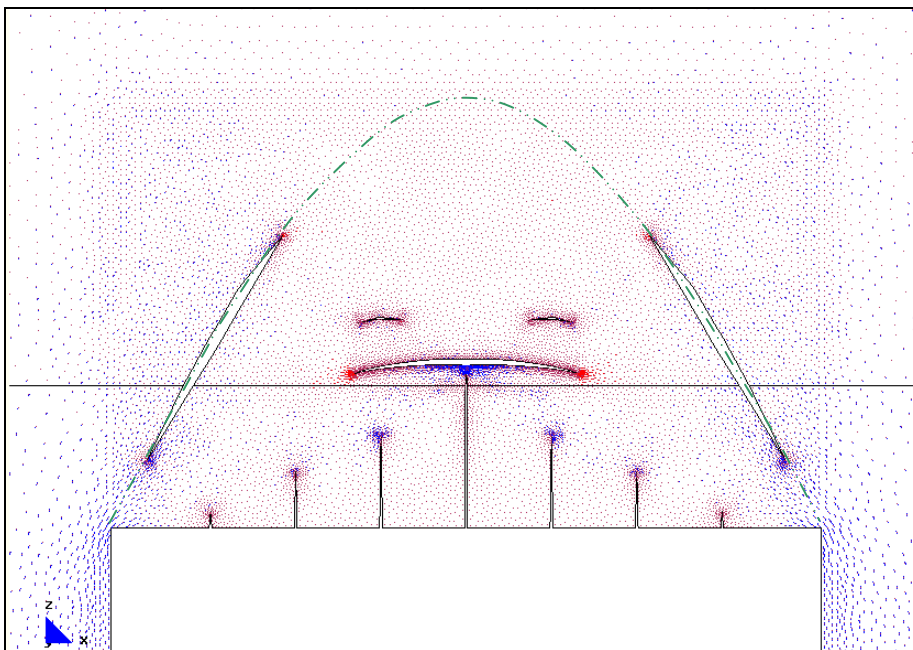
7.2.1.2.6 Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo. Aumento de dos nuevas fisuras



a.- Gráfico del modelo completo.



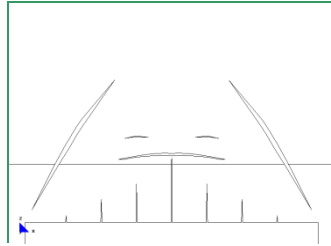
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



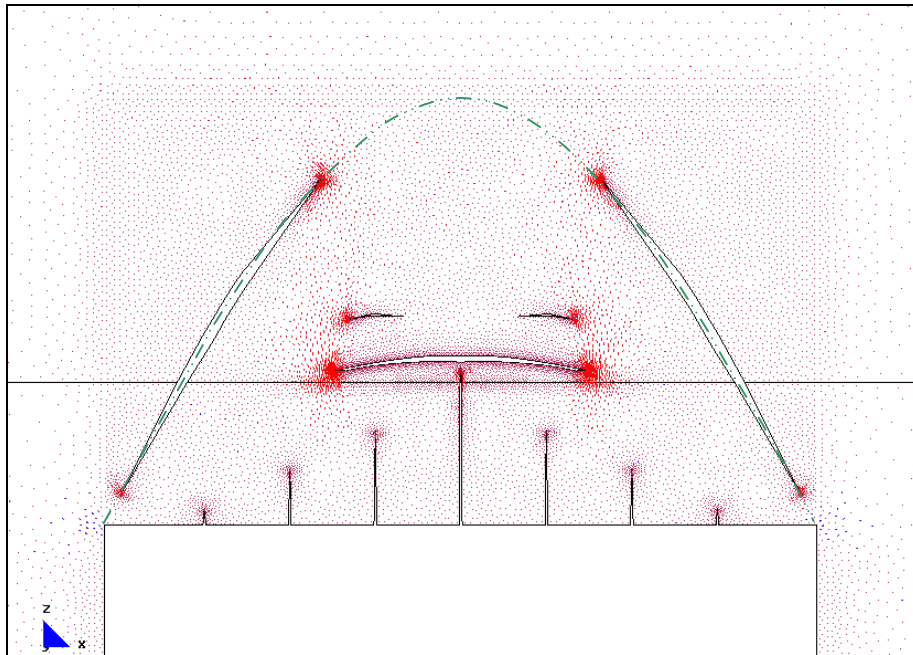
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

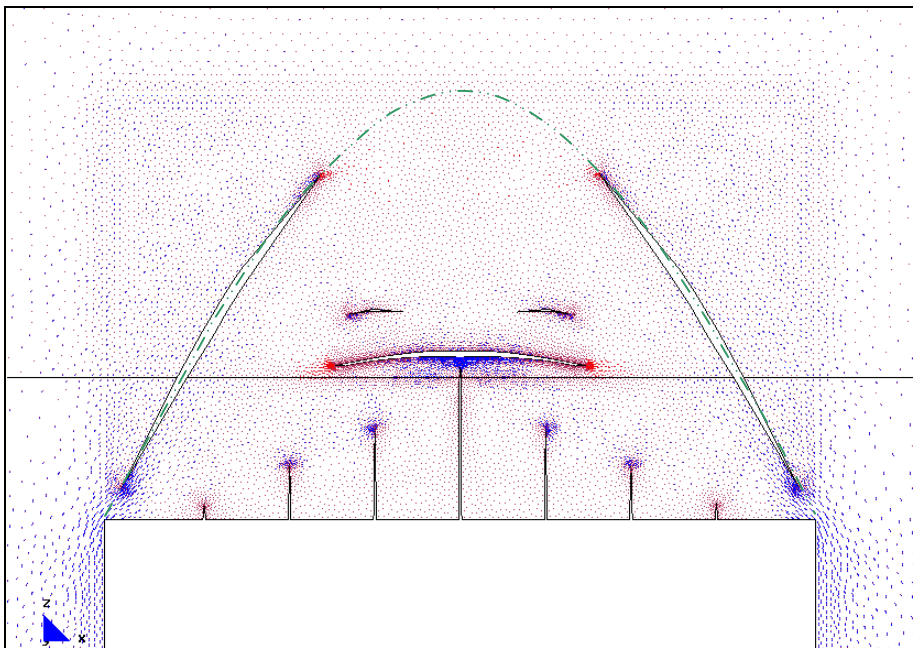
7.2.1.2.7 Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior de la pared



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-1-3

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.1.3⁸⁵

(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

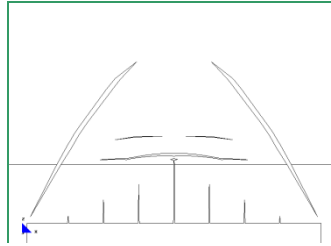
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

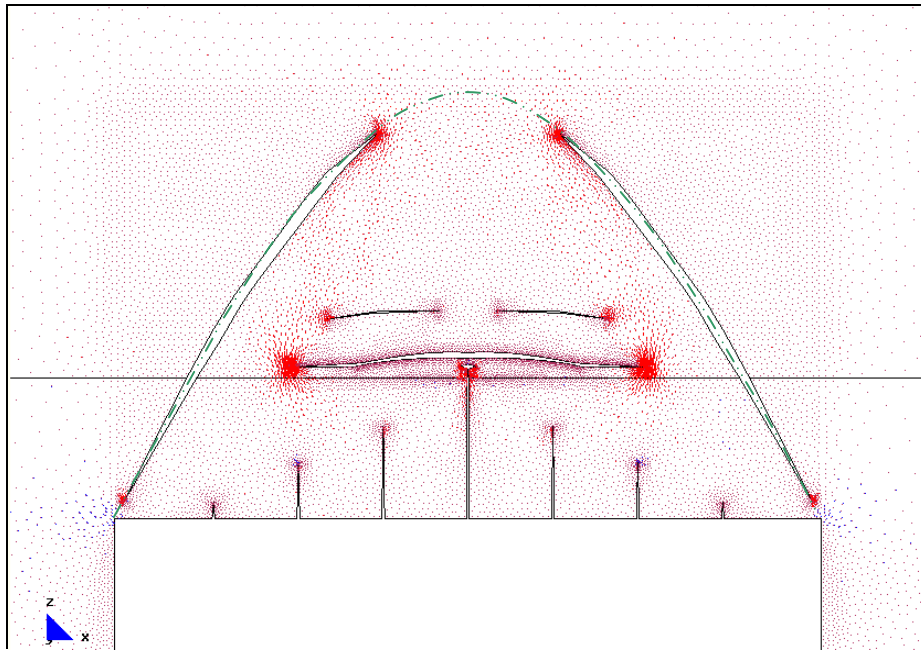
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁸⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.1.3.gid.

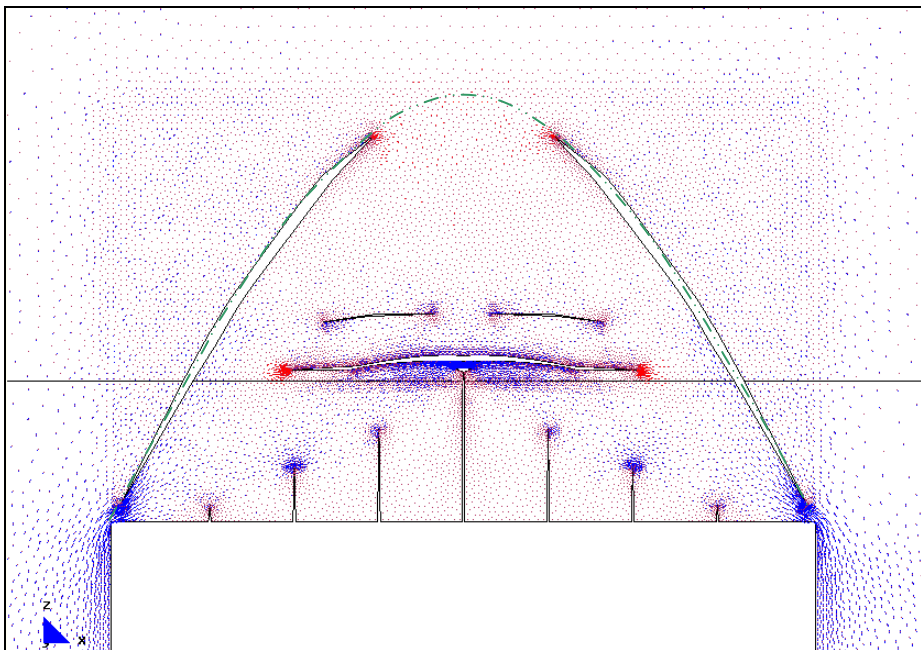
7.2.1.2.8 Aumento y desviación de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior



a.- Gráfico del modelo completo.



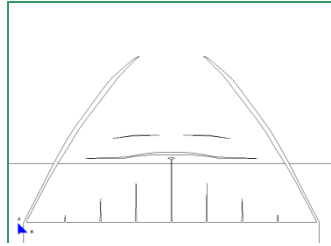
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



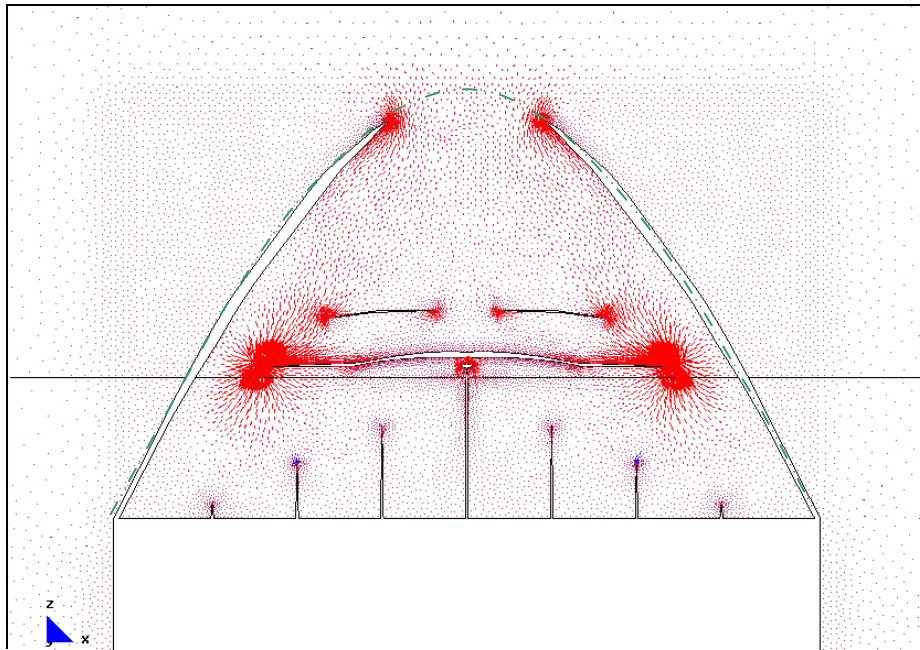
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

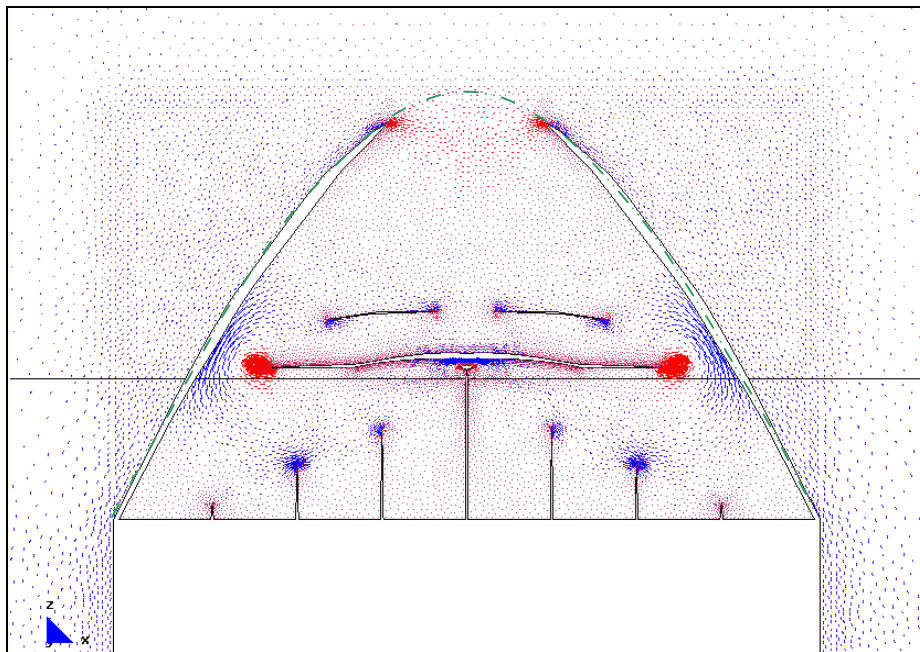
7.2.1.2.9 Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas y crecimiento de las fisuras horizontales



a.- Gráfico del modelo completo.



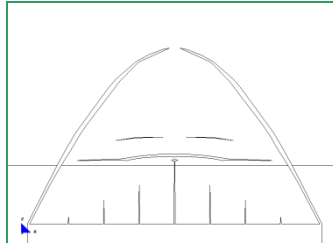
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



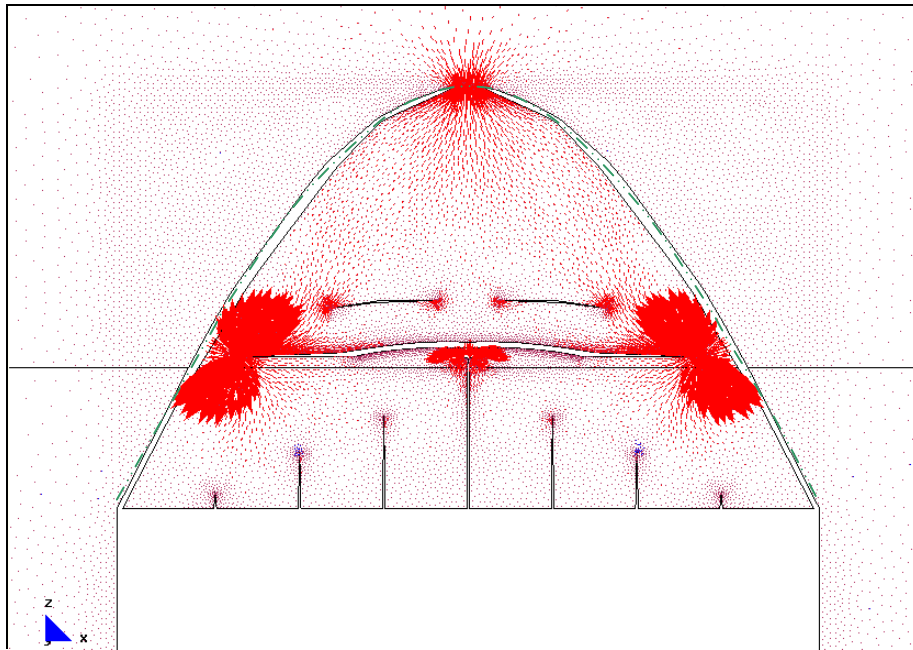
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

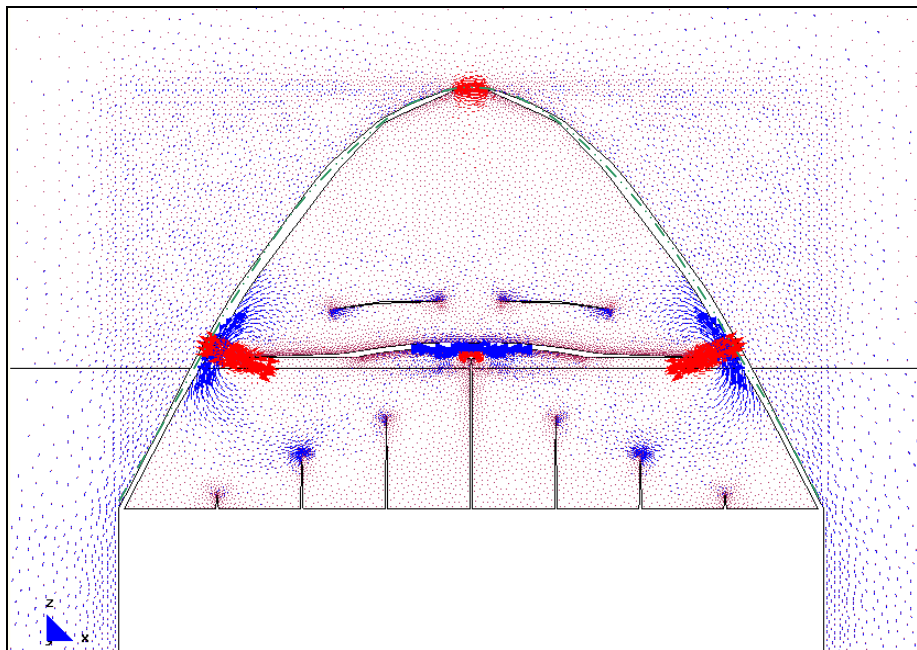
7.2.1.2.10 Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas y de las fisuras horizontales



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-1-4**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.1.4⁸⁶***(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

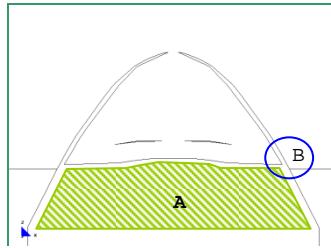
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

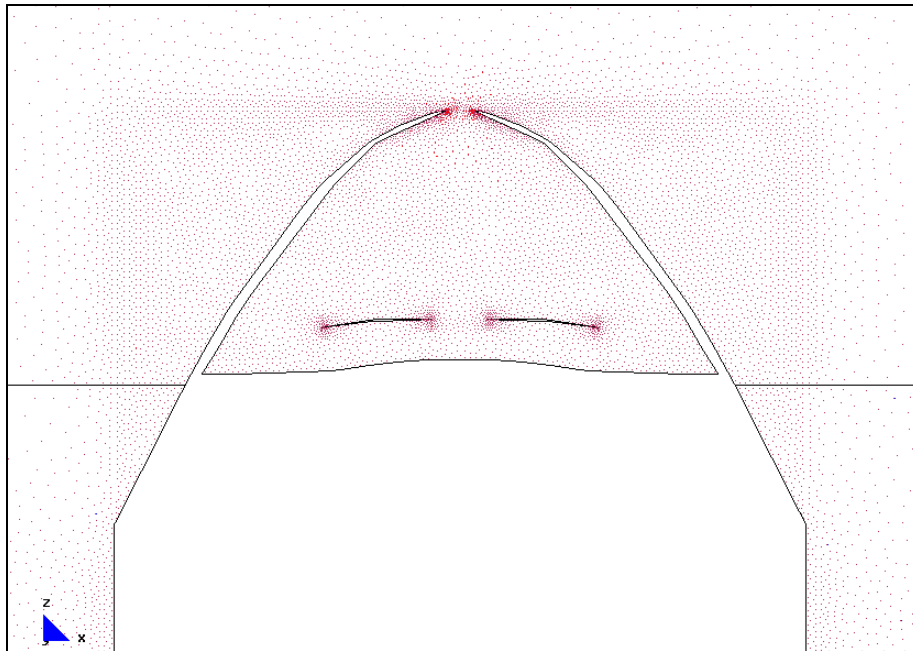
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁸⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.1.4.gid.

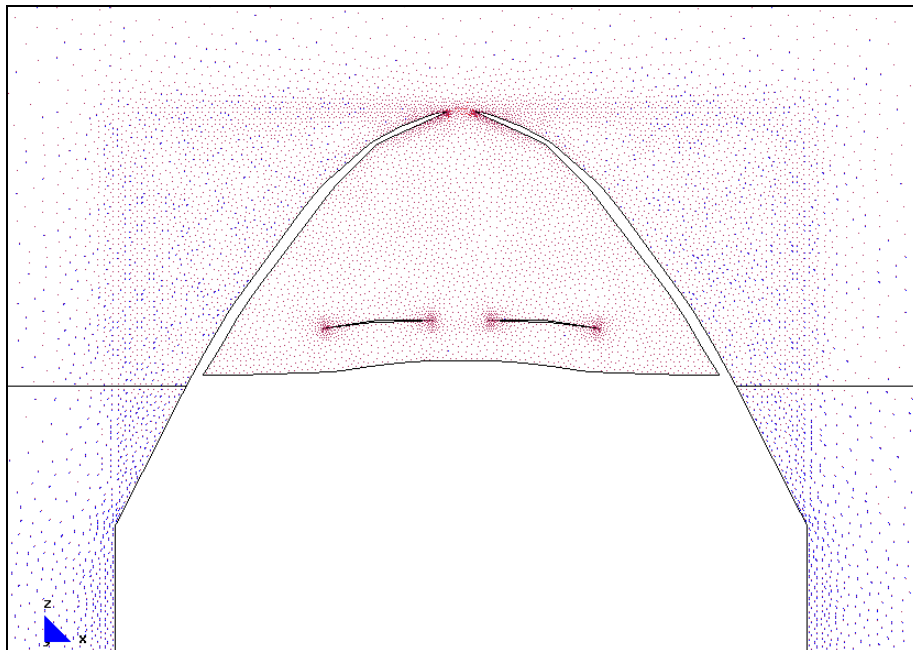
7.2.1.2.11 Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas. Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A"



a.- Gráfico del modelo completo.



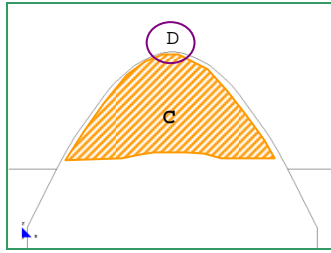
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



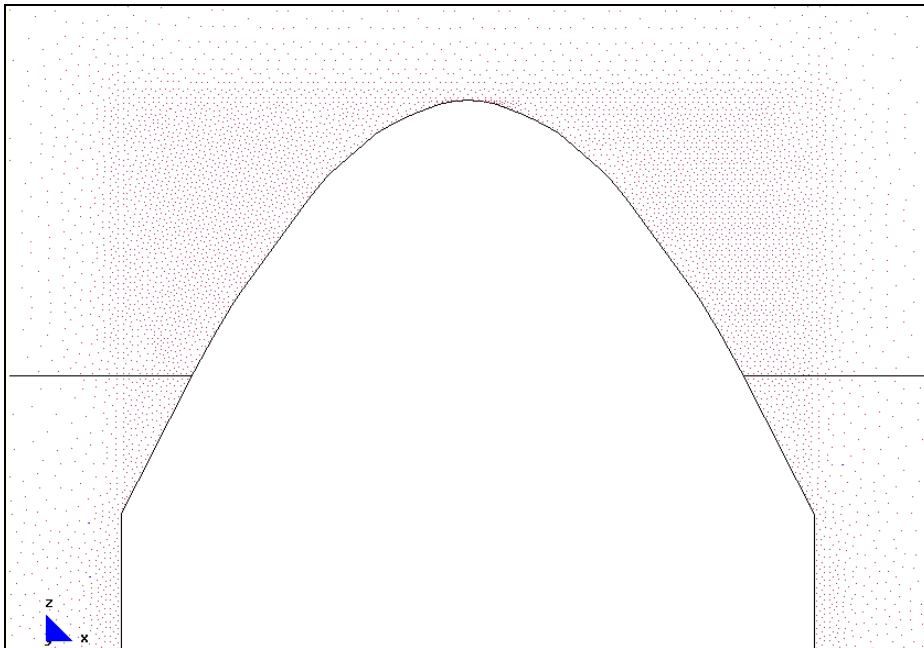
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

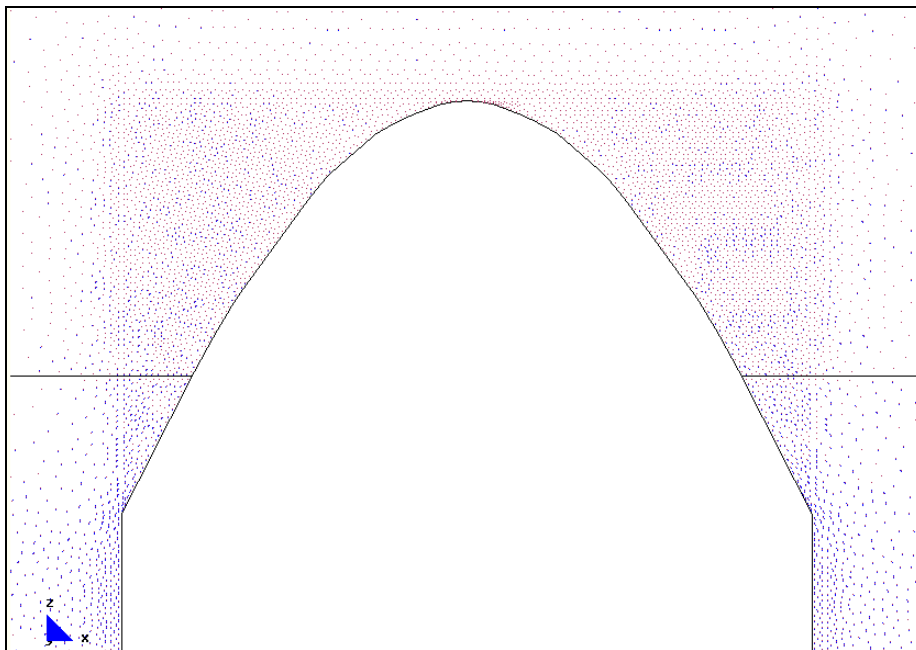
7.2.1.2.12 Rotura completa en la zona "D" y colapso de la zona "C". Formación total del arco de descarga. Se alcanza el estado de equilibrio de la pared



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

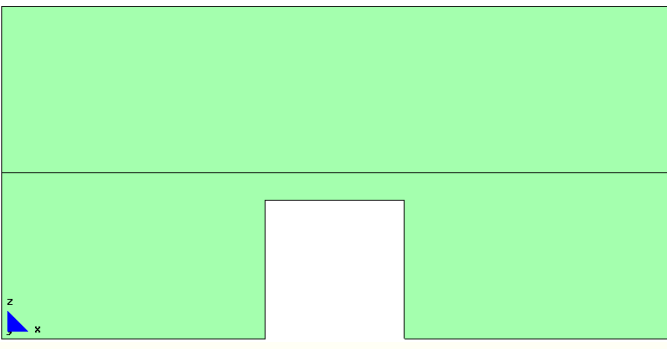
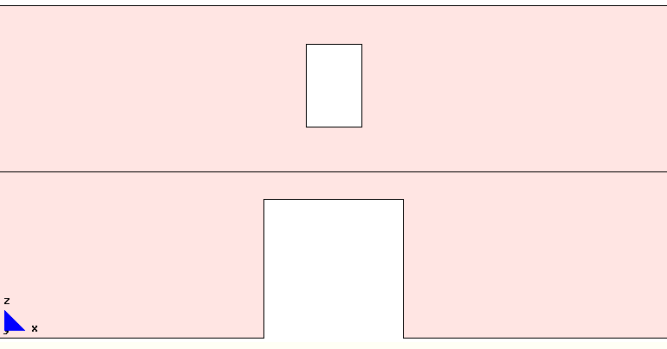
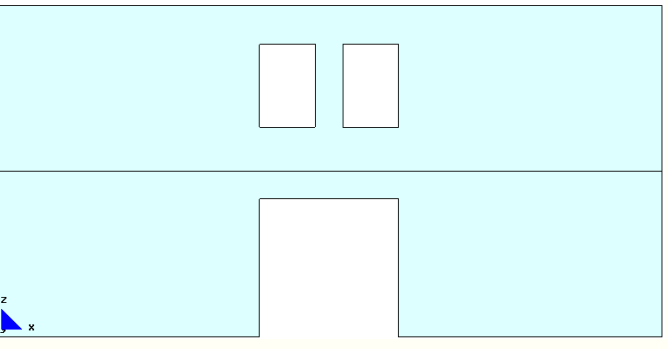
MJG

7.2 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M

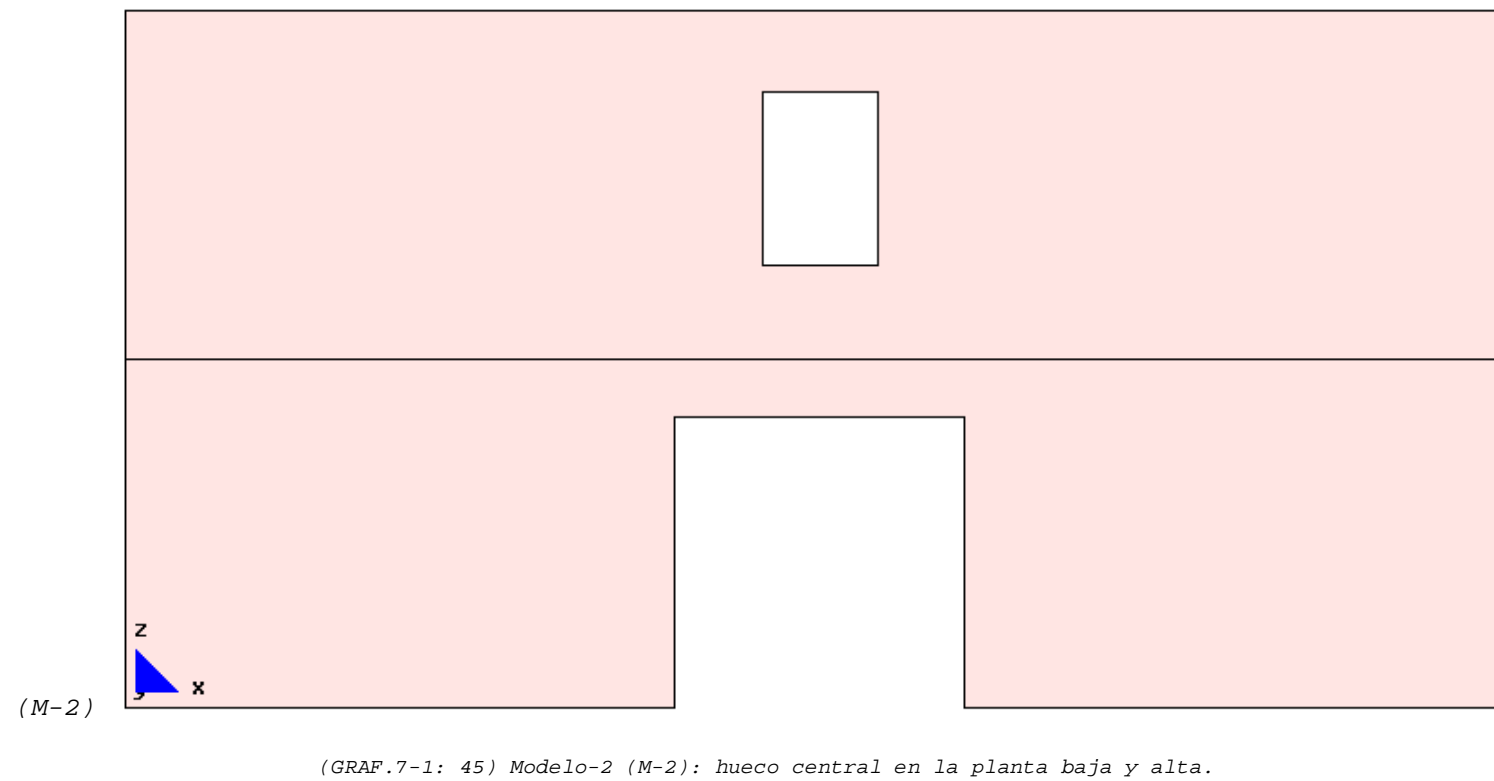
- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON NUEVO HUECO CENTRAL**
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON DOS NUEVOS HUECOS

7.2.2 Modelo simétrico de dos plantas con nuevo hueco central

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos simétricos a analizar:

MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-1</p>	 <p>M-2</p>	 <p>M-3</p>
<p>(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 45) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.</p>

En segundo lugar analizamos el segundo modelo simétrico:



FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0⁸⁷

(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

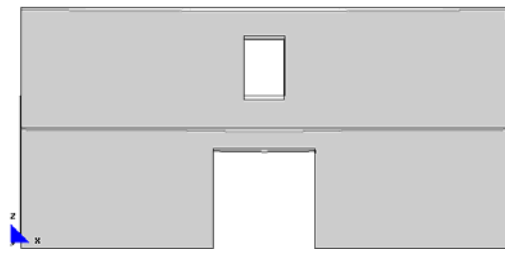
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

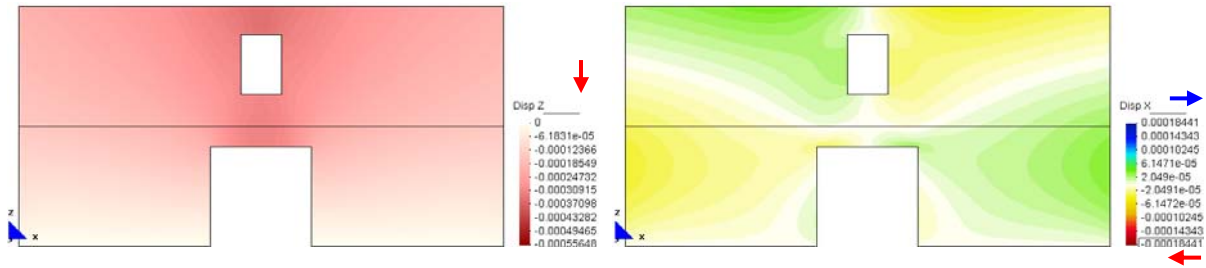
⁸⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.2.2.1 Modelo con huecos centrales: uno en planta baja y uno en planta alta



f.- Deformada ampliada 300 veces.

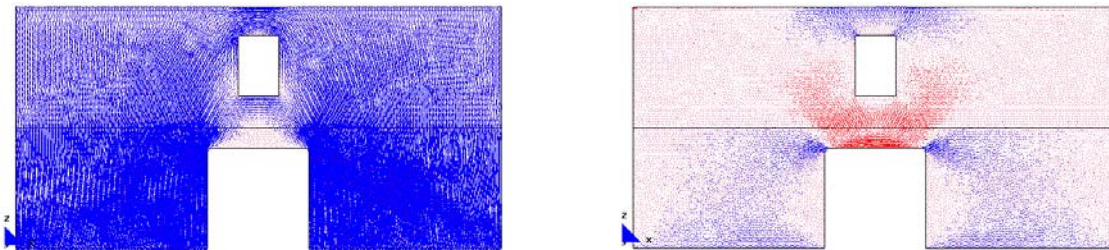
Deformada



a.- Displacement (m).Disp-Z

a'.- Displacement (m).Disp-X

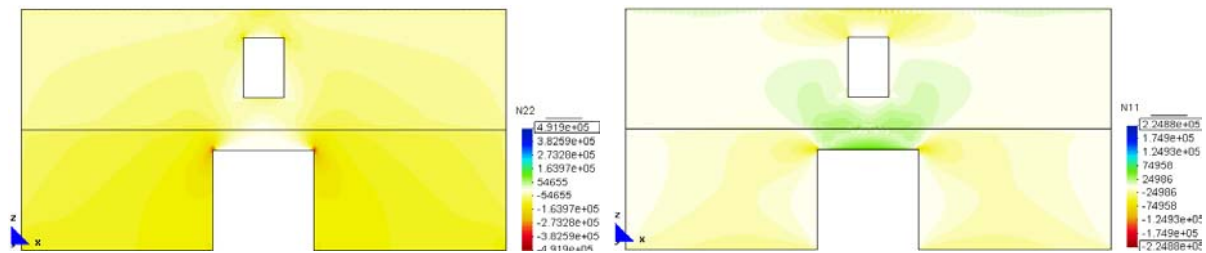
Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii Factor-8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

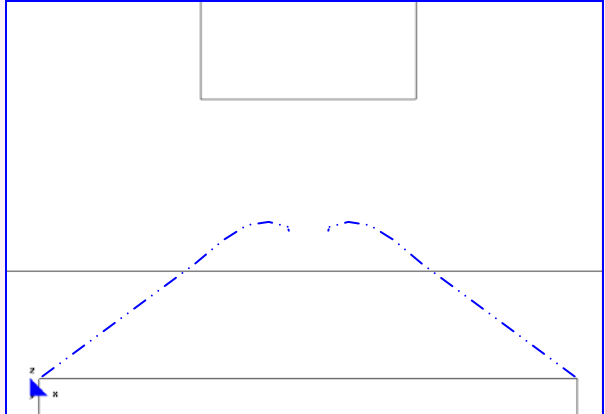
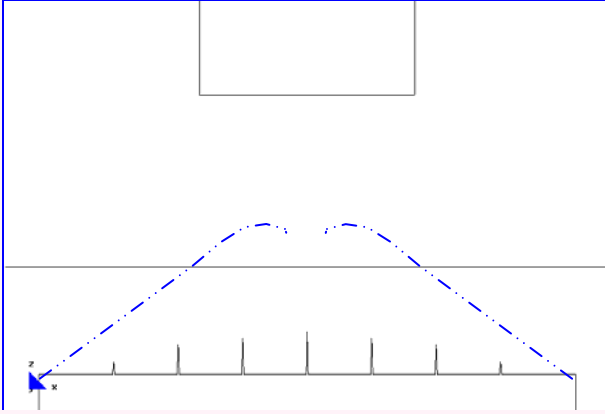
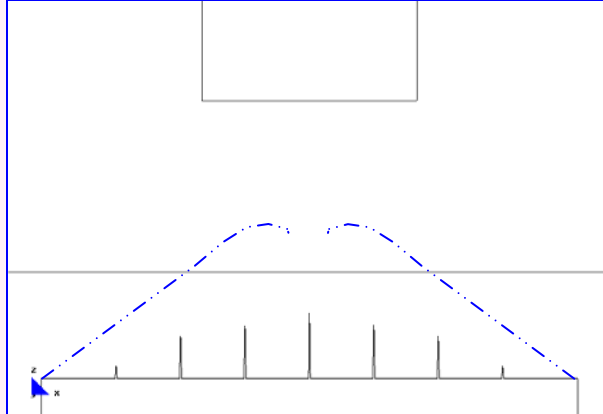
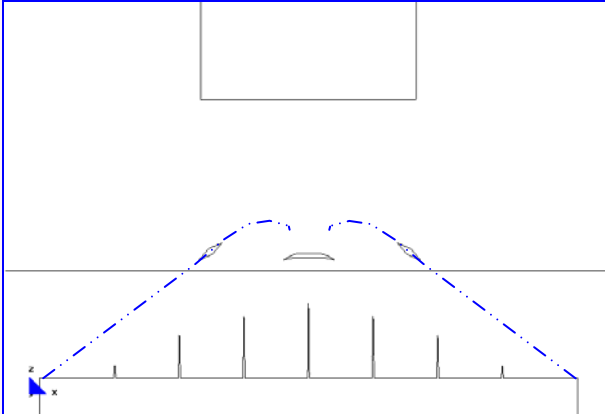
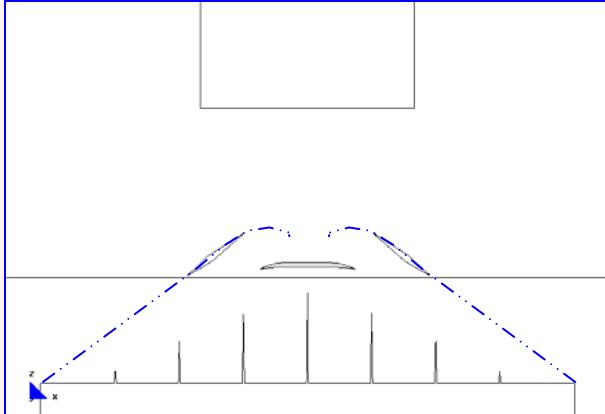
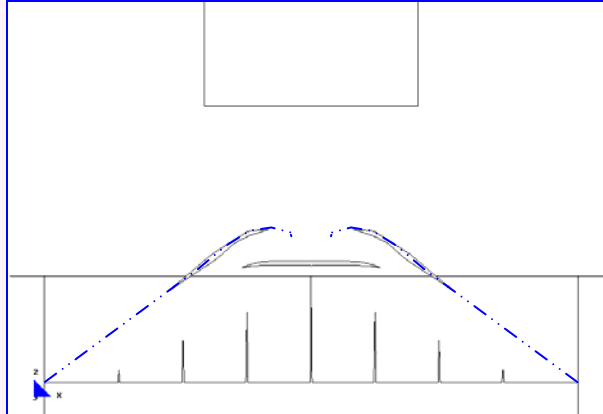
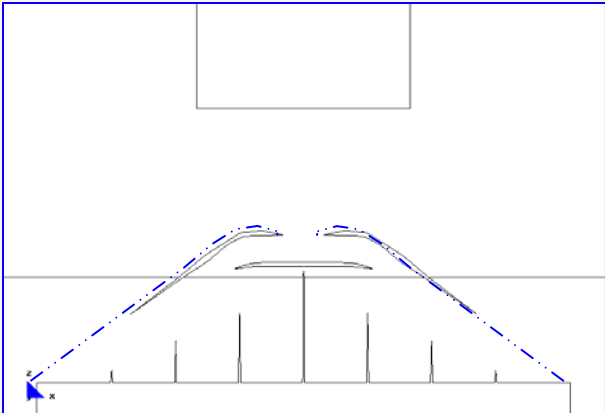
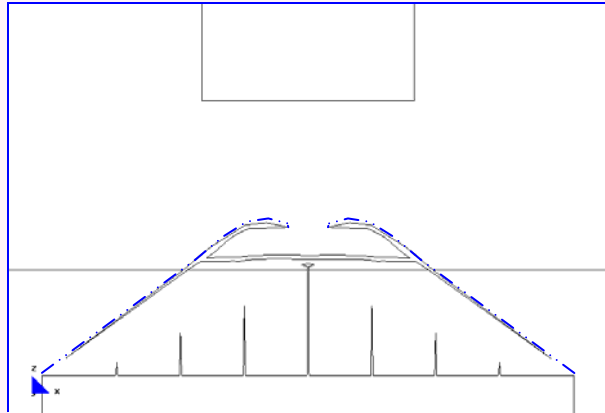
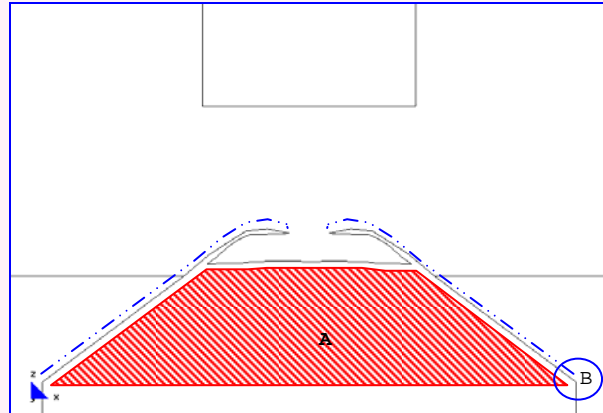


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

7.2.2.2 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 11) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
(GRAF.7-2: 13) Pared sin fisuración.	(GRAF.7-2: 14) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.	(GRAF.7-2: 15) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
(GRAF.7-2: 16) Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Presencia de un nuevo grupo de fisuras: inclinadas (que inician la formación del arco de descarga) y horizontal.	(GRAF.7-2: 17) Desarrollo de las fisuras existentes. Finalizan su crecimiento las dos fisuras laterales inferiores de cada lado.	(GRAF.7-2: 18) Desarrollo de las fisuras existentes.
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>
(GRAF.7-2: 19) Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Desviación (prácticamente horizontal) de la parte superior de las fisuras inclinadas.	(GRAF.7-2: 20) Aumento de la longitud de las fisuras. Rotura completa de la fisura horizontal.	(GRAF.7-2: 21) Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A". Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.

FICHA DEL MODELO: M-2-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.2.1⁸⁸

(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-2)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

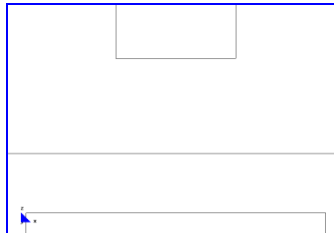
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

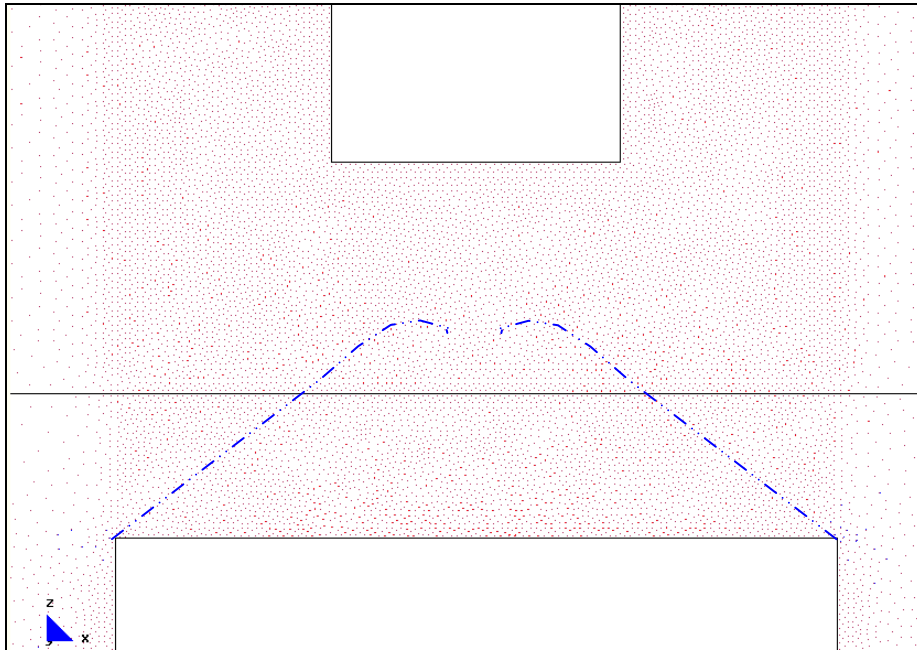
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

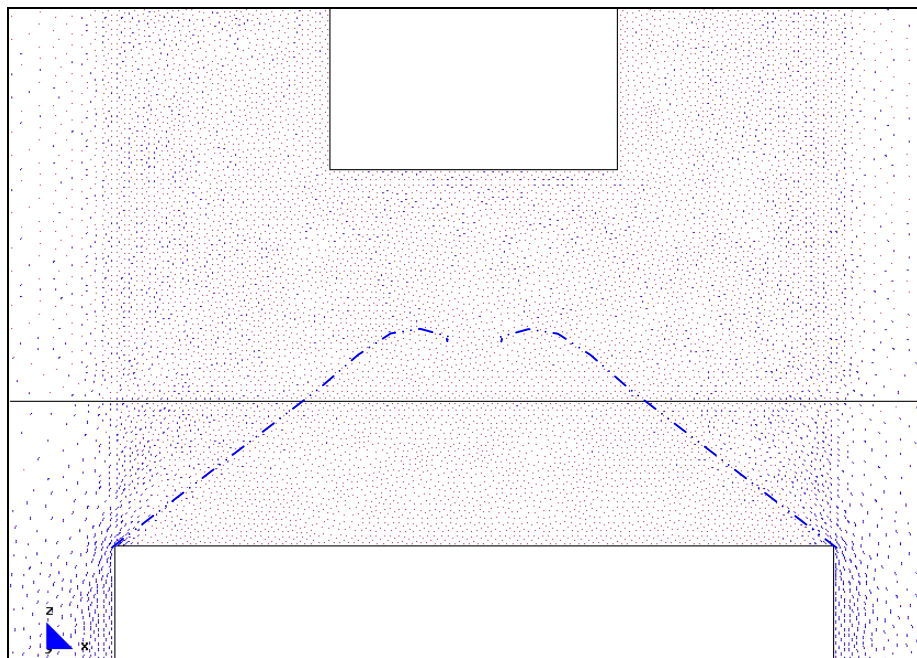
⁸⁸ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.2.1.gid.

7.2.2.2.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.

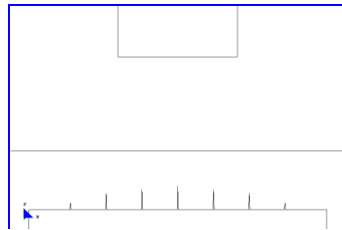


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

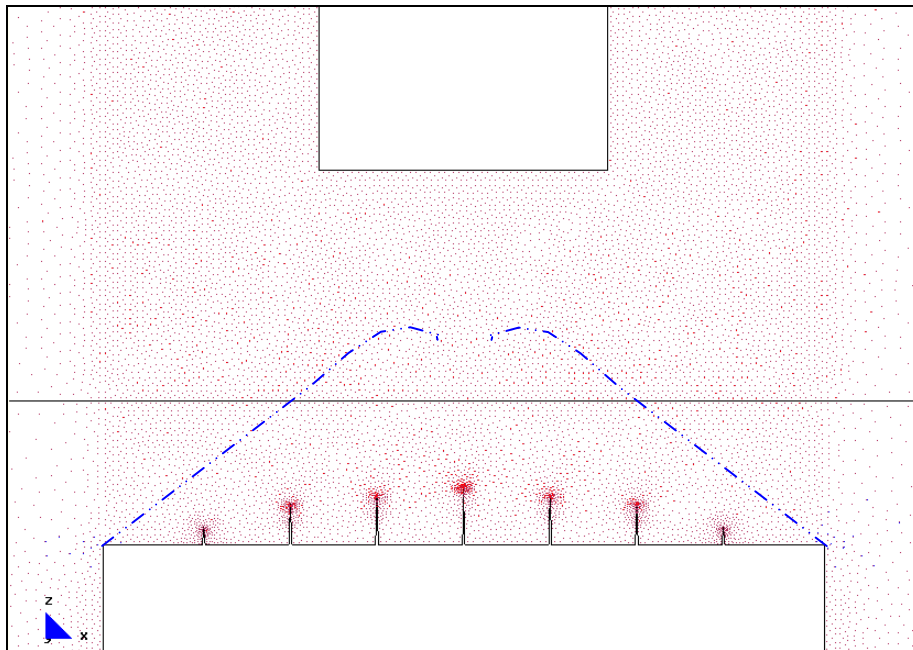


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

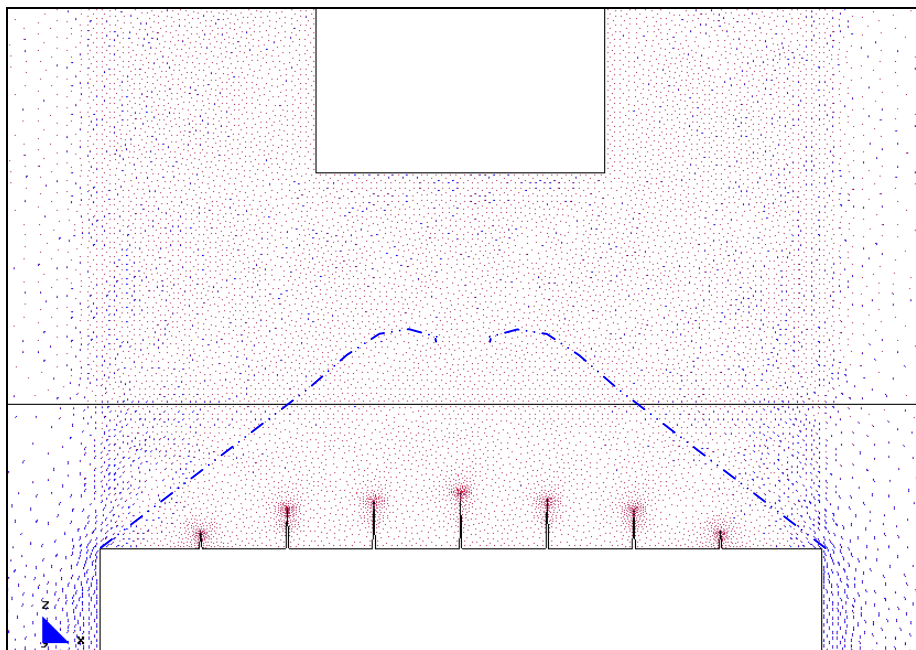
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.2.2.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo

a.- Gráfico del modelo completo.

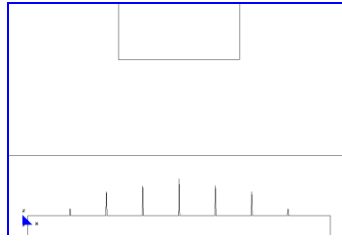


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

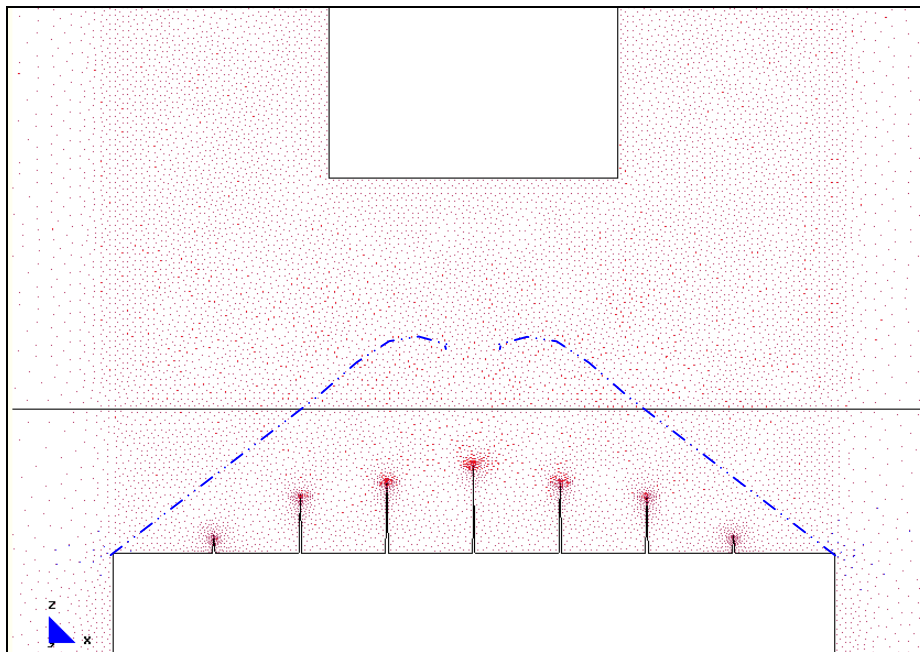


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

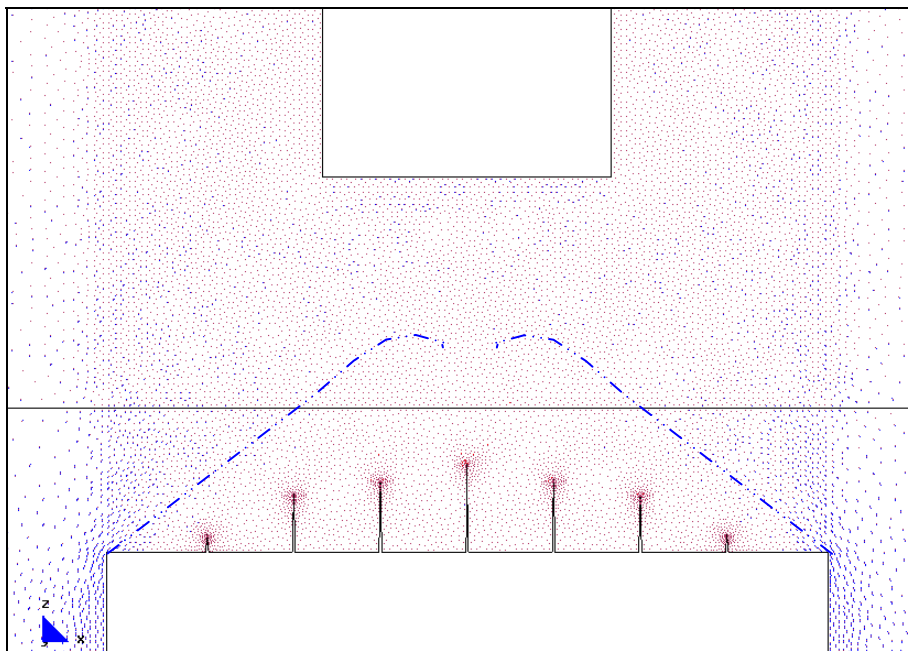
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.2.2.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



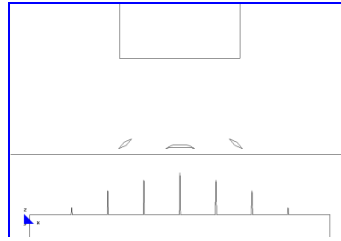
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.



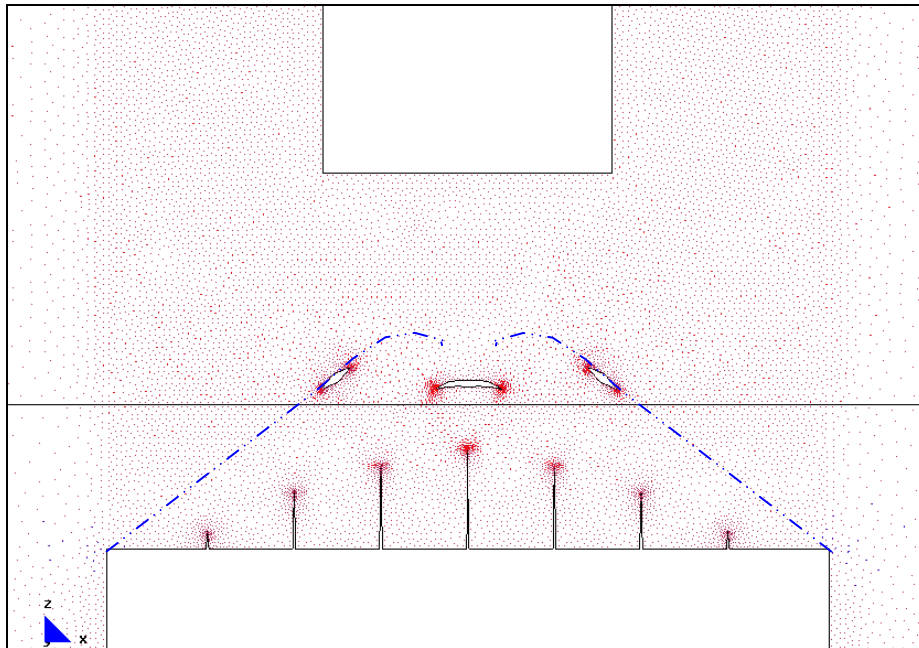
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

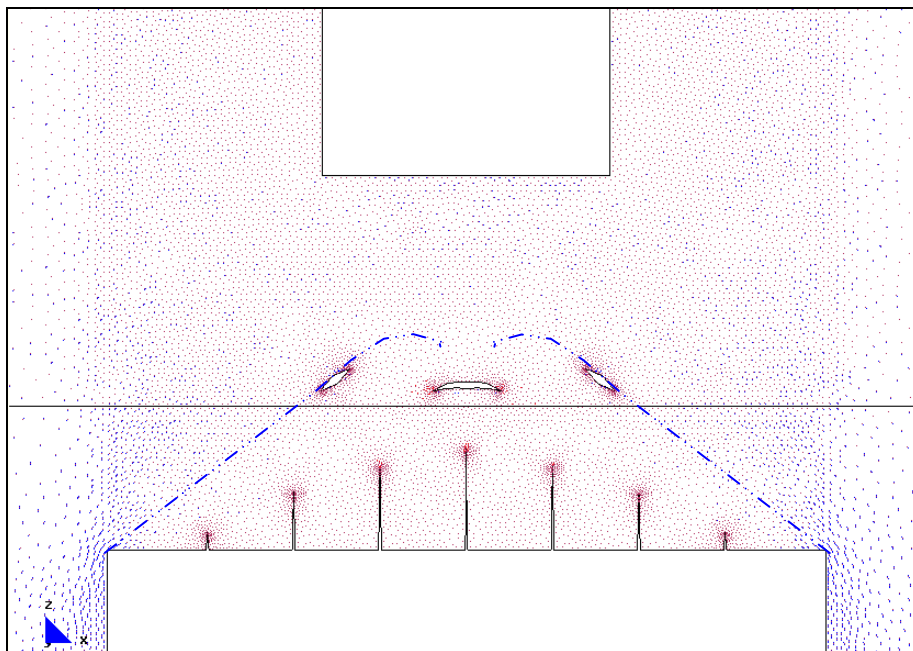
7.2.2.2.4 Aumento de la longitud de las fisuras existentes.
Presencia de un nuevo grupo de fisuras: inclinadas (que inician la
formación del arco de descarga) y horizontal



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-2-2**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.2.2⁸⁹***(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-2)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

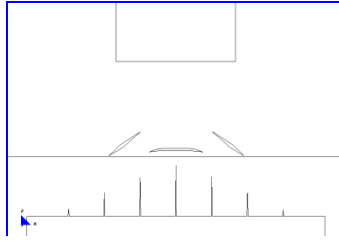
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

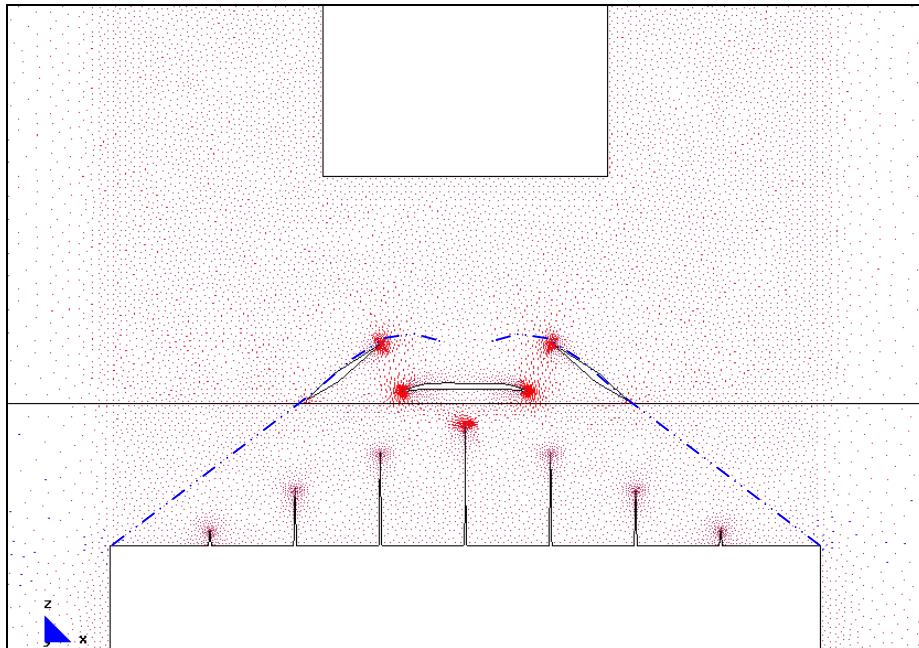
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁸⁹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.2.2.gid.

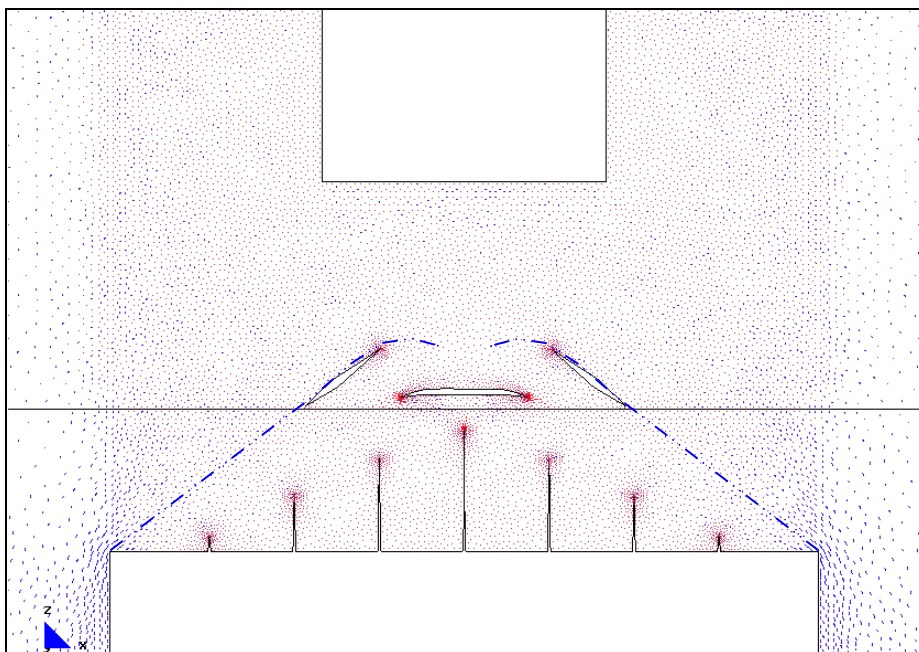
7.2.2.2.5 Desarrollo de las fisuras existentes. Finalizan su crecimiento las dos fisuras laterales inferiores de cada lado



a.- Gráfico del modelo completo.

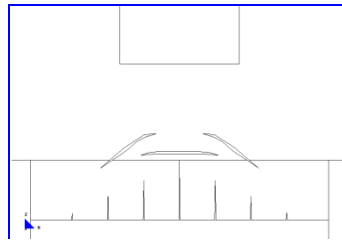


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

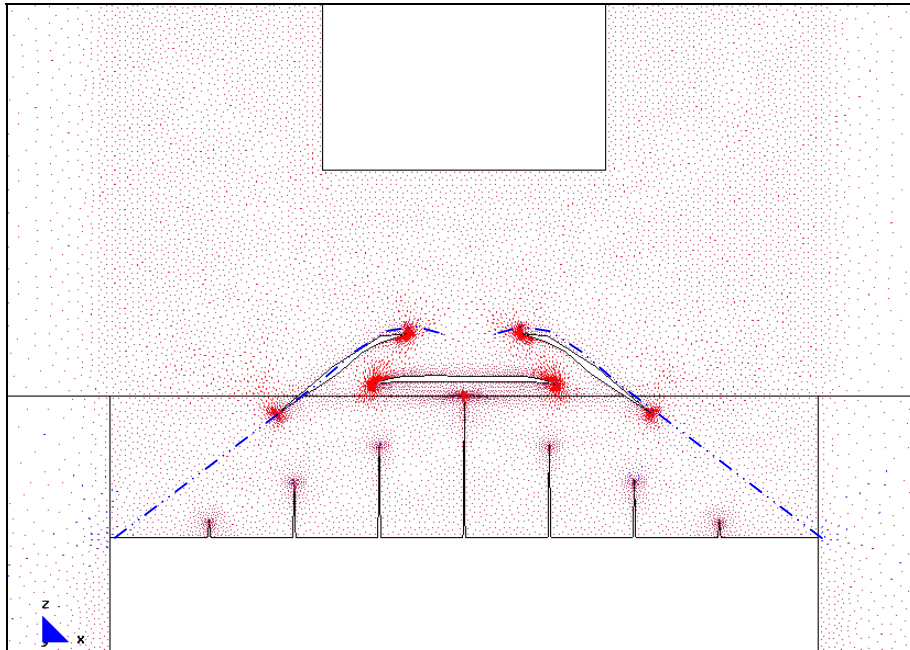


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

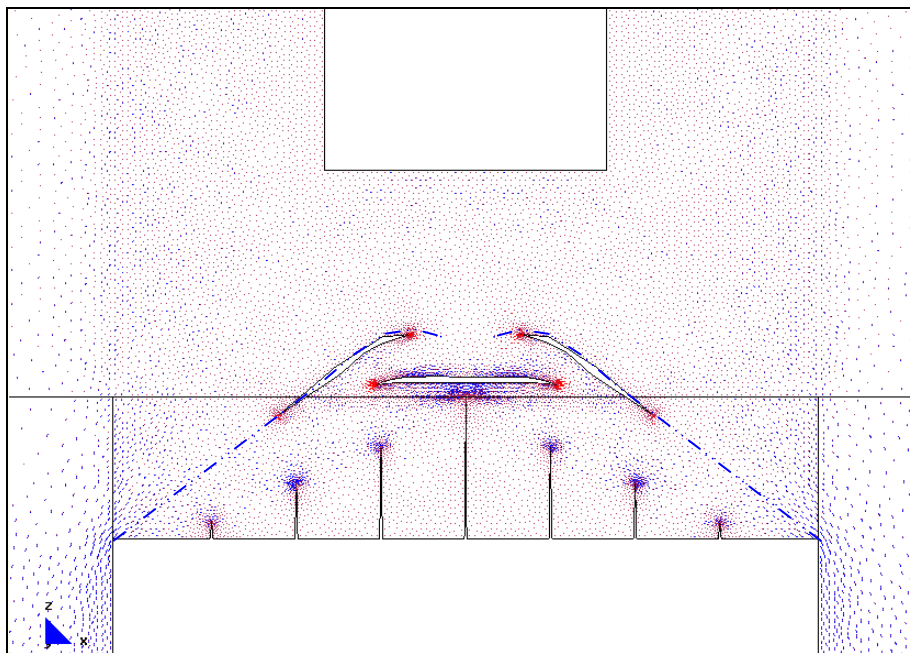
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.2.2.6 Desarrollo de las fisuras existentes

a.- Gráfico del modelo completo.



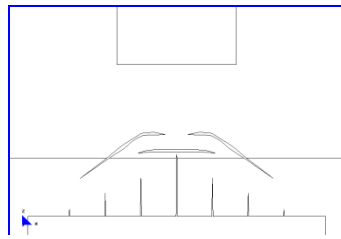
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



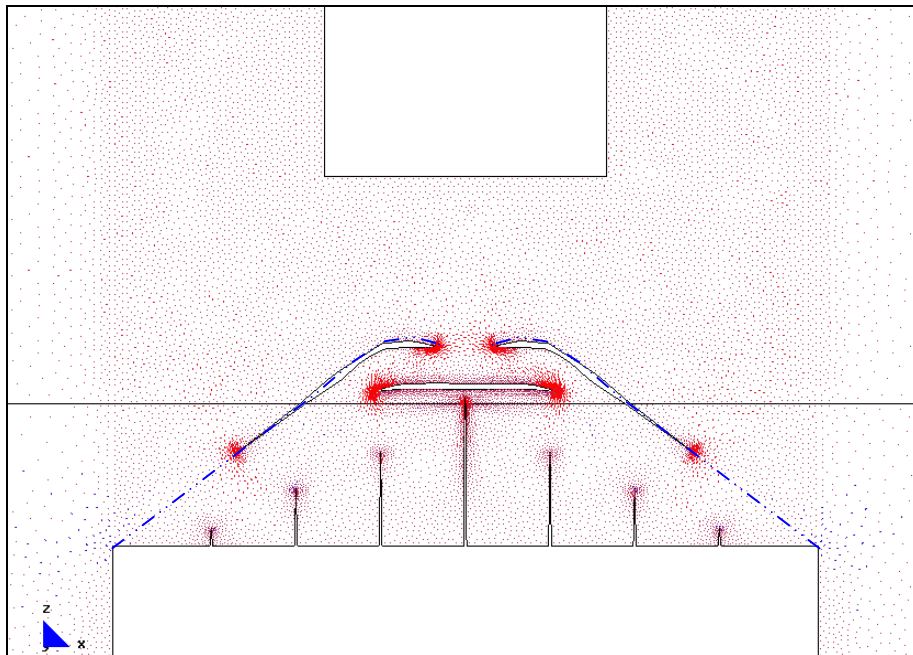
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

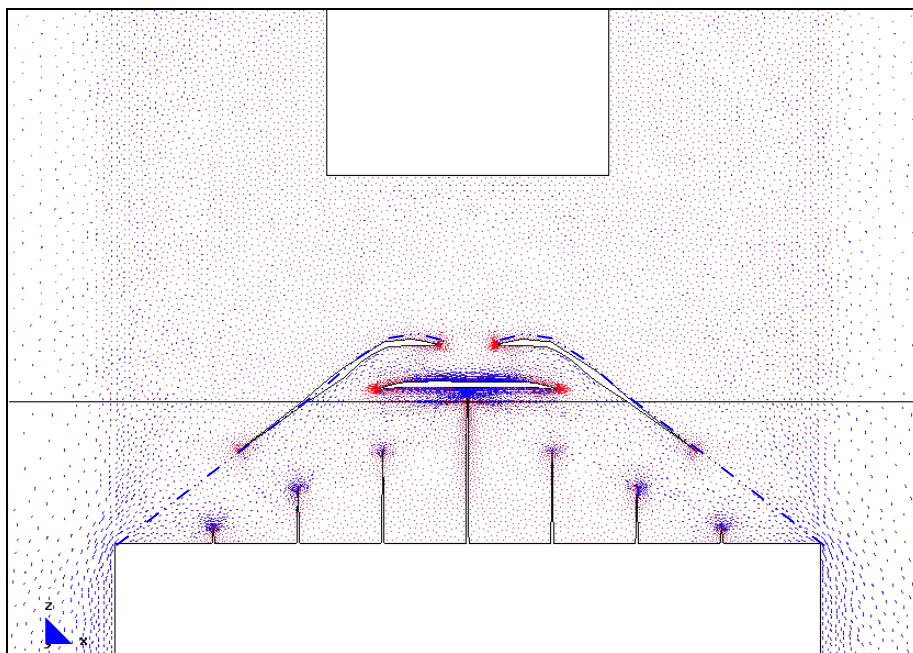
7.2.2.2.7 Aumento de la longitud de las fisuras existentes.
Desviación (prácticamente horizontal) de la parte superior de las fisuras
inclinadas



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-2-3

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.2.3⁹⁰*(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-2)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

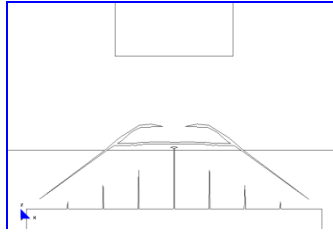
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

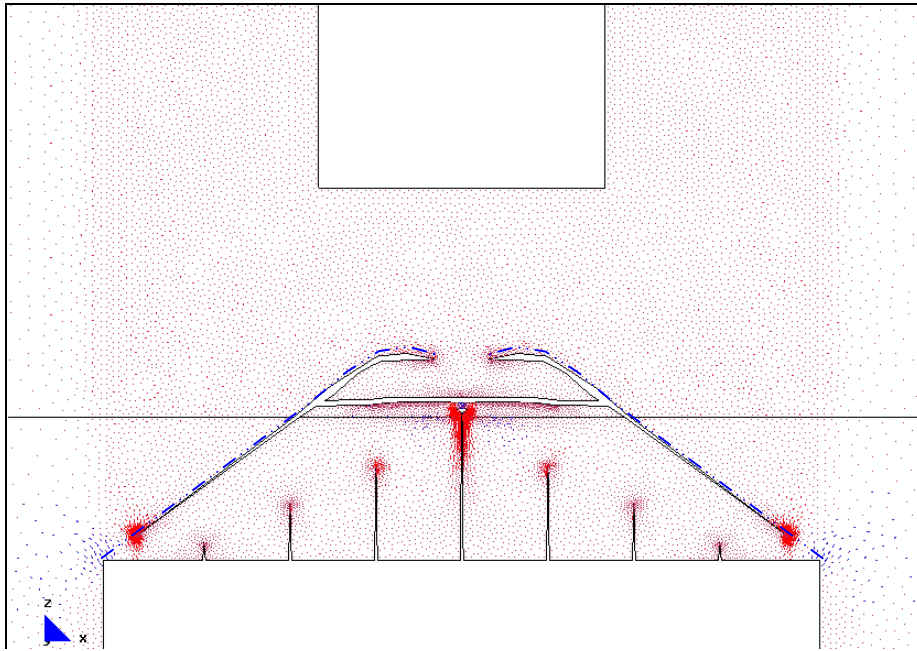
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

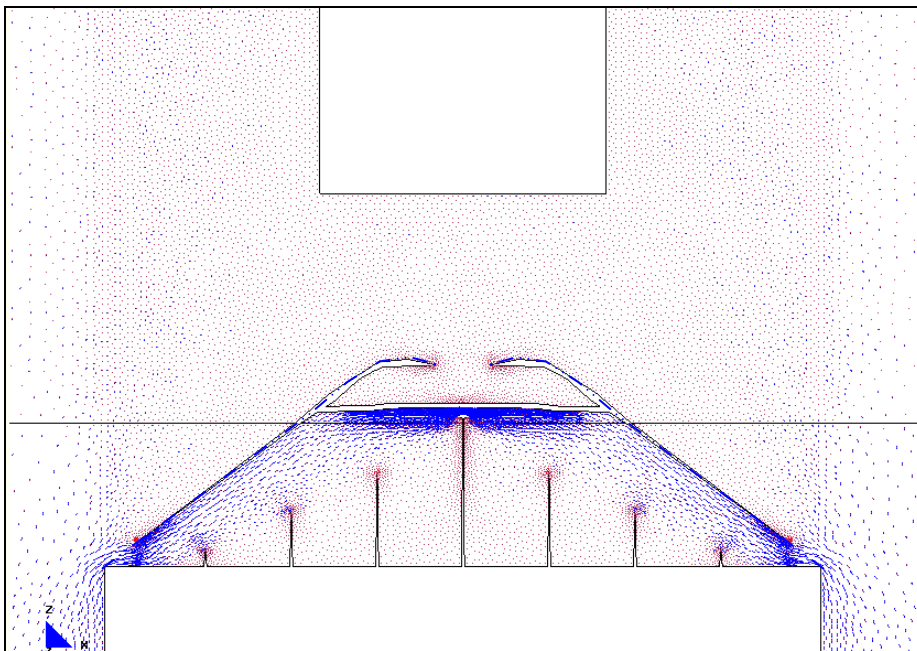
⁹⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.2.3.gid.

7.2.2.2.8 Aumento de la longitud de las fisuras. Rotura completa de la fisura horizontal

a.- Gráfico del modelo completo.



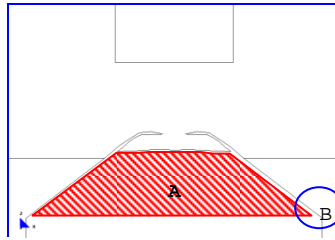
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



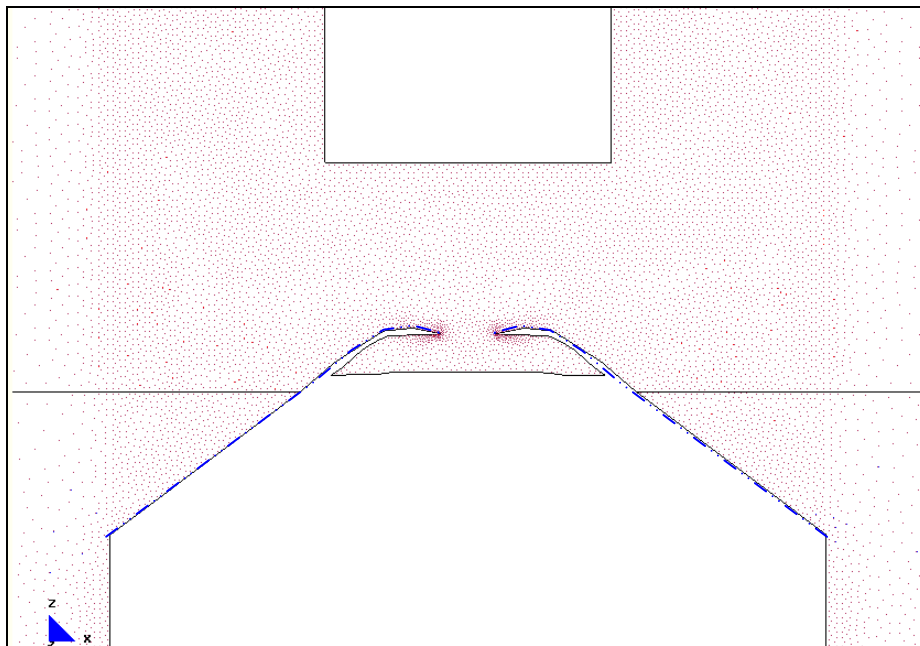
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

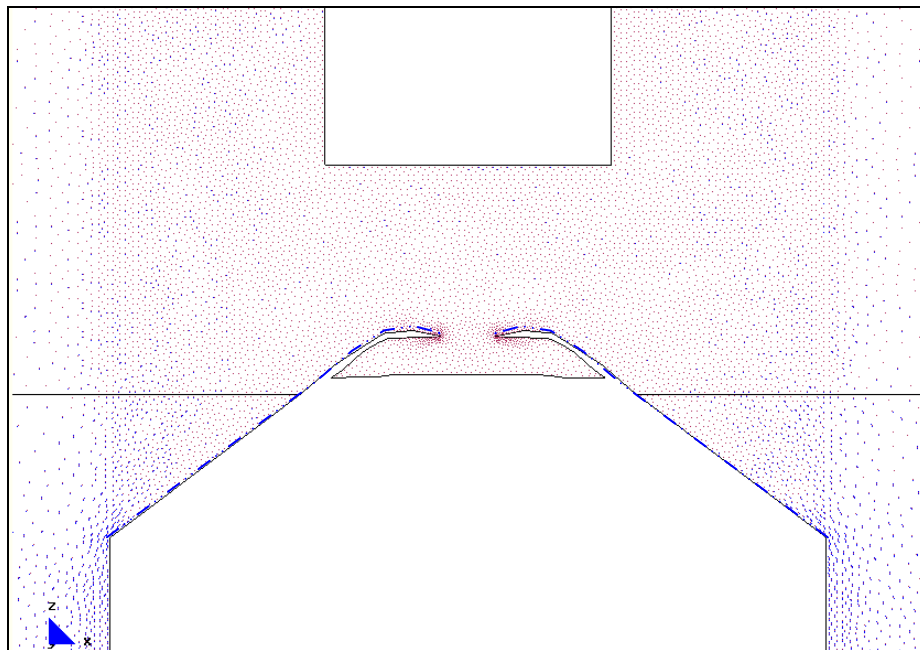
7.2.2.2.9 Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A".
Se alcanza el estado de equilibrio de la pared



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

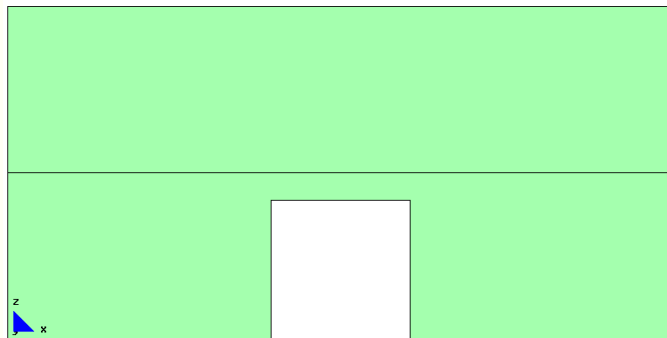
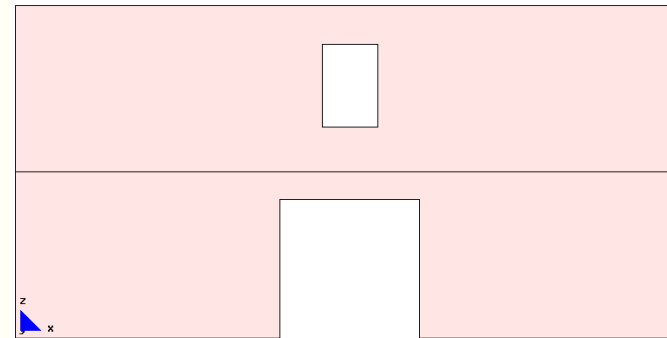
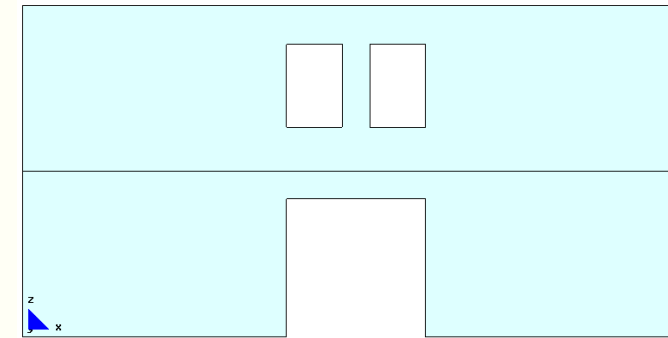
MJG

7.2 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,001X0,001M

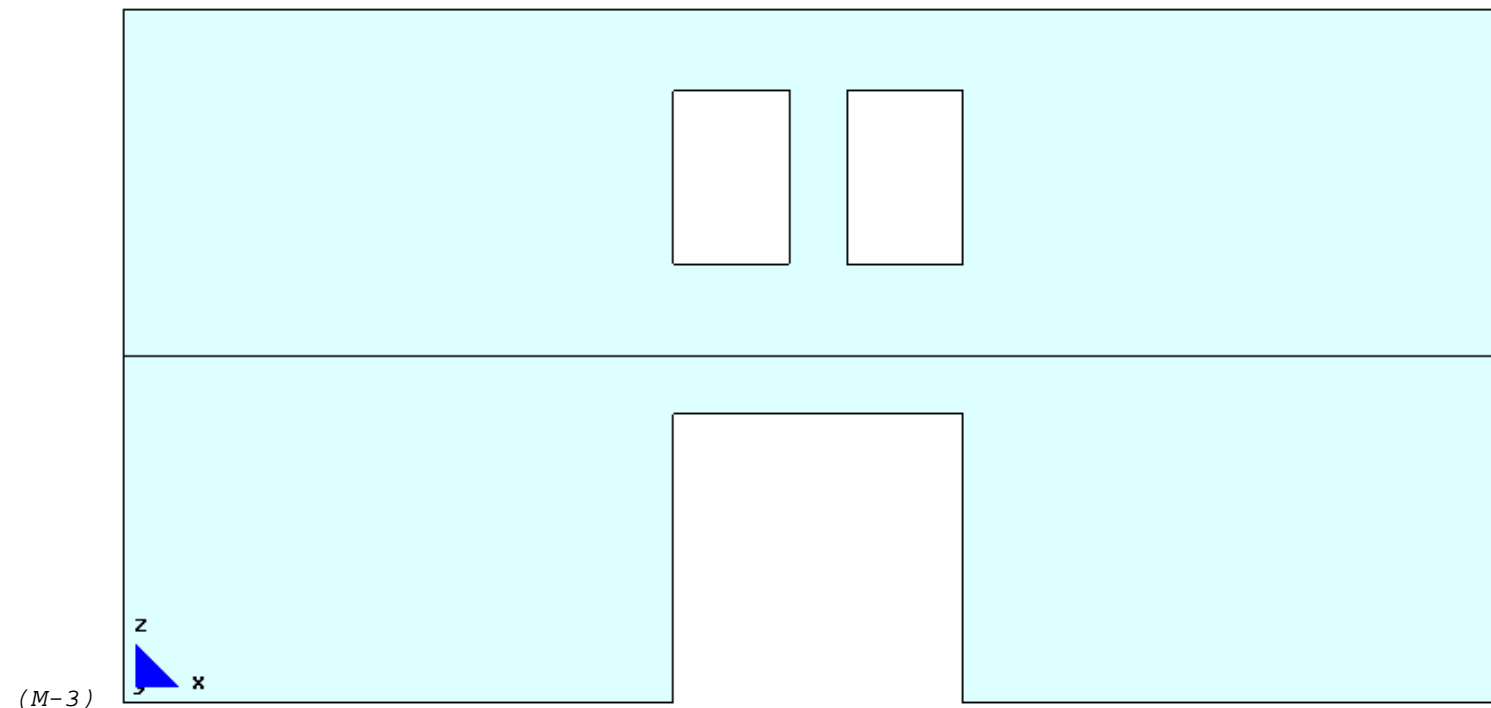
- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON NUEVO HUECO CENTRAL
- 3.- **MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
CON DOS NUEVOS HUECOS**

7.2.3 Modelo simétrico de dos plantas con dos nuevos huecos

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos simétricos a analizar:

MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-1</p>	 <p>M-2</p>	 <p>M-3</p>
<p>(GRAF.7-1: 44) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 45) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.</p>

En tercer lugar analizamos el tercer modelo simétrico:



(GRAF.7-1: 46) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.

FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0⁹¹*(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

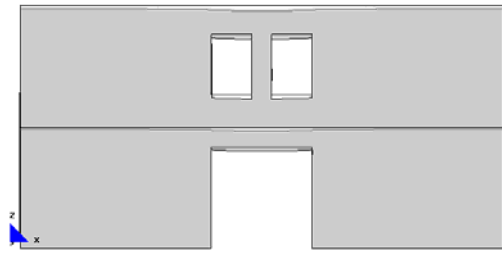
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

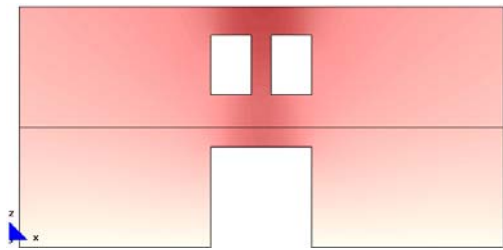
⁹¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.2.3.1 Modelo con huecos centrales: uno en planta baja y dos en planta alta

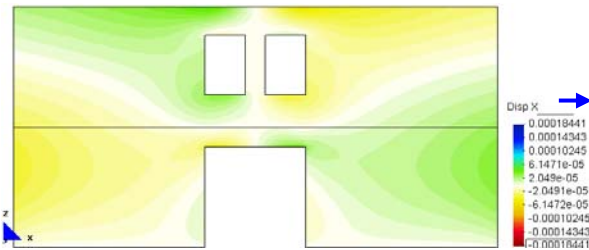


f.- Deformada ampliada 300 veces.

Deformada

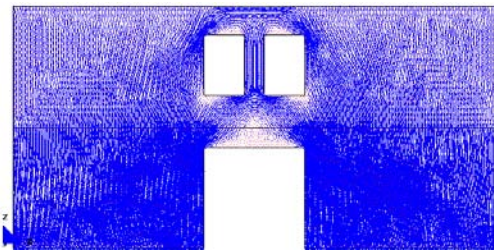


a.- Displacement (m).Disp-Z

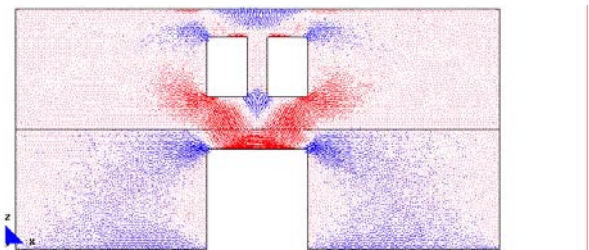


a'.- Displacement (m).Disp-X

Desplazamientos

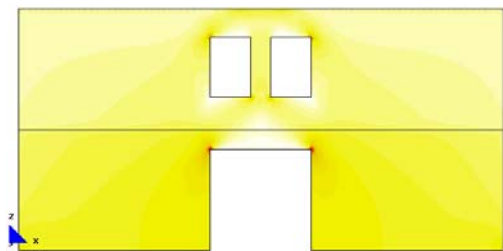


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

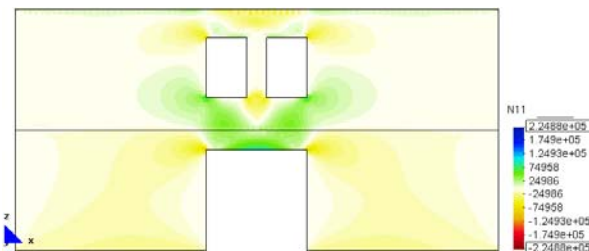


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.



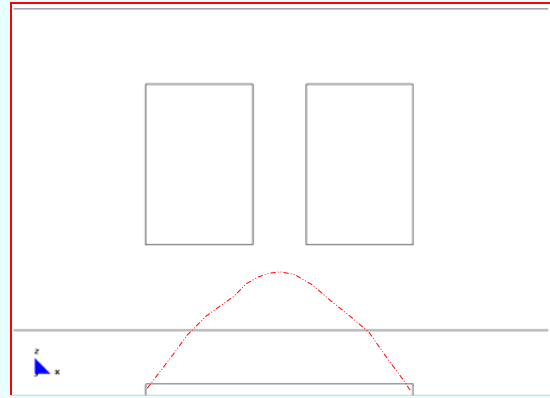
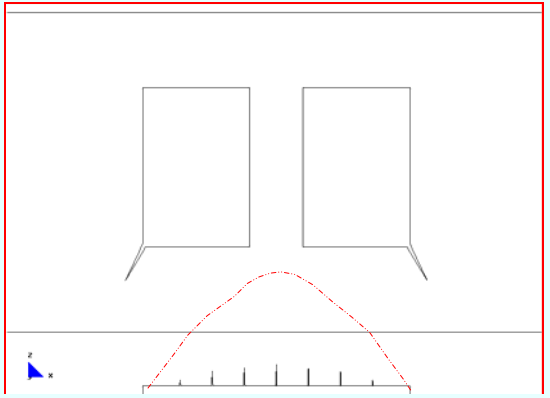
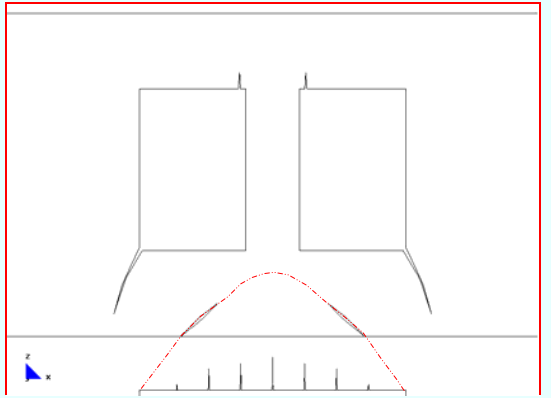
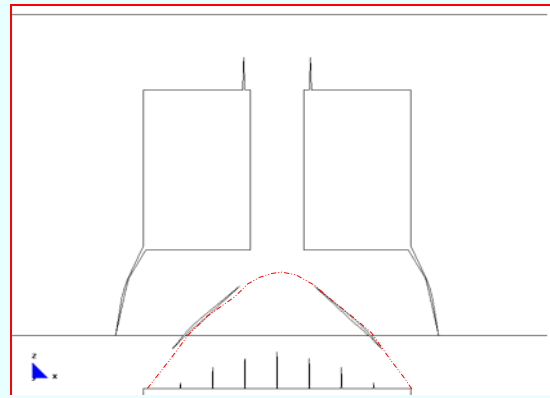
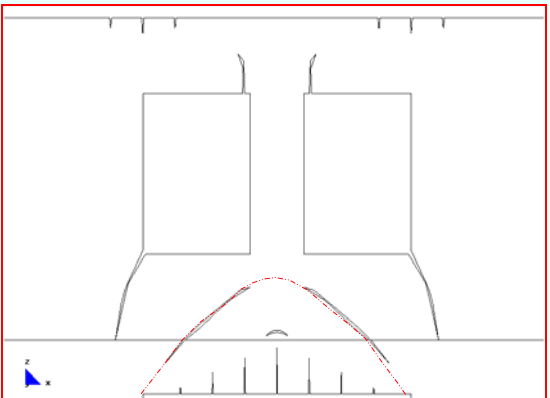
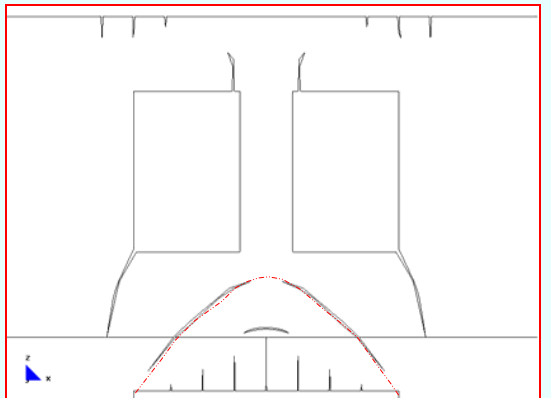
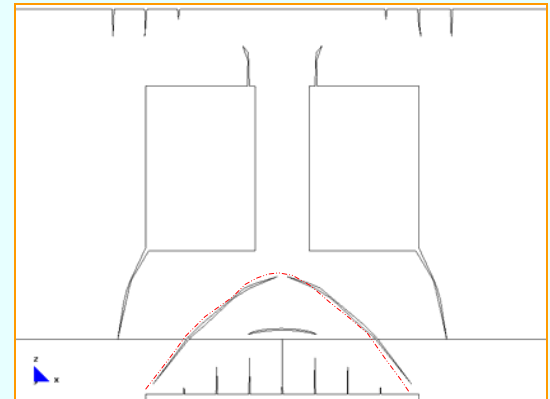
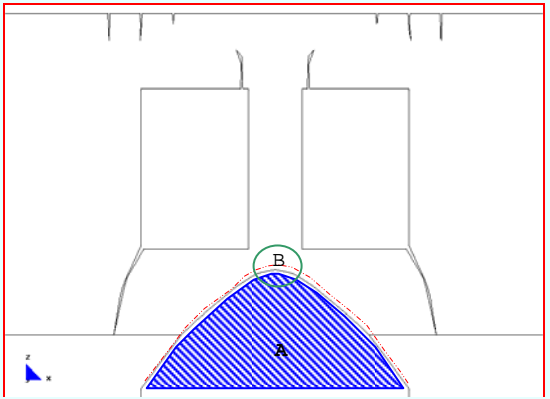
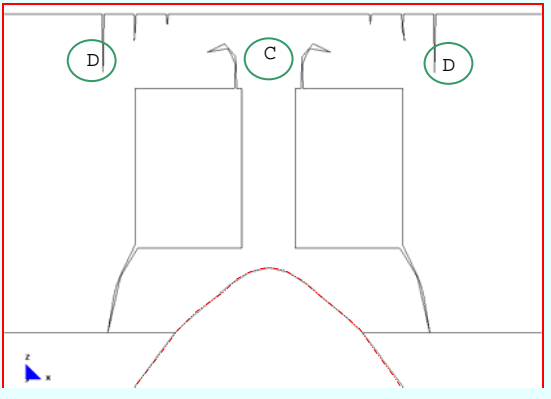
d.- Main Ax. Force(N/M). N22.



e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

7.2.3.2 Desarrollo del arco de descarga

----- Estimación del trazado del arco de descarga "CTE".		----- Desarrollo real del arco de descarga.
(CUADRO 12) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
E-1 	E-2 	E-3 
(GRAF.7-2: 22) Pared sin fisuración.	(GRAF.7-2: 23) Formación del primer grupo de fisuras. Entre ellas las que se localizan en los extremos de los huecos de planta alta.	(GRAF.7-2: 24) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras. Inicio del segundo grupo de fisuras: unas son las inclinadas (que darán lugar a la formación del arco de descarga) y otras se ubican en los extremos superiores de los huecos.
E-4 	E-5 	E-6 
(GRAF.7-2: 25) Aumento de la longitud de las fisuras de ambos grupos. Las fisuras inferiores-extremas de los huecos se detienen por completo a la altura del forjado y no vuelven a crecer.	(GRAF.7-2: 26) Aumento y desviación de algunas fisuras existentes. Inicio de un nuevo grupo de fisuras: en la parte superior de la pared y en encima del forjado.	(GRAF.7-2: 27) Aumento de la longitud de las fisuras existentes de los diferentes grupos.
E-7 	E-8 	E-9 
(GRAF.7-2: 28) Aumento de la longitud de las fisuras existentes.	(GRAF.7-2: 29) Rotura de la zona "B" y colapso de la zona "A".	(GRAF.7-2: 30) Crecimiento de las fisuras (C y D). Posterior equilibrio del conjunto.

FICHA DEL MODELO: M-3-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.3.1⁹²

(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-3)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

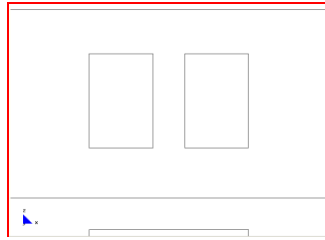
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

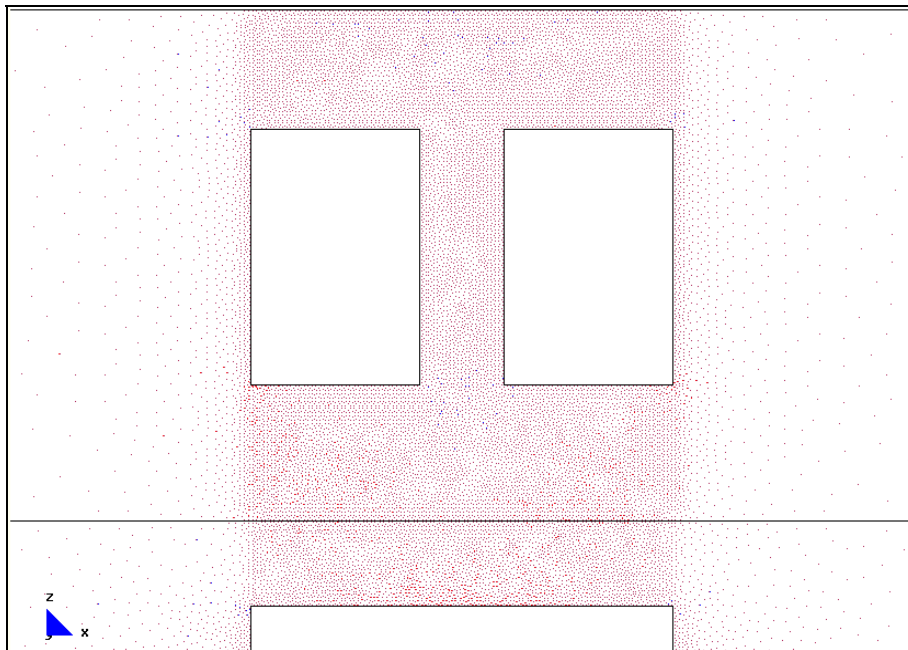
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

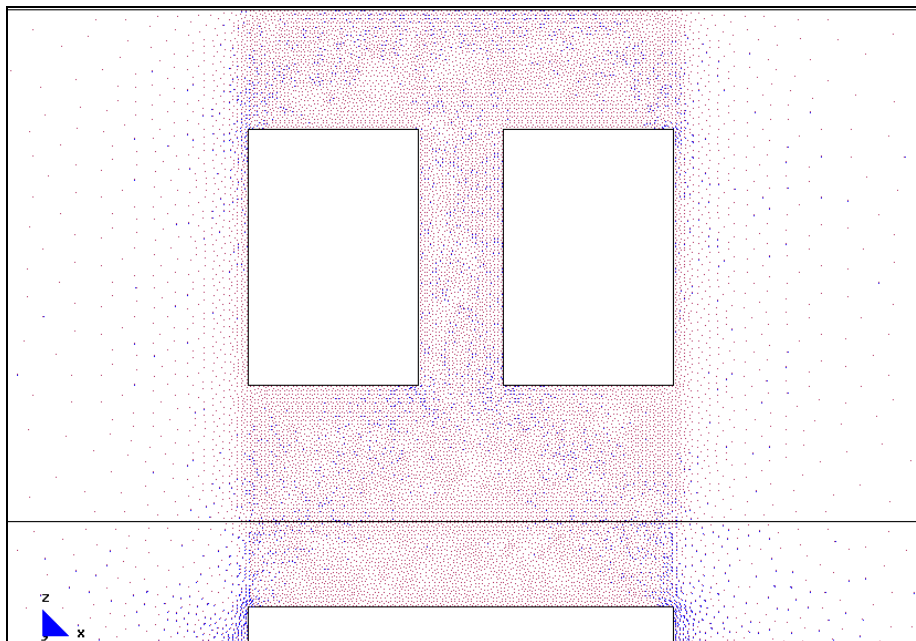
⁹² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.3.1.gid.

7.2.3.2.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.



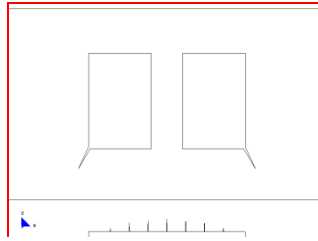
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



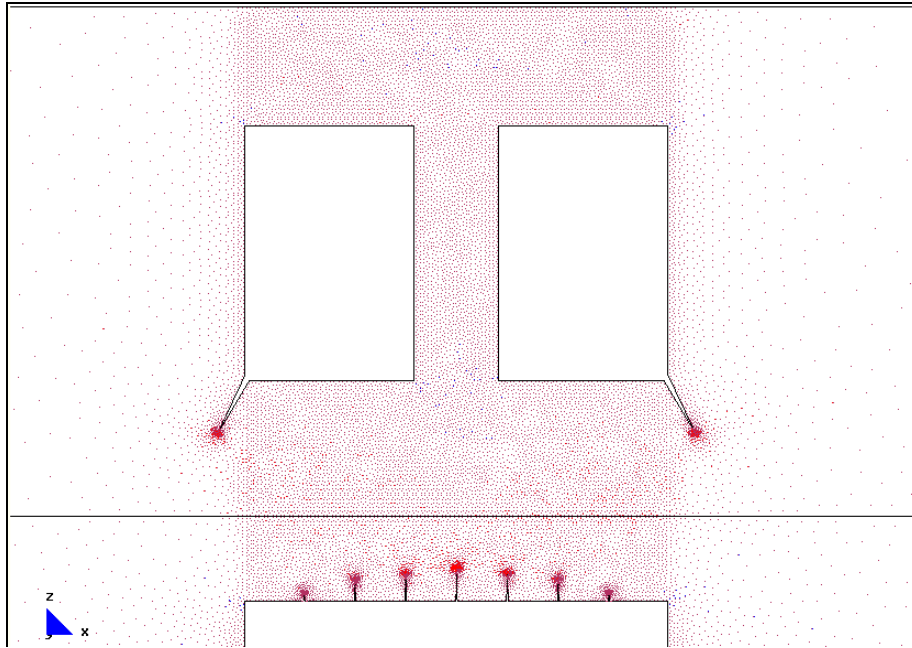
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

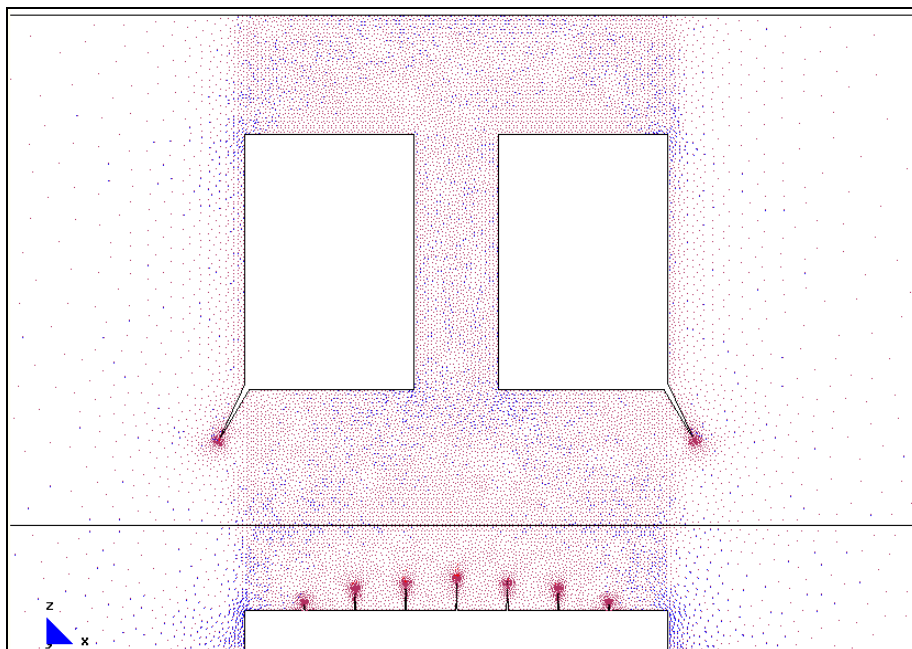
7.2.3.2.2 *Formación del primer grupo de fisuras. Entre ellas las que se localizan en los extremos de los huecos de planta alta*



a.- Gráfico del modelo completo.



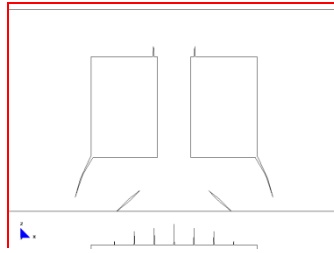
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



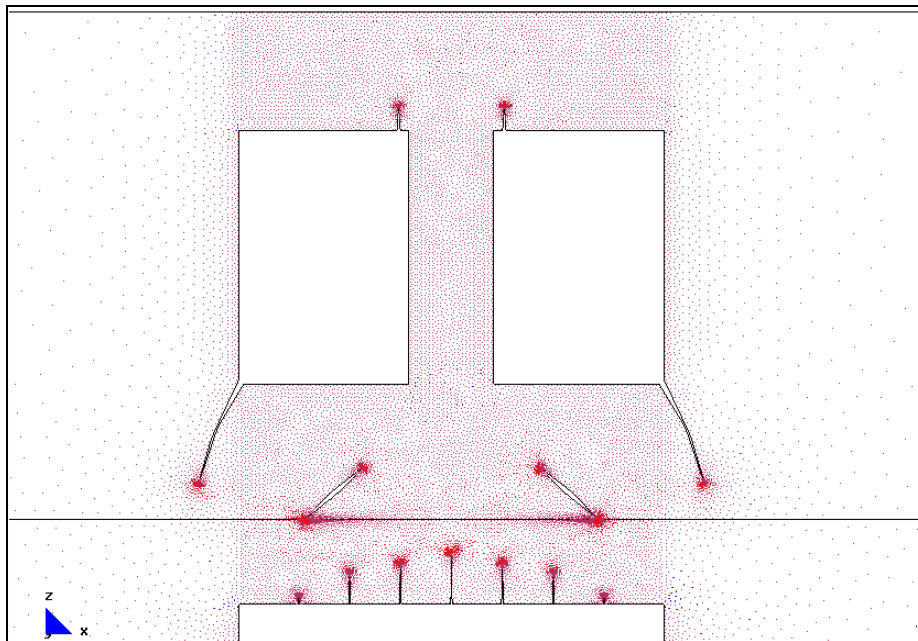
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

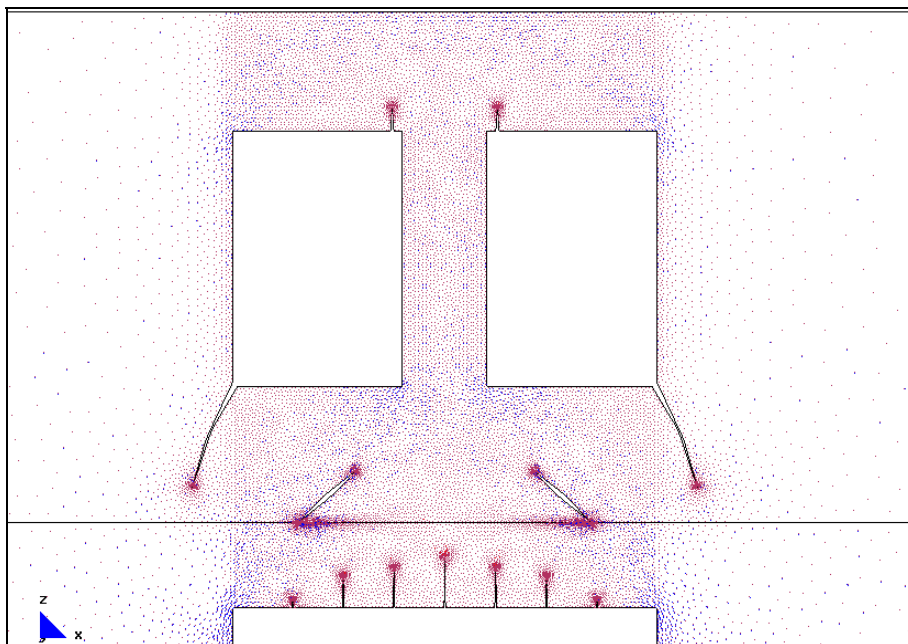
7.2.3.2.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras. Inicio del segundo grupo de fisuras: unas son las inclinadas (que darán lugar a la formación del arco de descarga) y otras se ubican en los extremos superiores de los huecos



a.- Gráfico del modelo completo.



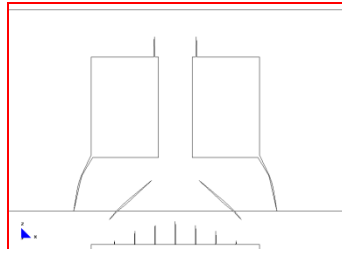
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



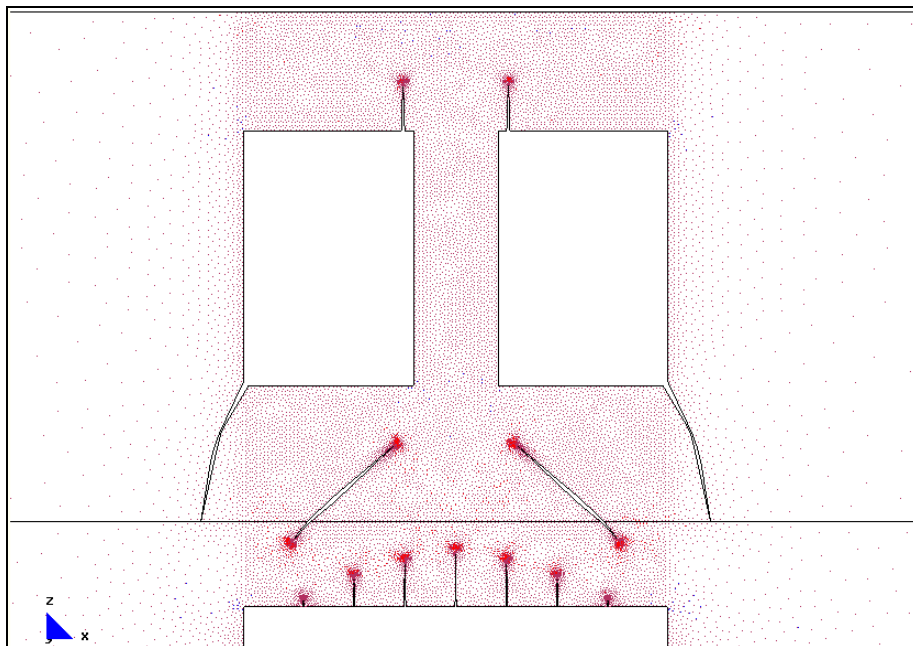
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

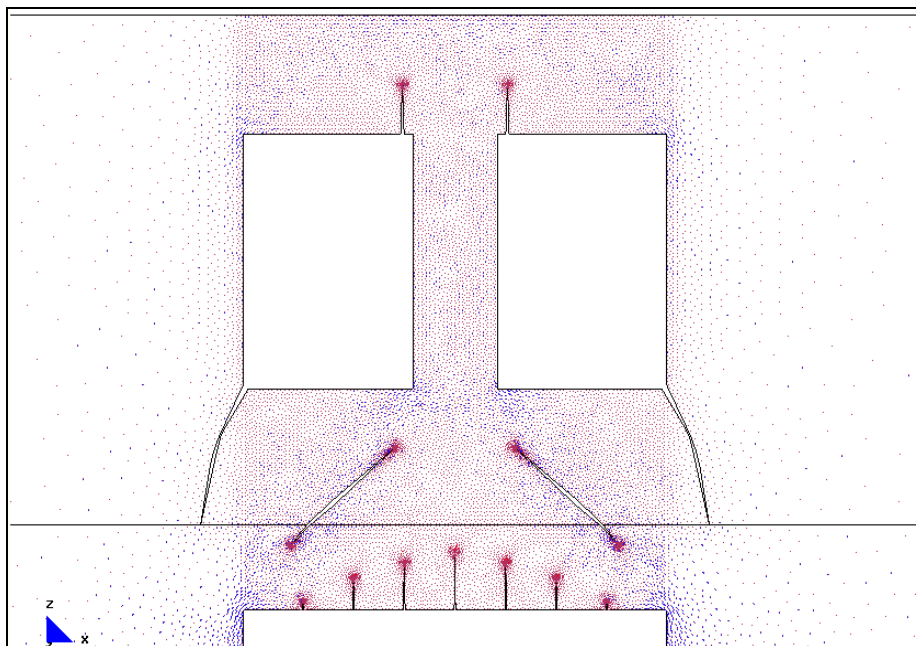
7.2.3.2.4 Aumento de la longitud de las fisuras de ambos grupos. Las fisuras inferiores-extremas de los huecos se detienen por completo a la altura del forjado y no vuelven a crecer



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-3-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-simét-malla.1-Mod.3.2⁹³

(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-3)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

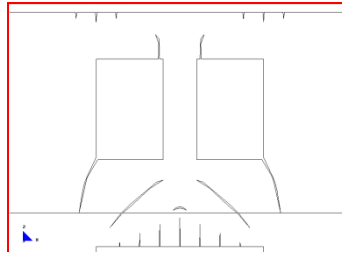
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

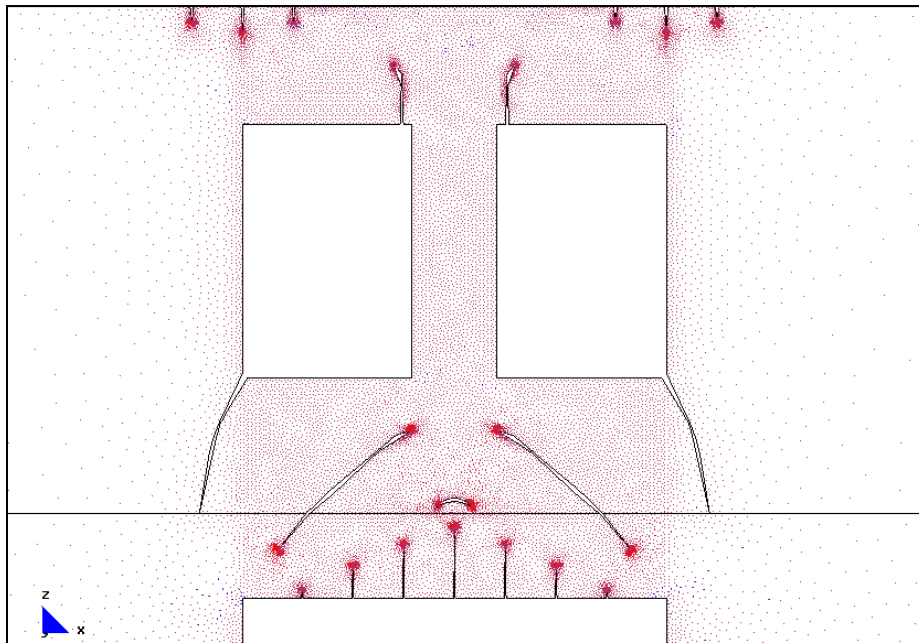
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-simét-malla.1-Mod.3.2.gid.

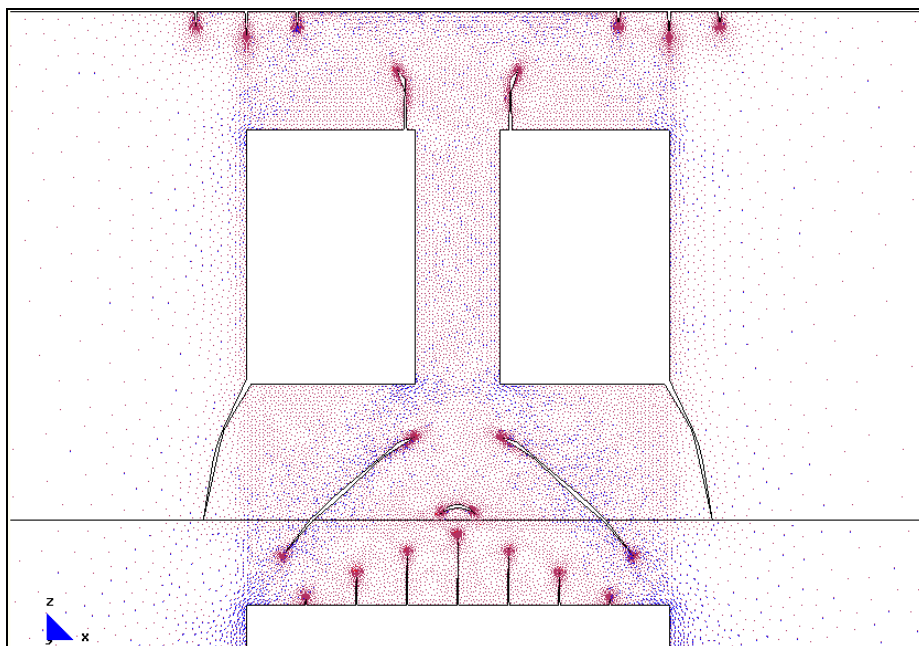
7.2.3.2.5 Aumento y desviación de algunas fisuras existentes.
Inicio de un nuevo grupo de fisuras: en la parte superior de la pared y en encima del forjado



a.- Gráfico del modelo completo.



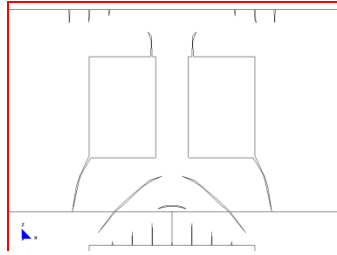
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



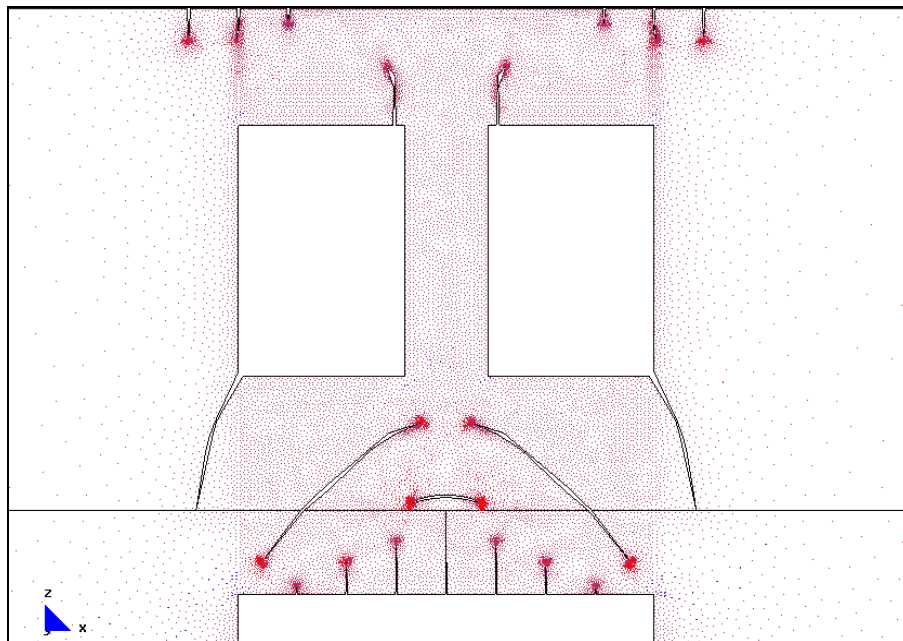
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

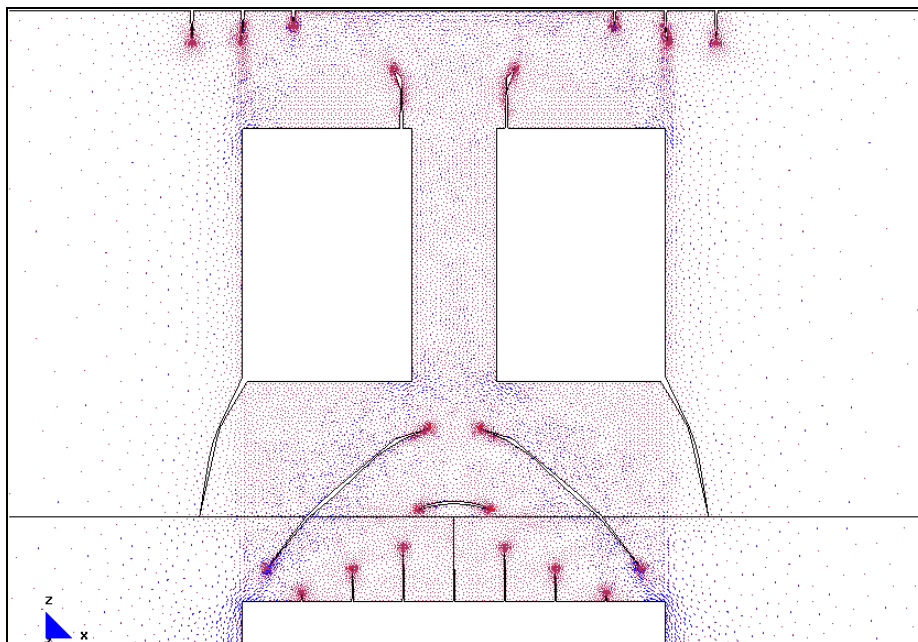
7.2.3.2.6 Aumento de la longitud de las fisuras existentes de los diferentes grupos



a.- Gráfico del modelo completo.

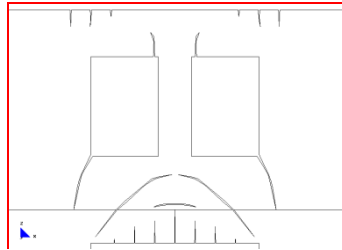


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

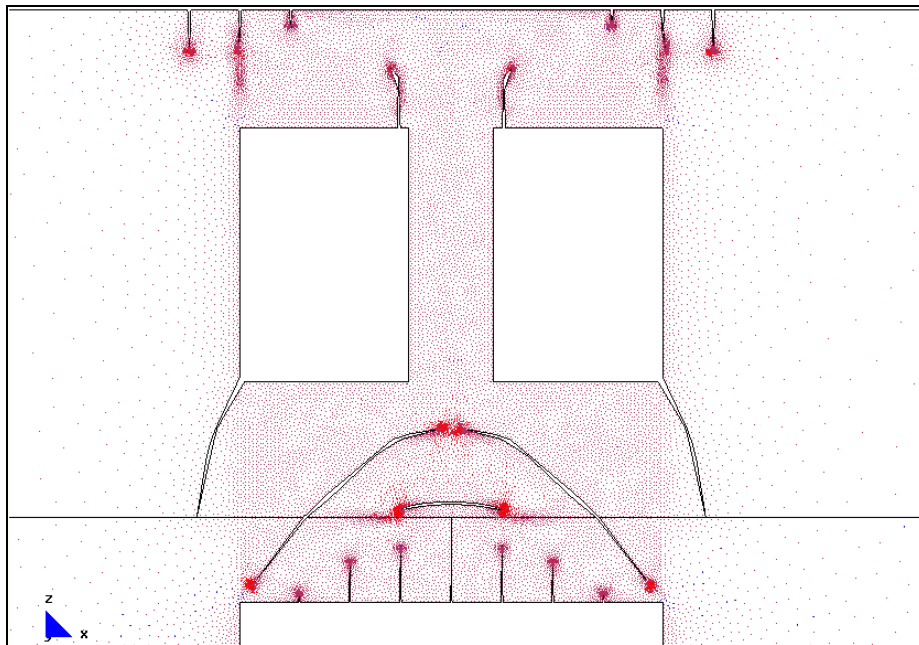


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

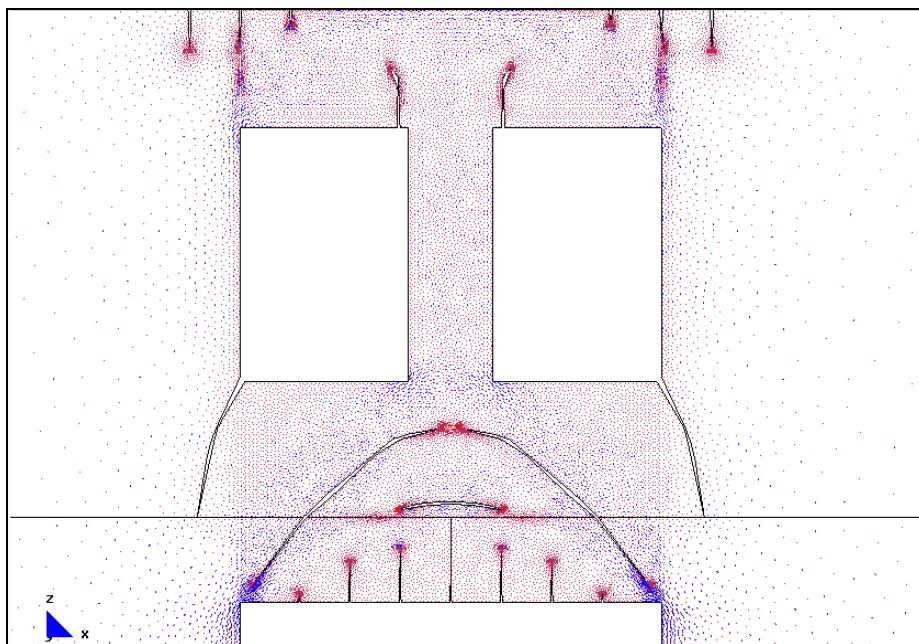
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.3.2.7 Aumento de la longitud de las fisuras existentes

a.- Gráfico del modelo completo.

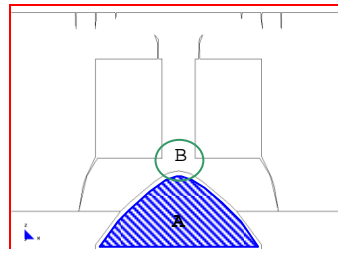


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

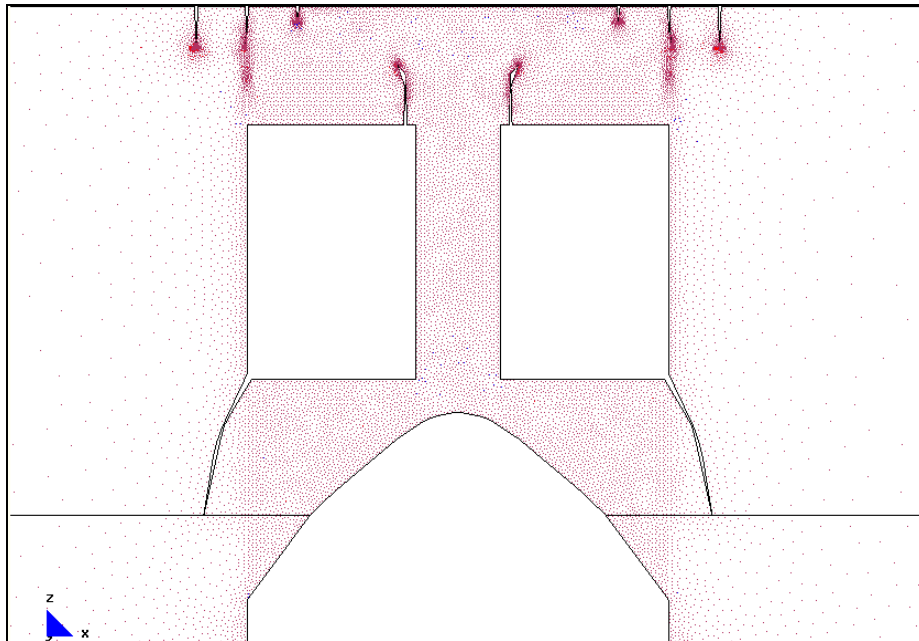


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

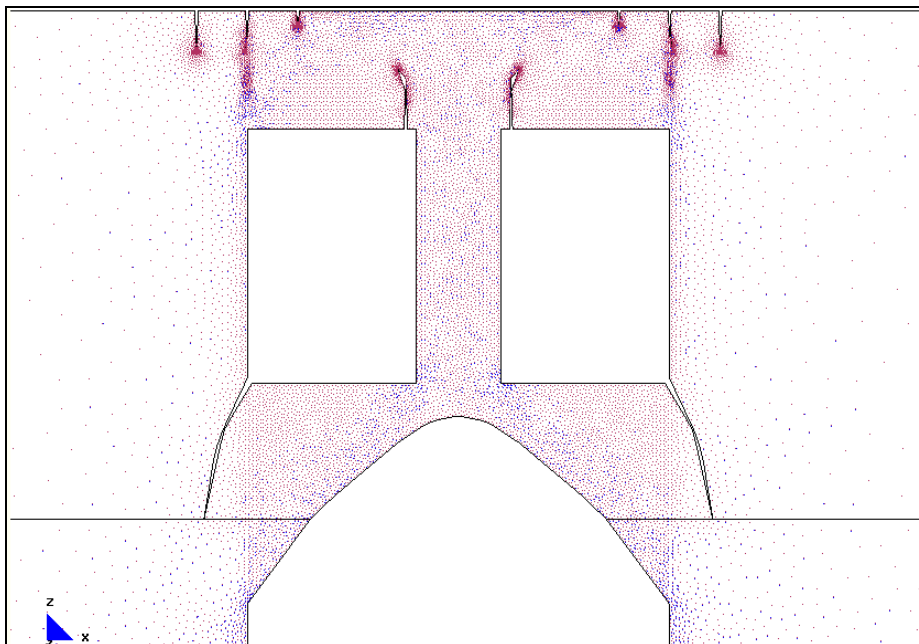
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.3.2.8 Rotura de la zona "B" y colapso de la zona "A"

a.- Gráfico del modelo completo.

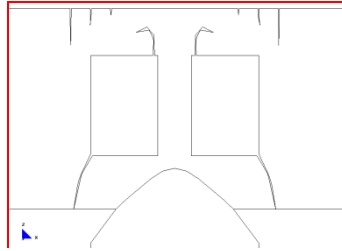


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

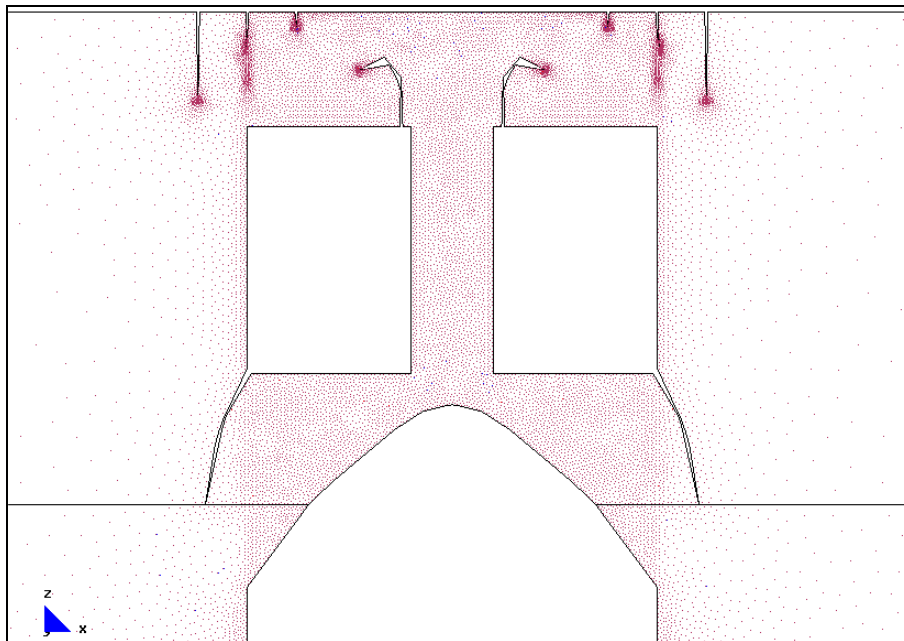


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

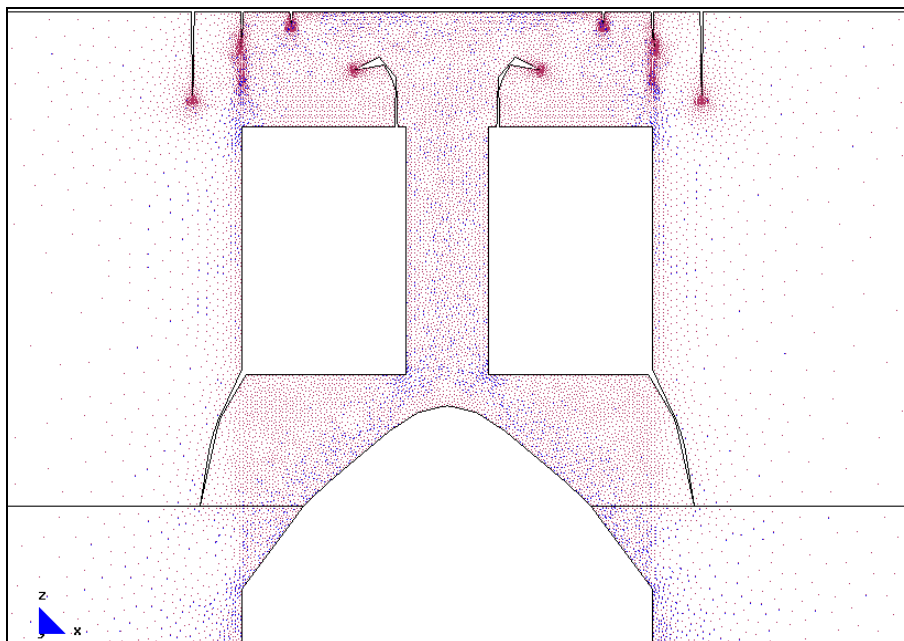
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.2.3.2.9 Crecimiento de las fisuras (C y D). Posterior equilibrio del conjunto del conjunto

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

MJG

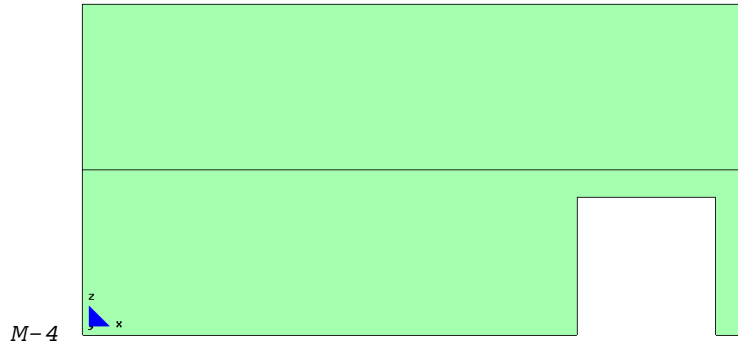
CAPÍTULO-7

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M**
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M
- 5.- CONCLUSIONES

7.3 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M

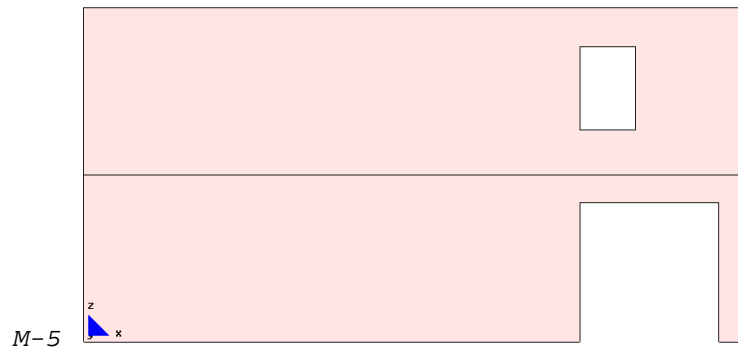
En el presente apartado se analizarán tres modelos con geometrías asimétricas o excéntricas.

En el primer se considera el modelo simple sin huecos adicionales.



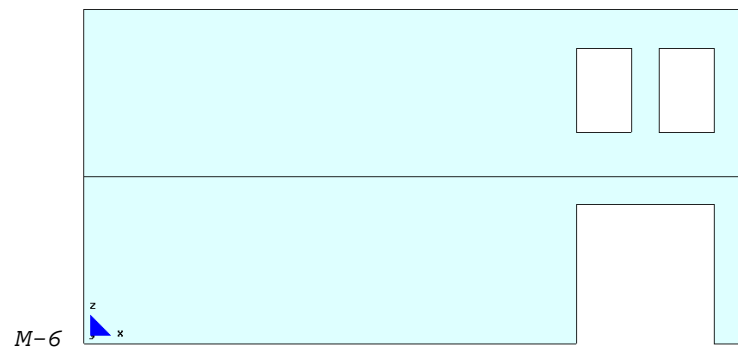
(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.

En el segundo además se coloca en la planta alta un hueco hacia la izquierda, con relación al apeo.



(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en planta baja y alta.

En el último se aumentan a dos el número de huecos, los mismos que se ubican de modo simétrico con relación al apeo.



(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en planta baja y dos en planta alta.

MJG

7.3 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS ASIMÉTRICOS O
EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS
DE 0,001X0,001M

- 1.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON NUEVO HUECO
- 3.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON DOS NUEVOS HUECOS

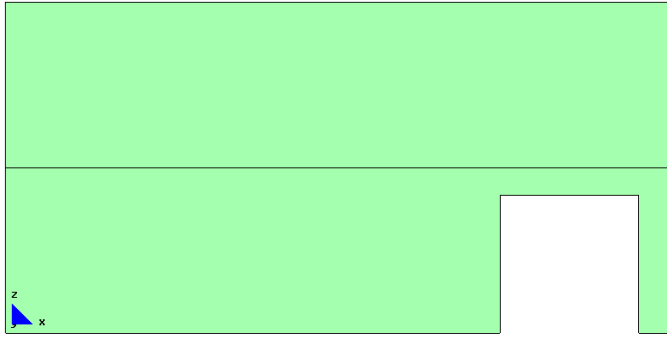
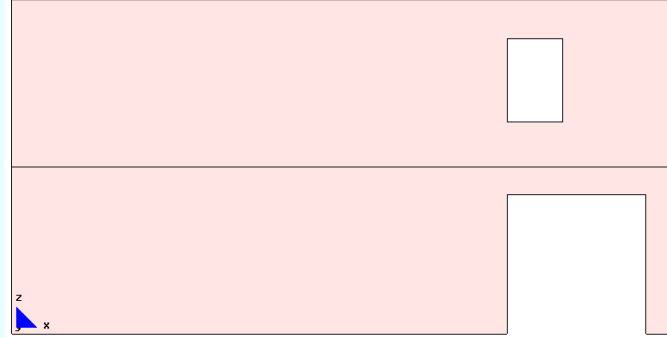
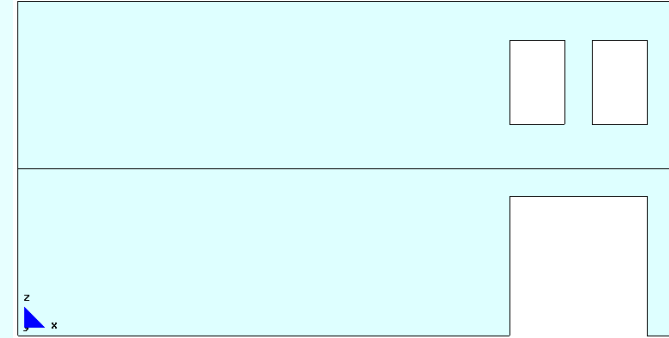
MJIG

**7.3 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS ASIMÉTRICOS O
EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS
DE 0,001X0,001M**

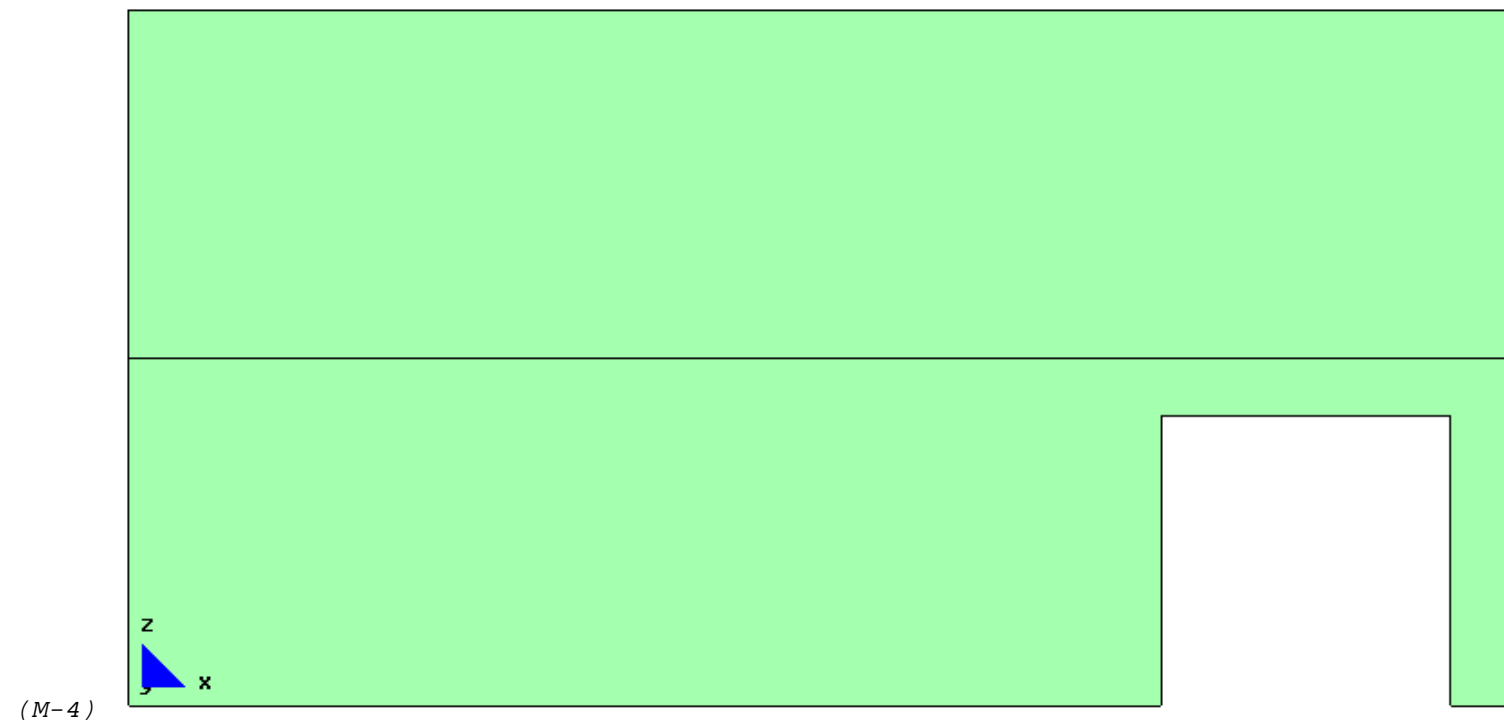
- 1.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE
DOS PLANTAS SIN NUEVOS HUECOS**
- 2.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE
DOS PLANTAS CON NUEVO HUECO
- 3.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE
DOS PLANTAS CON DOS NUEVOS HUECOS

7.3.1 Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas sin nuevos huecos

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos asimétricos a analizar:

MODELOS ASIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-4</p>	 <p>M-5</p>	 <p>M-6</p>
<p>(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en planta baja y dos en planta alta.</p>

Procedemos a analizar el primer modelo asimétrico:



(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.

FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0⁹⁴*(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)*

Número de plantas (a) = 2
Altura de las plantas (b) = 3m
Longitud del tramo de pared (c) = 12m
Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m
Ancho de la abertura (f) = 2,50m
Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

$\gamma = 18.000\text{N/m}^3$
$E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$
$G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$
$\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.
--

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

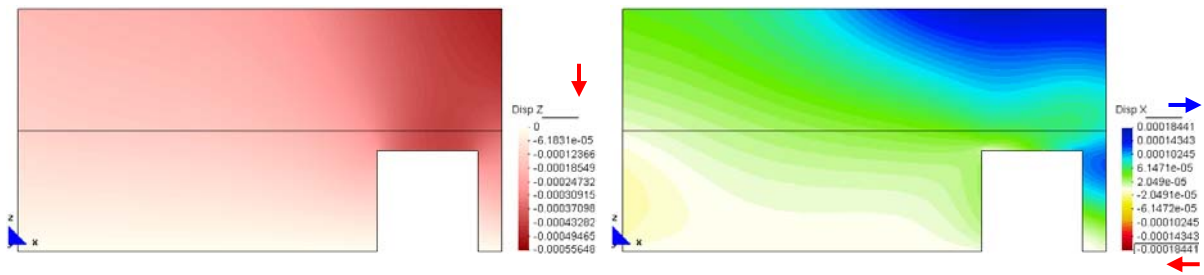
⁹⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.3.1.1 Modelo con un hueco en el lado derecho



f.- Deformada ampliada 300 veces.

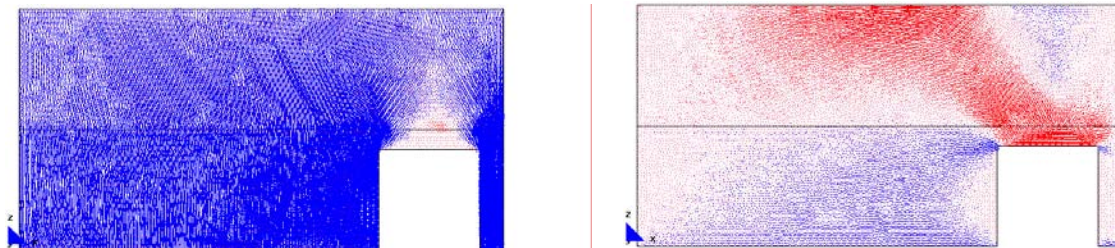
Deformada



a.- Displacement (m).Disp-Z

a'.- Displacement (m).Disp-X

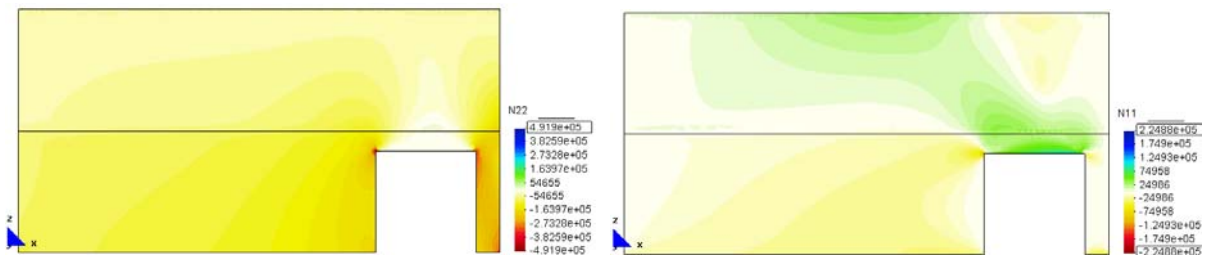
Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

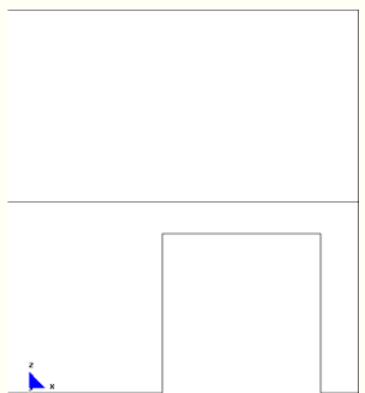
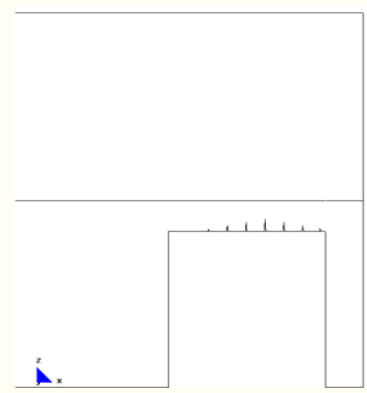
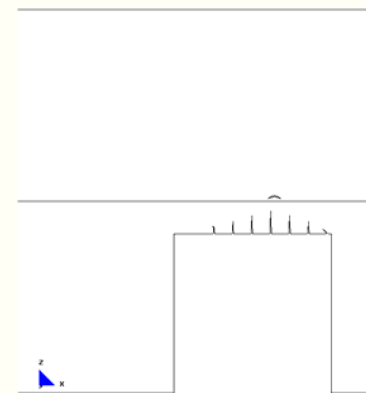
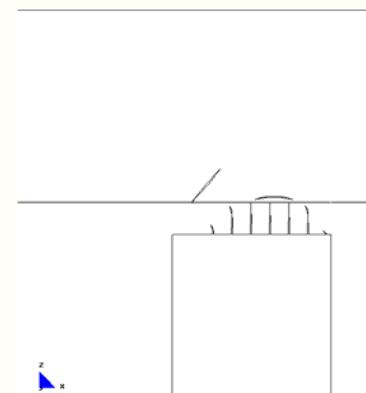
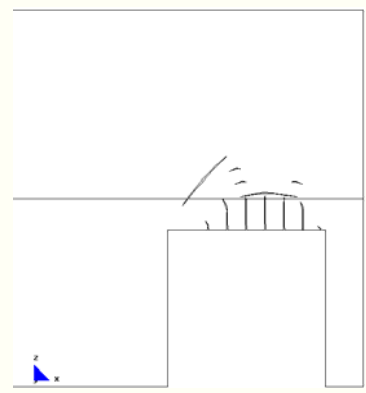
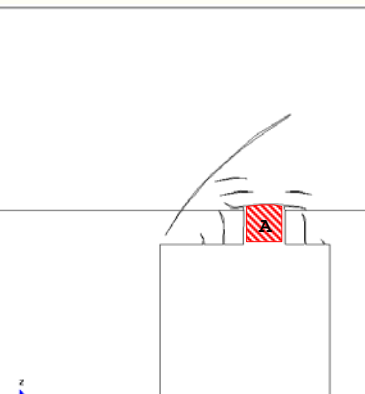
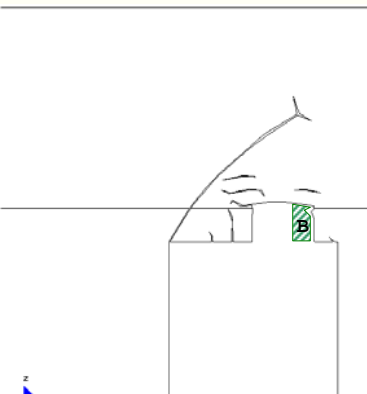
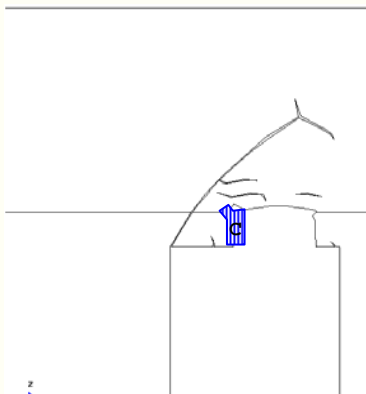
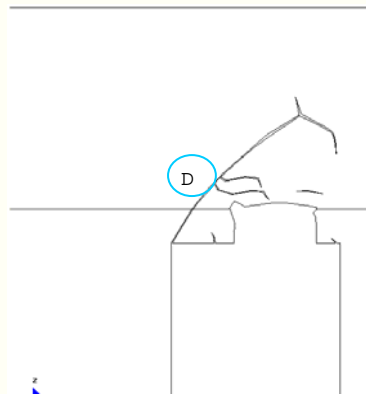
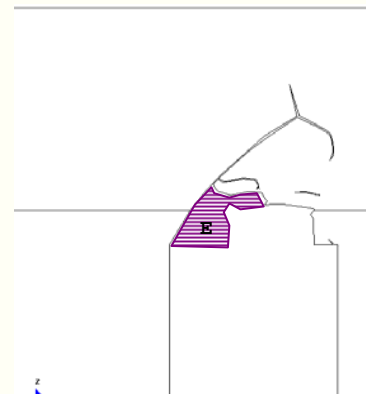
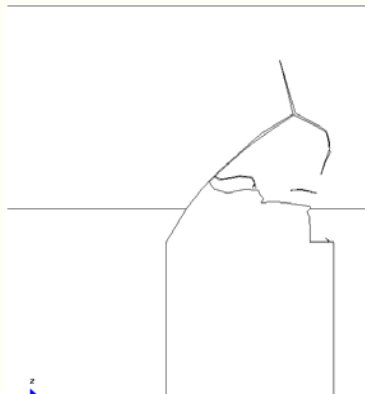
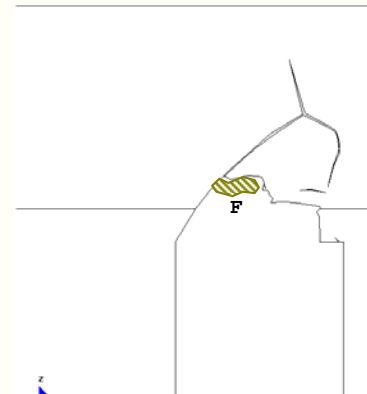
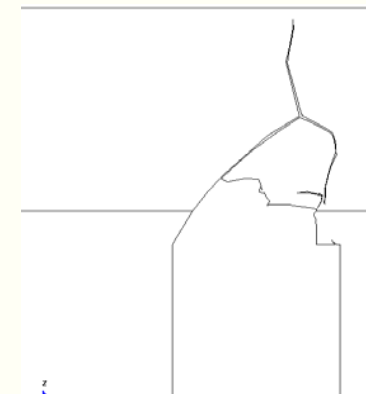
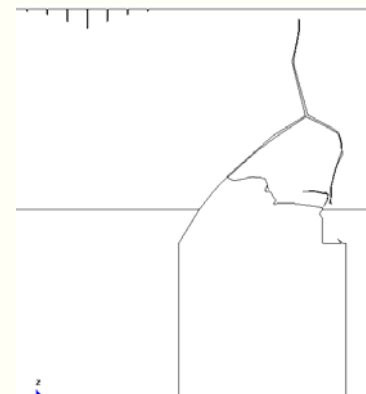
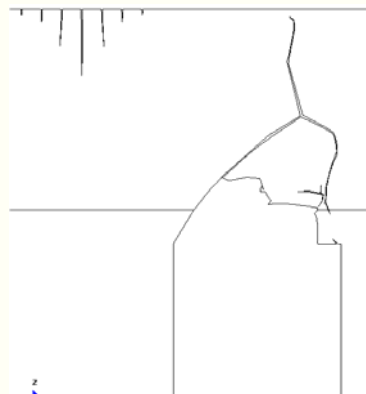


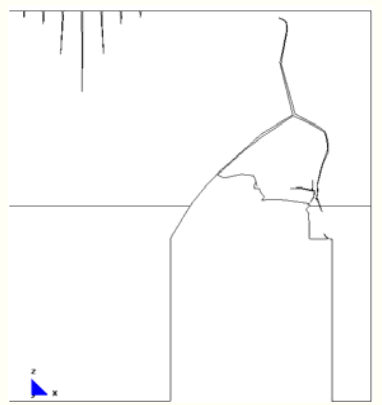
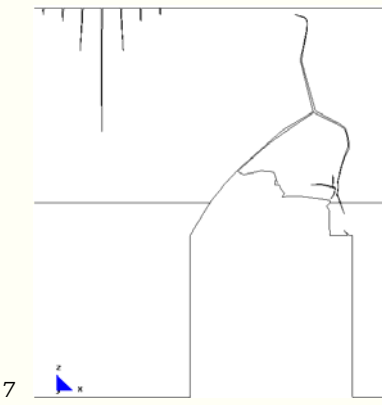

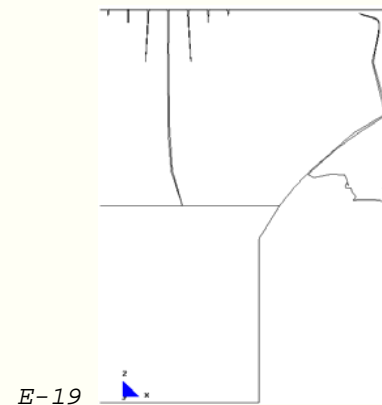
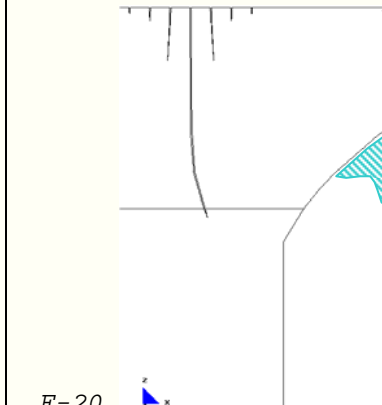
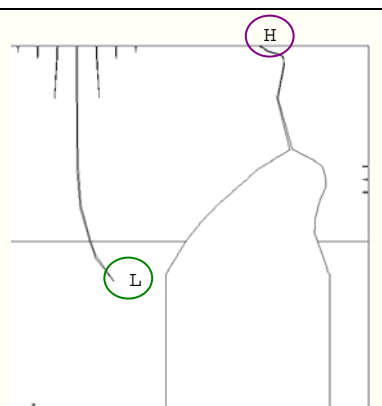
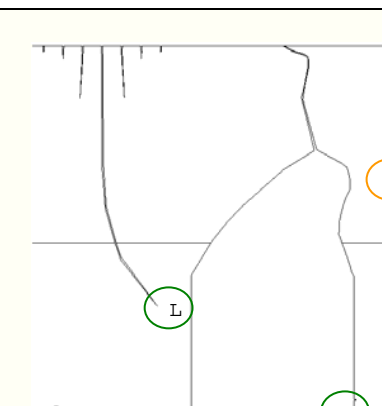
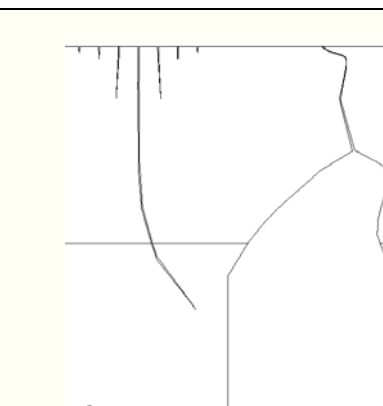
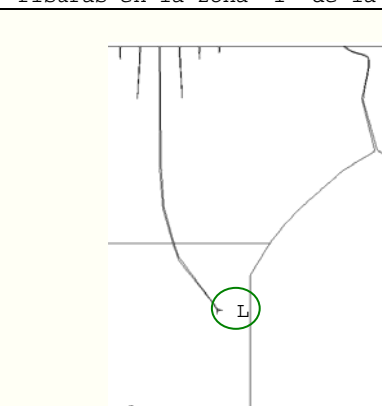
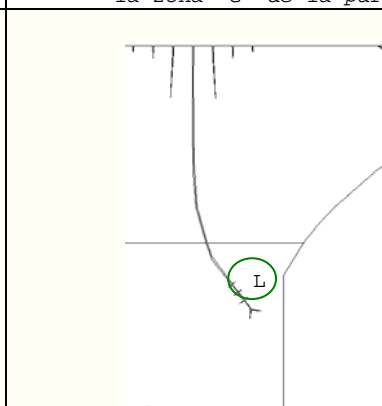

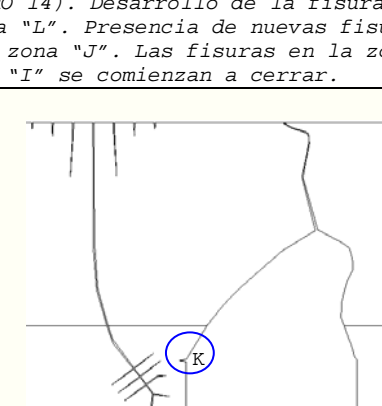
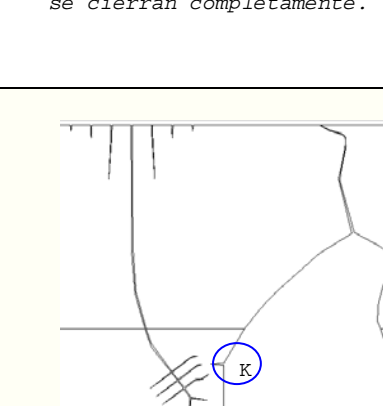
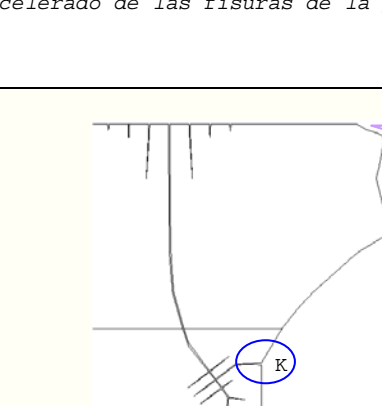
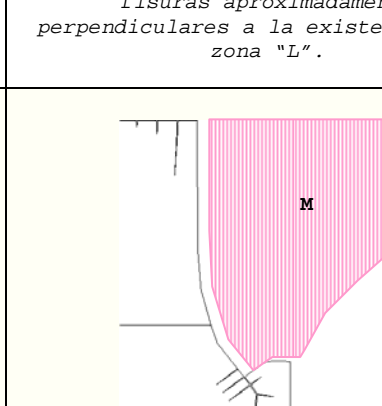
d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

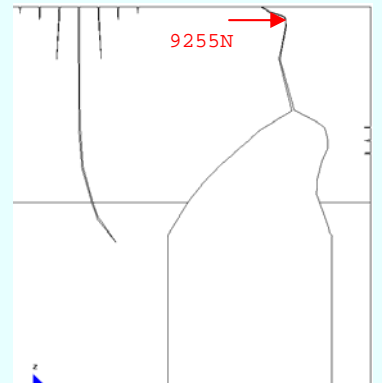
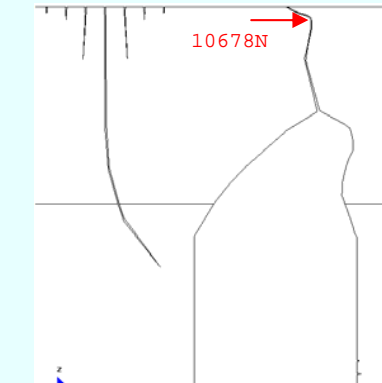
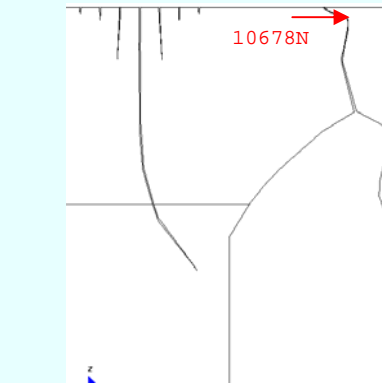
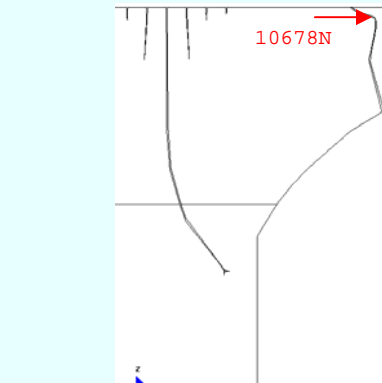
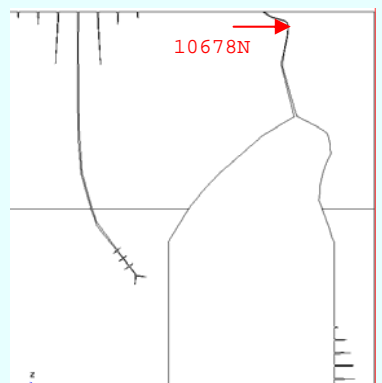
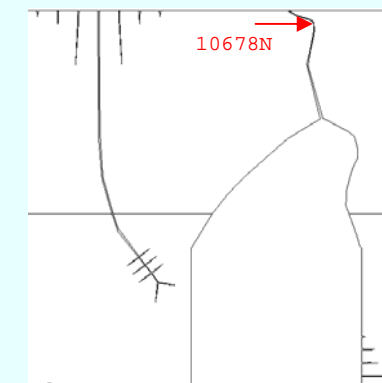
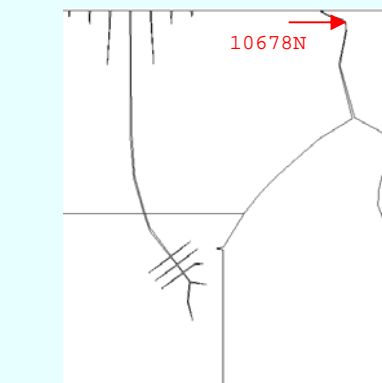
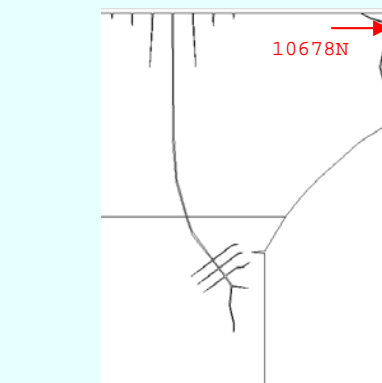
7.3.1.2 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 13) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M				
E-1 	E-2 	E-3 	E-4 	E-5 
(GRAF.7-3: 1) Pared sin fisuración.	(GRAF.7-3: 2) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.	(GRAF.7-3: 3) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras e inicio de la fisura horizontal.	(GRAF.7-3: 4) Aumento las fisuras existentes e inicio de la fisura inclinada.	(GRAF.7-3: 5) Desarrollo de las fisuras existentes e inicio de un nuevo grupo de fisuras horizontales.
E-6 	E-7 	E-8 	E-9 	E-10 
(GRAF.7-3: 6) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "A" de la pared.	(GRAF.7-3: 7) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación y bifurcación en alguna de ellas. Pérdida de la zona "B" de la pared.	(GRAF.7-3: 8) Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Pérdida completa de la zona "C" de la pared.	(GRAF.7-3: 9) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Rotura completa en la zona "D" de la pared.	(GRAF.7-3: 10) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "E" de la pared.
E-11 	E-12 	E-13 	E-14 	E-15 
(GRAF.7-3: 11) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.	(GRAF.7-3: 12) Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida de la zona "F" de la pared.	(GRAF.7-3: 13) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.	(GRAF.7-3: 14) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de un nuevo grupo de fisuras en la parte superior.	(GRAF.7-3: 15) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido de algunas de ellas.

DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M				
 <p>E-16</p>	 <p>E-17</p>	 <p>E-18</p>	 <p>E-19</p>	 <p>E-20</p>
<p>(GRAF.7-3: 16) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>(GRAF.7-3: 17) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>(GRAF.7-3: 18) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>(GRAF.7-3: 19) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de nuevas fisuras en la zona "I" de la pared.</p>	<p>(GRAF.7-3: 20) Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "G" de la pared.</p>
 <p>E-21</p>	 <p>E-22</p>	 <p>E-23</p>	 <p>E-24</p>	 <p>E-25</p>
<p>(GRAF.7-3: 21) Desarrollo de las fisuras existentes, en especial en la zona "L". Rotura completa de la pared en la zona "H".</p>	<p>(GRAF.7-3: 22) A partir de esta etapa se imponen las fuerzas especiales ver (CUADRO 14). Desarrollo de la fisura de la zona "L". Presencia de nuevas fisuras en la zona "J". Las fisuras en la zona "I" se comienzan a cerrar.</p>	<p>(GRAF.7-3: 23) Desarrollo de las fisuras existentes. En la zona "I" las fisuras se cierran completamente.</p>	<p>(GRAF.7-3: 24) Desarrollo y bifurcación de la fisura de la zona "L" y desarrollo acelerado de las fisuras de la pilastra.</p>	<p>(GRAF.7-3: 25) Desarrollo de las fisuras existentes, e inicio de nuevas fisuras aproximadamente perpendiculares a la existente de la zona "L".</p>
 <p>E-26</p>	 <p>E-27</p>	 <p>E-28</p>	 <p>E-29</p>	 <p>E-30</p>
<p>(GRAF.7-3: 26) Desarrollo de las fisuras existentes. Inicio de excesivas compresiones en la zona "J".</p>	<p>(GRAF.7-3: 27) Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Inicio de excesivas compresiones en la zona "K".</p>	<p>(GRAF.7-3: 28) Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Crecimiento excesivo de las zonas comprimidas "K" y "J".</p>	<p>(GRAF.7-3: 29) Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida completa de la continuidad por compresiones excesivas en las zonas "K" y "J". Posterior colapso de la zona "L".</p>	<p>(GRAF.7-3: 30) Colapso de la zona "M" y posterior equilibrio de la pared.</p>

7.3.1.3 Definición de las condiciones de contorno especiales en las diferentes etapas

A continuación se indican las condiciones de contorno especiales de las etapas. No es necesario considerar condiciones especiales en las etapas: E-1 a E-20; E-29 y E-30. Se sigue el proceso indicado en el apartado "7.1.1.3.2".

(CUADRO 14) CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M			
			
(GRAF.7-3: 31) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-21.	(GRAF.7-3: 32) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-22.	(GRAF.7-3: 33) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-23.	(GRAF.7-3: 34) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-24.
			
(GRAF.7-3: 35) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-25.	(GRAF.7-3: 36) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-26.	(GRAF.7-3: 37) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-27.	(GRAF.7-3: 38) Lado izquierdo libre y carga aplicada en el lado derecho: E-28.

A continuación se presenta la hoja de cálculo desarrollada para calcular la fuerza que se debe aplicar al lado derecho de las diferentes etapas del modelo.

CALCULO DE LAS FUERZAS Nempuje, A INTRODUCIR EN EL MODELO (LADO DERECHO)						
MODELO	LADO IZQ.			LADO DER.		
	N	δ_{real}	N_{calc}	Nempuje	δ_{calc}	δ_{real}
E-21 a 29						
Mod.4-10.21				8538		0,0016
		0,0030	1507	9255	0,0030	0,0030
Mod.4-10.22				9255		0,0032
		0,0058	2930	10678	0,0058	0,0063
Mod.4-10.23				10678		0,0073
		0,0063	3176	10924	0,0063	0,0080
Mod.4-10.24				10678		0,0097
		0,0074	3712	11460	0,0074	0,0130
Mod.4-10.25				10678		0,0127
		0,0087	4351	12099	0,0087	0,0229
Mod.4-10.26				10678		0,0161
		0,0113	5659	13407	0,0113	0,0461
Mod.4-11.27				10678		0,0250
		0,0187	9387	17135	0,0187	0,1496
Mod.4-11.28				10678		0,0858
		0,0573	28729	36477	0,0573	1,9047

En el apartado "7.1.1.3.2" se indicó detenidamente su elaboración. Es importante anotar que en la tabla se resaltan con color amarillo, los valores ha introducir en los modelos.

FICHA DEL MODELO: M-4-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.1⁹⁵*(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

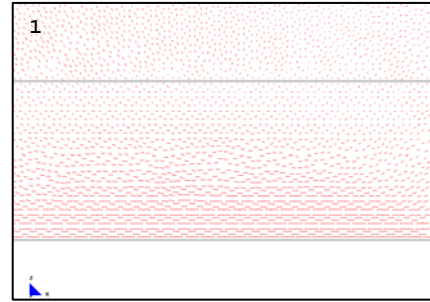
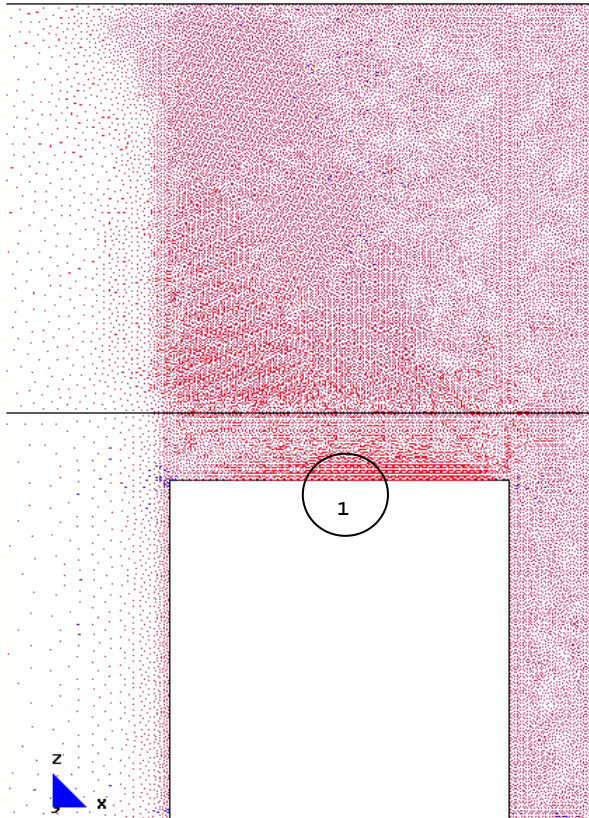
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

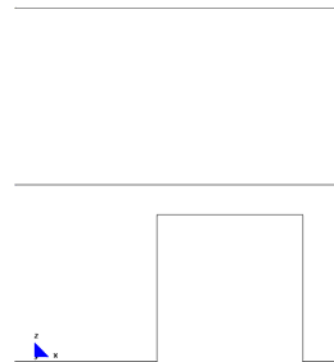
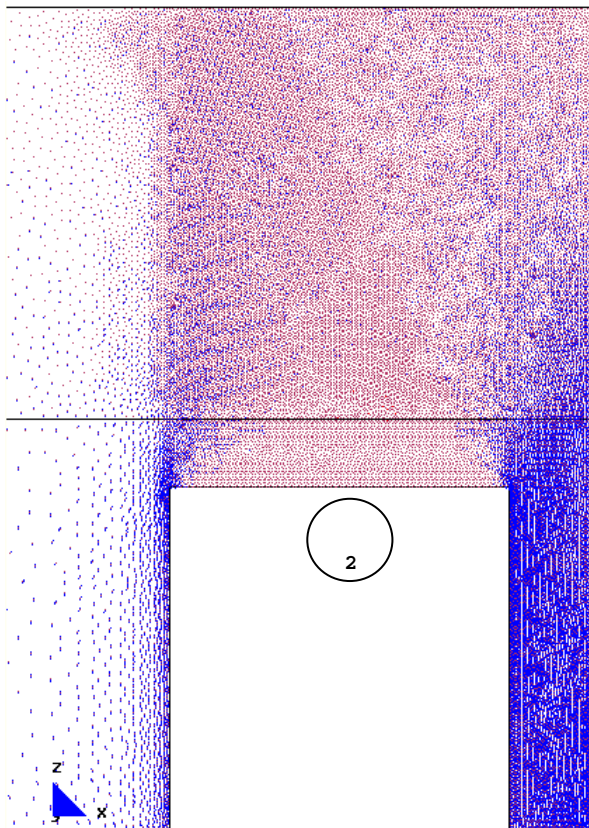
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.1.gid.

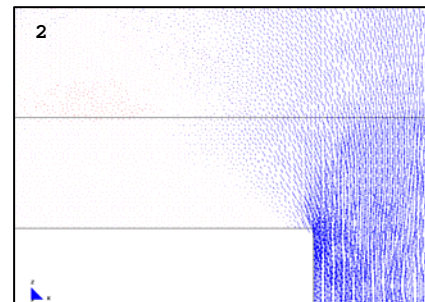
7.3.1.3.1 Pared sin fisuración



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



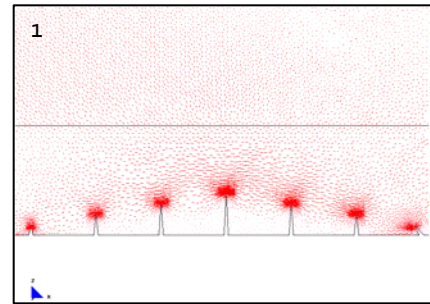
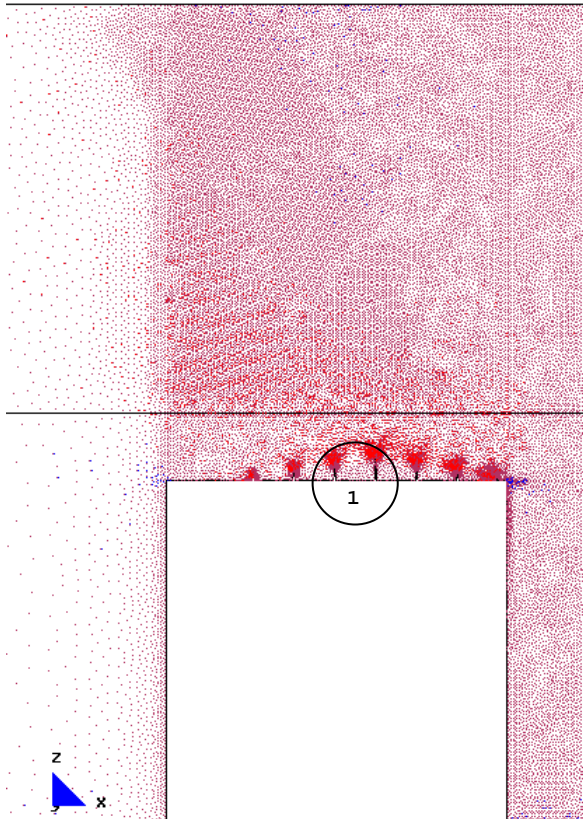
a.- Gráfico del modelo completo.



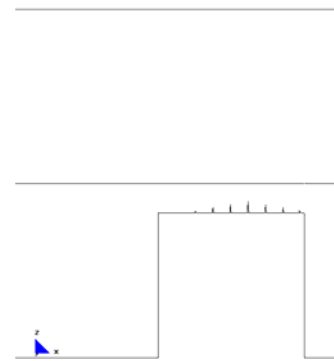
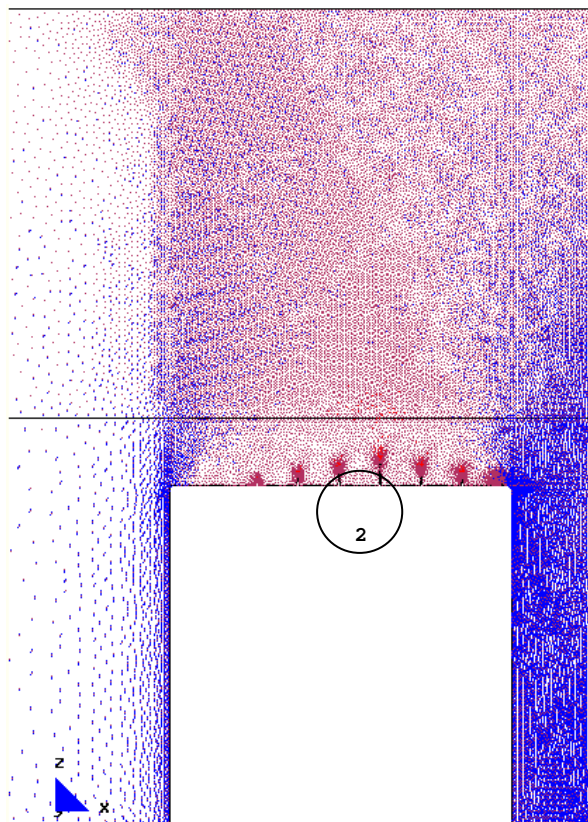
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

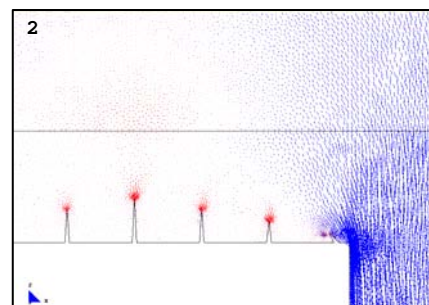
7.3.1.3.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



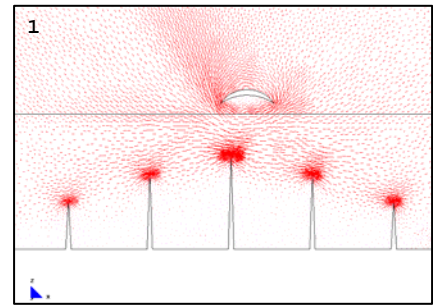
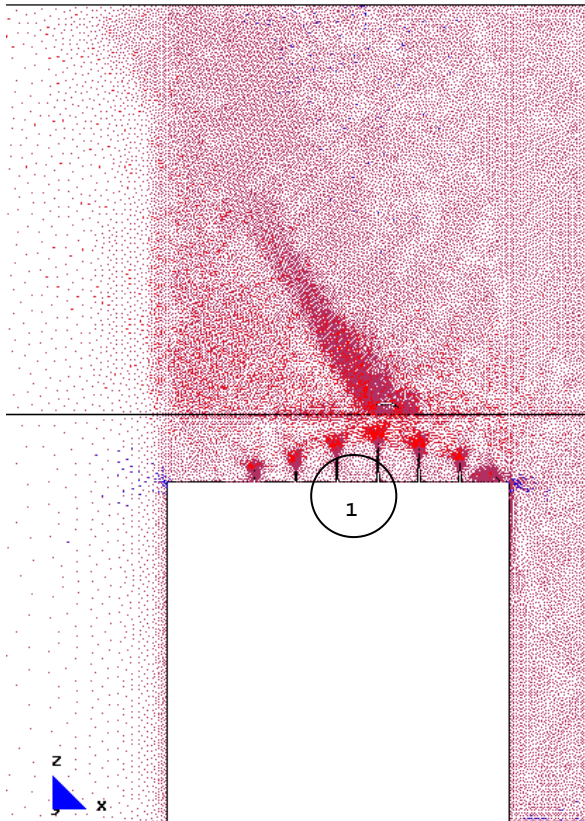
a.- Gráfico del modelo completo.



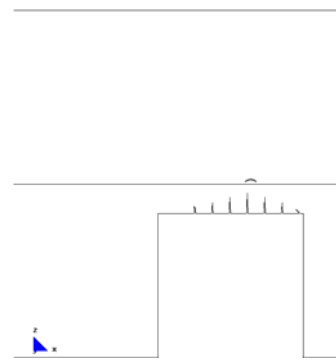
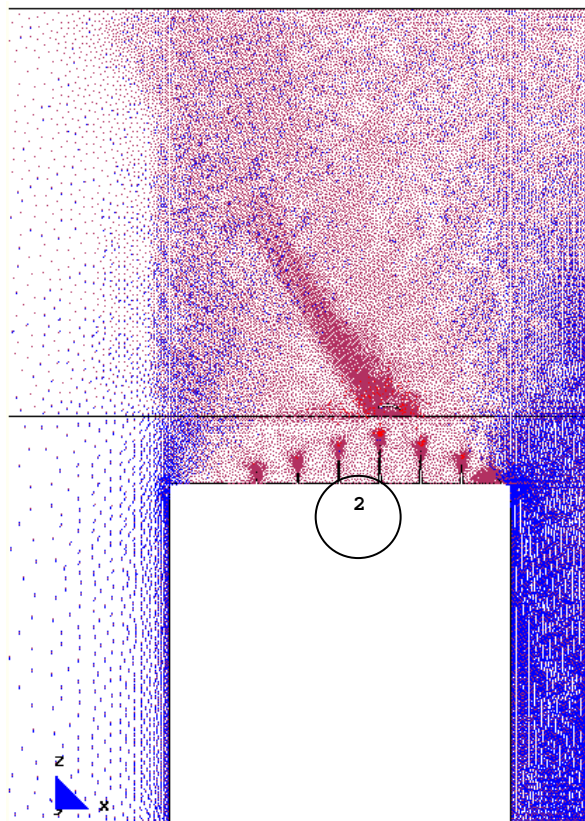
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

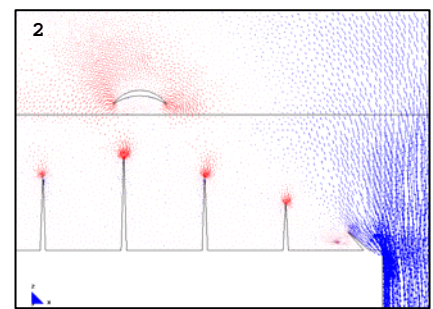
7.3.1.3.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras e inicio de la fisura horizontal



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-2**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.2⁹⁶***(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

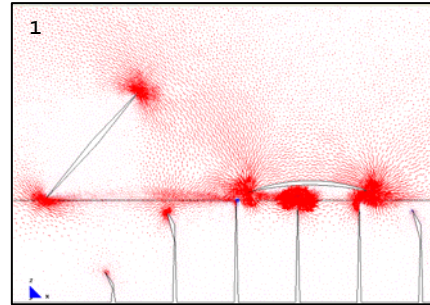
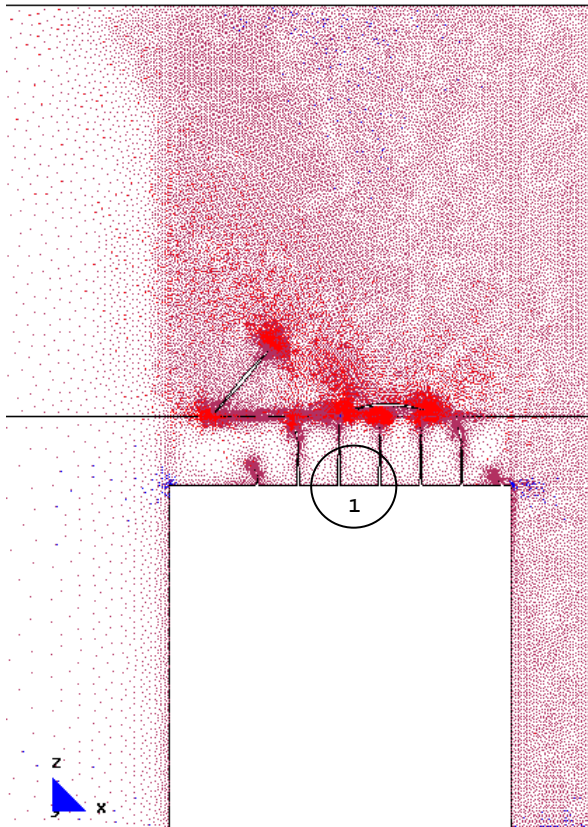
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

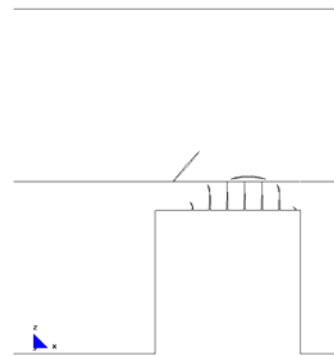
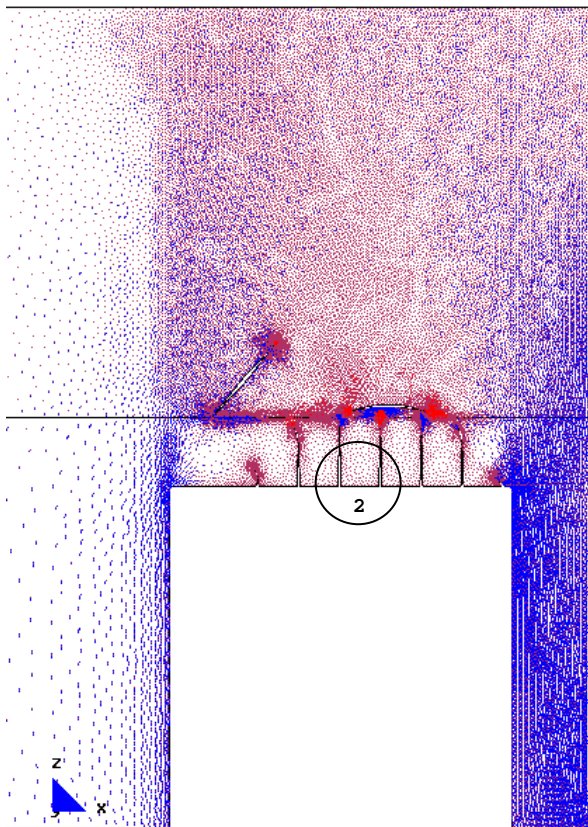
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.2.gid.

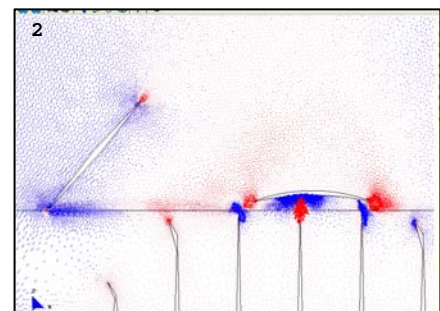
7.3.1.3.4 Aumento las fisuras existentes e inicio de la fisura inclinada



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



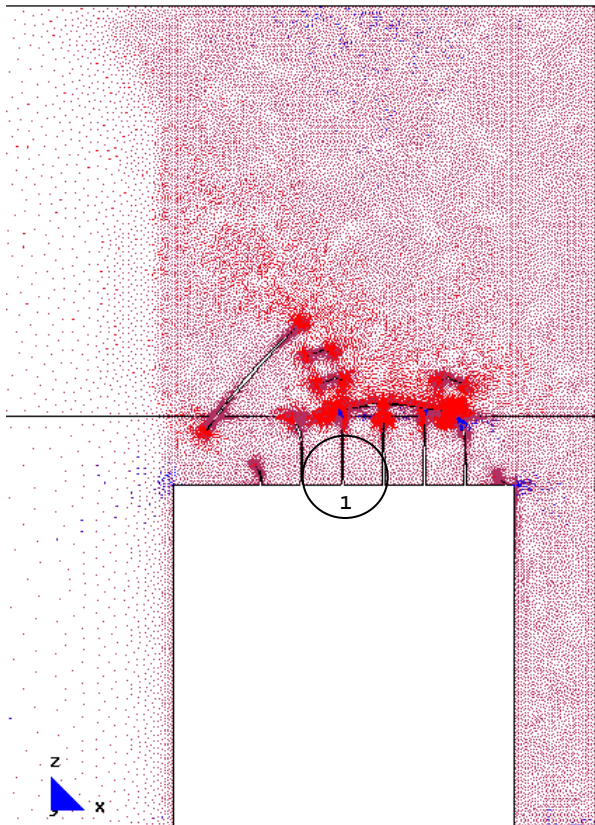
a.- Gráfico del modelo completo.



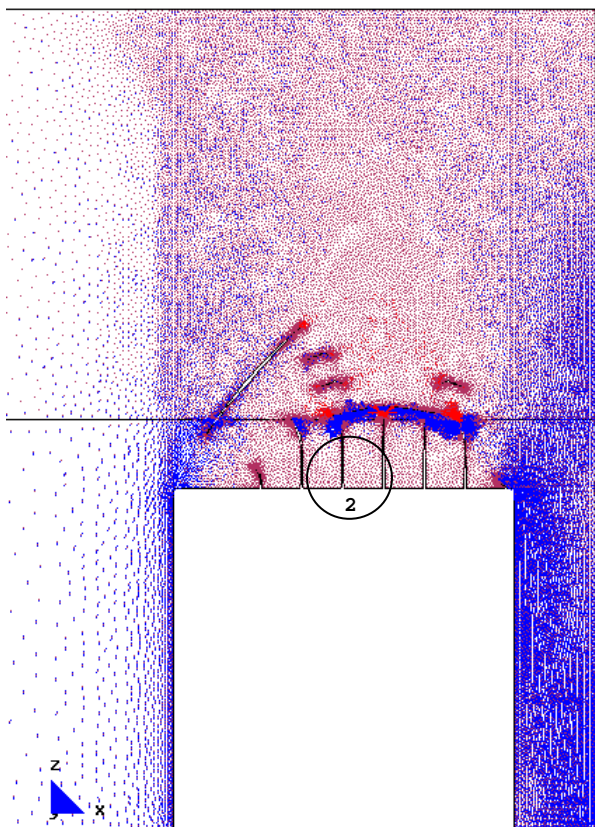
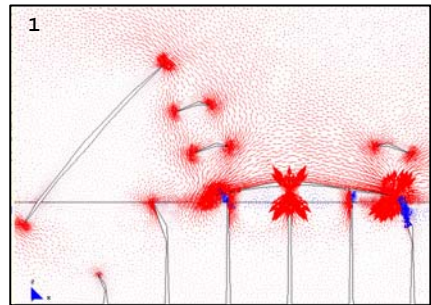
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

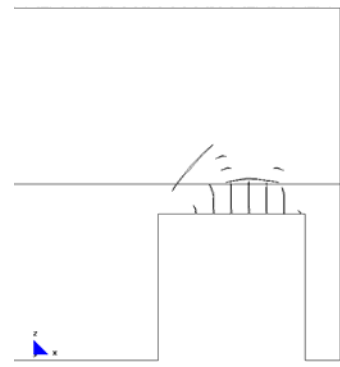
7.3.1.3.5 Desarrollo de las fisuras existentes e inicio de un nuevo grupo de fisuras horizontales



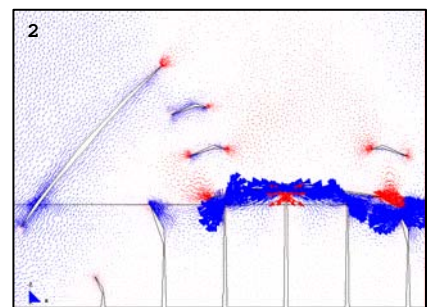
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-3

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.3⁹⁷

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

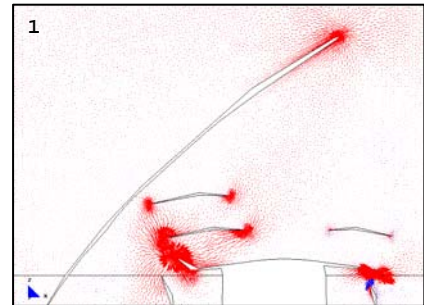
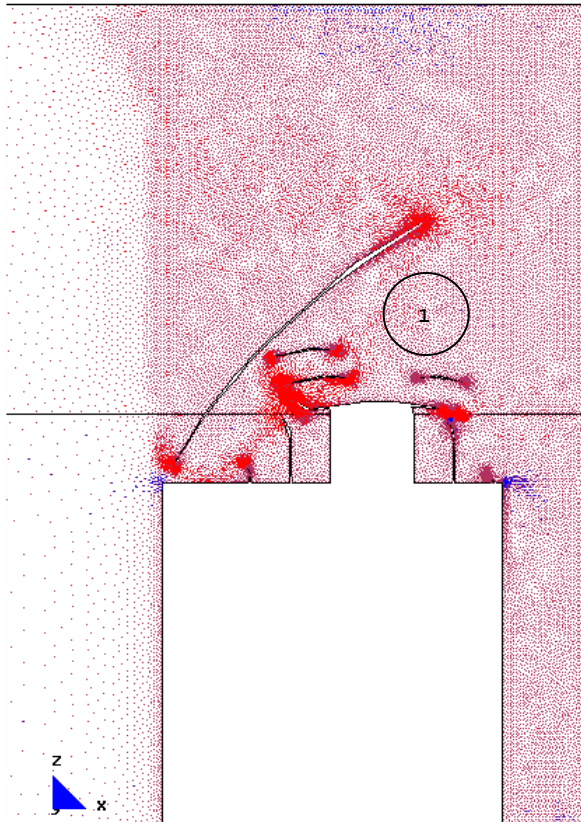
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

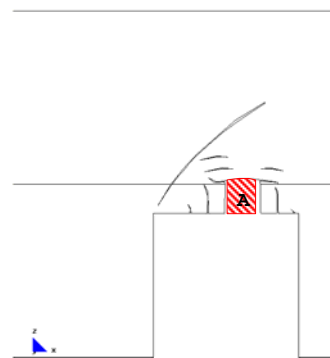
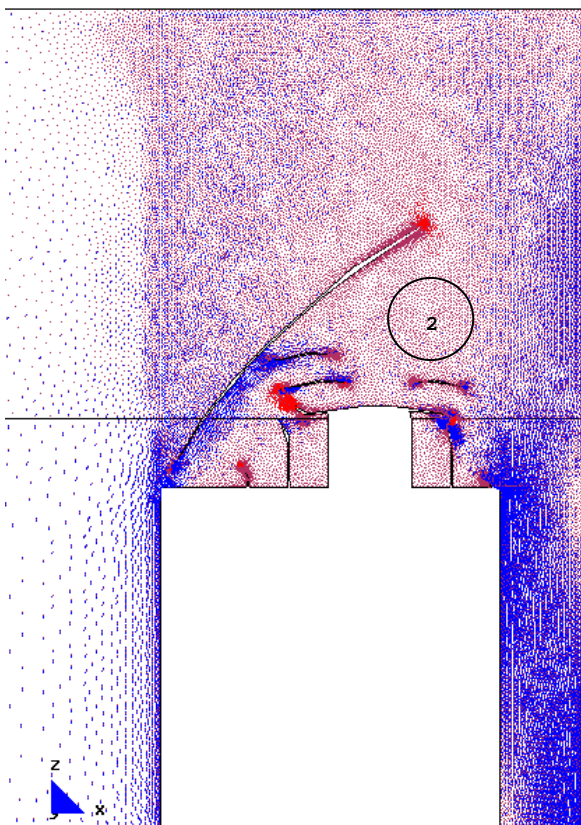
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.3.gid.

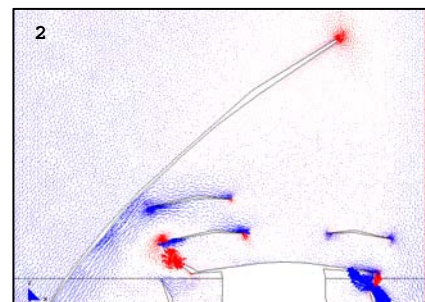
7.3.1.3.6 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "A" de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



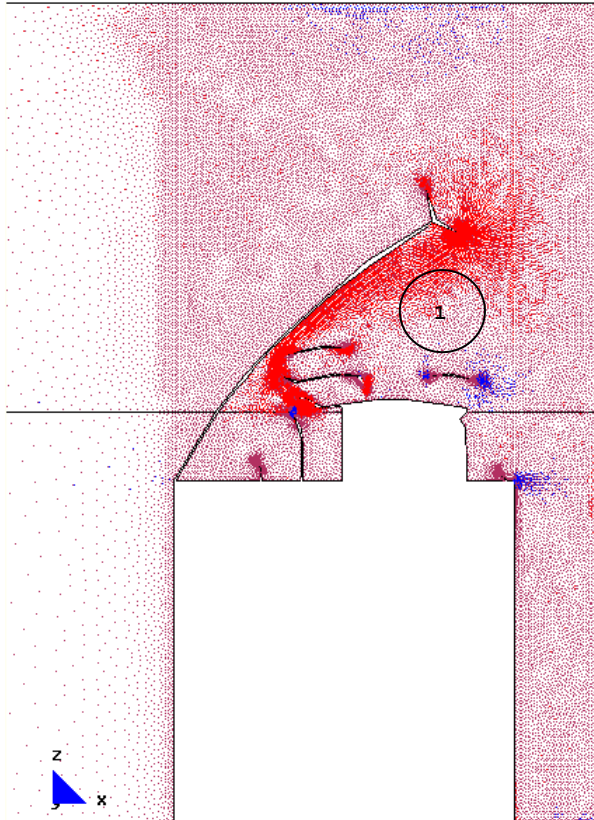
a.- Gráfico del modelo completo.



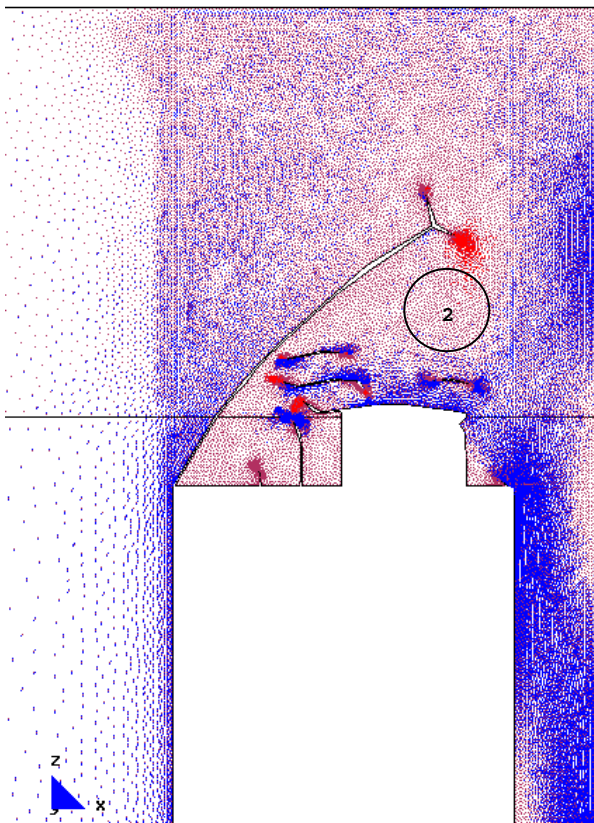
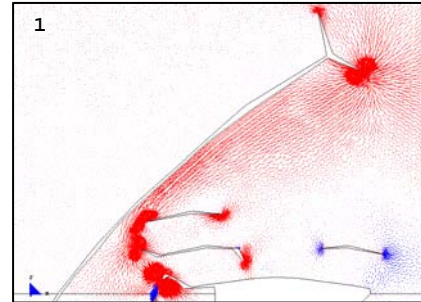
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

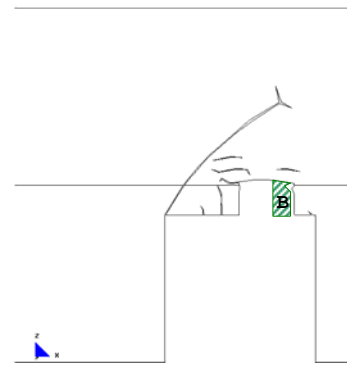
7.3.1.3.7 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación y bifurcación en alguna de ellas. Pérdida de la zona "B" de la pared



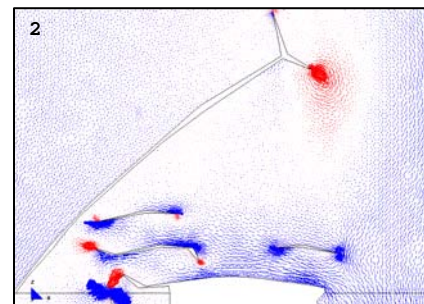
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

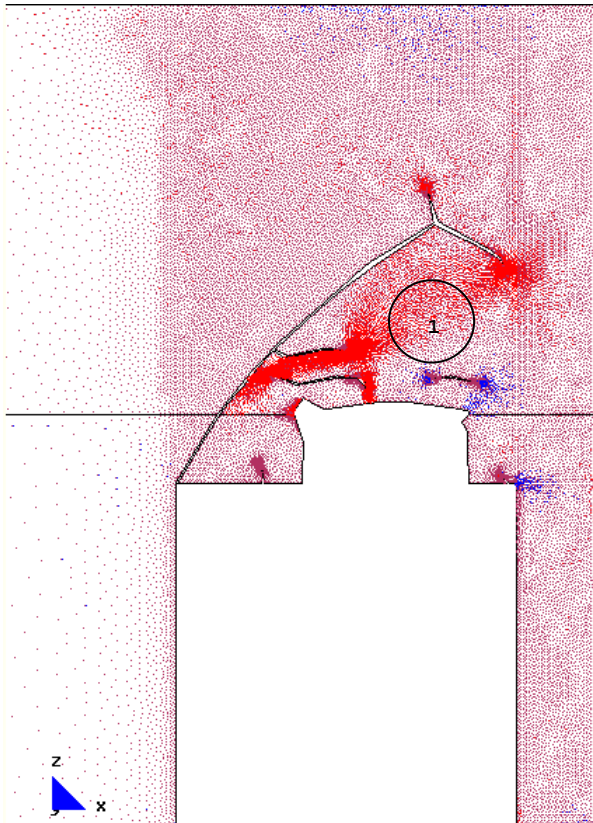


a.- Gráfico del modelo completo.

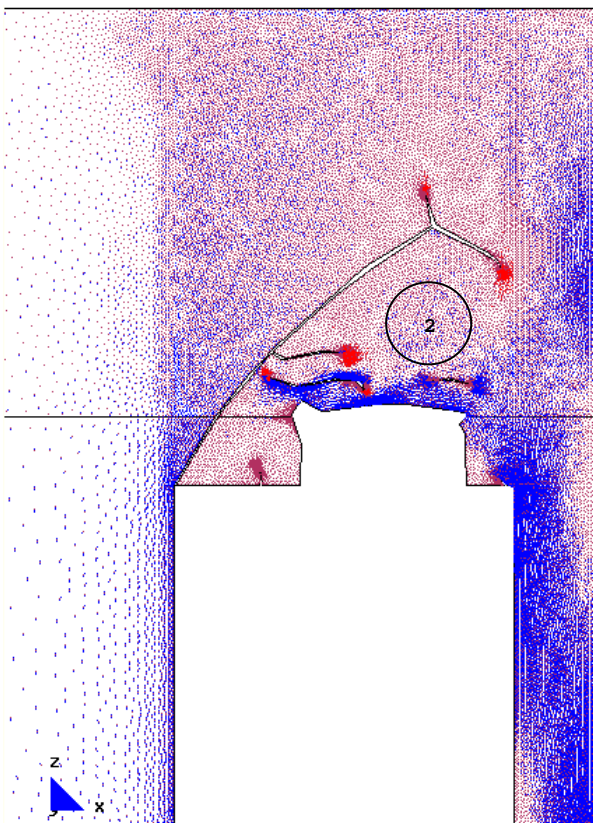
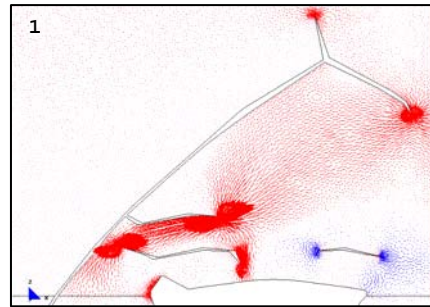


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

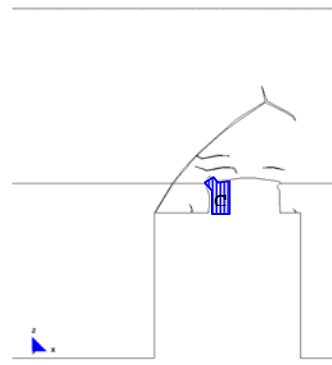
7.3.1.3.8 Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Pérdida completa de la zona "C" de la pared



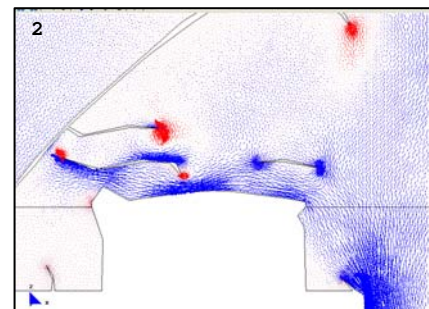
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-4**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.4⁹⁸***(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

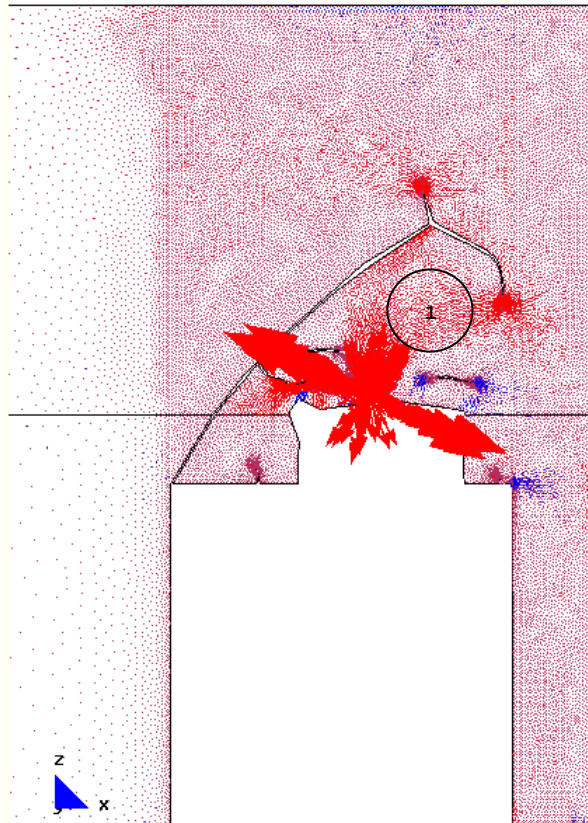
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

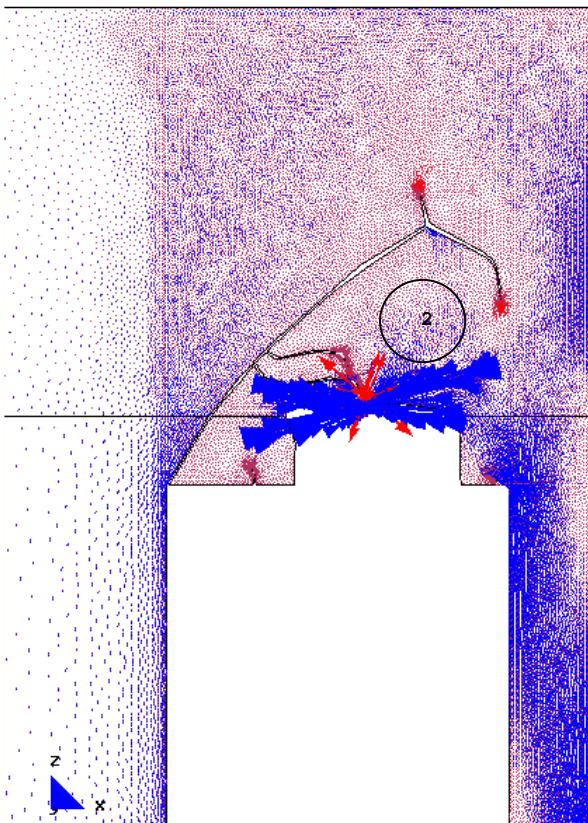
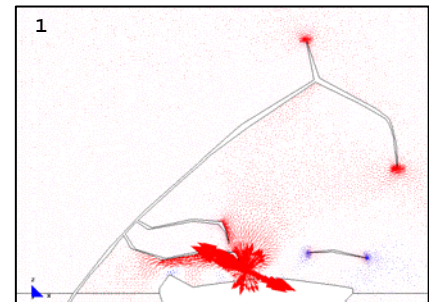
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹⁸ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.4.gid.

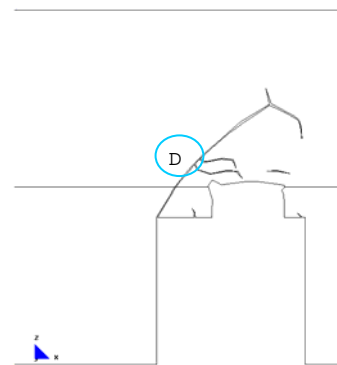
7.3.1.3.9 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Rotura completa en la zona "D" de la pared



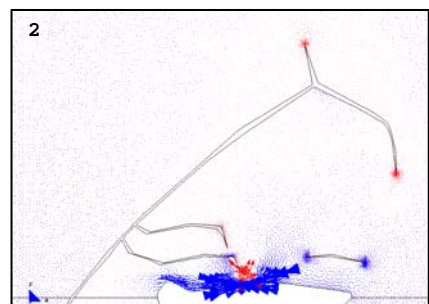
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (zona ampliada factor-1e-7).



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7 (zona ampliada factor-1e-7).

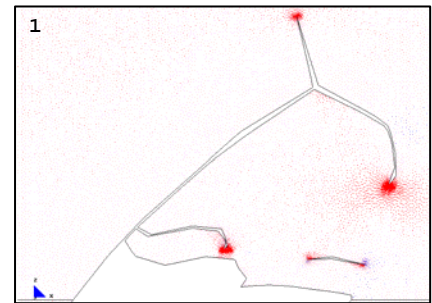
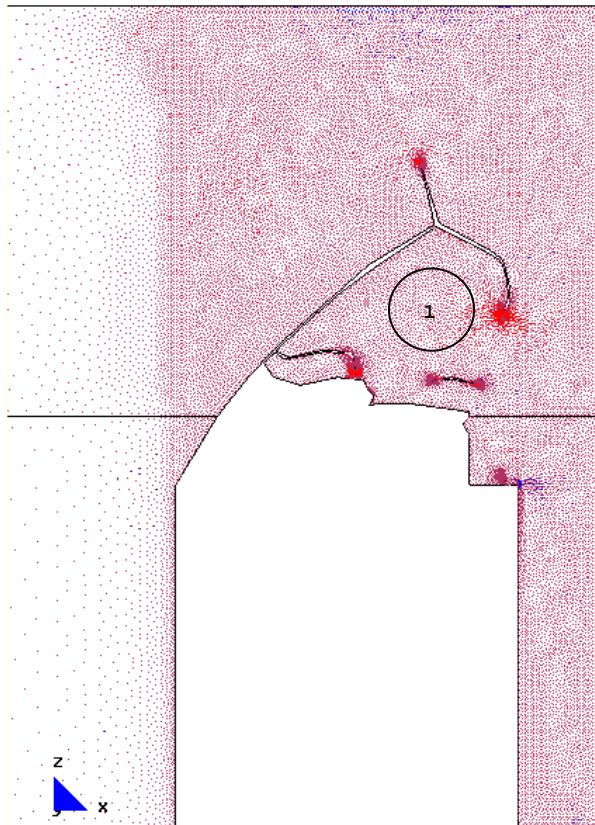


a.- Gráfico del modelo completo.

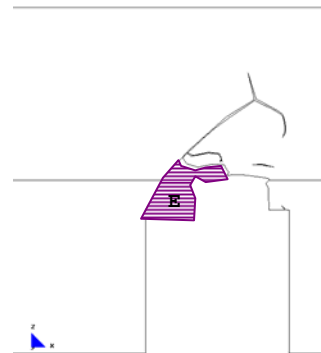
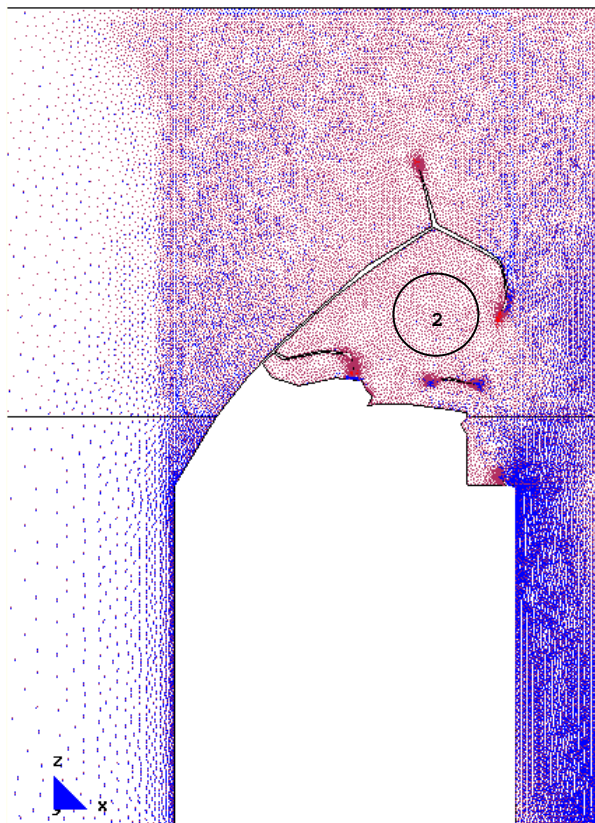


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.10 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "E" de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.

b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-5

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.5⁹⁹

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

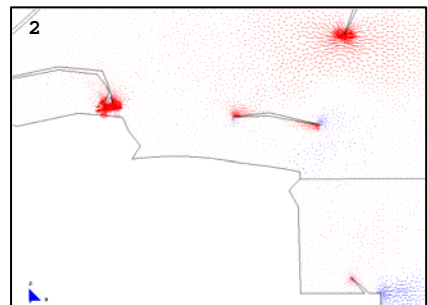
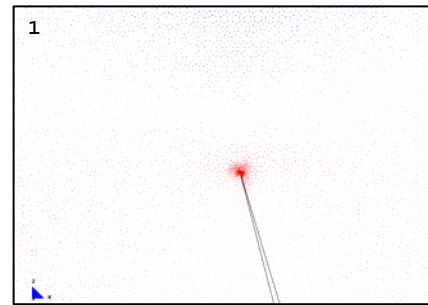
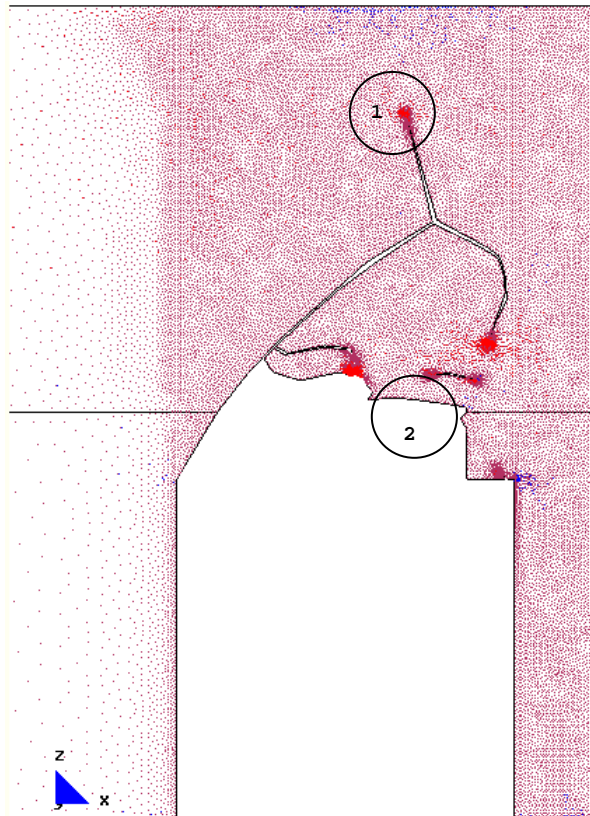
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

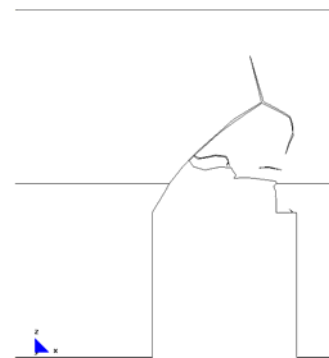
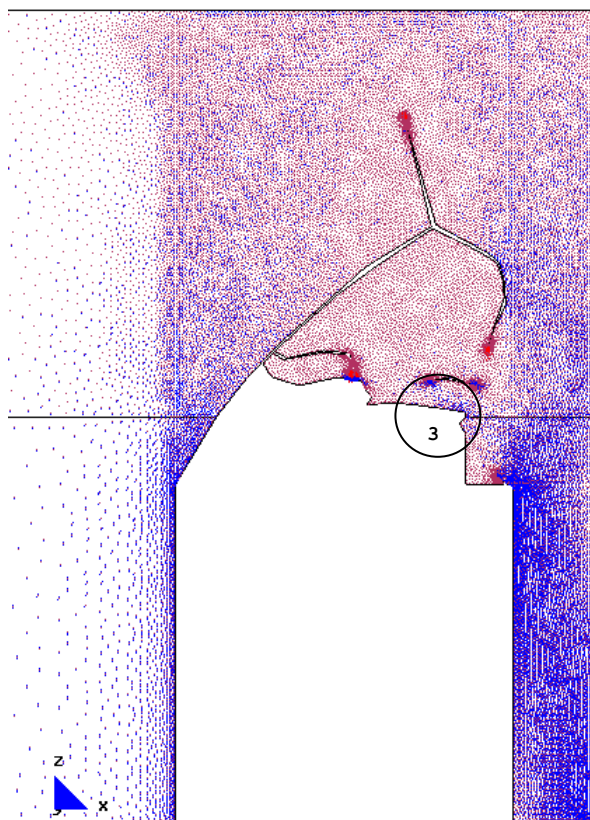
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

⁹⁹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capitulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.5.gid.

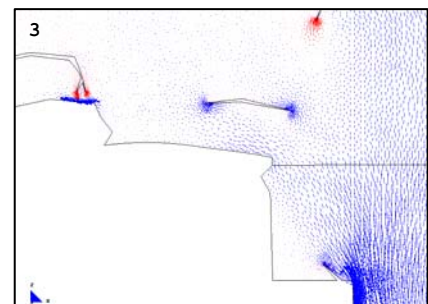
7.3.1.3.11 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



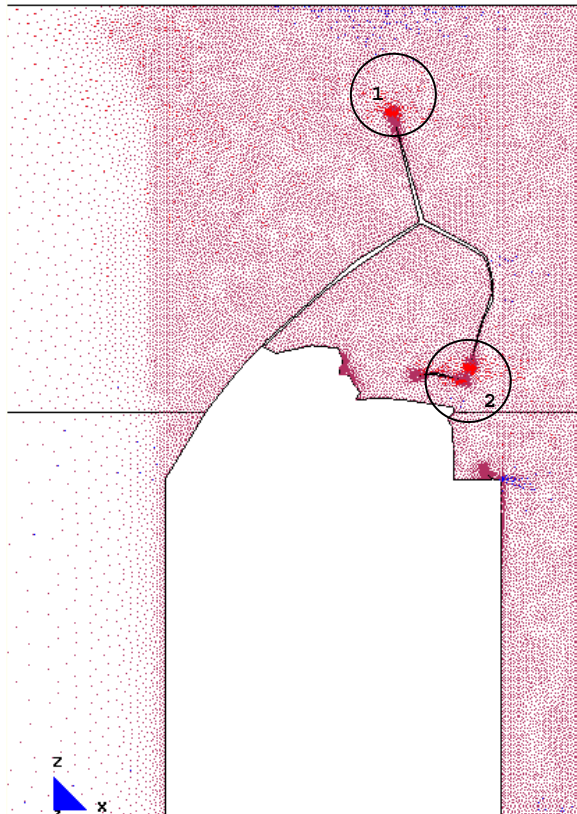
a.- Gráfico del modelo completo.



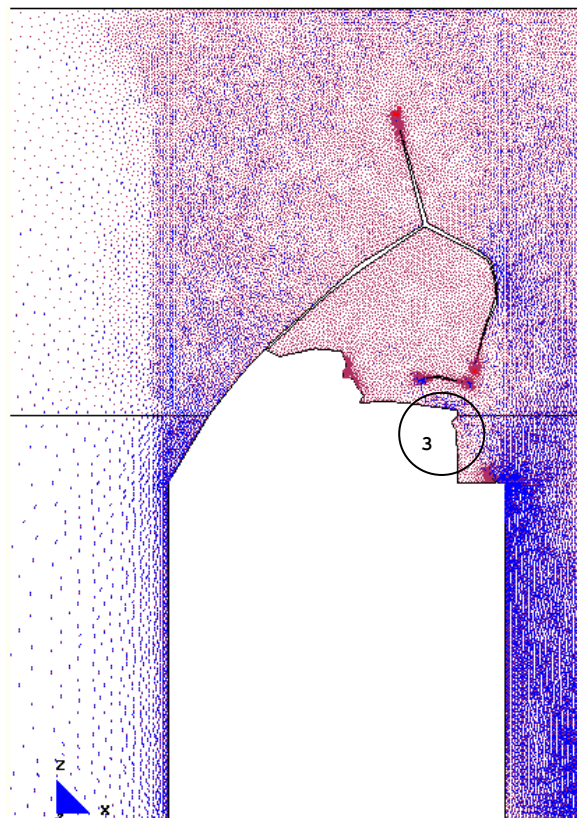
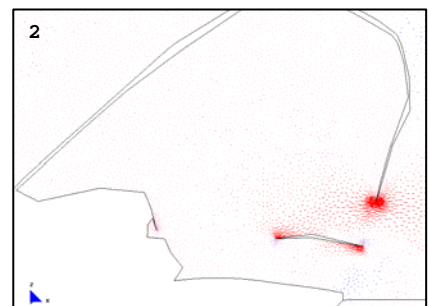
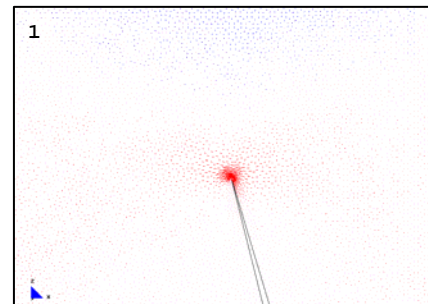
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

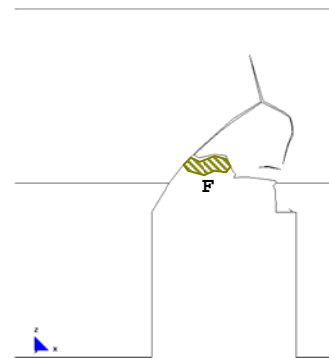
7.3.1.3.12 Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida de la zona "F" de la pared



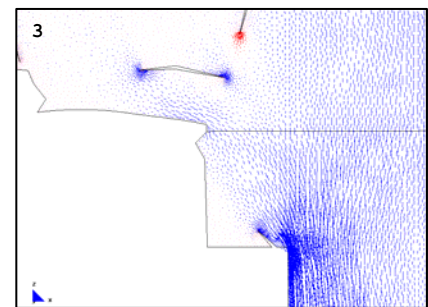
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-7

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.6¹⁰⁰

ESTE MODELO NO SE INCLUYE EN ESTE APARTADO, PERO SI SE INCLUYEN EN EL VIDEO CORRESPONDIENTE.

2.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.7¹⁰¹

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

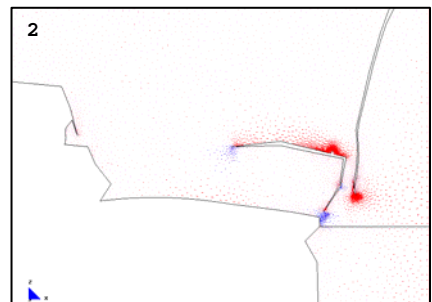
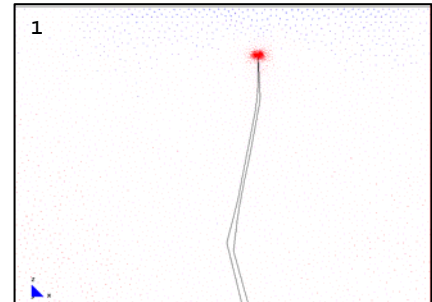
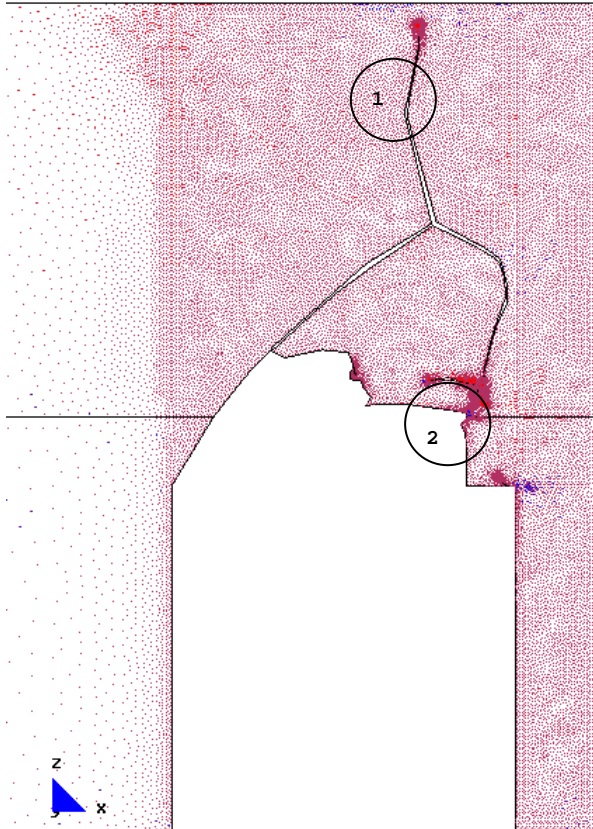
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

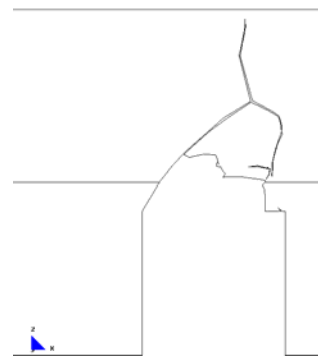
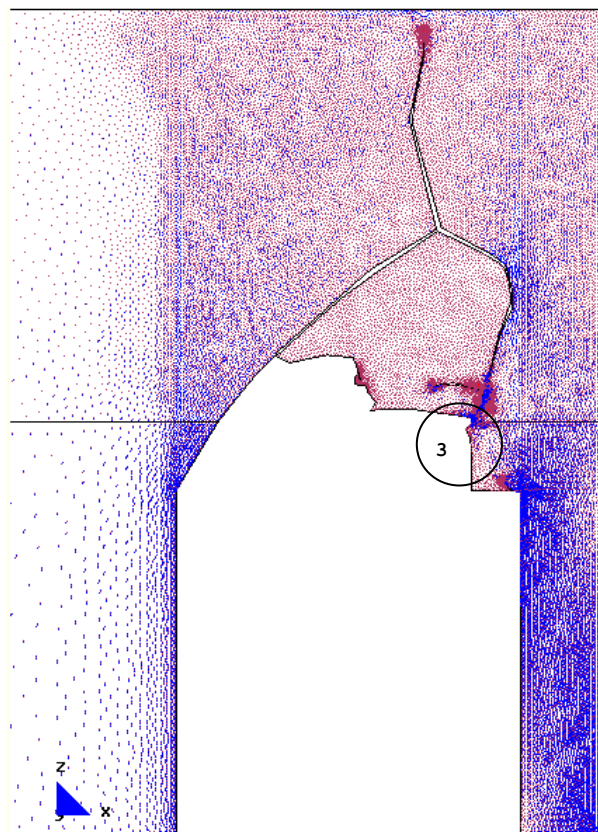
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.6.gid.¹⁰¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.7.gid.

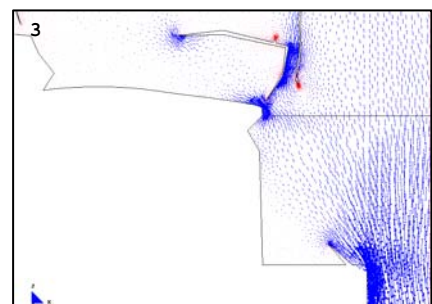
7.3.1.3.13 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-8

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.8¹⁰²

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

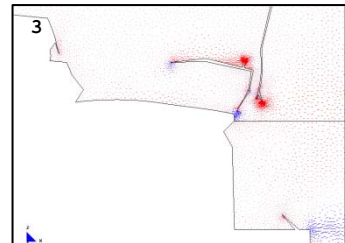
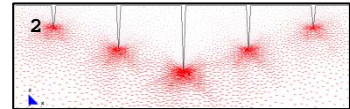
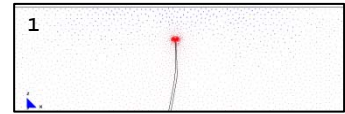
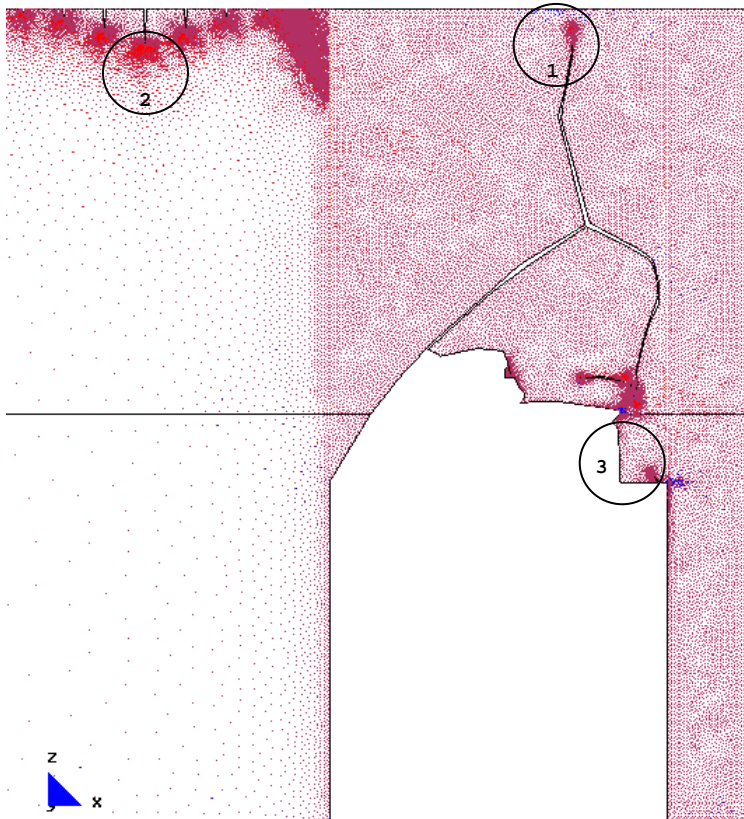
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

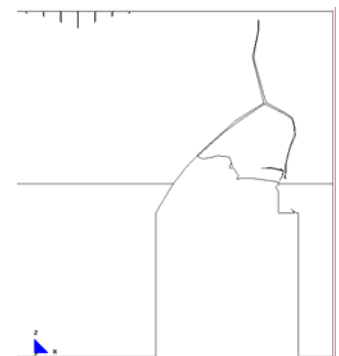
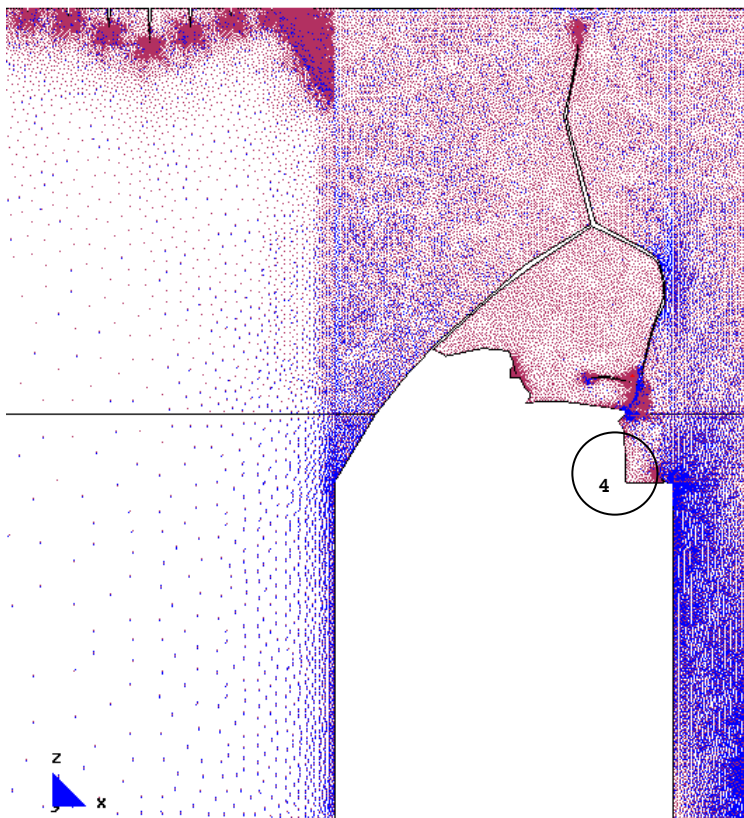
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.8.gid.

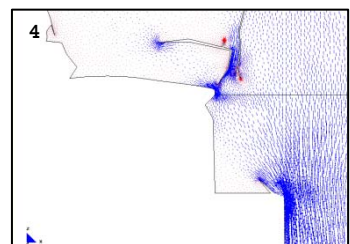
7.3.1.3.14 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de un nuevo grupo de fisuras en la parte superior



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



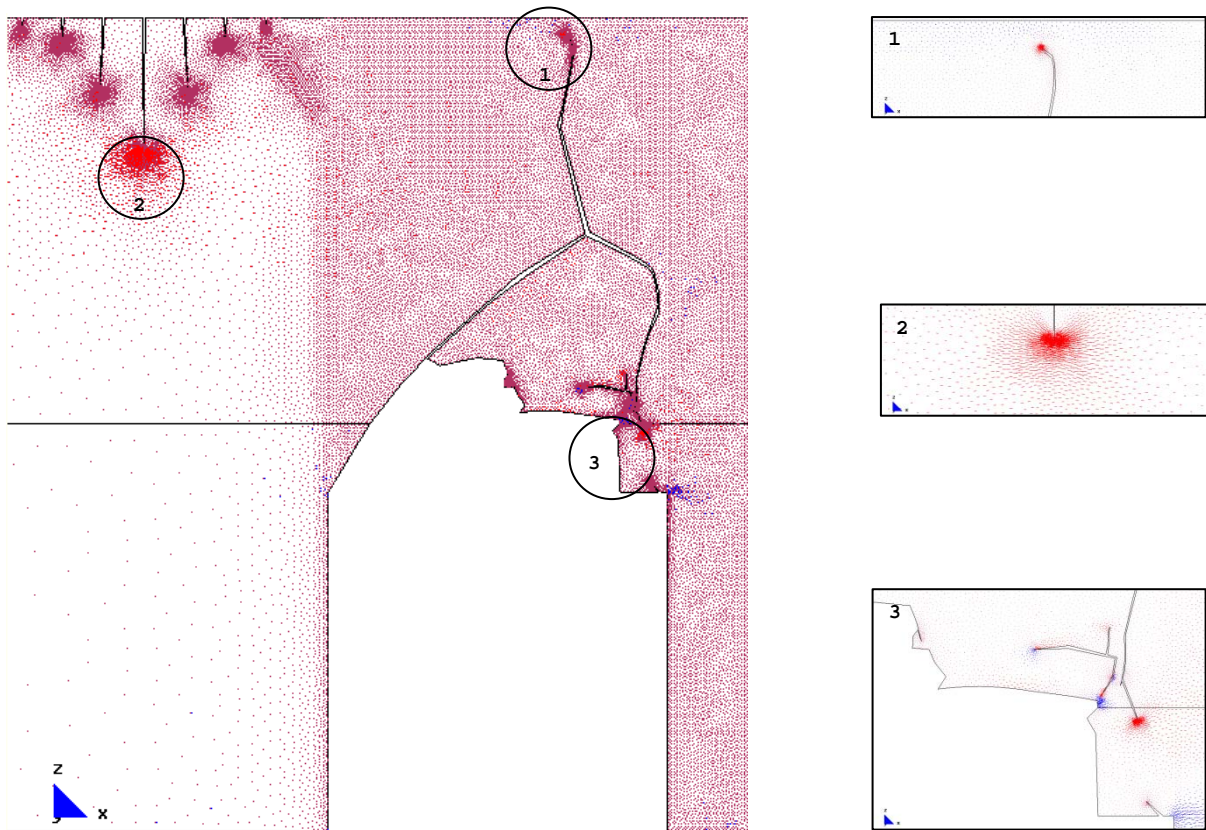
a.- Gráfico del modelo completo.



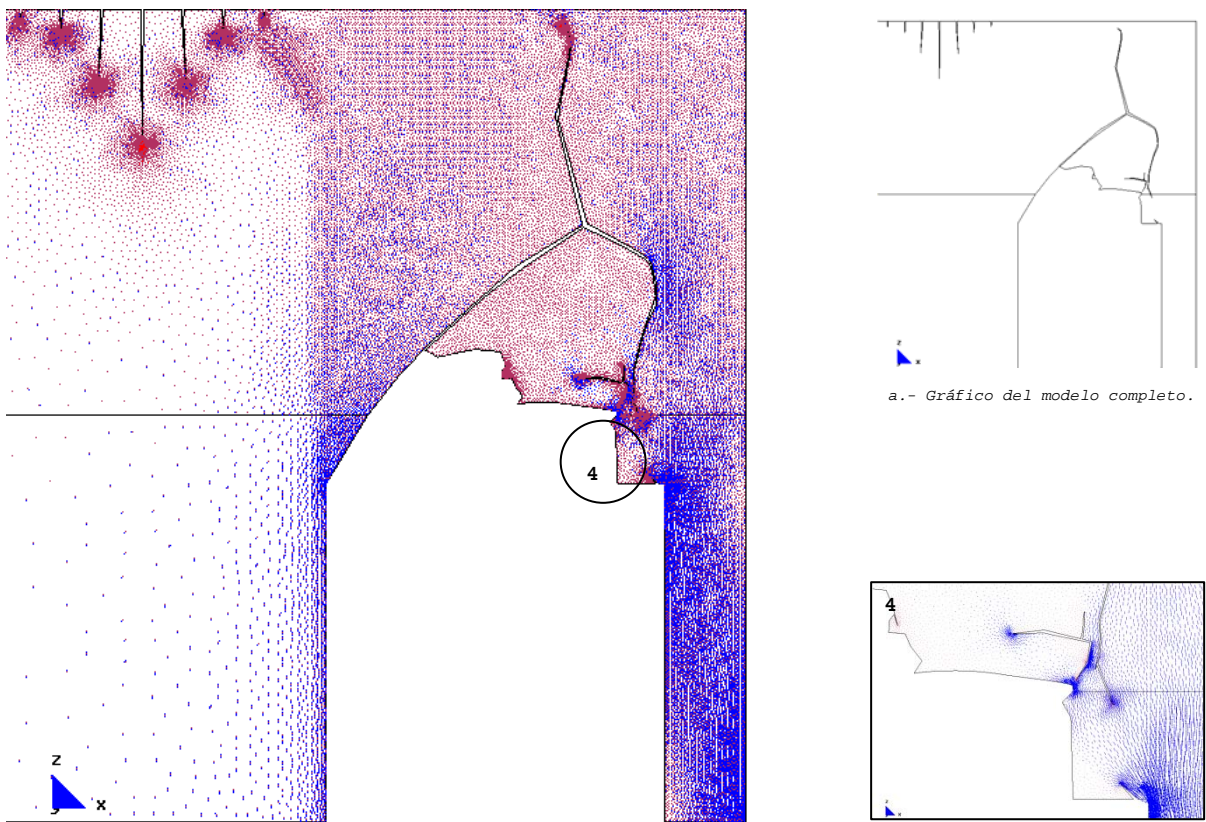
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.15 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido de algunas de ellas



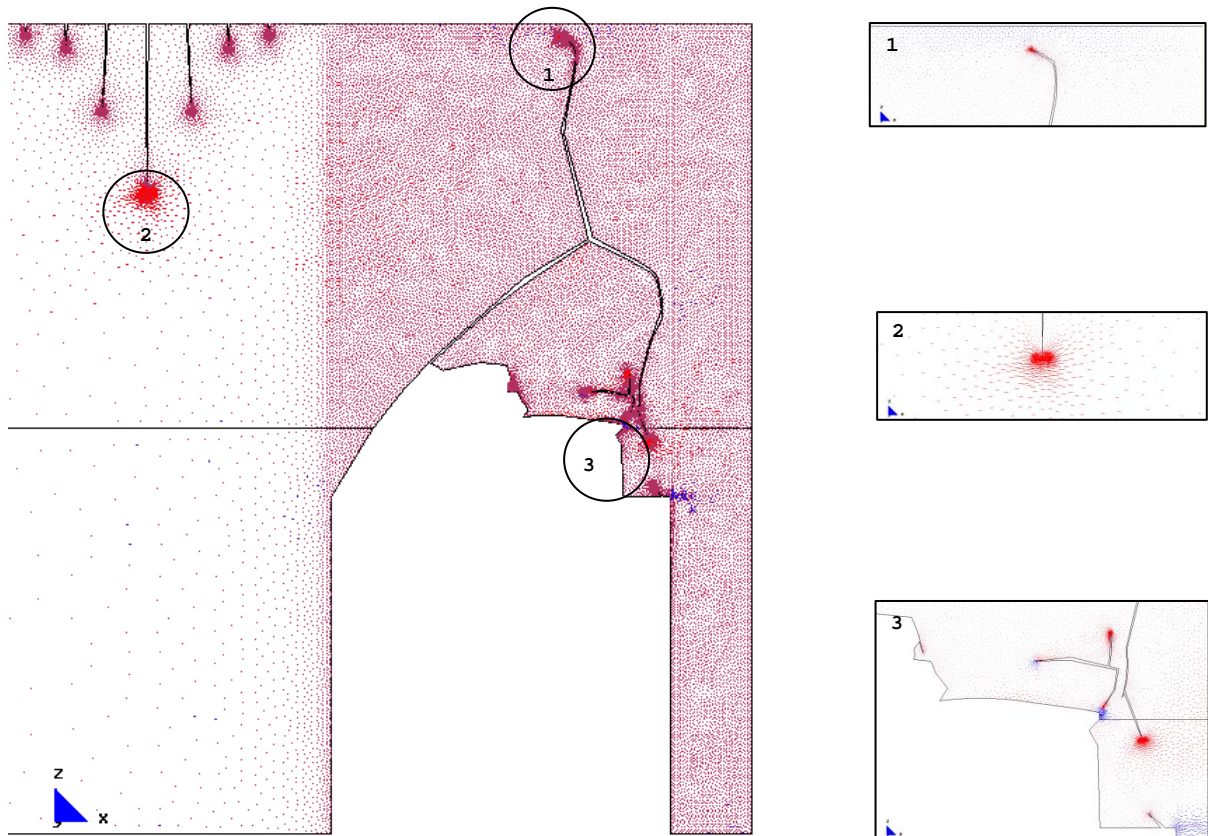
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



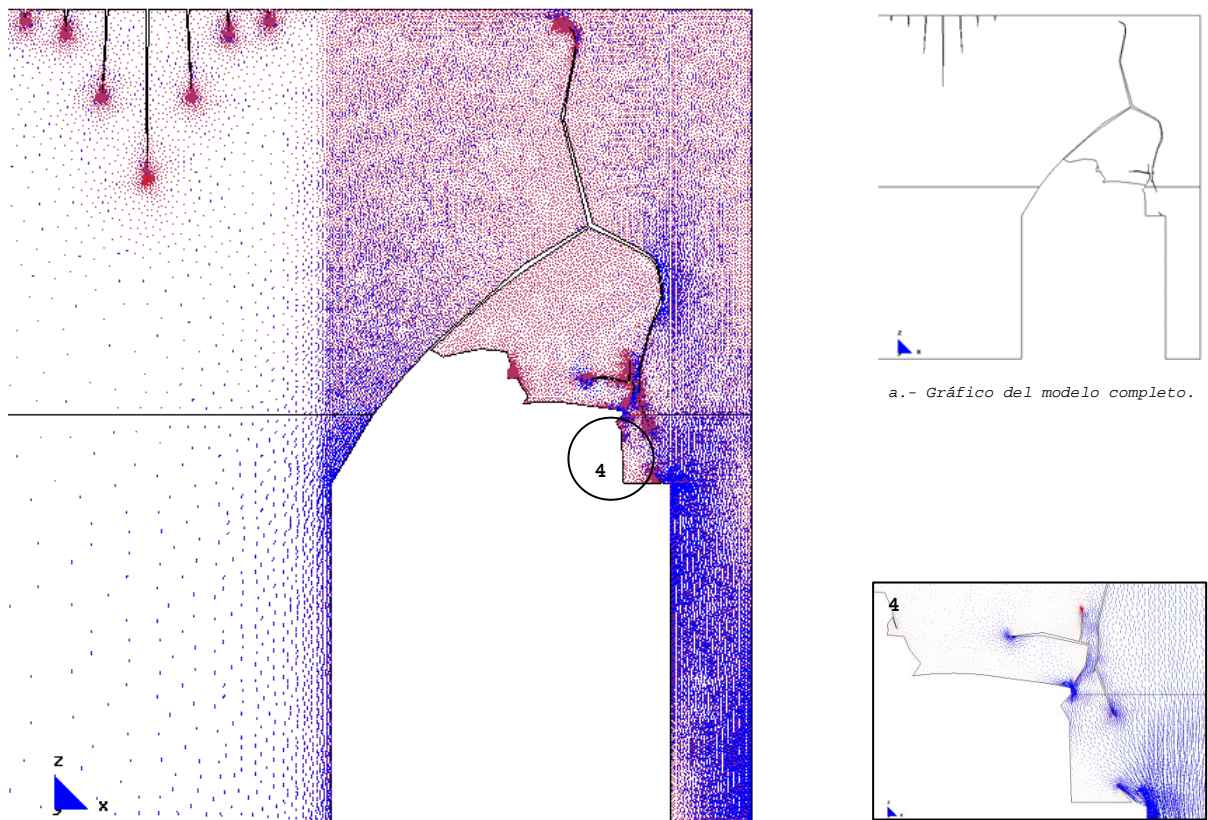
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.16 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

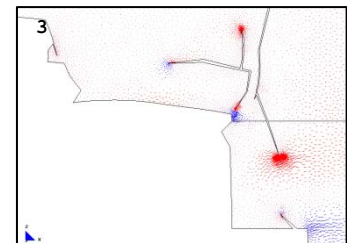
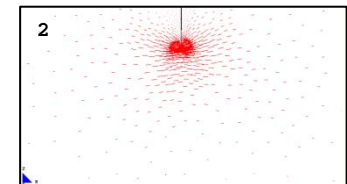
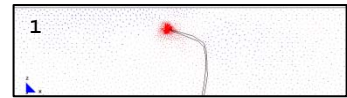
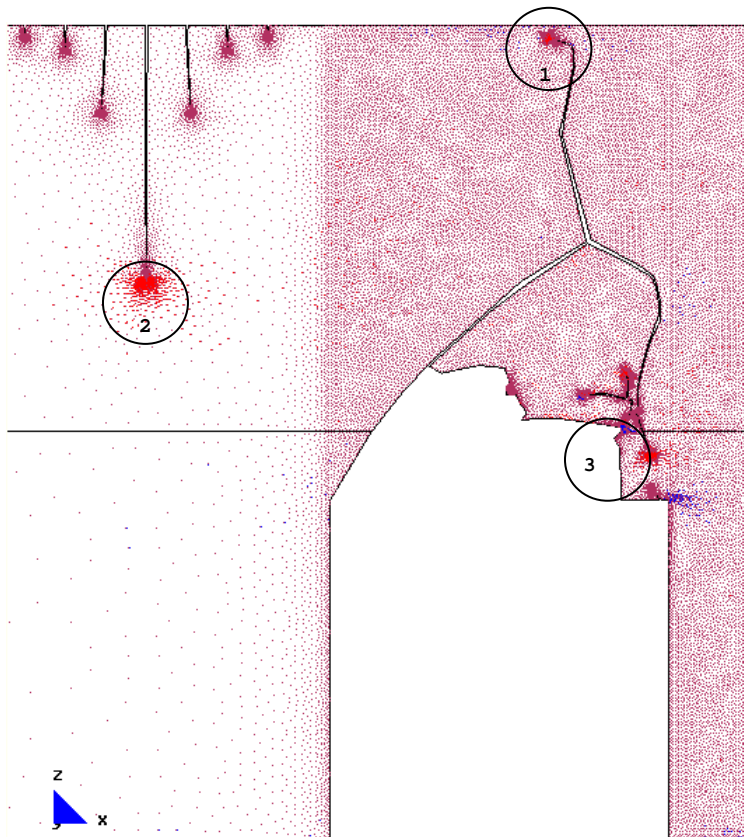


a.- Gráfico del modelo completo.

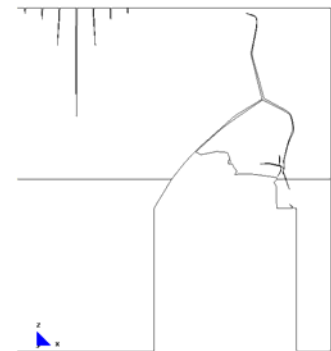
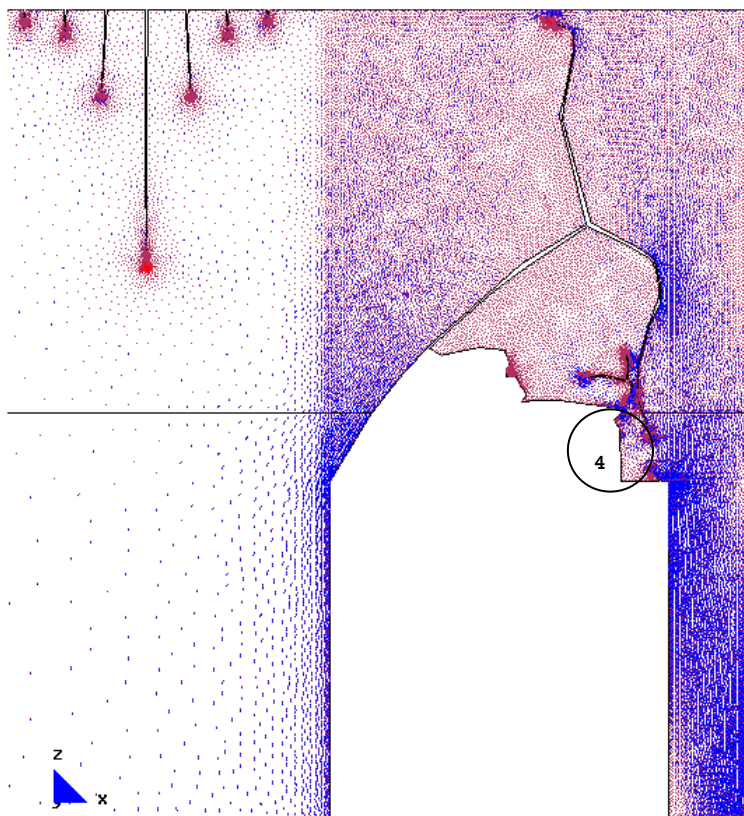
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

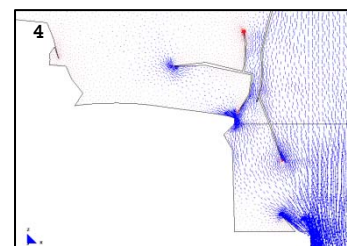
7.3.1.3.17 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-9

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.9¹⁰³

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

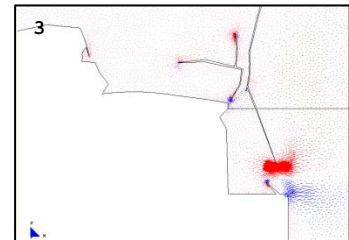
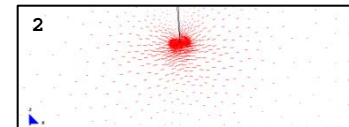
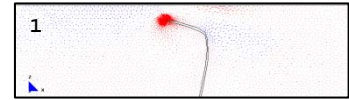
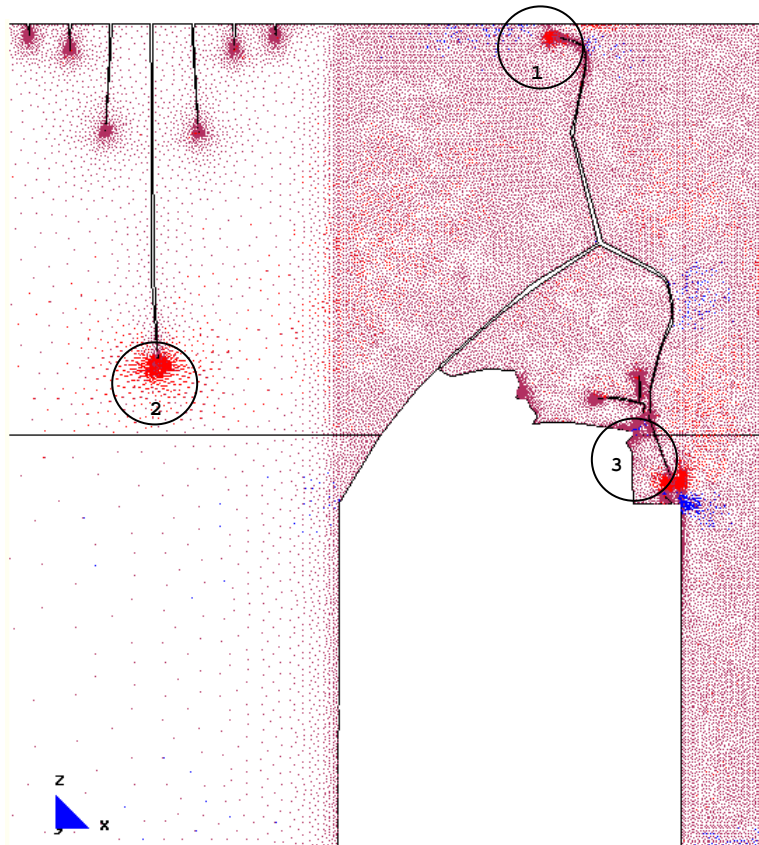
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

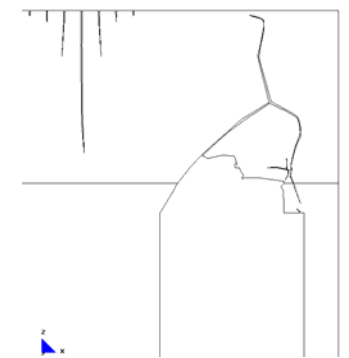
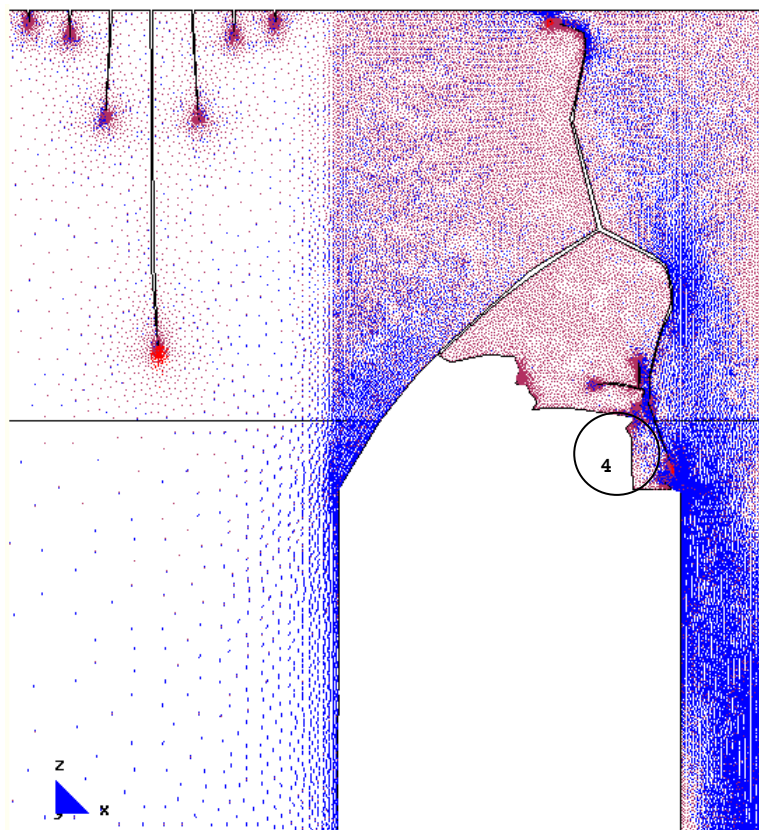
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.9.gid.

7.3.1.3.18 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

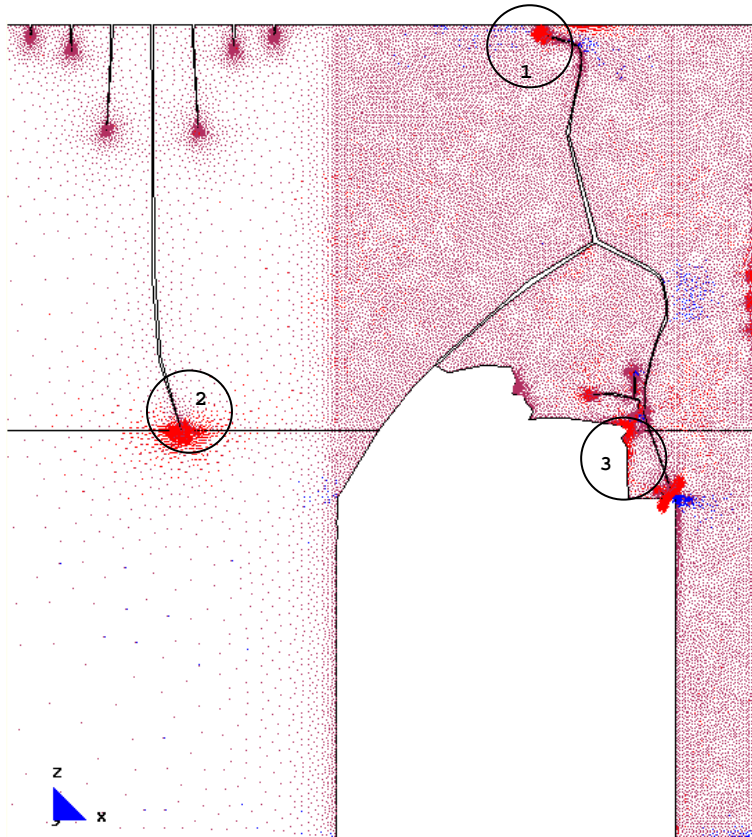


a.- Gráfico del modelo completo.

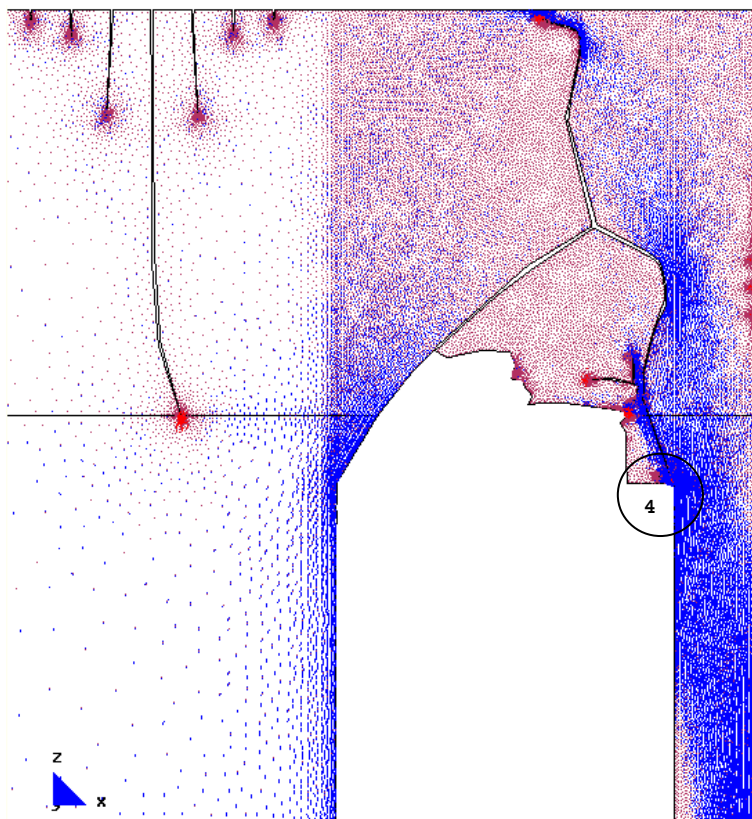
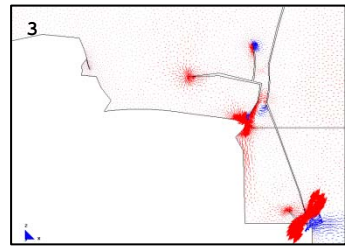
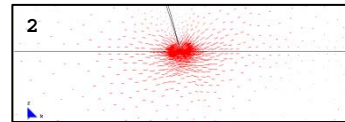
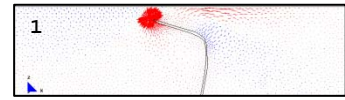
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

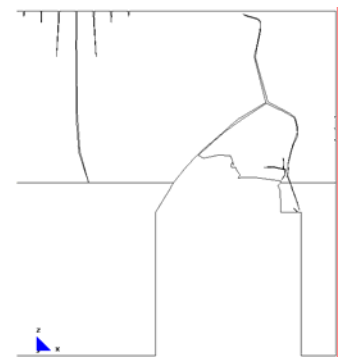
7.3.1.3.19 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de nuevas fisuras en la zona "I" de la pared



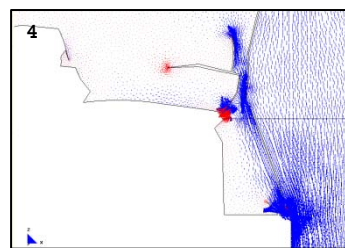
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

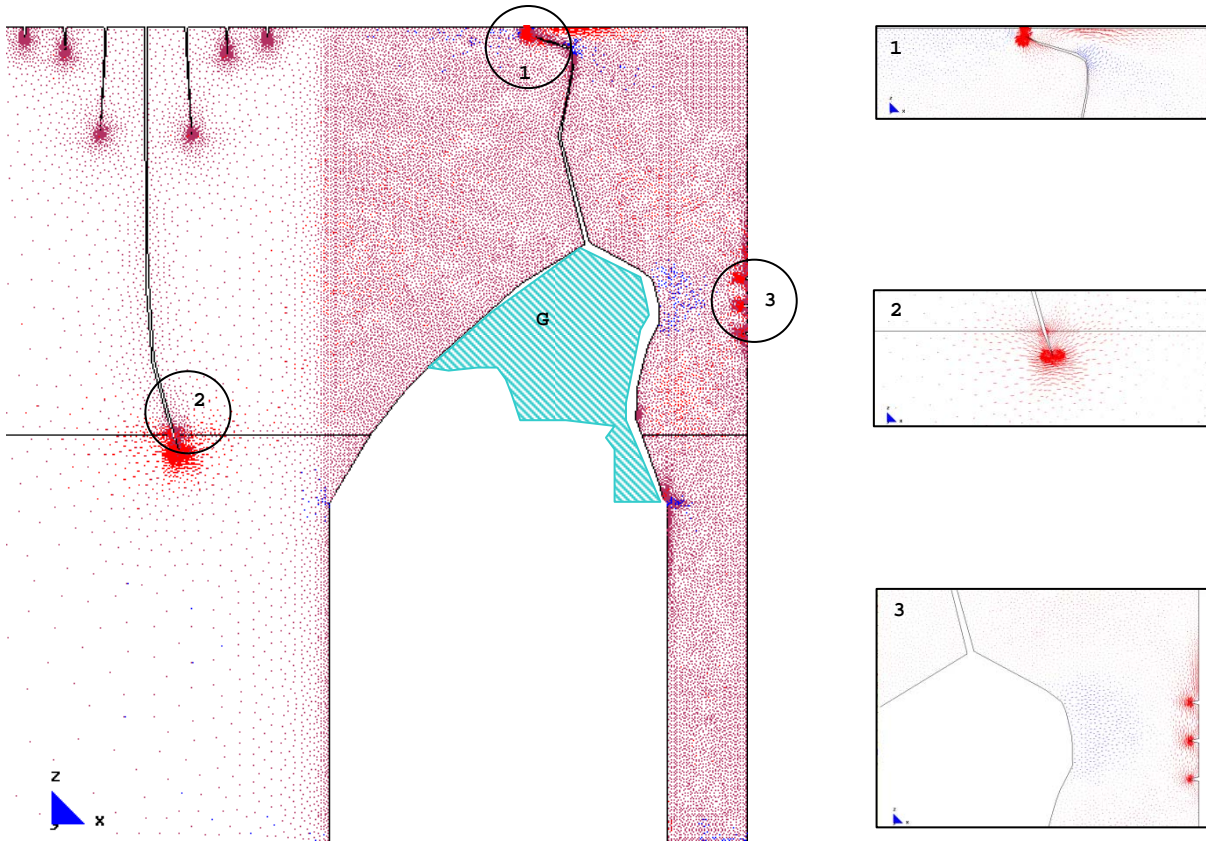


a.- Gráfico del modelo completo.

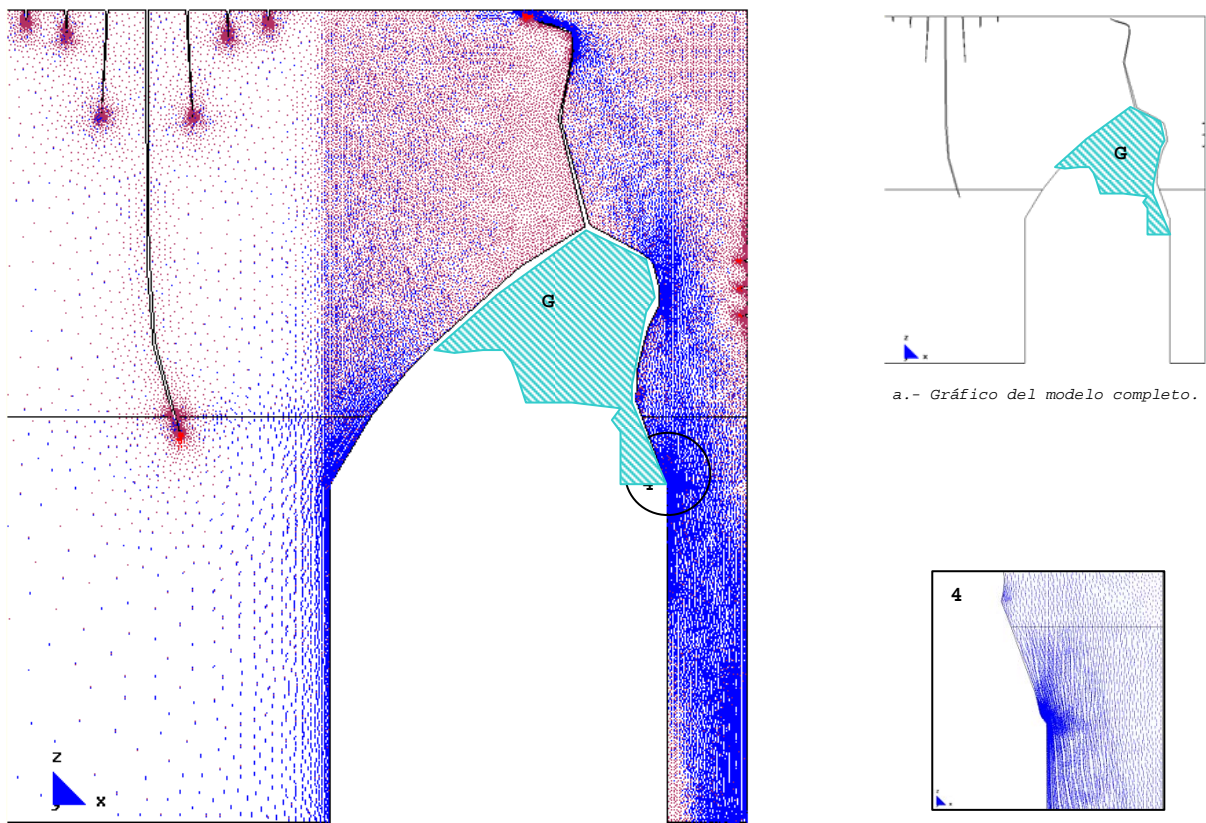


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.20 Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "G" de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-10**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.10¹⁰⁴***(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

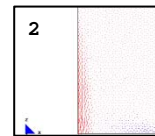
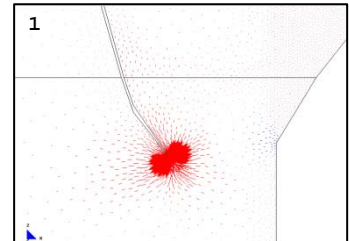
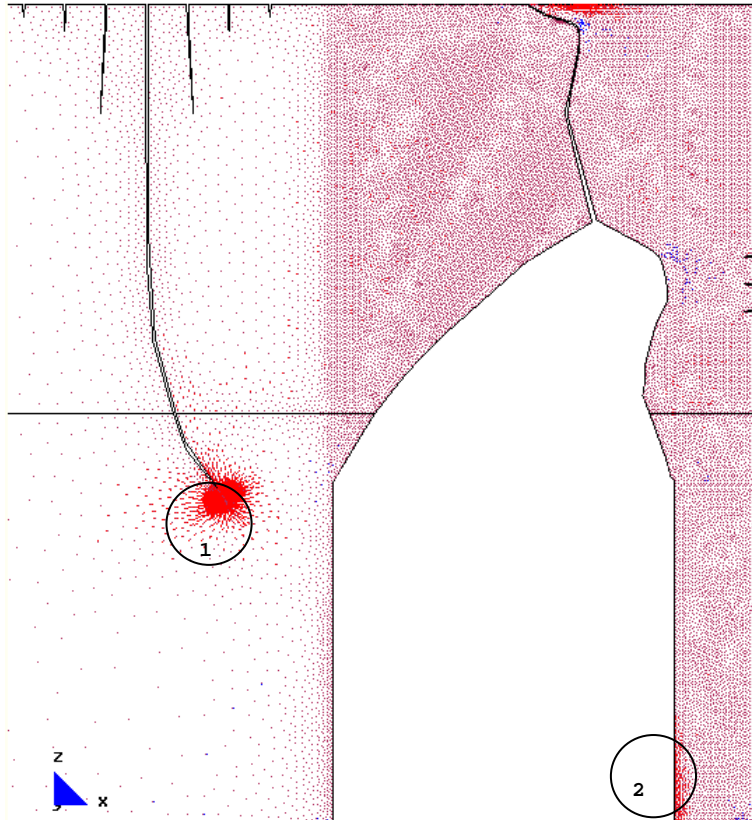
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

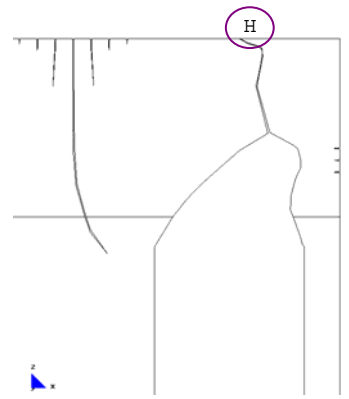
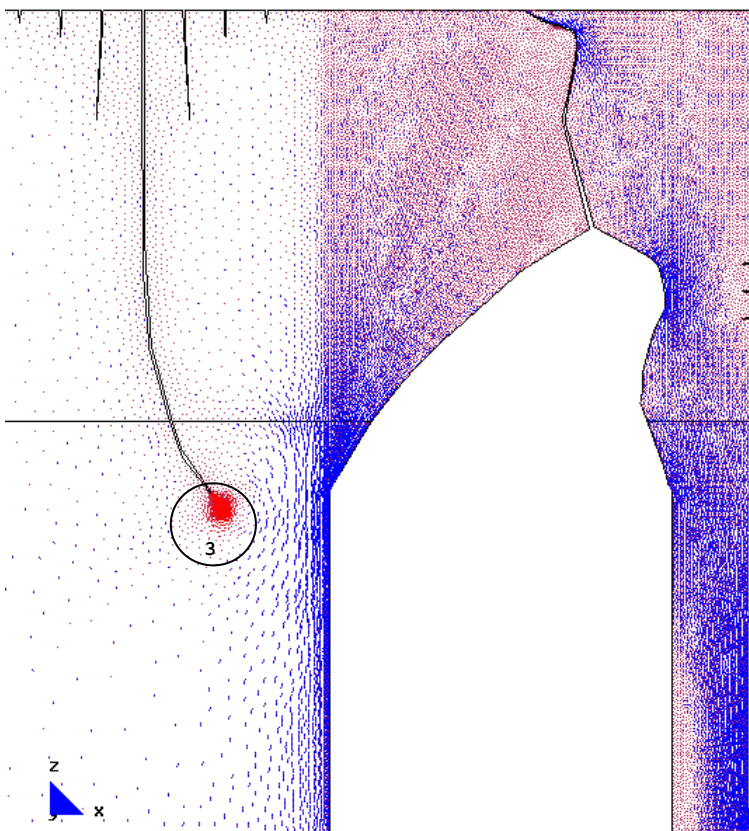
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.10.gid.

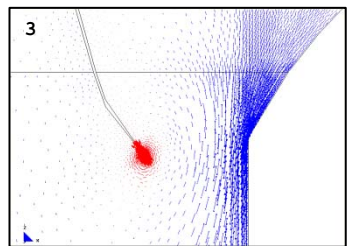
7.3.1.3.21 Desarrollo de las fisuras existentes, en especial en la zona "L". Rotura completa de la pared en la zona "H"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



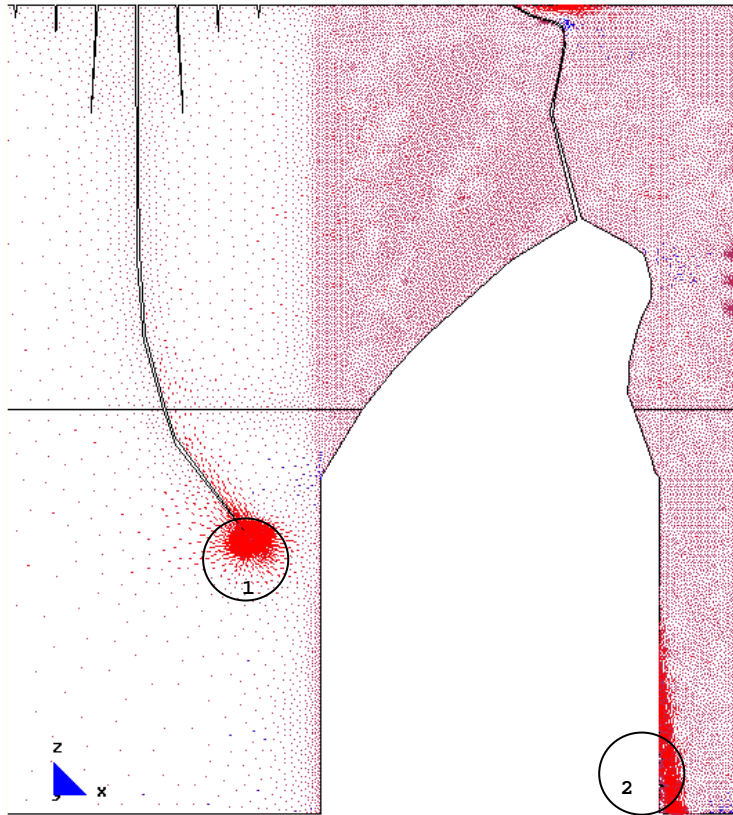
a.- Gráfico del modelo completo.



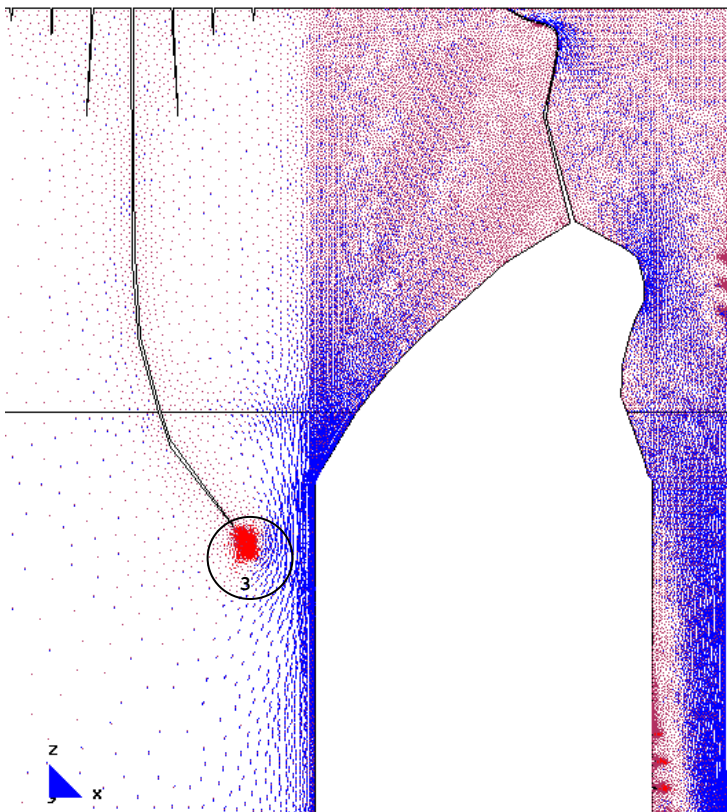
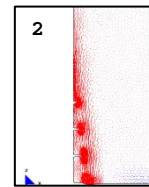
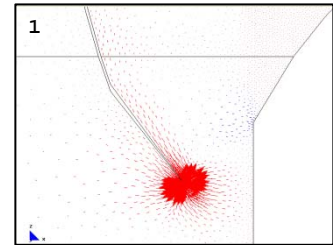
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.22 A partir de esta etapa se imponen las fuerzas especiales ver (CUADRO 14). Desarrollo de la fisura de la zona "L". Presencia de nuevas fisuras en la zona "J". Las fisuras en la zona "I" se comienzan a cerrar

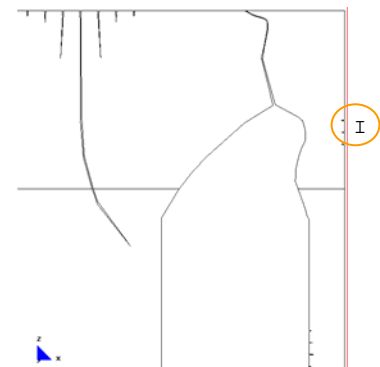


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

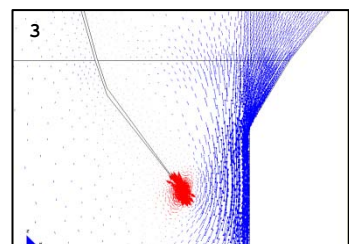


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

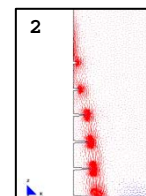
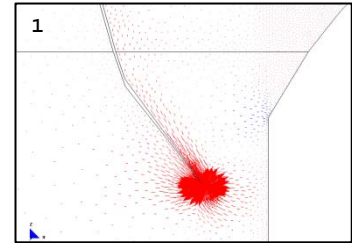
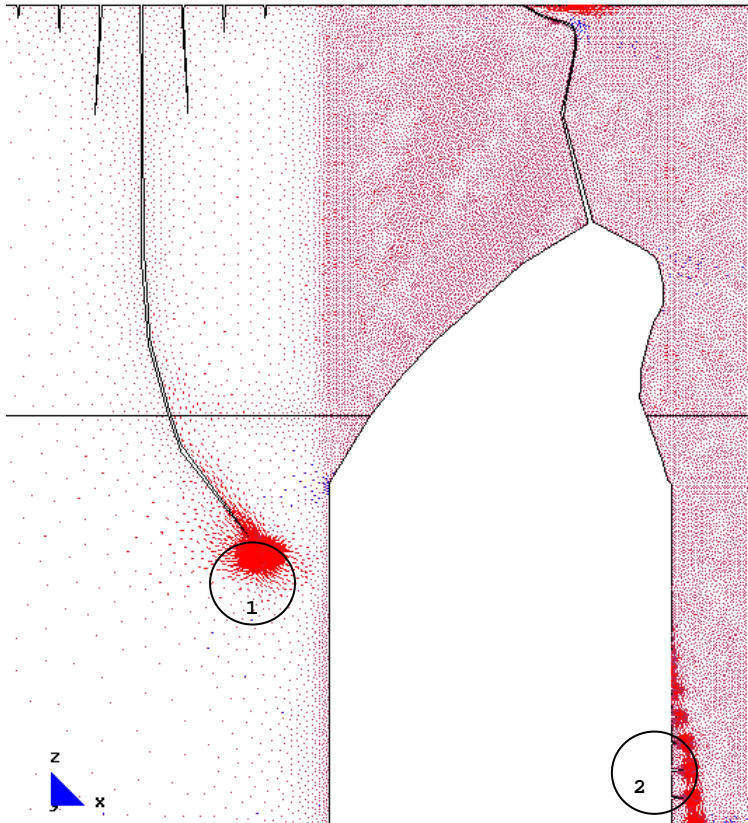
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.



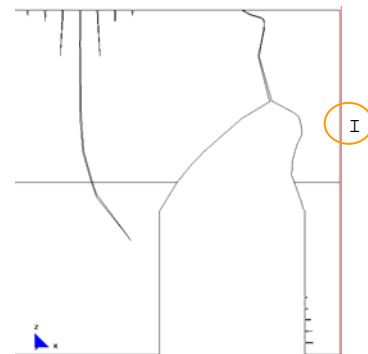
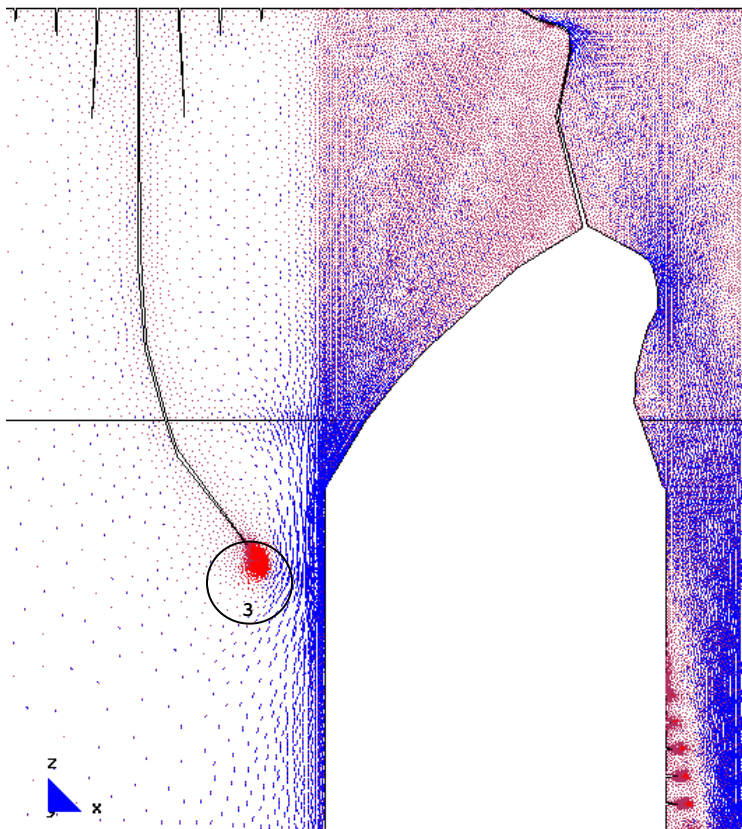
a.- Gráfico del modelo completo.



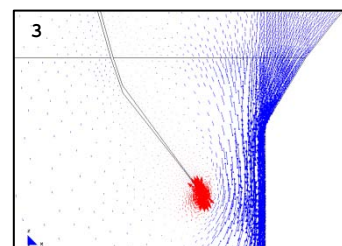
7.3.1.3.23 Desarrollo de las fisuras existentes. En la zona "I" las fisuras se cierran completamente



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



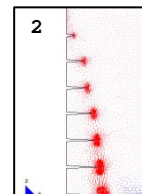
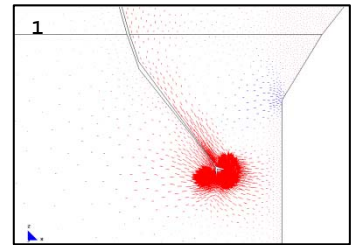
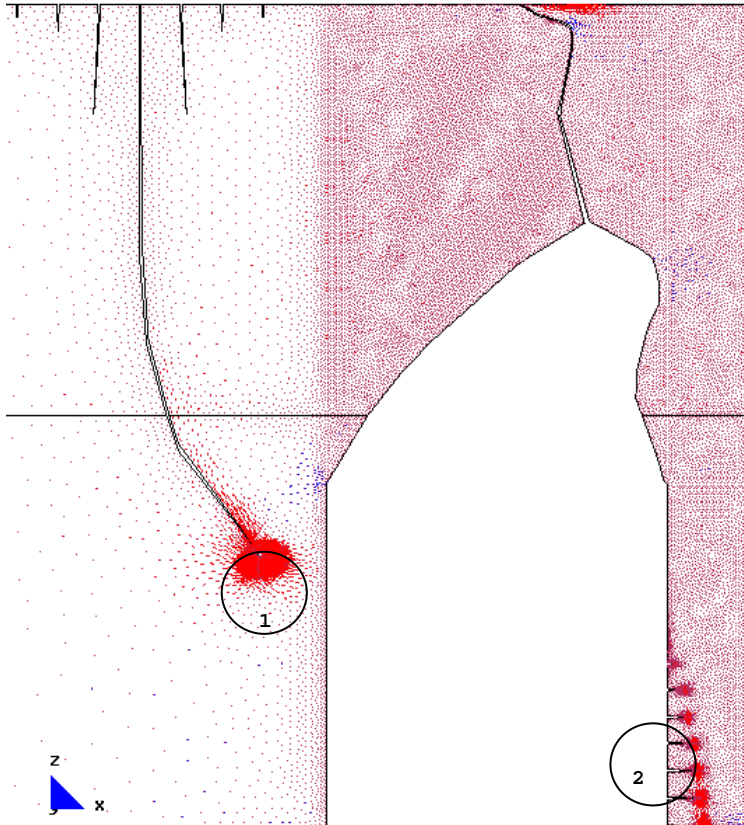
a.- Gráfico del modelo completo.



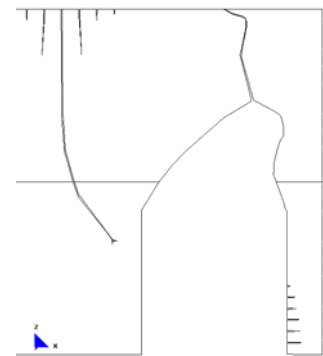
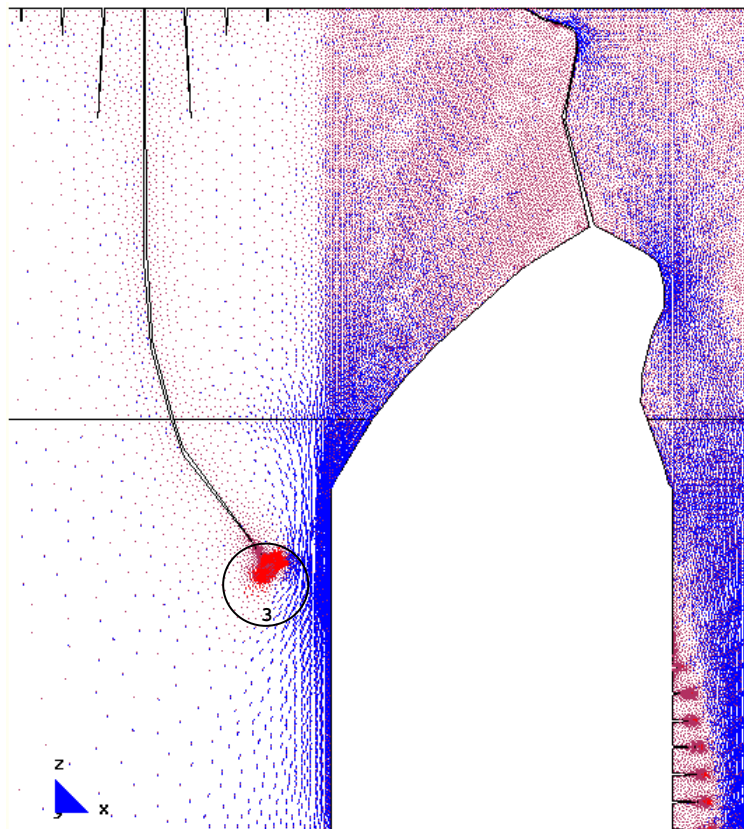
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

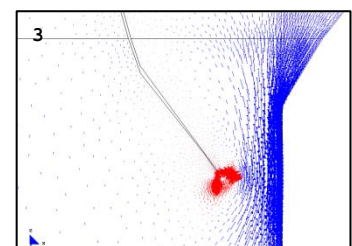
7.3.1.3.24 Desarrollo y bifurcación de la fisura de la zona "L" y desarrollo acelerado de las fisuras de la pilastra



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



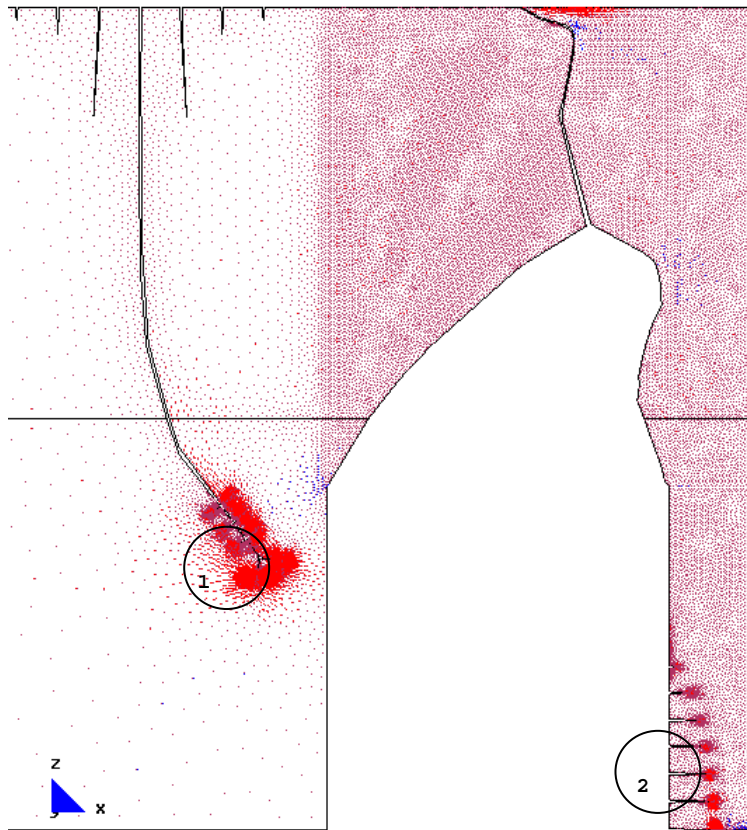
a.- Gráfico del modelo completo.



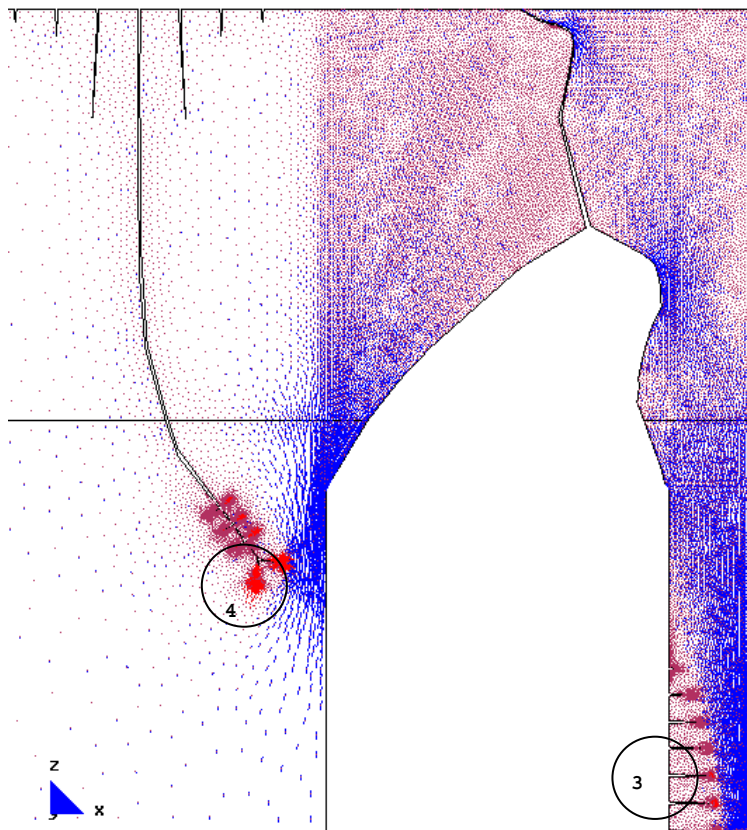
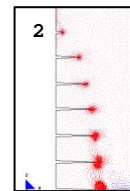
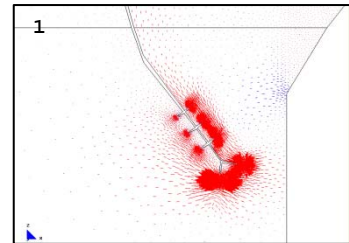
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

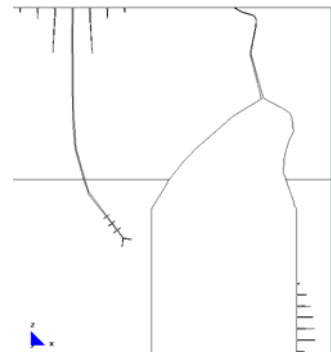
7.3.1.3.25 Desarrollo de las fisuras existentes, e inicio de nuevas fisuras aproximadamente perpendiculares a la existente de la zona "L"



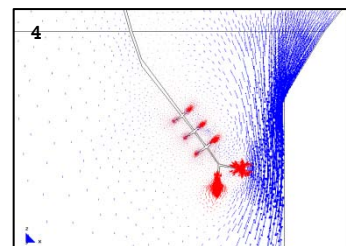
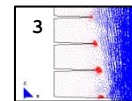
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

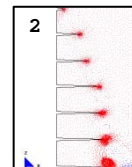
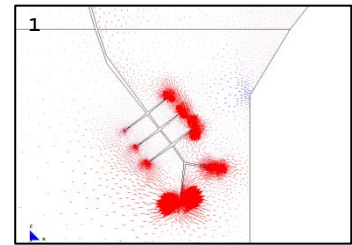
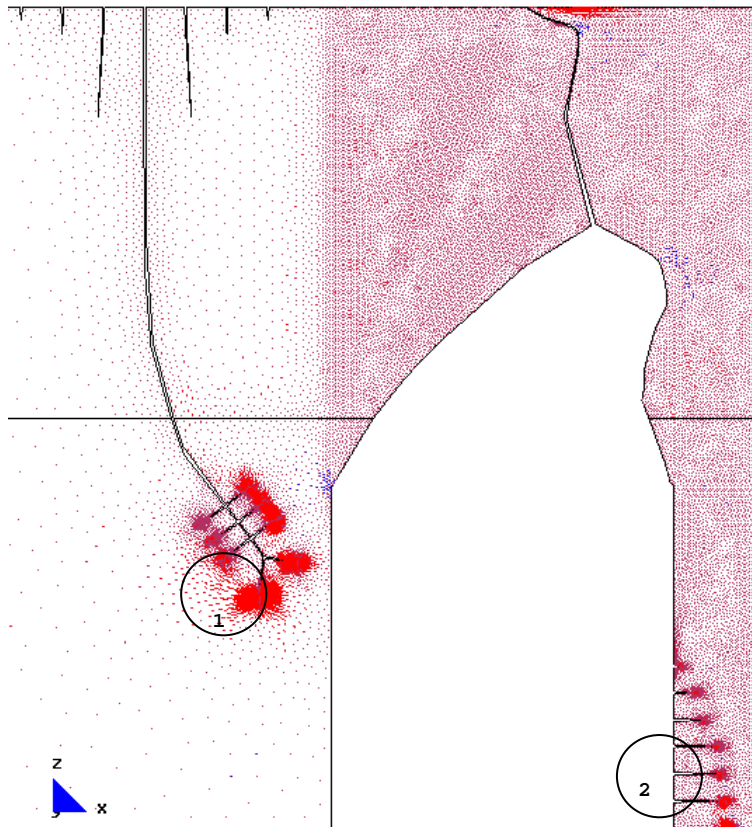


a.- Gráfico del modelo completo.

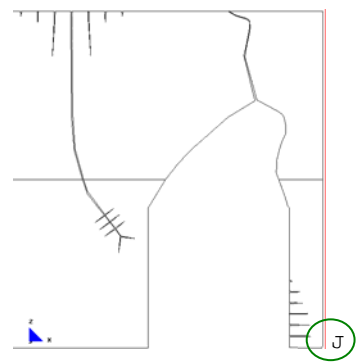
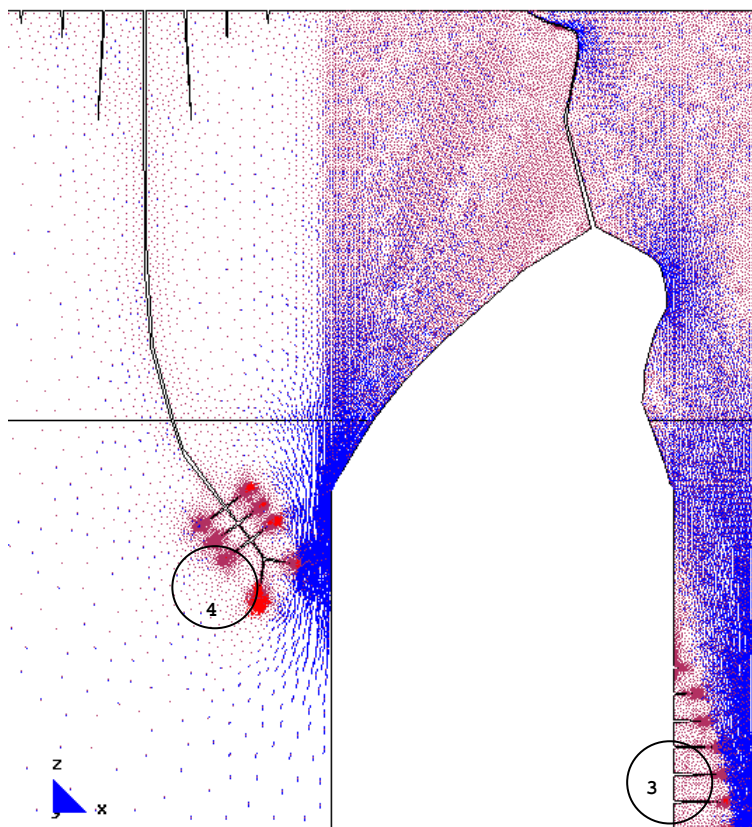


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

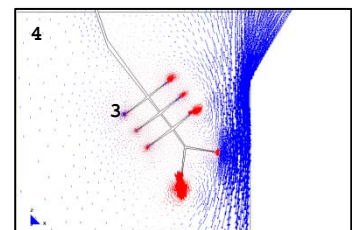
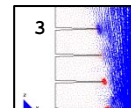
7.3.1.3.26 Desarrollo de las fisuras existentes. Inicio de excesivas compresiones en la zona "J"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-4-11**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.4.11¹⁰⁵***(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-4)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

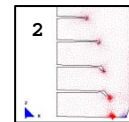
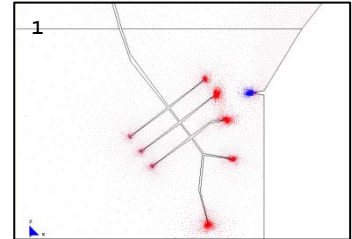
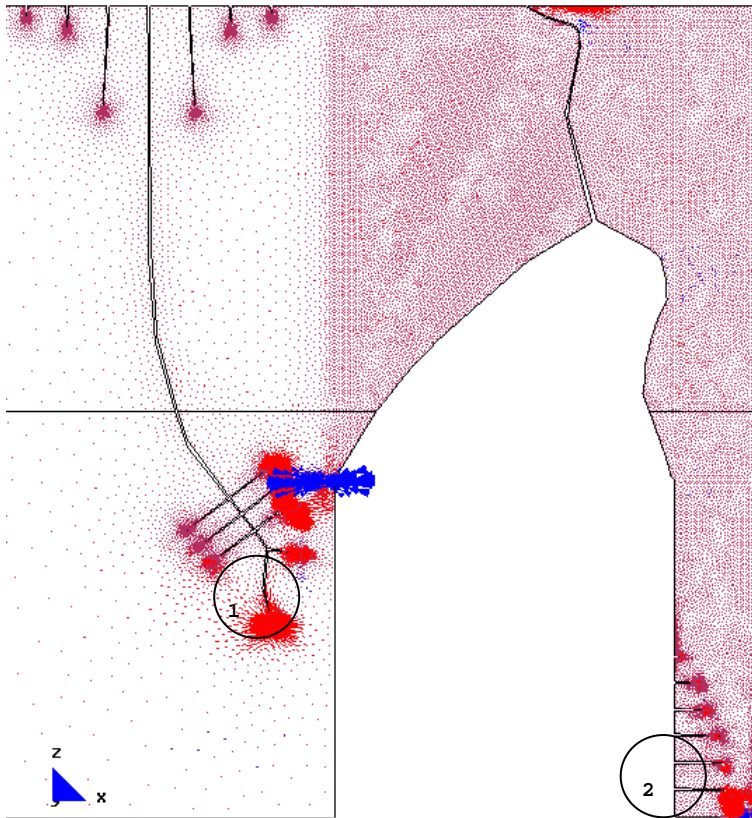
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

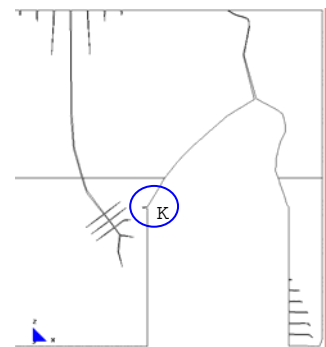
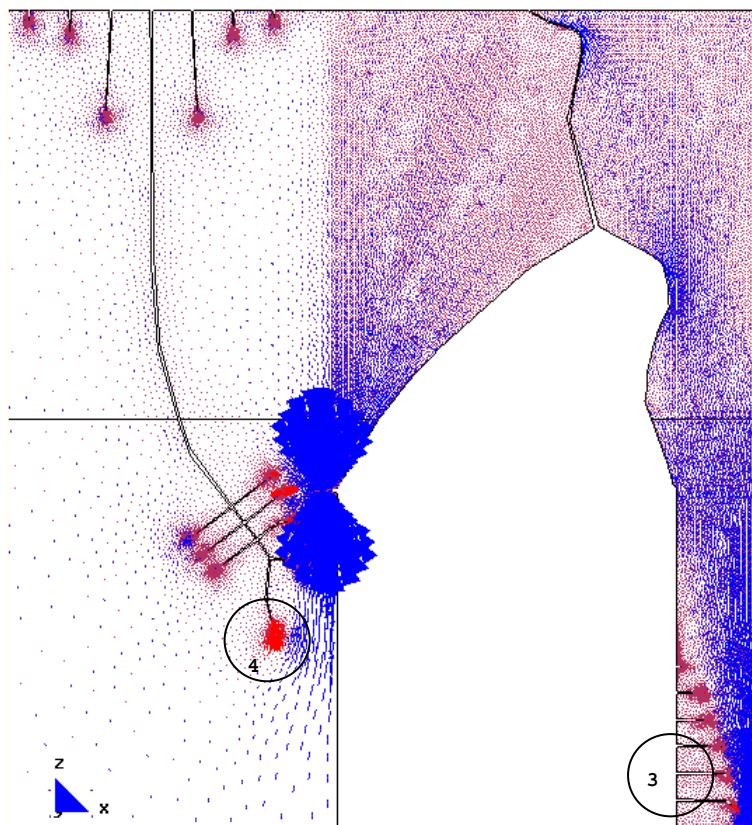
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.4.11.gid.

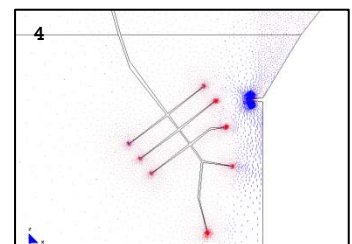
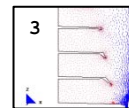
7.3.1.3.27 Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Inicio de excesivas compresiones en la zona "K"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).



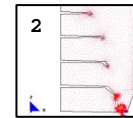
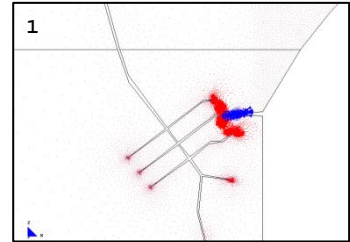
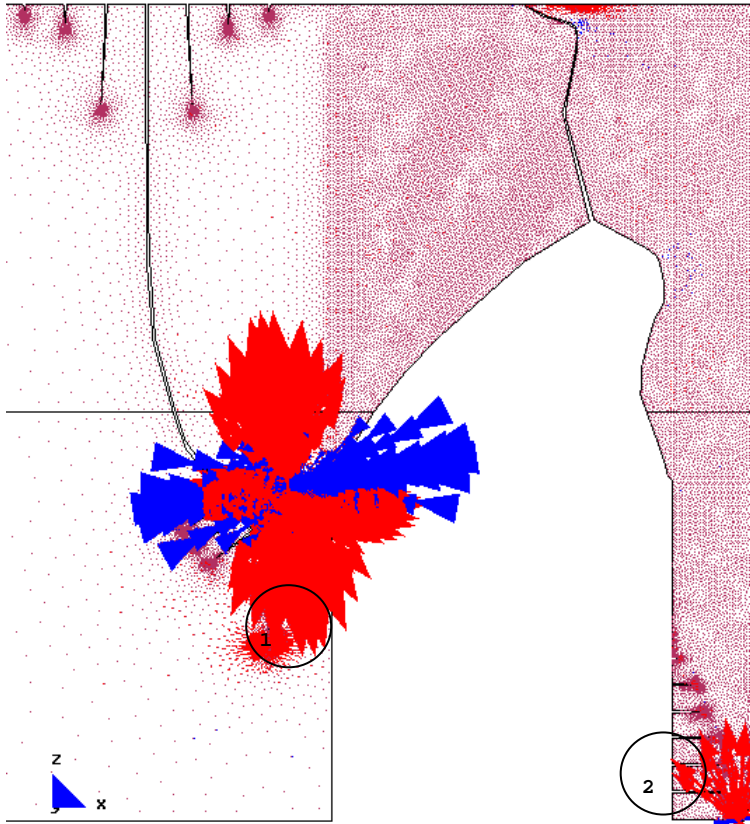
a.- Gráfico del modelo completo.



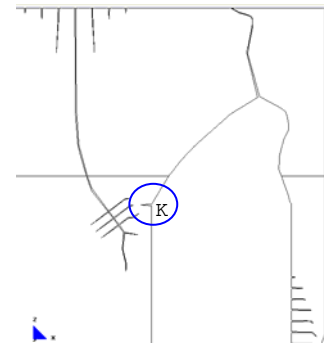
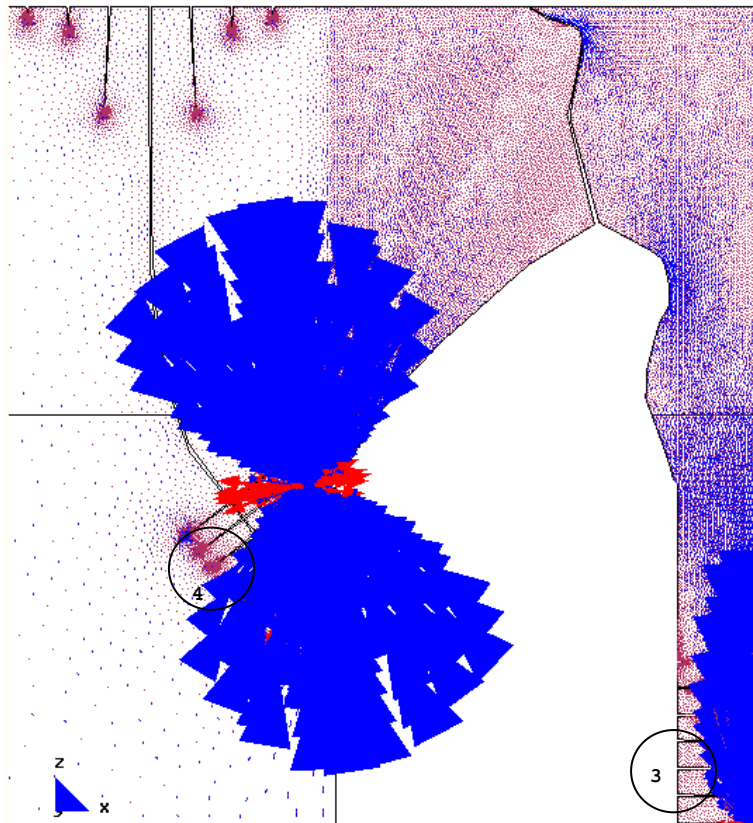
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

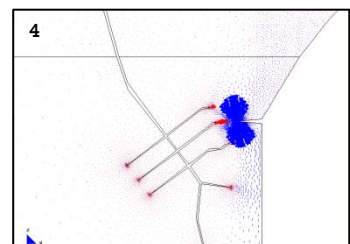
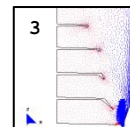
7.3.1.3.28 Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Crecimiento excesivo de las zonas comprimidas "K" y "J"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

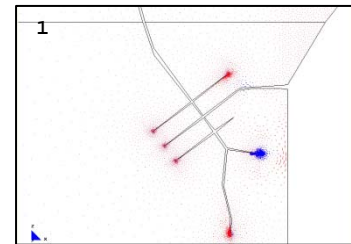
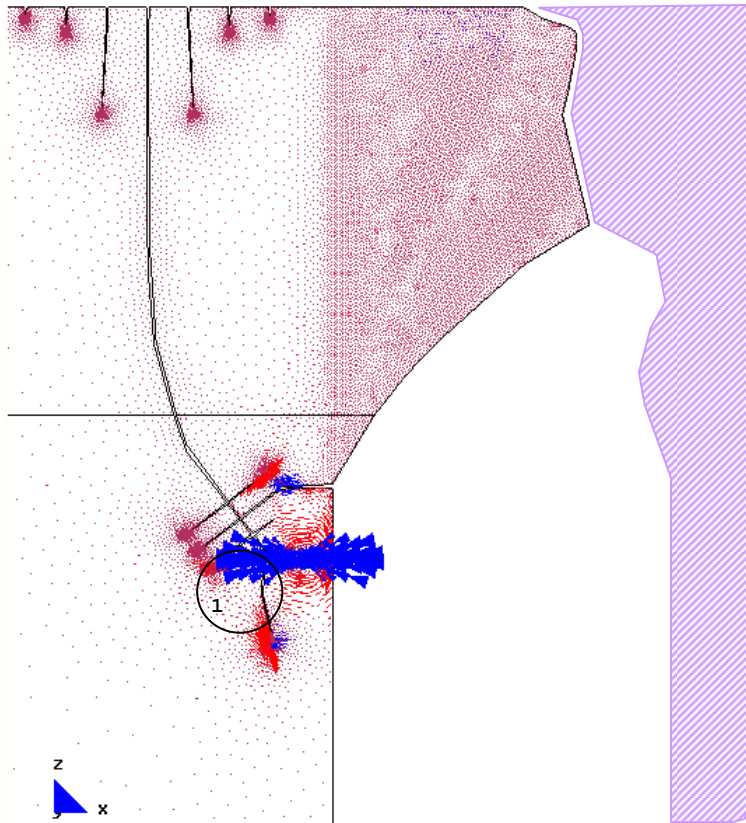


a.- Gráfico del modelo completo.

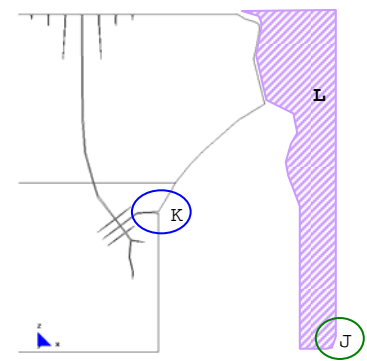
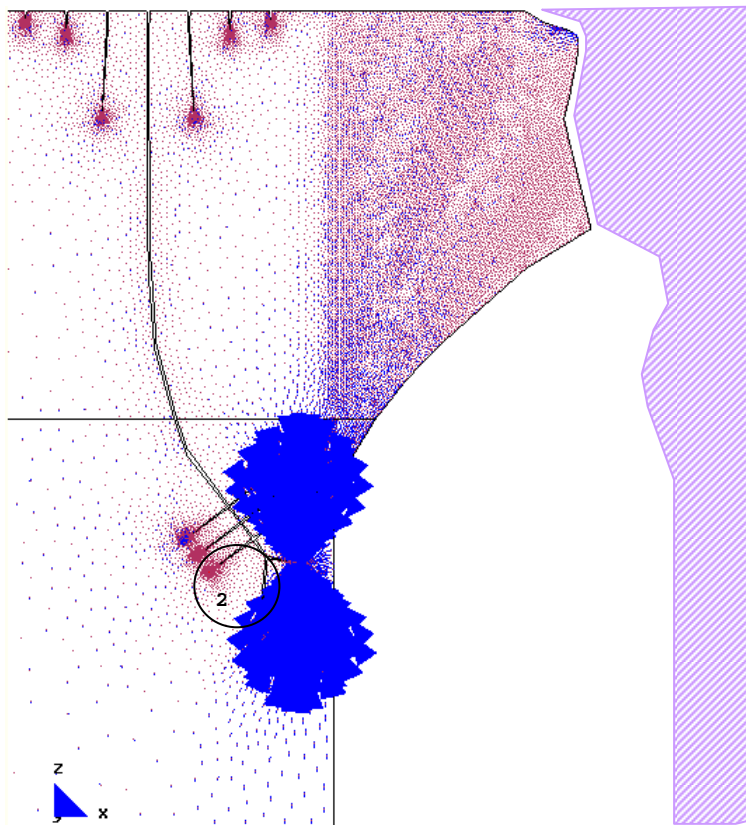


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

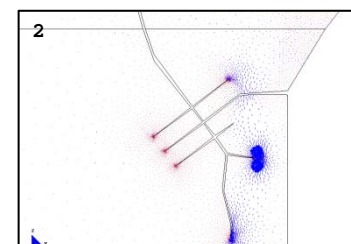
7.3.1.3.29 Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida completa de la continuidad por compresiones excesivas en las zonas "K" y "J". Posterior colapso de la zona "L"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).



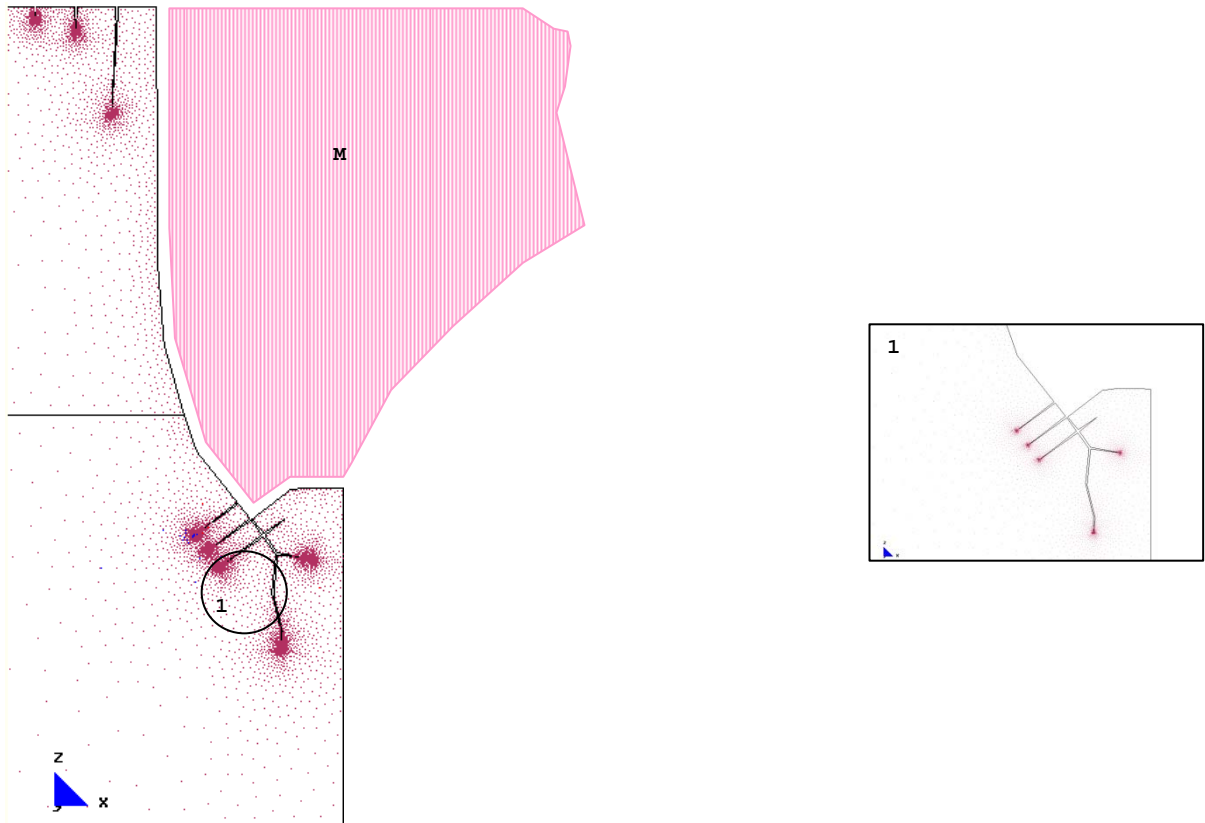
a.- Gráfico del modelo completo.



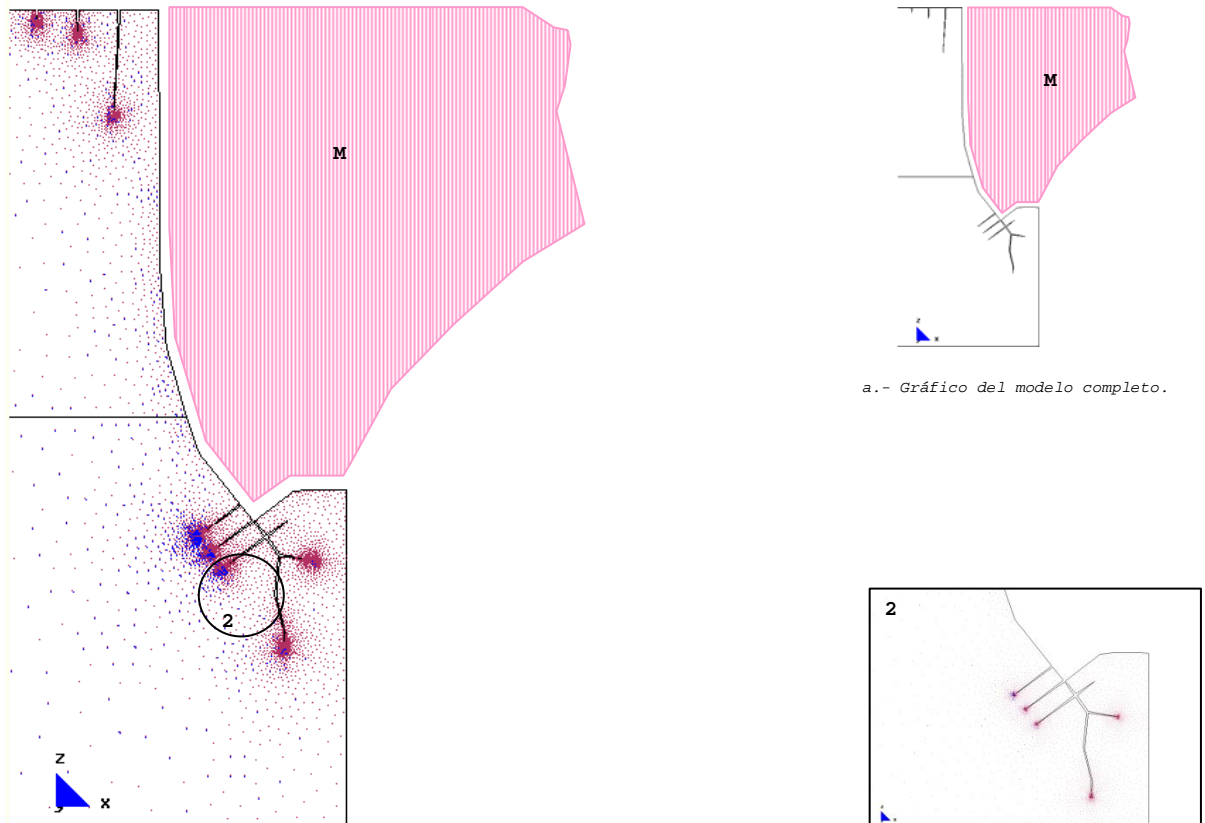
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.3.1.3.30 Colapso de la zona "M" y posterior equilibrio de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

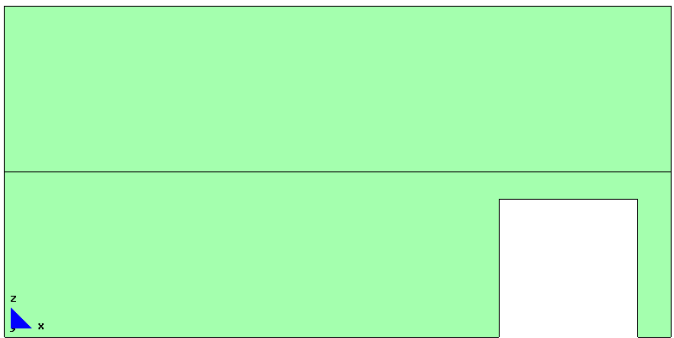
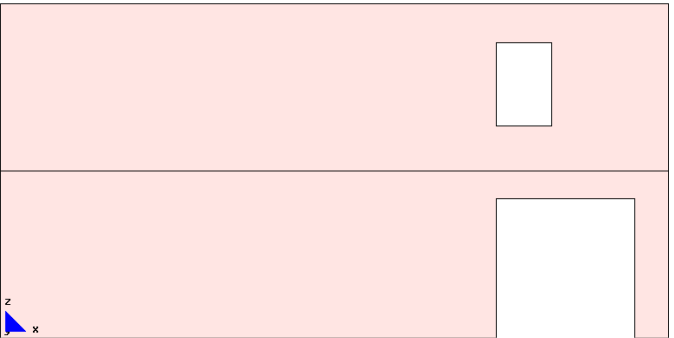

MJIG

**7.3 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS ASIMÉTRICOS O
EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS
DE 0,001X0,001M**

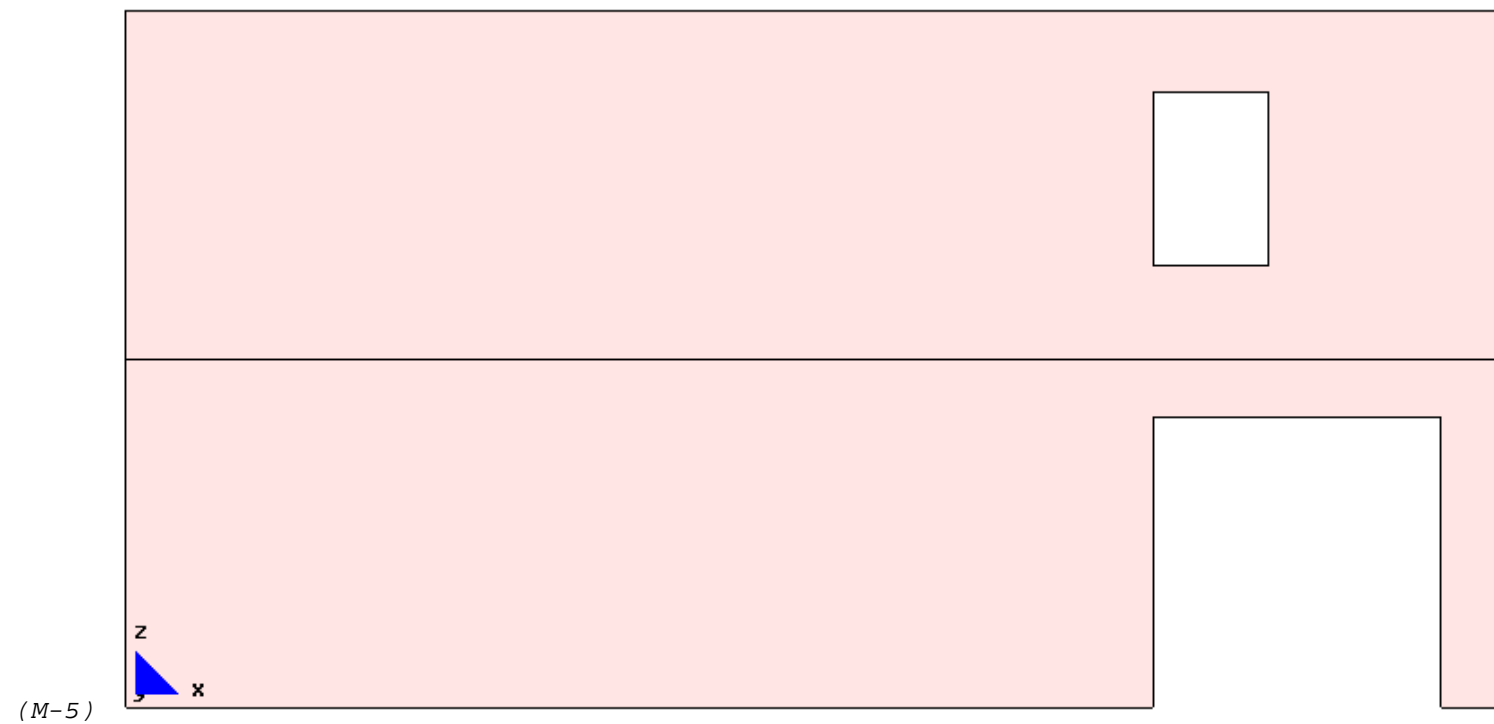
- 1.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON NUEVO HUECO**
- 3.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON DOS NUEVOS HUECOS

7.3.2 Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas con nuevo hueco

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos asimétricos a analizar:

MODELOS ASIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-4</p>	 <p>M-5</p>	 <p>M-6</p>
<p>(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en plata baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en plata baja y dos en planta alta.</p>

Procedemos a analizar el segundo modelo asimétrico:



(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en plata baja y alta.

FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0¹⁰⁶*(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

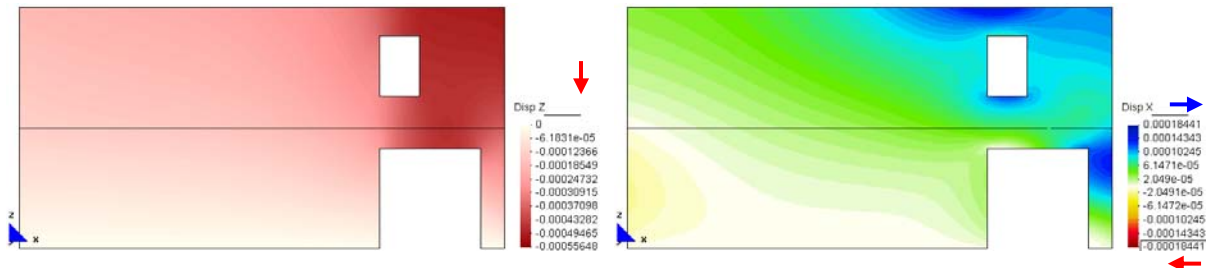
¹⁰⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálculo\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.3.2.1 Modelo con huecos en el lado derecho: uno en planta baja y uno en planta alta y uno en planta alta



f.- Deformada ampliada 300 veces.

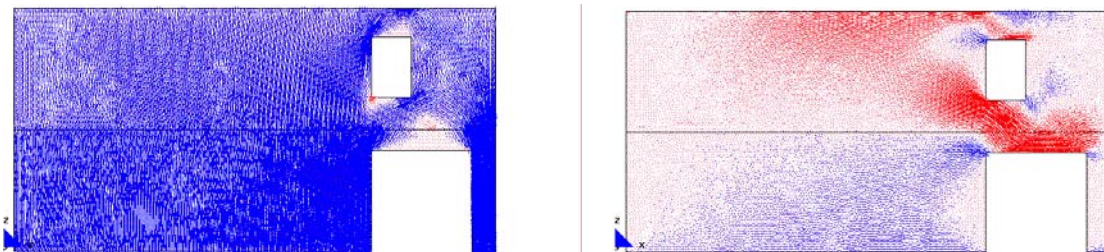
Deformada



a.- Displacement (m).Disp-Z

a'.- Displacement (m).Disp-X

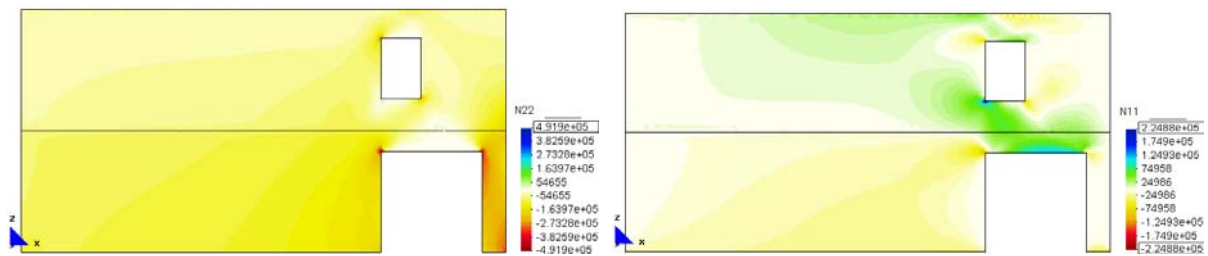
Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

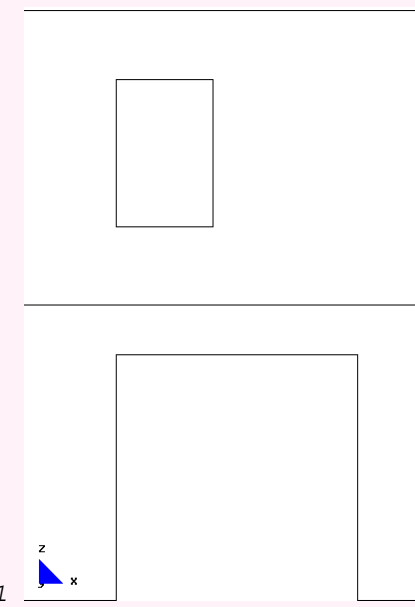
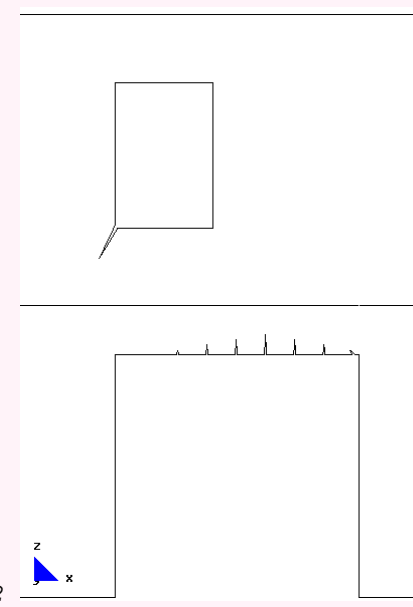
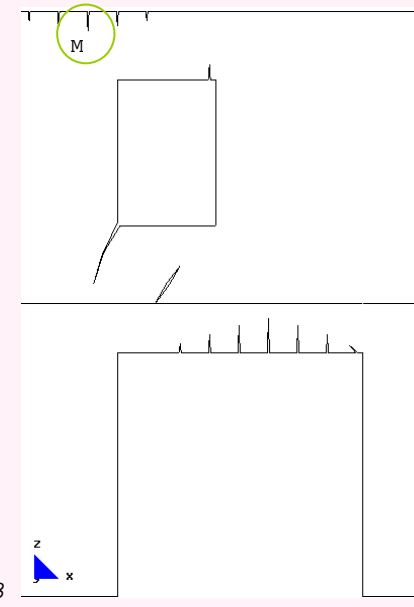
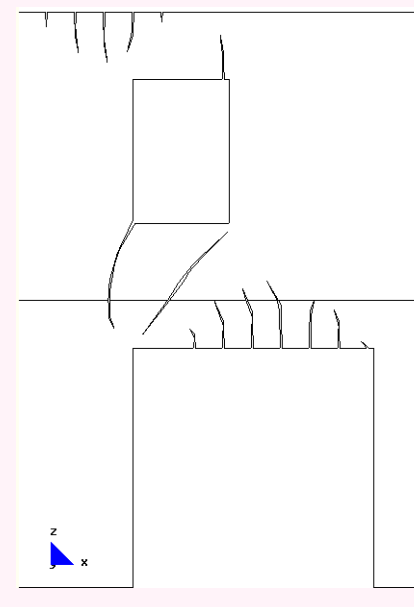
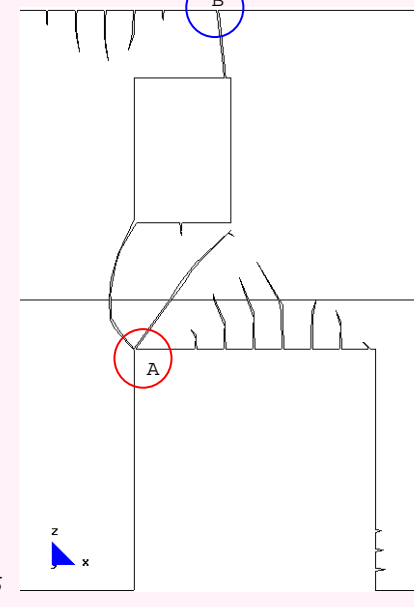
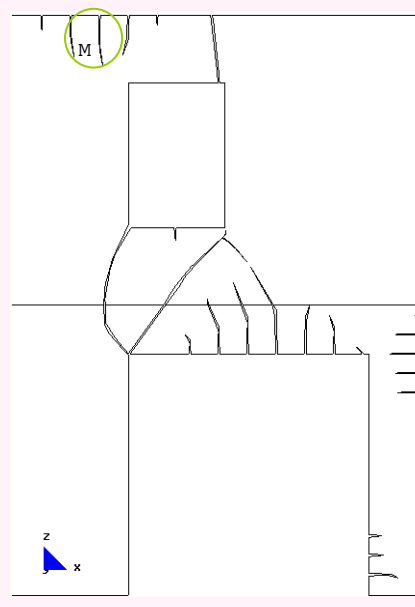
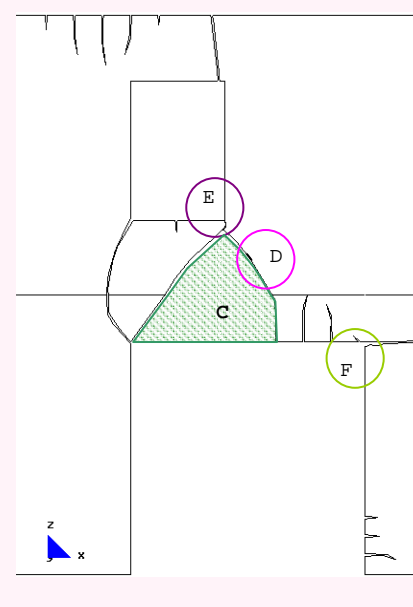
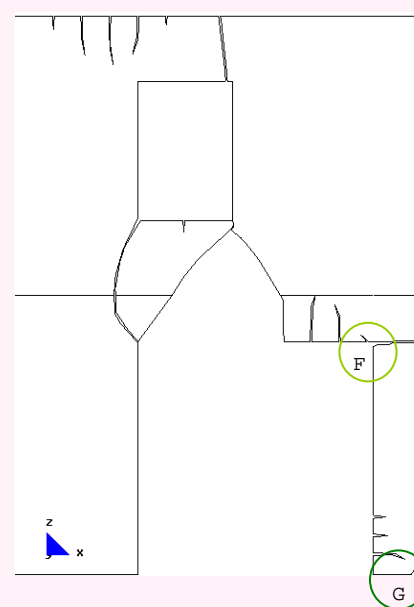
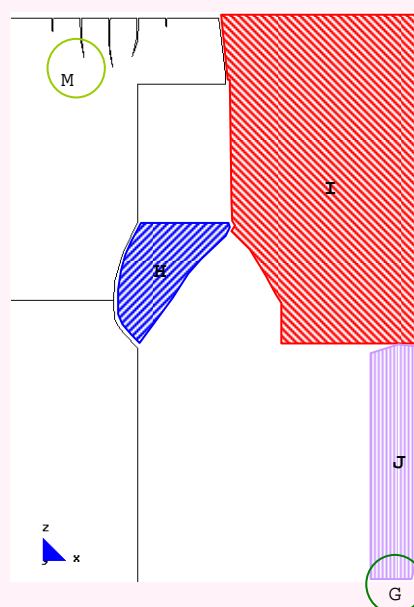
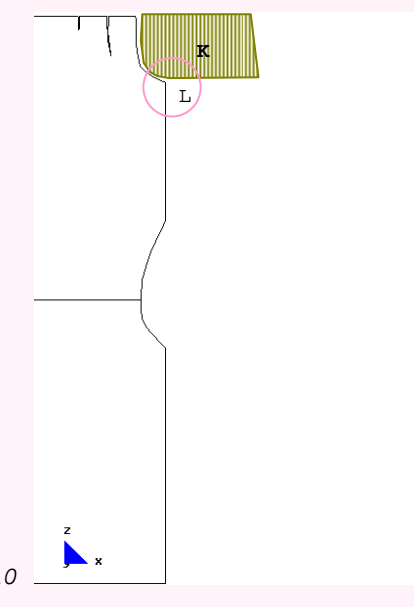


d.- Main Ax. Force(N/M). N22.

e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

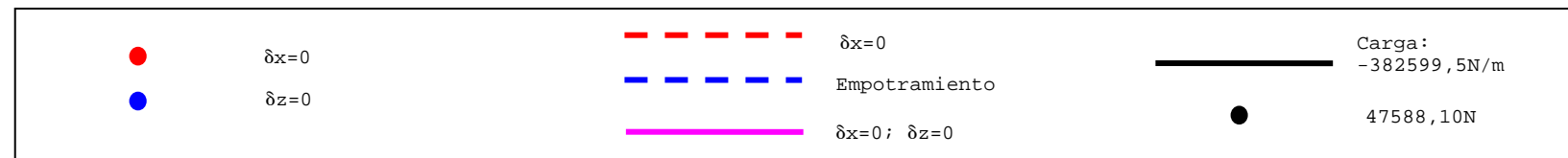
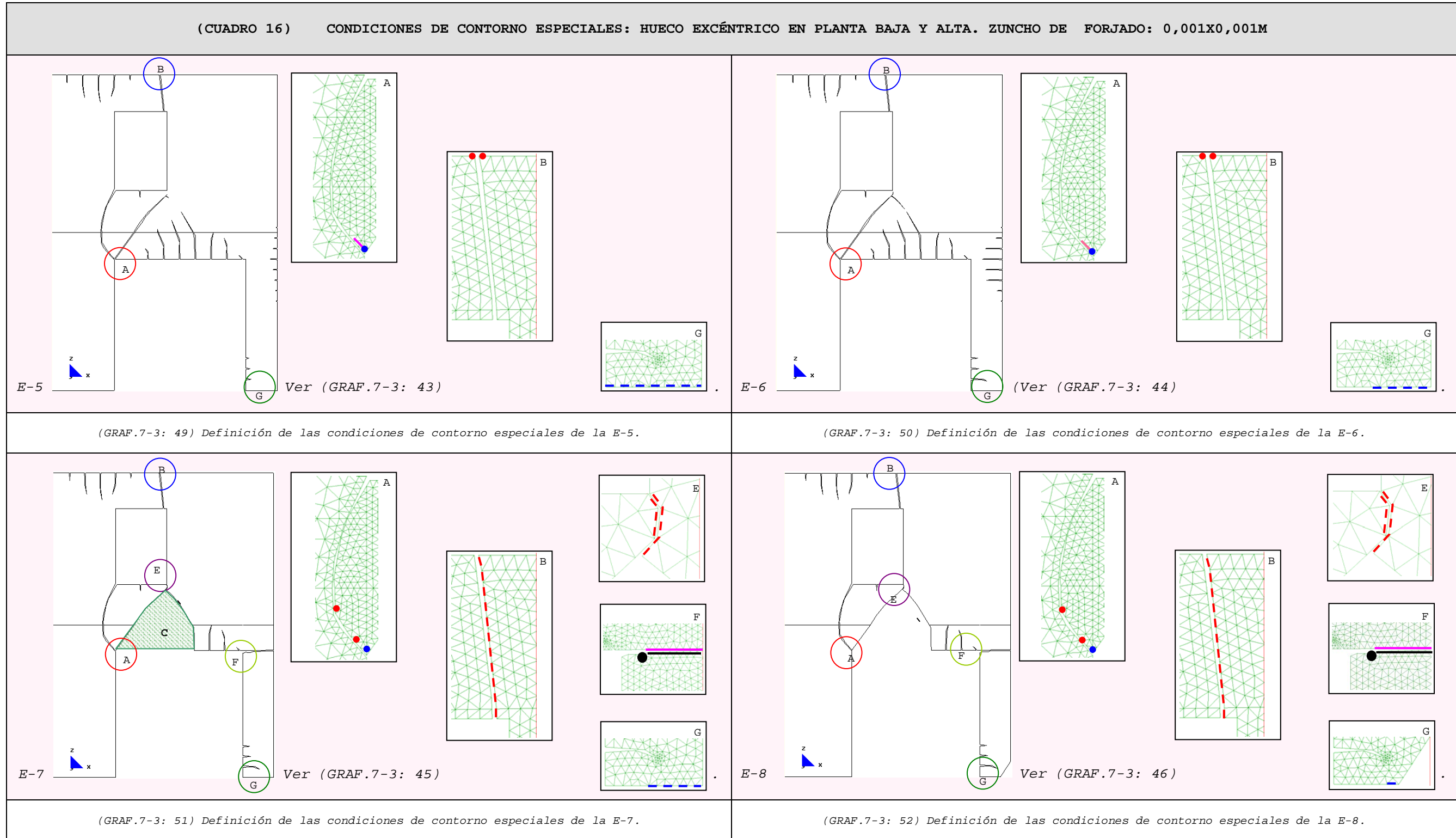
Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

7.3.2.2 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 15) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M				
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>
<p>(GRAF.7-3: 39) Pared sin fisurar.</p>	<p>(GRAF.7-3: 40) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y en la esquina inferior izquierda del hueco.</p>	<p>(GRAF.7-3: 41) Crecimiento del primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo, entre ellas las de la zona "M".</p>	<p>(GRAF.7-3: 42) Desarrollo y cambio de sentido de las fisuras existentes del primer y segundo grupo.</p>	<p>(GRAF.7-3: 43) Crecimiento de fisuras e inicio del tercer grupo de fisuras. Rotura completa en las zonas "A" y "B" de la pared.</p>
 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>
<p>(GRAF.7-3: 44) Imposición de condiciones de contorno especiales (CUADRO 16). Desarrollo de las fisuras existentes de los diferentes grupos. Se cierran las fisuras de la zona "M".</p>	<p>(GRAF.7-3: 45) Desarrollo de la fisura de la zona "D" y excesivas compresiones en la zona "E" perdiéndose por completo la continuidad entre ambos lados de la pared. Colapso de la zona "C". Rotura en la zona "F", por excesivas compresiones y tracciones.</p>	<p>(GRAF.7-3: 46). En la zona "F" la parte que falla por tracción tiene que ser capaz de soportar compresiones, cerrándose incluso las fisuras en dicha zona. En la zona "G" se produce exceso de tracciones y compresiones.</p>	<p>(GRAF.7-3: 47) Fallo por excesivas compresiones en la base de la pilastra, zona "G", lo cual origina el colapso de las tres zonas "J", "I" y "H". Se vuelven a abrir las fisuras de la zona "M".</p>	<p>(GRAF.7-3: 48) Colapso de la zona "E", al producirse excesivas tracciones en la zona "L" y posterior equilibrio de la pared.</p>

7.3.2.3 Definición de las condiciones de contorno especiales en las diferentes etapas

En el siguiente cuadro se indican las condiciones de contorno de las etapas. No es necesario considerar condiciones especiales en las etapas: E-1, E-2, E-3, E-4, E-9 y E-10. Se sigue el proceso indicado en el apartado "7.1.1.3.1".



FICHA DEL MODELO: M-5-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.5.1¹⁰⁷

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-5)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

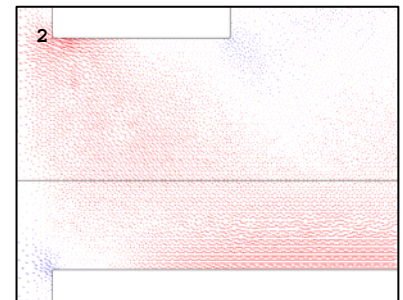
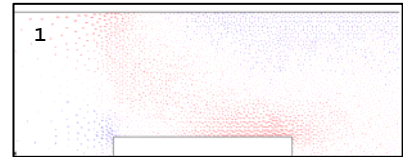
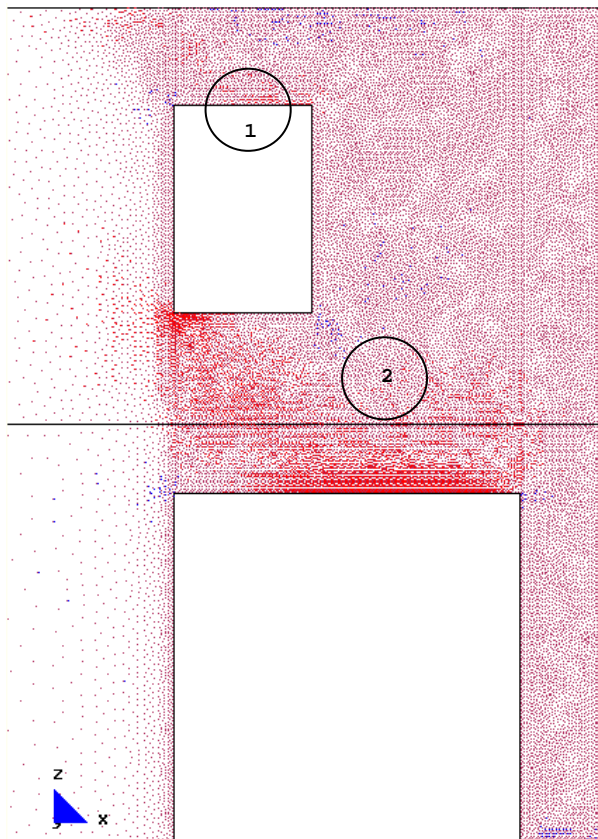
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

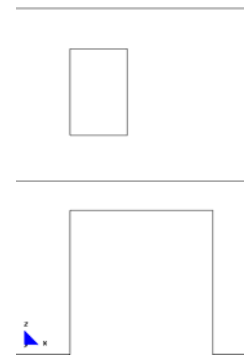
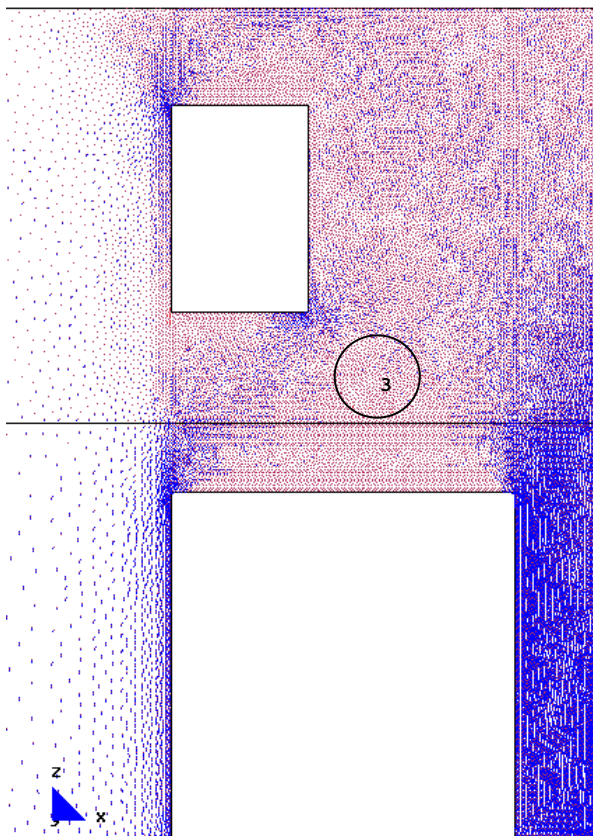
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.5.1.gid.

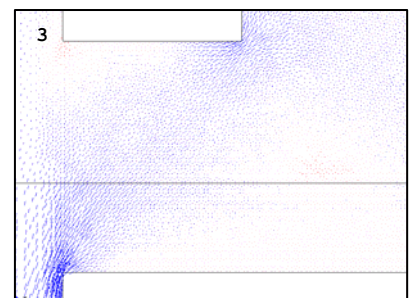
7.3.2.3.1 Pared sin fisurar



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



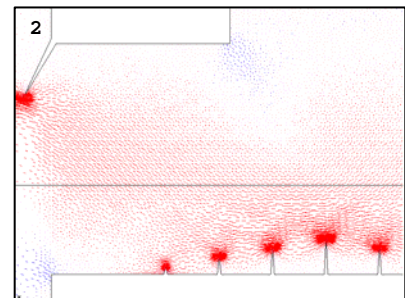
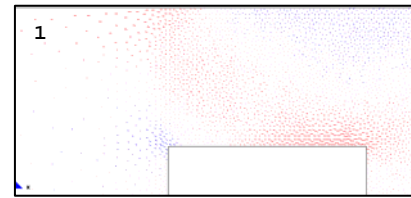
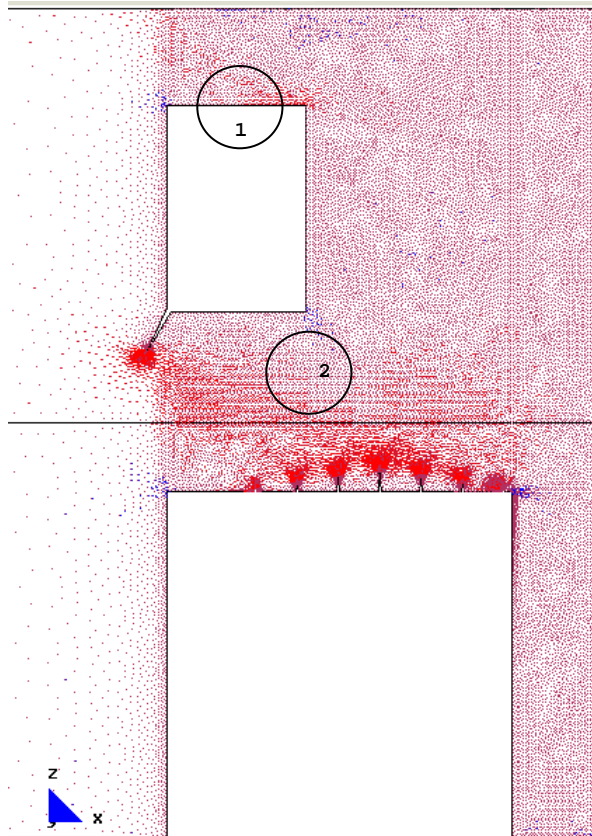
a.- Gráfico del modelo completo.



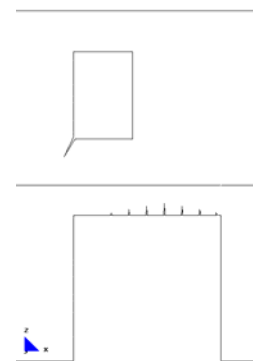
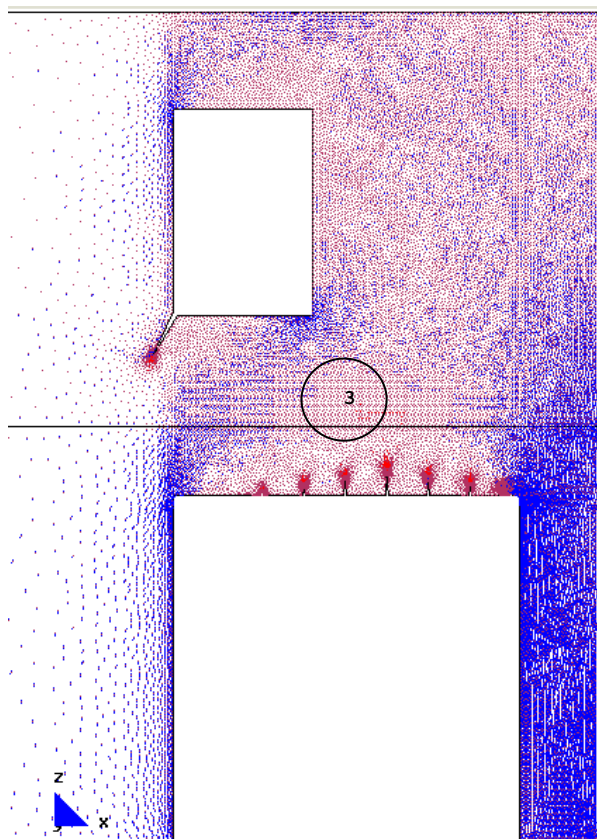
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

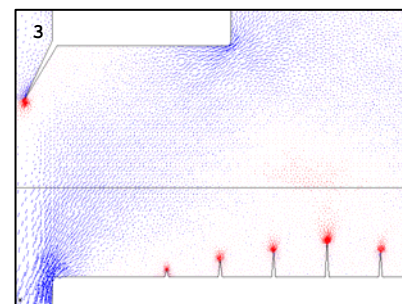
7.3.2.3.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y en la esquina inferior izquierda del hueco



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



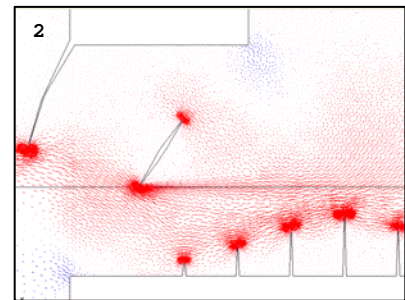
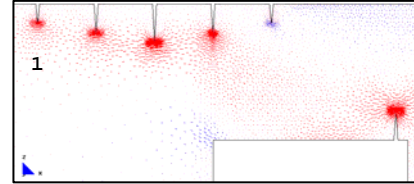
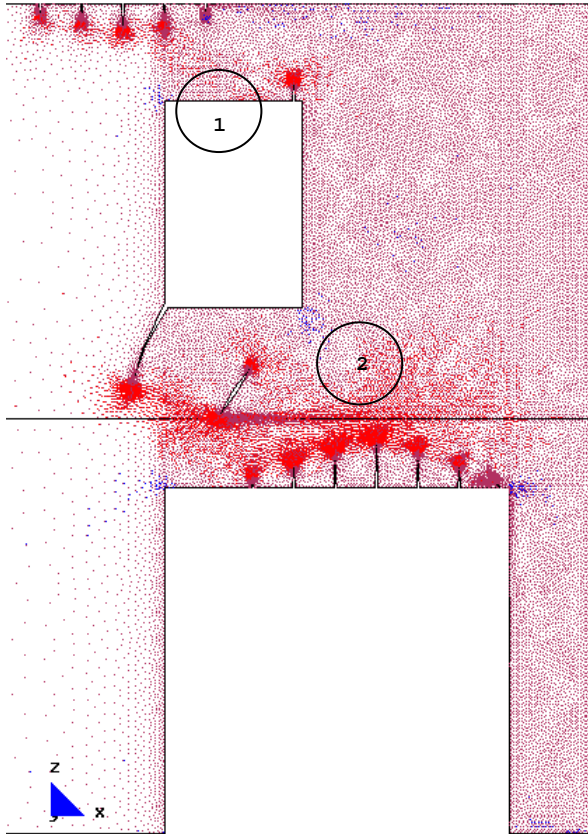
a.- Gráfico del modelo completo.



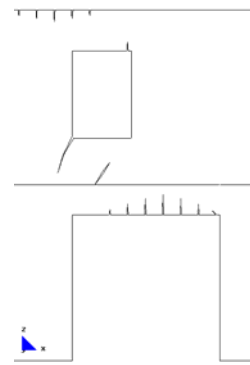
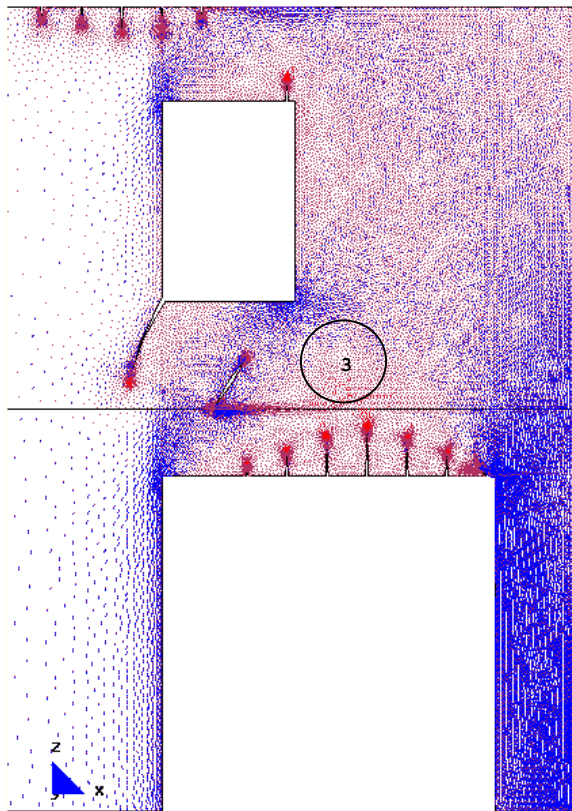
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

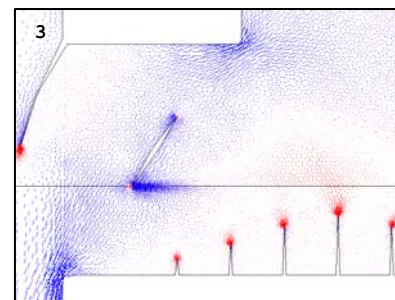
7.3.2.3.3 Crecimiento del primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo, entre ellas las de la zona "M"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-5-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.5.2¹⁰⁸*(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-5)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

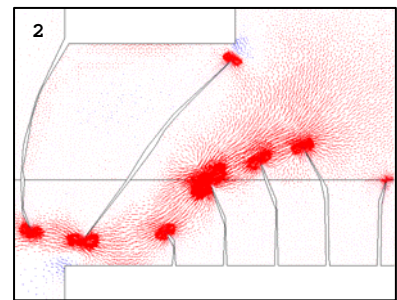
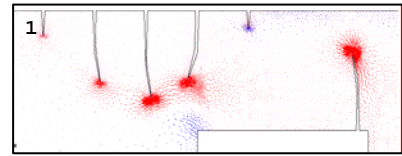
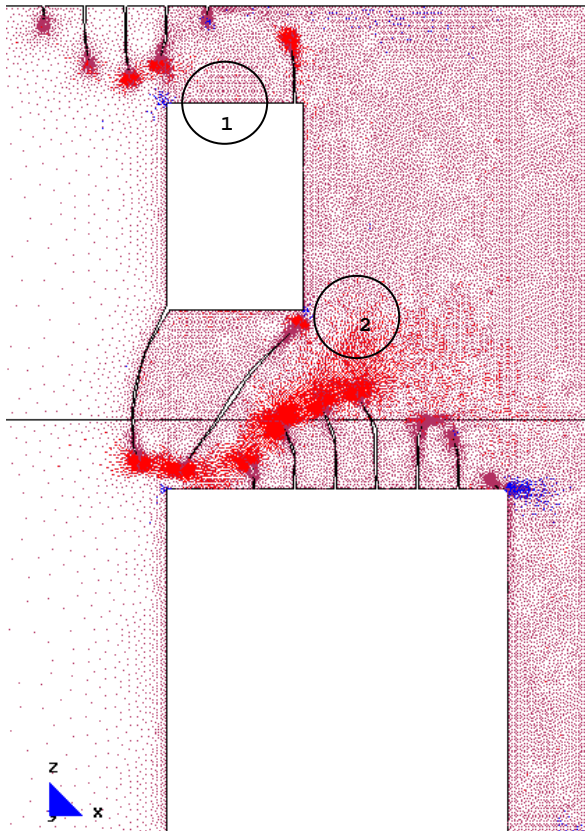
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

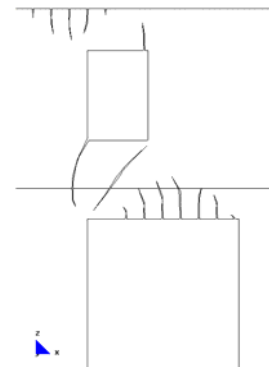
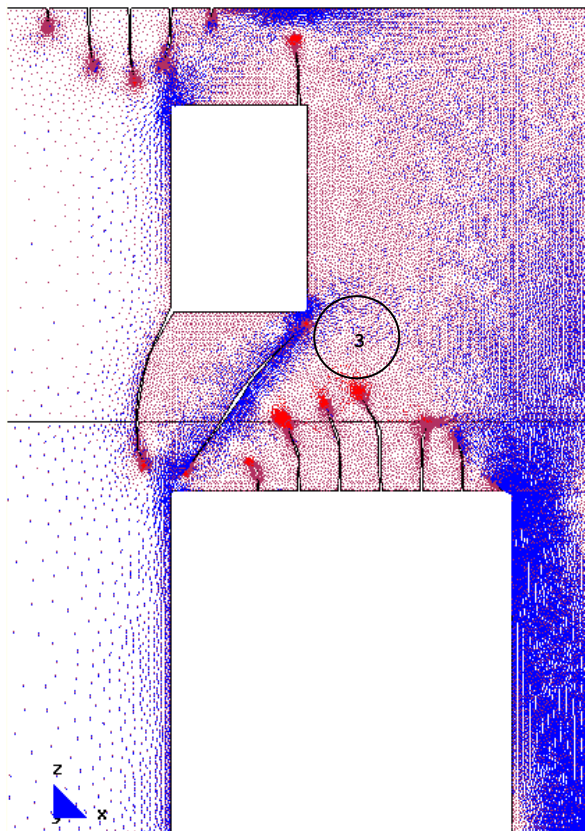
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁸ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.5.2.gid.

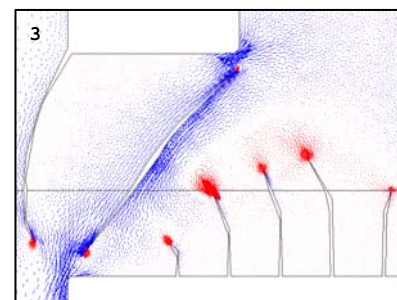
7.3.2.3.4 Desarrollo y cambio de sentido de las fisuras existentes del primer y segundo grupo



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-5-3

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.5.3¹⁰⁹

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-5)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

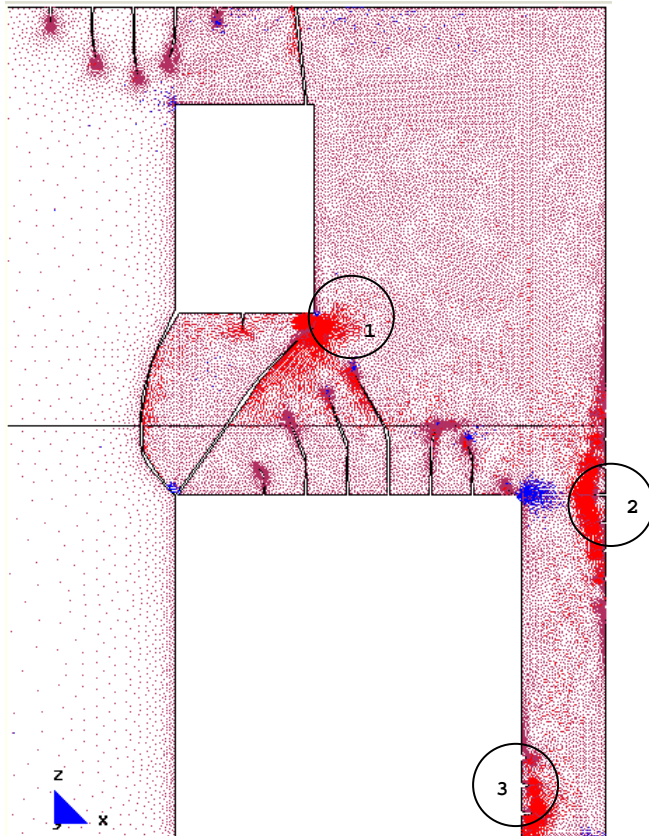
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

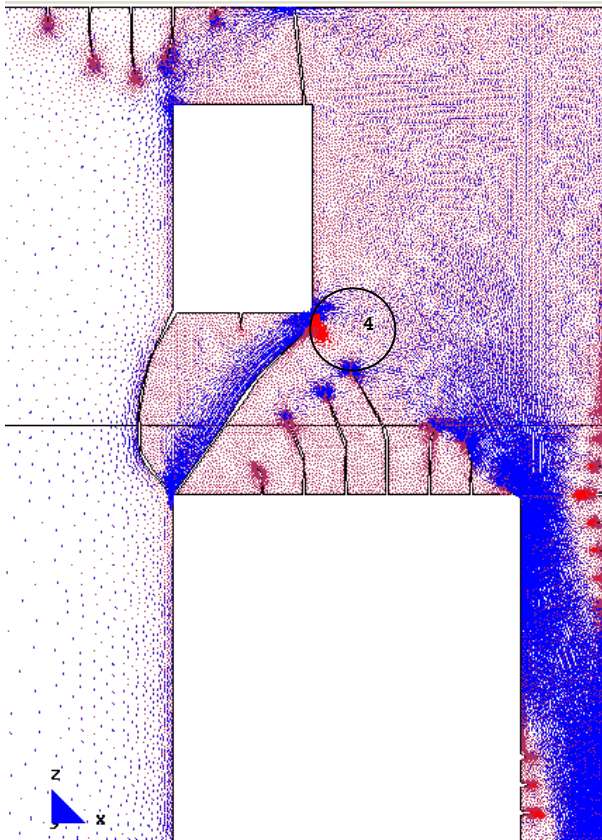
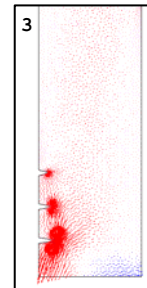
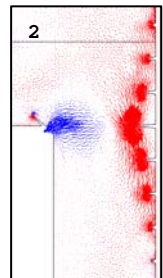
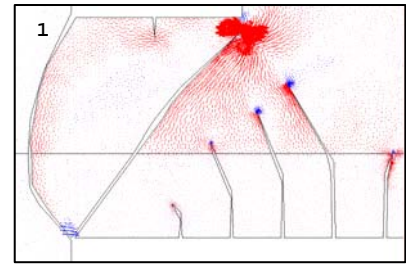
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁰⁹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.5.3.gid.

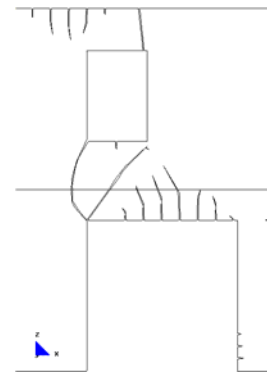
7.3.2.3.5 Crecimiento de fisuras e inicio del tercer grupo de fisuras. Rotura completa en las zonas "A" y "B" de la pared



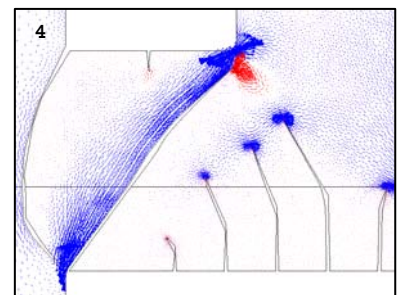
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.



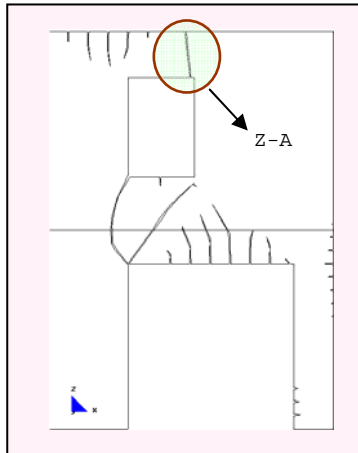
a.- Gráfico del modelo completo.



Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

a.- Obtención de la condición de contorno de la Zona-A (Z-A) al producirse la primera rotura completa de la pared (rotural-Mod.5.3)¹¹⁰.

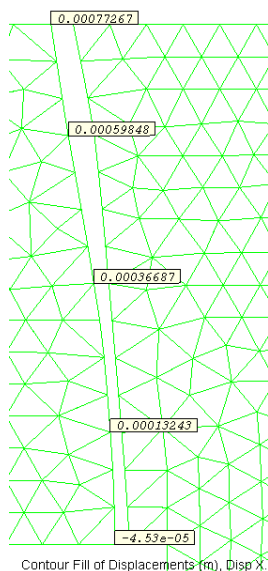
Para obtener la condición de contorno de la Zona-A, analizamos comparativamente los desplazamientos que se generan en ambos lados de la rotura. No se considera ningún tipo de condición de contorno en dicha zona¹¹¹, es decir, dejamos que se deforme libremente la pared una vez producida la primera rotura.



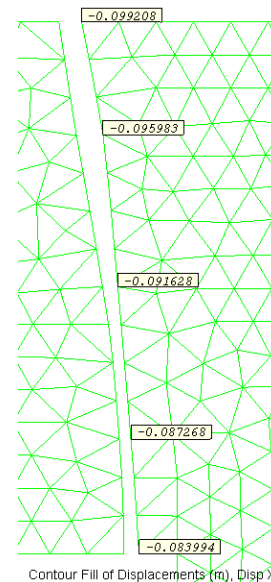
(1) Esquema de la Etapa-6

En primer lugar, compararemos los desplazamientos en "x" en ambos lados de la rotura. Podemos observar que el lado izquierdo se mueve hacia la derecha entre 0,0001m y 0,0008m, a excepción de la punta inferior, que se desplaza en sentido contrario $-4,50E-5$ m. En cambio, el lado derecho se desplaza hacia la izquierda entre $-0,10$ m y $-0,008$ m. Por ello, consideraremos que en el momento en que el lado derecho tienda a desplazarse hacia la izquierda, se lo impedirá la pared de dicho lado, por lo cual podemos establecer que en la mayor parte del lado derecho de la pared, el movimiento en "x" está restringido. Mientras que el lado izquierdo tendrá restringido su desplazamiento en "x" en toda su longitud.

En los siguientes gráficos podemos observar los desplazamientos obtenidos en ambos lados de la rotura.



(2) δx : lado izquierdo



(3) δx : lado derecho

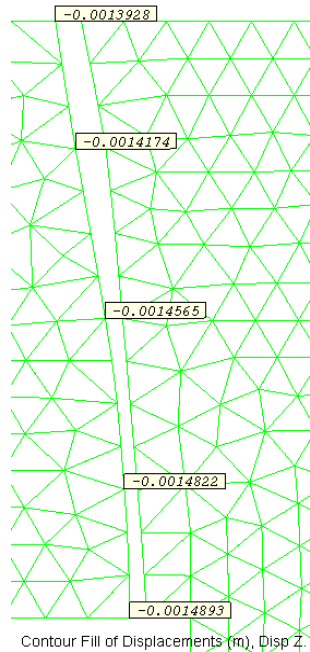
En el caso del desplazamiento en "z" se puede apreciar que ambos lados descienden, aunque no en el mismo grado: el lado izquierdo desciende aproximadamente 0,001m, mientras que el lado derecho cae 0,04m.

¹¹⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\rotural-Mod.5.3.gid.

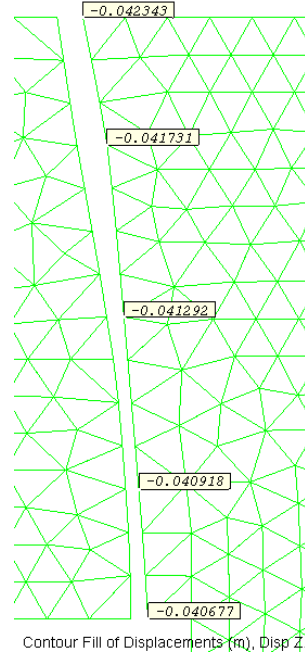
¹¹¹ Modelo inferior del archivo "rotural-Mod.5.2".

A pesar de ser mayores los desplazamientos del lado derecho, vemos que no existe ningún elemento que los restrinja, dado que la trayectoria de la rotura es prácticamente vertical. Por otra parte, se observa que el lado izquierdo puede desplazarse libremente, por lo tanto, no puede servir de apoyo para otro elemento.

En cambio, los desplazamientos en "z" del lado izquierdo quedan libres al no existir ningún elemento que impida dicho movimiento.

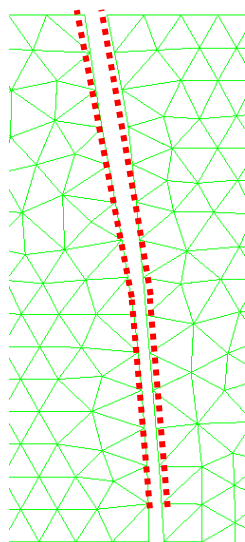


(4) δz : lado izquierdo

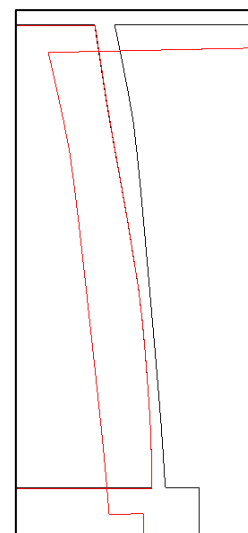
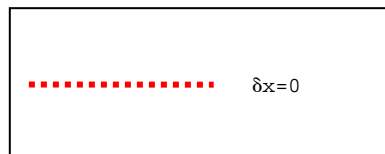


(5) δz : lado derecho

En el siguiente gráfico se indican las diferentes condiciones de contorno a considerar, como resultado de combinar los dos desplazamientos, así como la deformación real de la zona analizada que corrobora lo explicado en los párrafos anteriores¹¹².



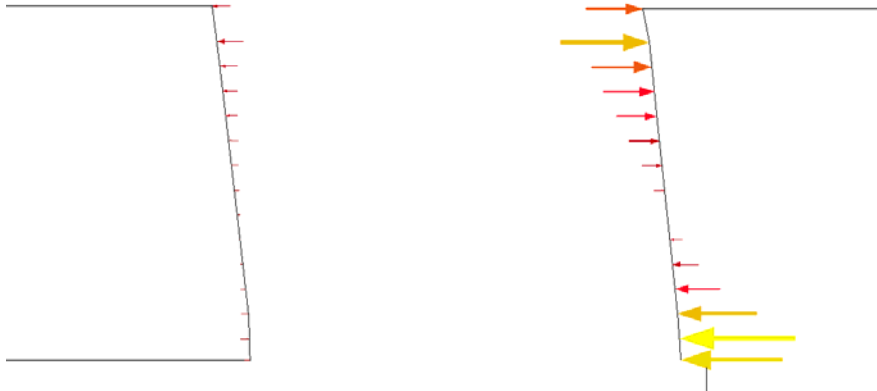
(6) Condiciones de Contorno a utilizar en el modelo



(7) Deformación real.

¹¹² Modelo central del archivo "rotural-Mod.5.2".

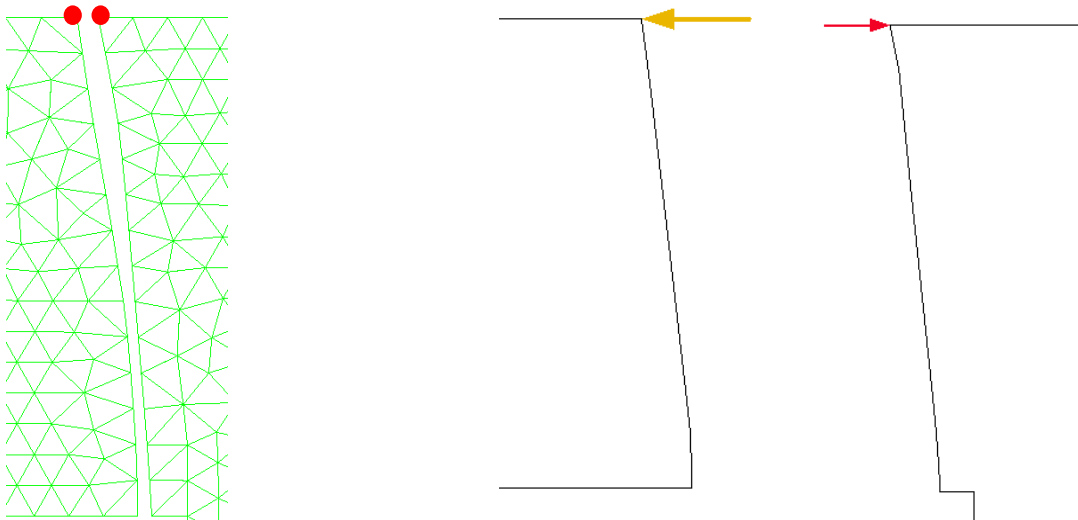
Una vez obtenidas las condiciones de contorno del modelo, usando el método explicado anteriormente (ver 7.1.1.3.1), procedemos a introducirlas en el modelo de cálculo. Con estas condiciones obtenemos las siguientes reacciones:



(8) Reacciones de ambos lados de la rotura.

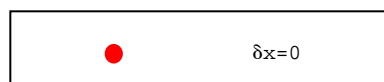
Se pueden observar reacciones de tracción que no podrán existir al tener la fisura, es por ello que en el momento que tienda a separarse ésta, lo hará libremente porque no hay ningún elemento que se lo impida. Si esto es correcto no podemos admitir las condiciones de contorno obtenidas anteriormente y debemos ir desconectando los nodos hasta que en el apoyo existan únicamente compresiones.

Se hace un modelo individual para poder analizar estas condiciones¹¹³. En este caso se llegan a obtener las siguientes condiciones de contorno:



(9) Condiciones de contorno definitivas

(10) Reacciones de ambos lados de la rotura.



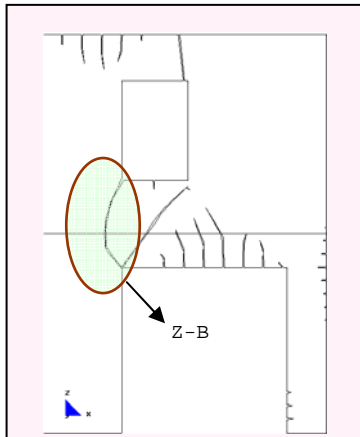
Observamos que en este caso las reacciones son sólo de compresión, por ello las consideraremos correctas¹¹⁴.

¹¹³ Modelo superior del archivo "rotural-Mod.5.3".

¹¹⁴ En los modelos definitivos se incluyen estas condiciones de contorno.

b.- Obtención de la condición de contorno de la Zona-B (Z-B) al producirse la primera rotura completa de la pared (rotural-Mod.5.3)¹¹⁵.

Para obtener las condiciones de contorno de la zona-B, analizamos comparativamente los desplazamientos, en "x" y "z", que se generan en ambos lados de la rotura, sin considerar ningún tipo de condición de contorno en dicha zona¹¹⁶, es decir, dejando que se deforme libremente.

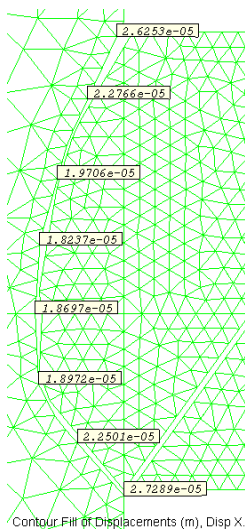


(1) Esquema de la Etapa-4

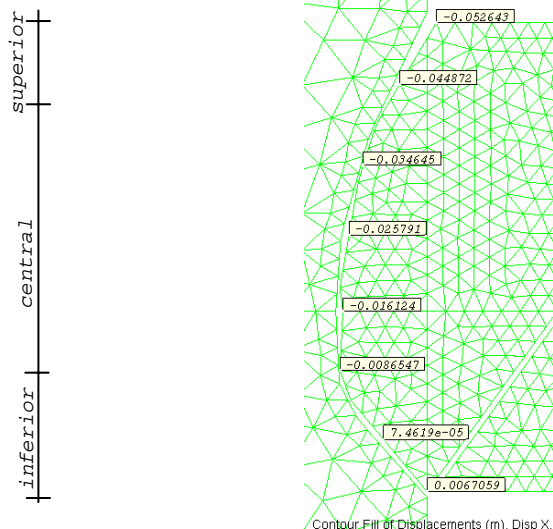
Al ser la rotura de una forma especial será necesario analizar paralelamente los desplazamientos en "x" y en "z". Si observamos los desplazamientos en "x" (dibujos 2 y 3) podemos ver que, el lado izquierdo se mueve hacia la derecha entre 1,80E-5m y 2,70E-5m y el lado derecho se desplaza hacia la izquierda entre -0,008m y -0,05m, a excepción de la parte inferior.

En el caso del desplazamiento en "z" (dibujos 4 y 5) se puede apreciar que ambos lados descienden, aunque en mayor grado el lado derecho. El lado izquierdo desciende entre -0,0001m y -0,0002m y el lado derecho alcanza valores entre 0,083 y -0,095m.

En los siguientes gráficos podemos observar los desplazamientos obtenidos en ambos lados de la rotura.



(2) δx: lado izquierdo



(3) δx: lado derecho

Para un mejor análisis dividiremos la rotura en tres partes: la superior, la central y la inferior. En un primer momento podríamos decir que la parte superior tendrá los desplazamientos en "x" restringidos, por moverse hacia la izquierda. En realidad, esto no será así debido a que en estos puntos los desplazamientos en "z" son del orden de 9cm, con lo cual se separan ambos lados, concluyendo que no existirá ningún tipo de restricción en esta parte de la rotura.

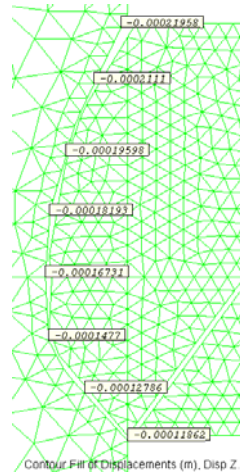
¹¹⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\rotural-Mod.5.3.gid.

¹¹⁶ Modelo inferior del archivo "rotural-Mod.5.2".

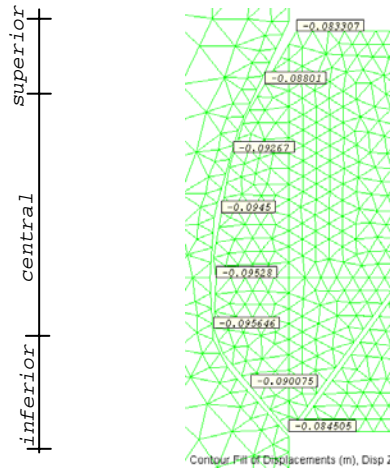
Si analizamos la parte central, vemos que el trazado de la rotura es bastante recto, con ello el desplazamiento en "z" queda libre mientras que al moverse hacia la izquierda el desplazamiento horizontal sí queda restringido.

Si analizamos la parte inferior de la rotura, vemos que, aparentemente, los desplazamientos en "x" deberían estar libres al movilizarse hacia la derecha, sin embargo, teniendo en cuenta que desplaza hacia abajo y que la forma de rotura tiende a cerrarse (hacia arriba), estos elementos quedan restringidos tanto en "x" como en "z".

En los siguientes gráficos se aprecian los desplazamientos en "z".

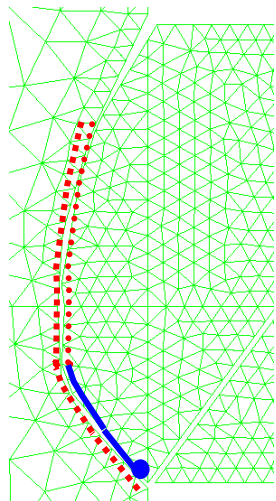


(4) δz : lado izquierdo

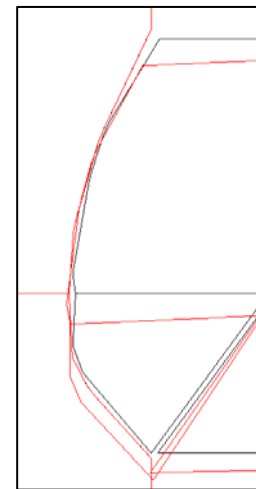
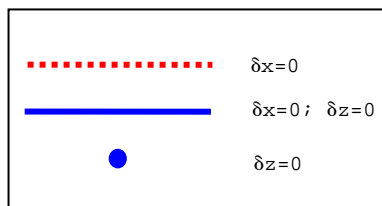


(5) δz : lado derecho

En el siguiente gráfico se indican las diferentes condiciones de contorno a considerar, como resultado de combinar los dos desplazamientos ("x" y "z"), así como la deformación real de la zona analizada que corrobora lo explicado en los párrafos anteriores¹¹⁷.



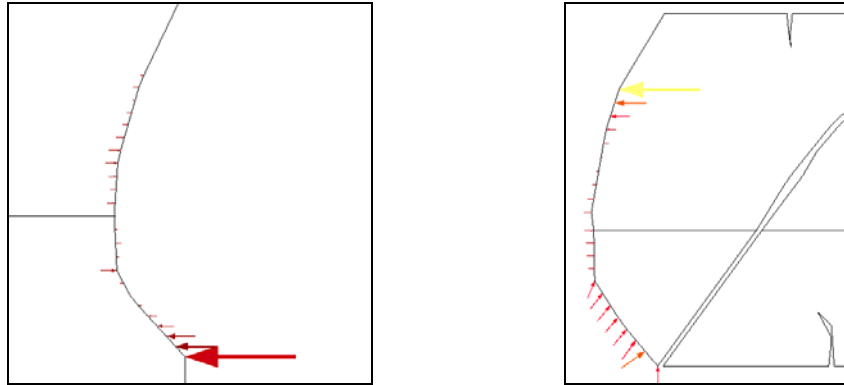
(6) Condiciones de Contorno a utilizar en el modelo



(7) Deformación real.

¹¹⁷ Modelo central del archivo "rotural-Mod.5.3".

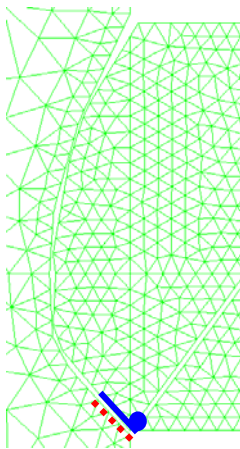
Una vez obtenidas las condiciones de contorno, usando el método explicado anteriormente, procedemos a introducirlas en el modelo de cálculo. Con estas condiciones obtenemos las siguientes reacciones:



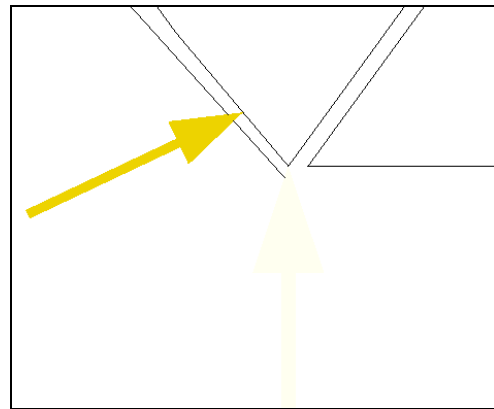
(8) Reacciones de ambos lados de la rotura.

Se pueden observar reacciones de tracción, las cuales no podrán existir al tener la fisura, es por ello que, en el momento en que tienda a separarse ésta, lo hará libremente porque no hay ningún elemento que se lo impida. Si esto es correcto no podemos admitir las condiciones de contorno obtenidas anteriormente y debemos ir desconectando los nodos hasta obtener el apoyo únicamente comprimido.

Se hace un modelo individual para poder analizar estas condiciones de contorno y obtenemos las siguientes¹¹⁸:



(9) Condiciones de contorno definitivas



(10) Reacciones definitivas.

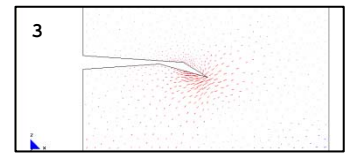
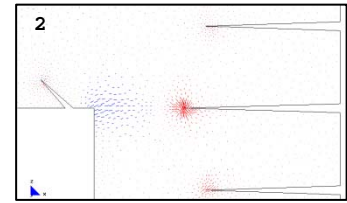
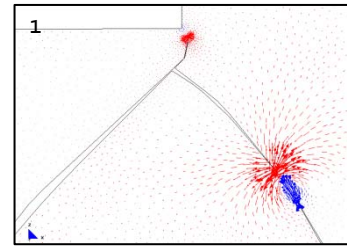
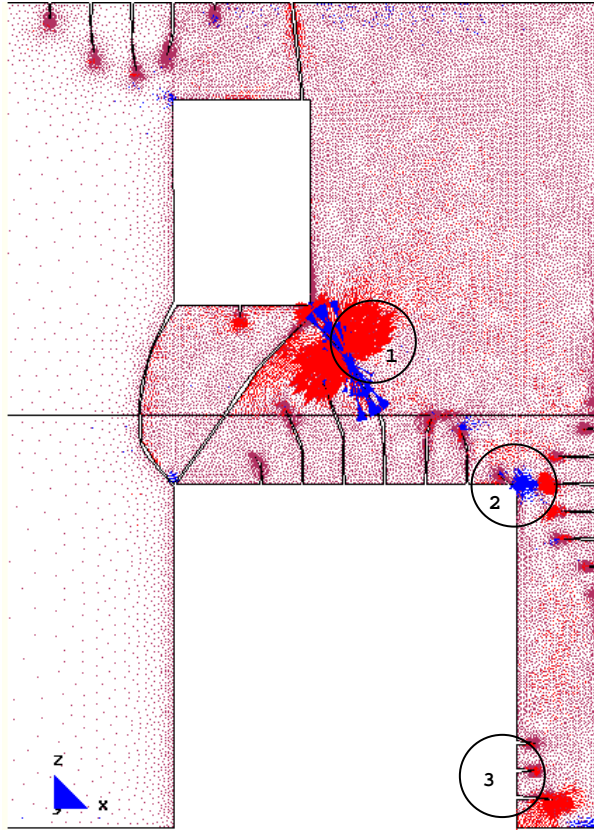
.....	$\delta_x=0$
————	$\delta_x=0; \delta_z=0$
●	$\delta_z=0$

Observamos que en este caso las reacciones son sólo de compresión, por ello las consideraremos correctas¹¹⁹.

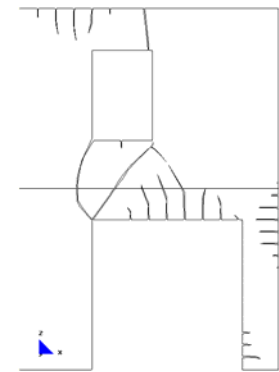
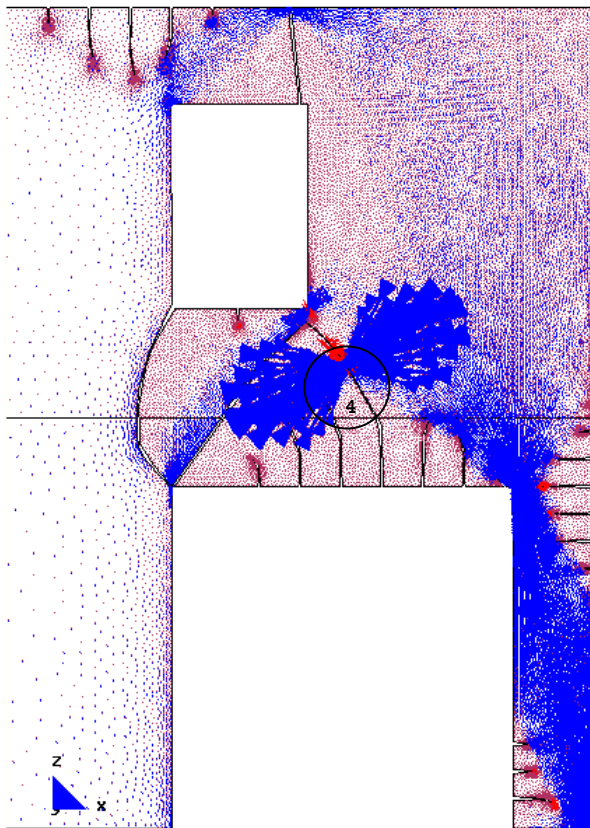
¹¹⁸ Modelo superior del archivo "rotural-Mod.5.3".

¹¹⁹ En los modelos definitivos se incluyen estas condiciones de contorno.

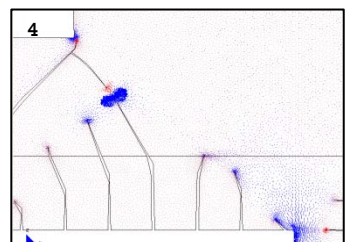
7.3.2.3.6 Imposición de condiciones de contorno especiales (CUADRO 16). Desarrollo de las fisuras existentes de los diferentes grupos. Se cierran las fisuras de la zona " M"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

FICHA DEL MODELO: M-5-5

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.5.4¹²⁰

ESTE MODELO NO SE INCLUYE EN ESTE APARTADO, PERO SI SE INCLUYEN EN EL VIDEO CORRESPONDIENTE.

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.5.5¹²¹

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-5)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

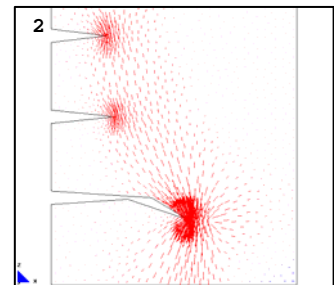
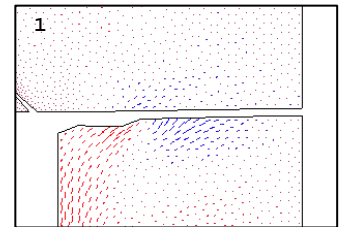
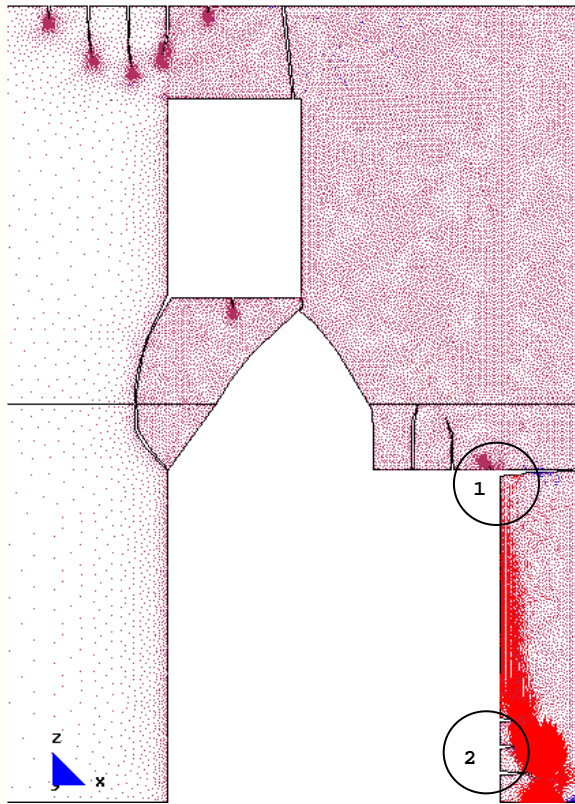
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

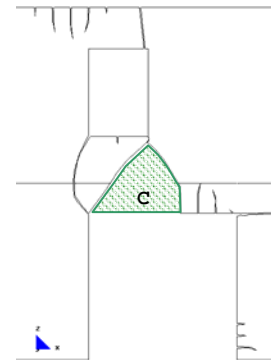
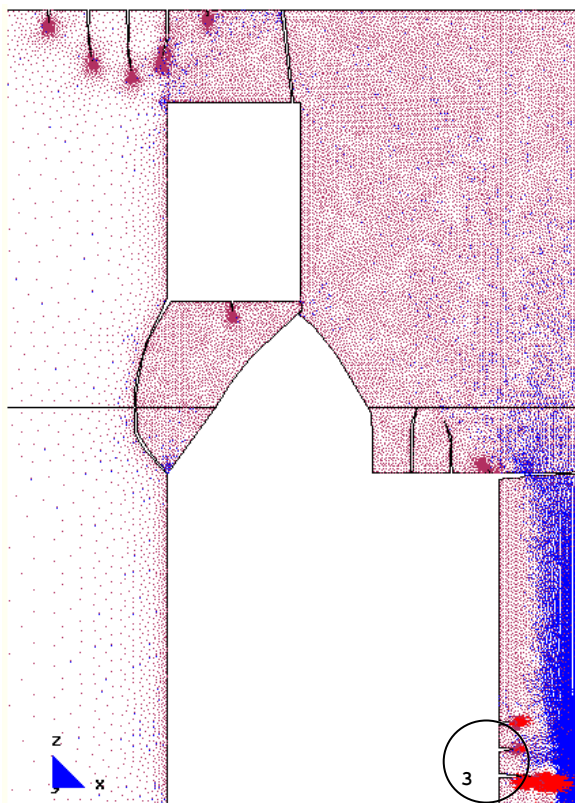
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹²⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelsos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.5.4.gid.¹²¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelsos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.5.5.gid.

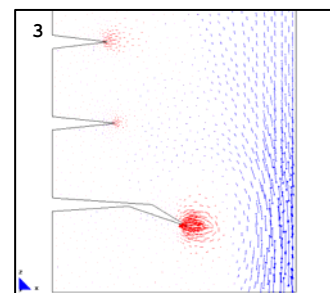
7.3.2.3.7 Desarrollo de la fisura de la zona "D" y excesivas compresiones en la zona "E" perdiéndose por completo la continuidad entre ambos lados de la pared. Colapso de la zona "C". Rotura en la zona "F", por excesivas compresiones y tracciones



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-1e-8).



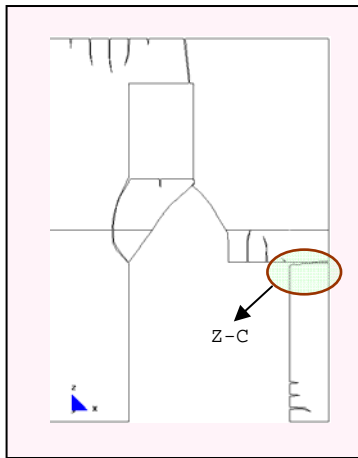
a.- Gráfico del modelo completo.



c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

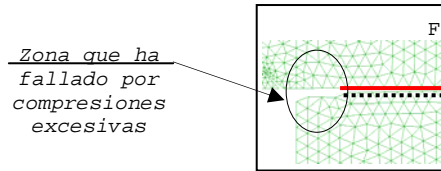
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

a.- Obtención de la condición de contorno de la Zona-C (Z-C), al producirse la rotura completa de la pared (Mod-5-5-1)¹²².



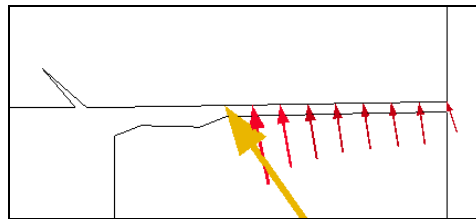
(1) Esquema de la Etapa-8

En el momento que se produce la rotura en la zona "C" se restringe el desplazamiento en "z" y en "x" de la cara superior (línea roja).



En todo este proceso se tiene en cuenta que la zona que falla a compresión no colabora en la transmisión de carga, tal como se indicó en el apartado "7.1.1".

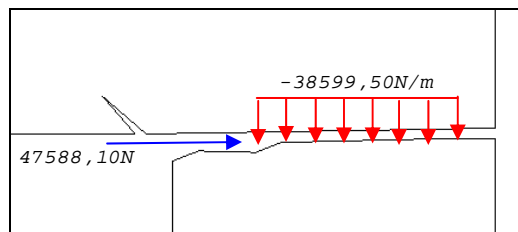
Una vez introducidas dichas condiciones en el modelo se obtienen las siguientes reacciones.



(2) Reacciones del M-5; E-8.

Si se analizan los resultados obtenidos se puede constatar que todas las reacciones son de compresión, por ello se dan como válidas estas condiciones iniciales.

Al ser la pilastra el elemento que soporta las reacciones anteriores, éstas se deben de introducir como acciones tanto verticales como horizontales en la cara inferior de la rotura¹²³:

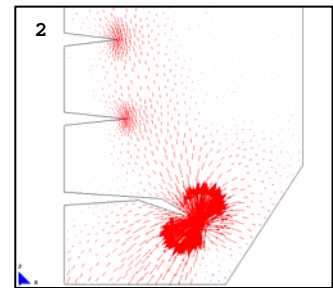
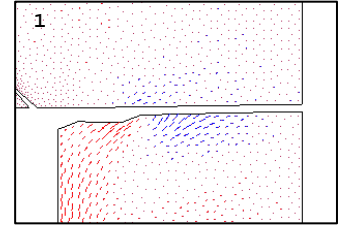
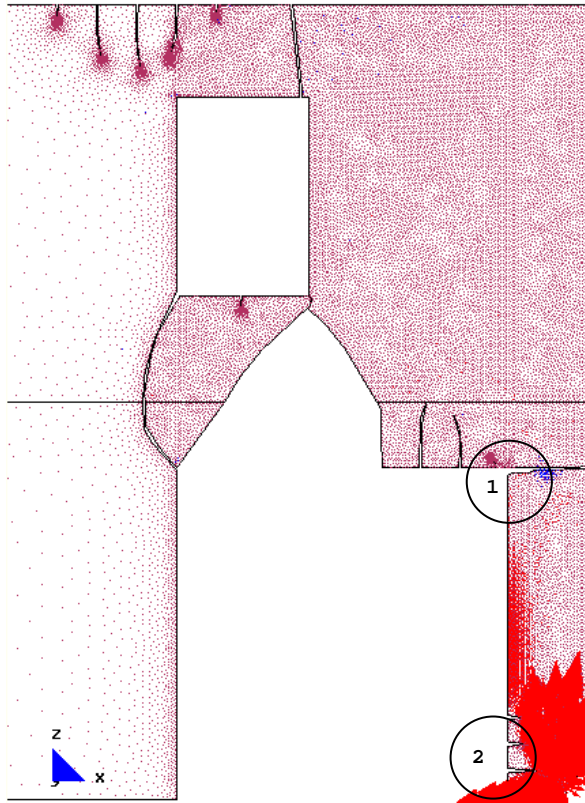


(3) Acciones a introducir en la pilastra.

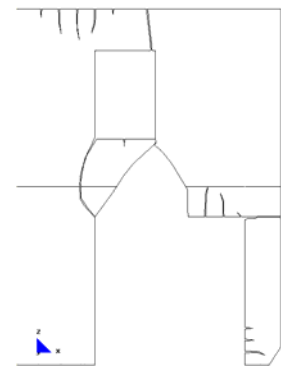
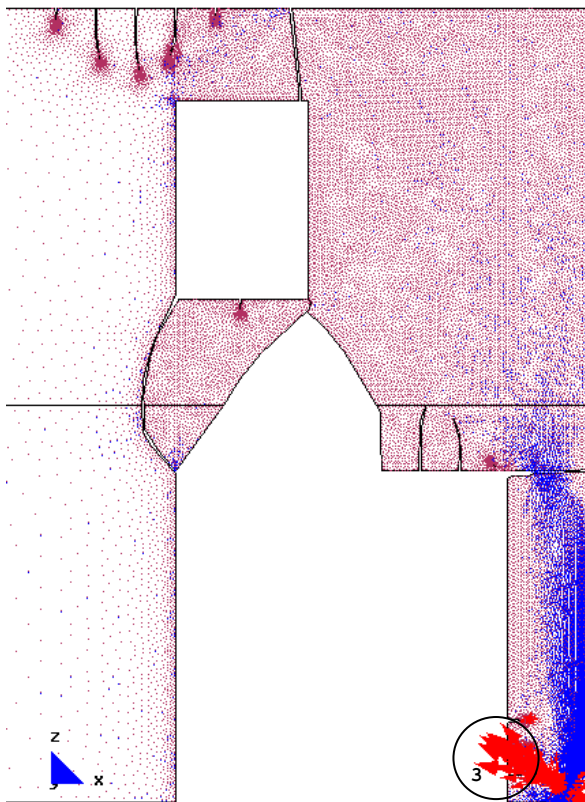
¹²² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\mod.5.5.1.gid

¹²³ Dichas acciones se obtienen por medio de la integración de las reacciones anteriores.

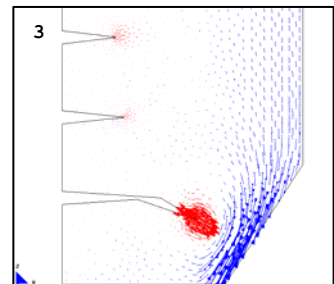
7.3.2.3.8 En la zona "F" la parte que falla por tracción tiene que ser capaz de soportar compresiones, cerrándose incluso las fisuras en dicha zona. En la zona "G" se produce exceso de tracciones y compresiones



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-1e-8).



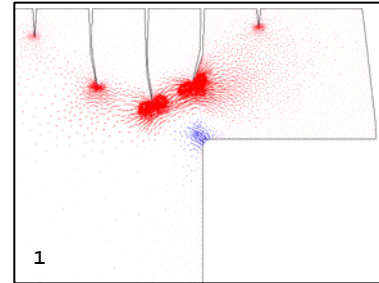
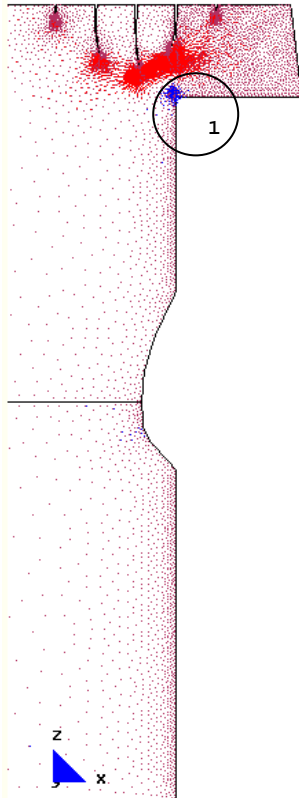
a.- Gráfico del modelo completo.



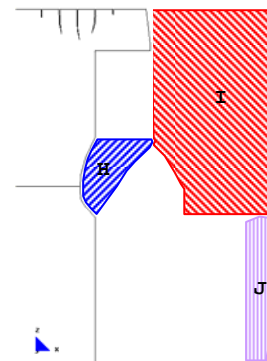
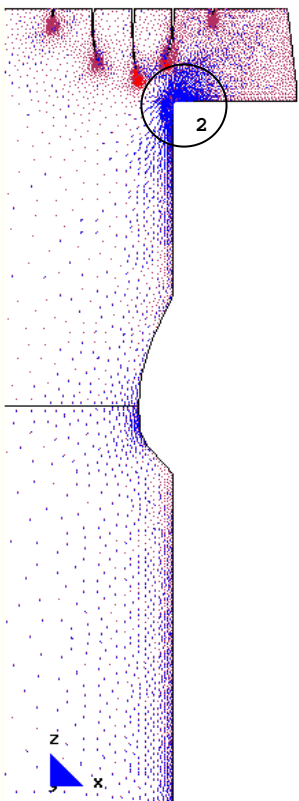
c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7 (dibujos 1, 2, 3 y 4 factor-3e-8).

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

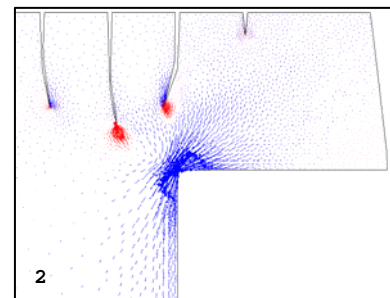
7.3.2.3.9 Fallo por excesivas compresiones en la base de la pilastra, zona "G", lo cual origina el colapso de las zonas "J", "I" y "H". Se vuelven a abrir las fisuras de la zona "M"



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



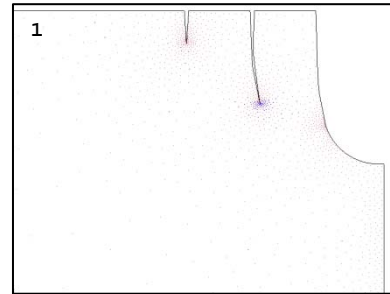
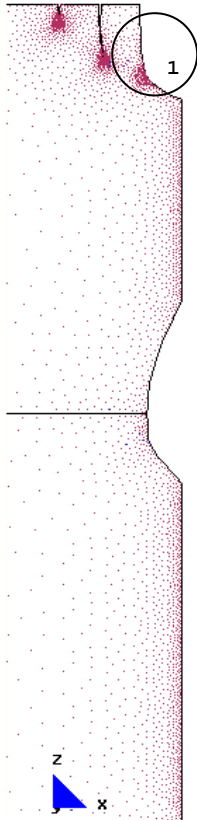
a.- Gráfico del modelo completo.



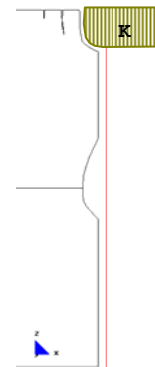
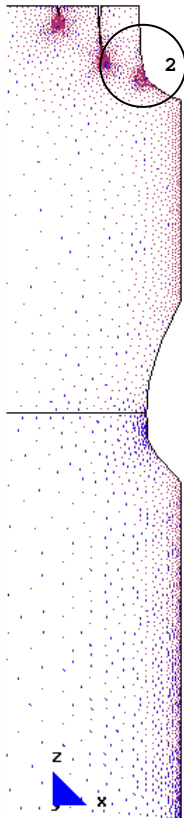
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

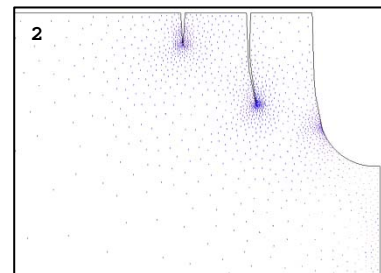
7.3.2.3.10 Colapso de la zona "E", al producirse excesivas tracciones en la zona "L" y posterior equilibrio de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

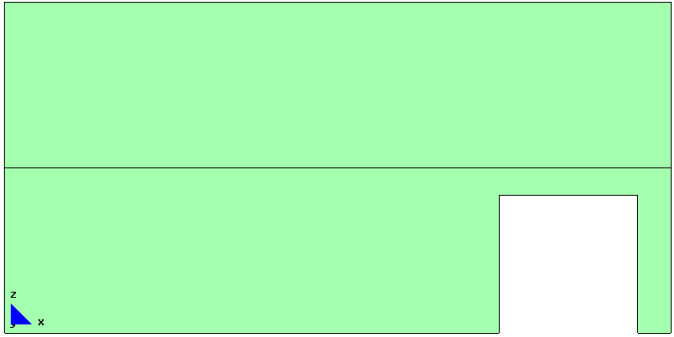
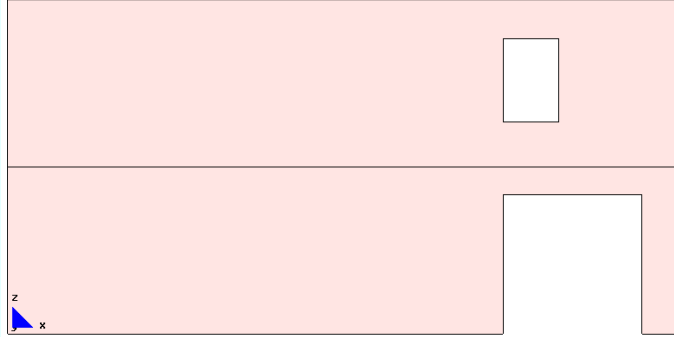
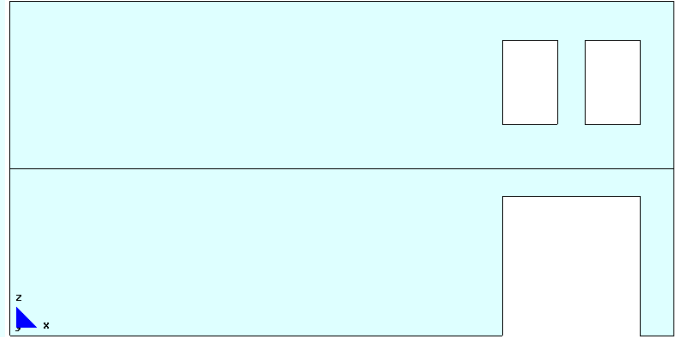
MJIG

**7.3 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS ASIMÉTRICOS O
EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS
DE 0,001X0,001M**

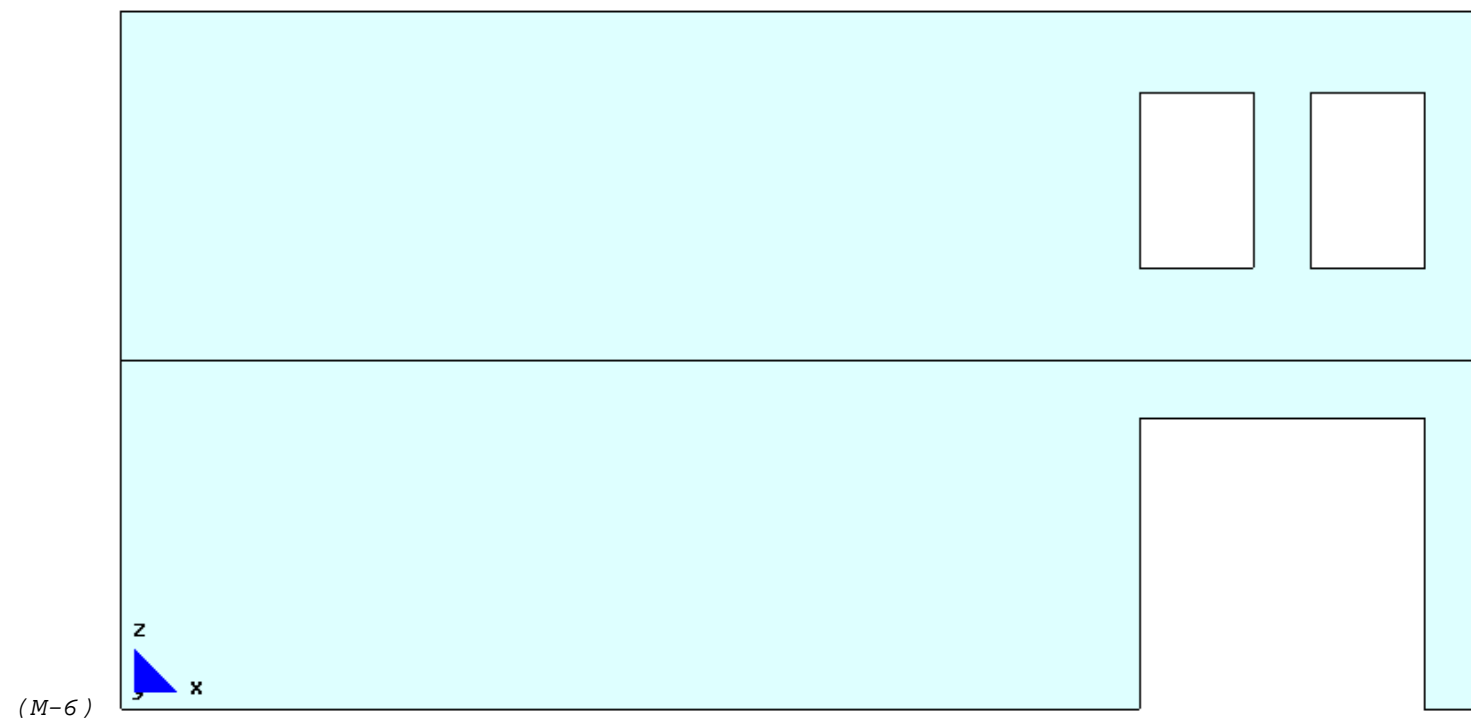
- 1.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS SIN NUEVOS HUECOS
- 2.- MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON NUEVO HUECO
- 3.- **MODELO ASIMÉTRICO O EXCÉNTRICO DE DOS PLANTAS CON DOS NUEVOS HUECOS**

7.3.3 Modelo asimétrico o excéntrico de dos plantas con dos nuevos huecos

A continuación se presenta el esquema de todos los modelos asimétricos a analizar:

MODELOS ASIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>M-4</p>	 <p>M-5</p>	 <p>M-6</p>
<p>(GRAF.7-1: 47) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.</p>	<p>(GRAF.7-1: 48) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en plata baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en plata baja y dos en planta alta.</p>

Procedemos a analizar el tercer modelo asimétrico:



(GRAF.7-1: 49) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en plata baja y dos en planta alta.

FICHA DEL MODELO: M-0

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-general-malla.015-Mod.0¹²⁴*(Modelo general con 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 0.15)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹²⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-general-malla.015-Mod.0.gid.

7.3.3.1 Modelo con huecos en el lado derecho: uno en planta baja y uno en planta alta y uno en planta alta

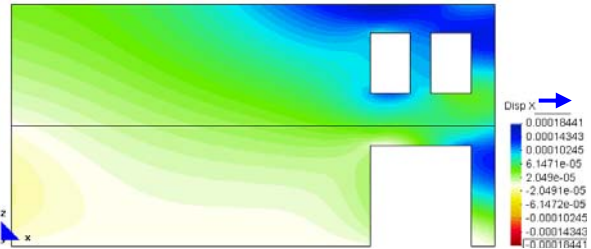


f.- Deformada ampliada 300 veces.

Deformada

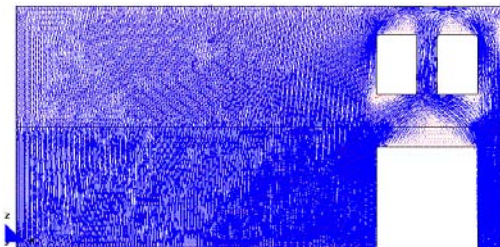


a.- Displacement (m).Disp-Z

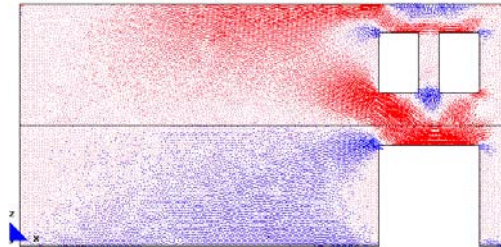


a'.- Displacement (m).Disp-X

Desplazamientos



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

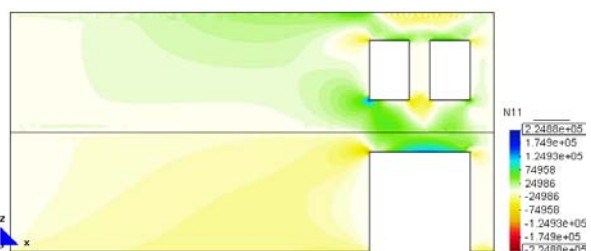


c.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=8.1e-6.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.



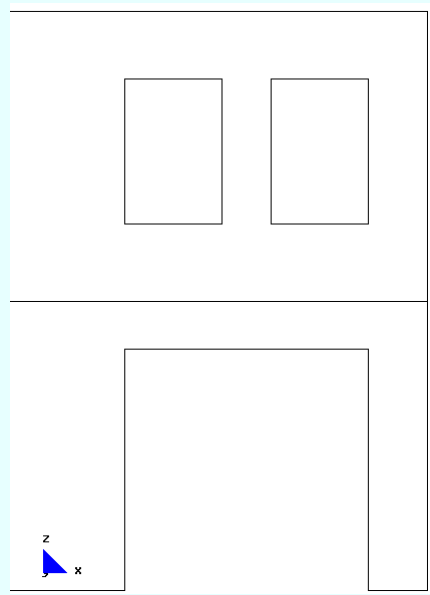
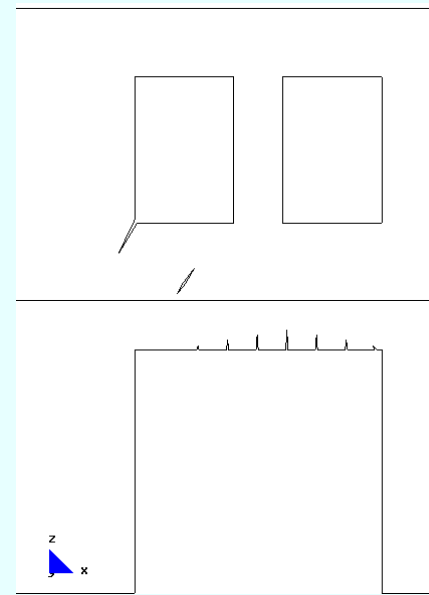
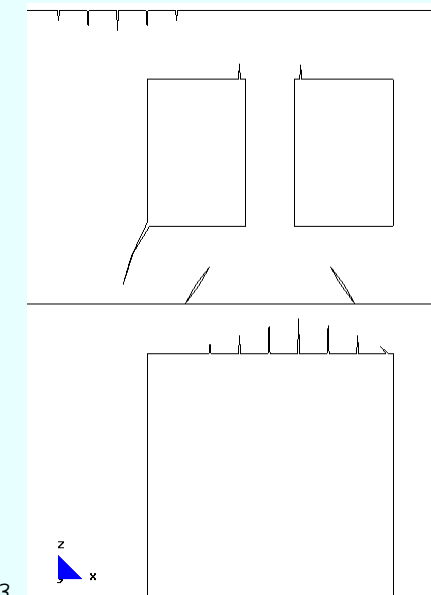
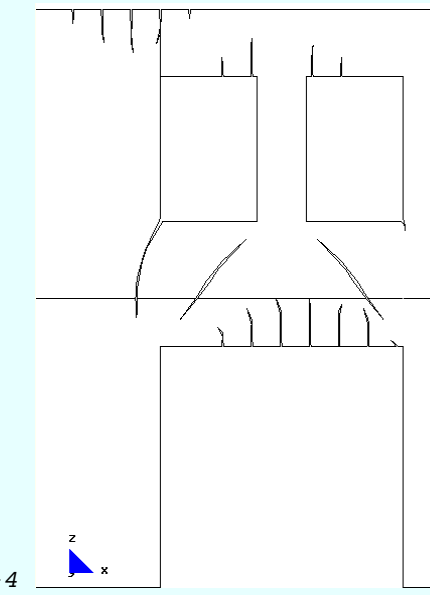
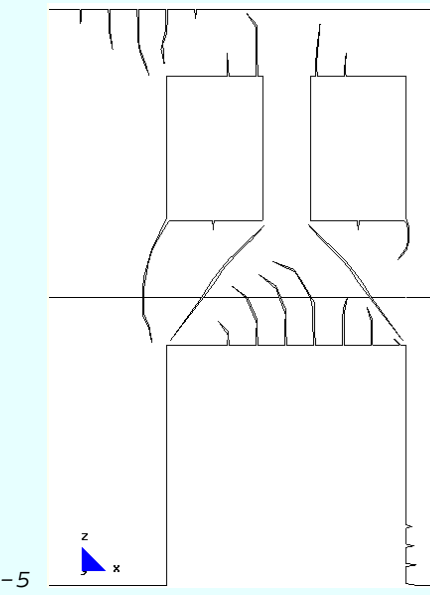
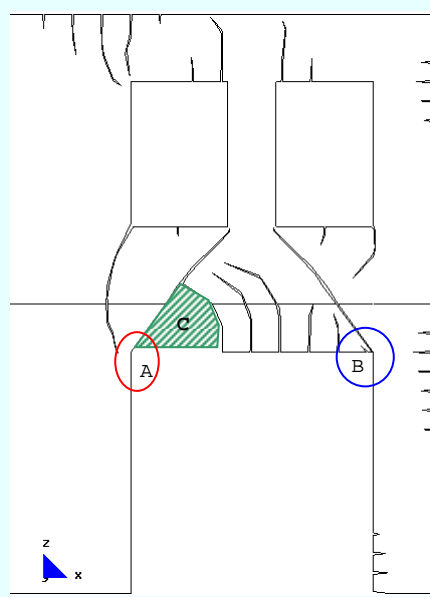
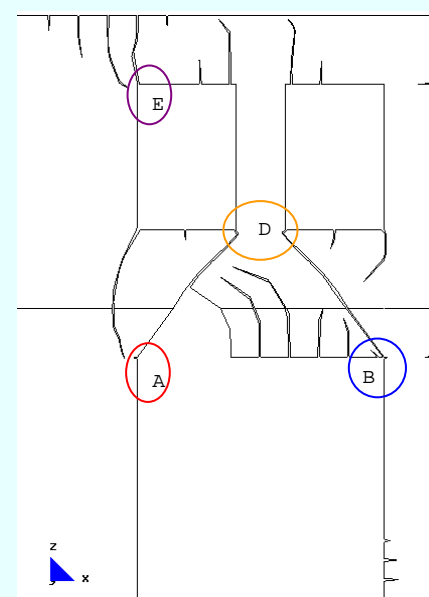
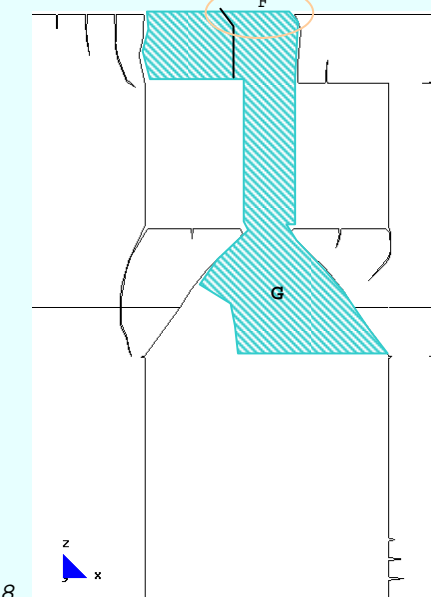
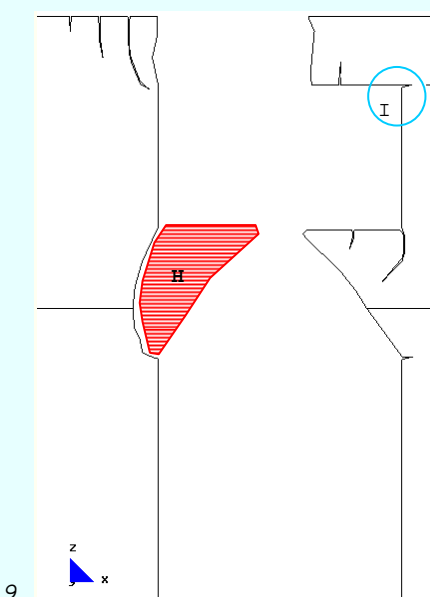
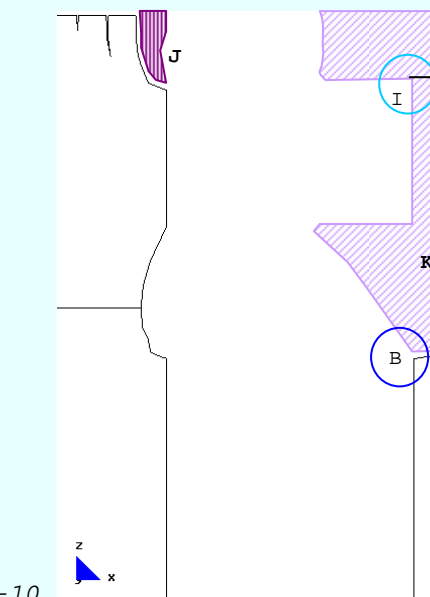
d.- Main Ax. Force(N/M). N22.



e.- Main Ax. Force(N/M). N11.

Fuerzas en el sentido de las direcciones principales.

7.3.3.2 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 17) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS HUECOS EN PLANTA ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M				
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>
<p>(GRAF.7-3: 53) Pared sin fisuración.</p>	<p>(GRAF.7-3: 54) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y fisuras inclinadas tanto en la parte inferior del hueco como encima del forjado.</p>	<p>(GRAF.7-3: 55) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo.</p>	<p>(GRAF.7-3: 56) Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras.</p>	<p>(GRAF.7-3: 57) Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras. Formación del tercer grupo de fisuras.</p>
 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>
<p>(GRAF.7-3: 58) Desarrollo de las fisuras existentes. Rotura completa de las zonas "A" y "B". Desprendimiento completo de la zona "C" de la pared.</p>	<p>(GRAF.7-3: 59) Excesivas compresiones en las zonas "A" y "B". Así también en la zona "D", en la cual la pared pierde por completo la continuidad. La zona "E" se rompe tanto por exceso de compresiones como de tracciones.</p>	<p>(GRAF.7-3: 60) Rotura completa en la zona "F" y pérdida de pared en la zona "G".</p>	<p>(GRAF.7-3: 61) Aumento de las compresiones en la zona "I". Pérdida completa de la zona "H" de la pared.</p>	<p>(GRAF.7-3: 62) Pérdida completa de la continuidad por compresión y tracción, en las zonas "B" e "I". Desprendimiento completo de las zonas "J" y "K" de la pared y posterior equilibrio de la estructura.</p>

FICHA DEL MODELO: M-6-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.6.1¹²⁵

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-6)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

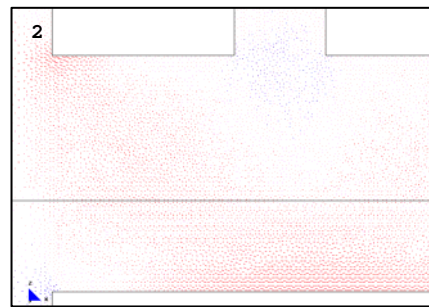
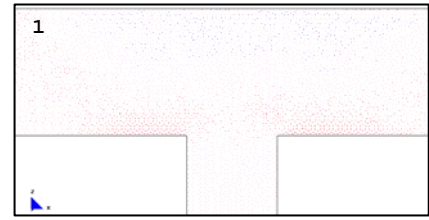
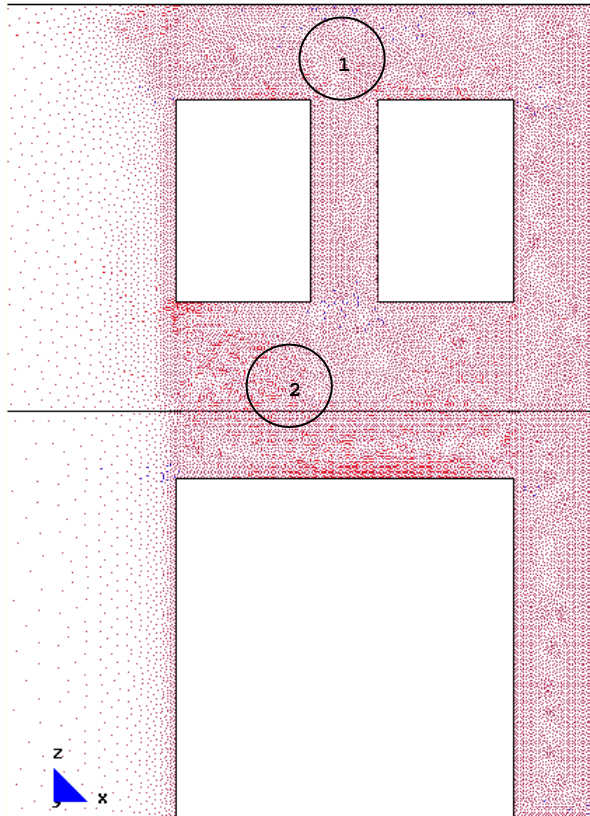
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

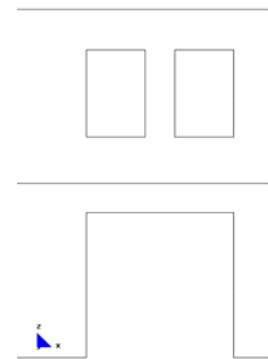
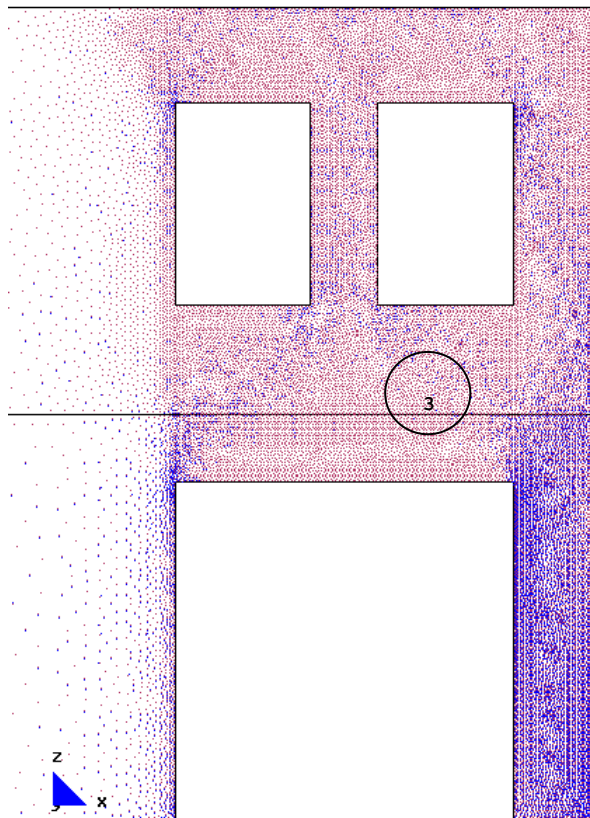
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹²⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.6.1.gid.

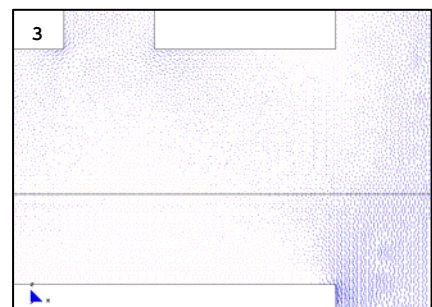
7.3.3.2.1 Pared sin fisuración



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



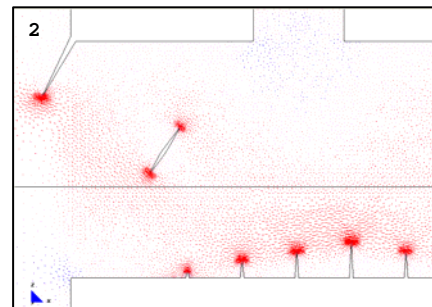
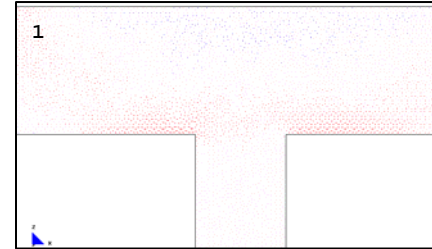
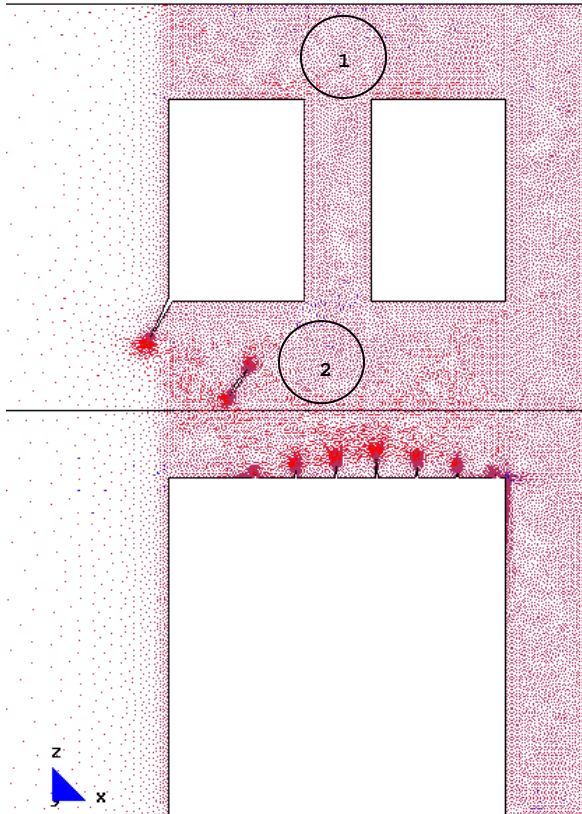
a.- Gráfico del modelo completo.



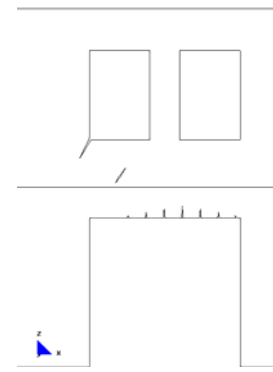
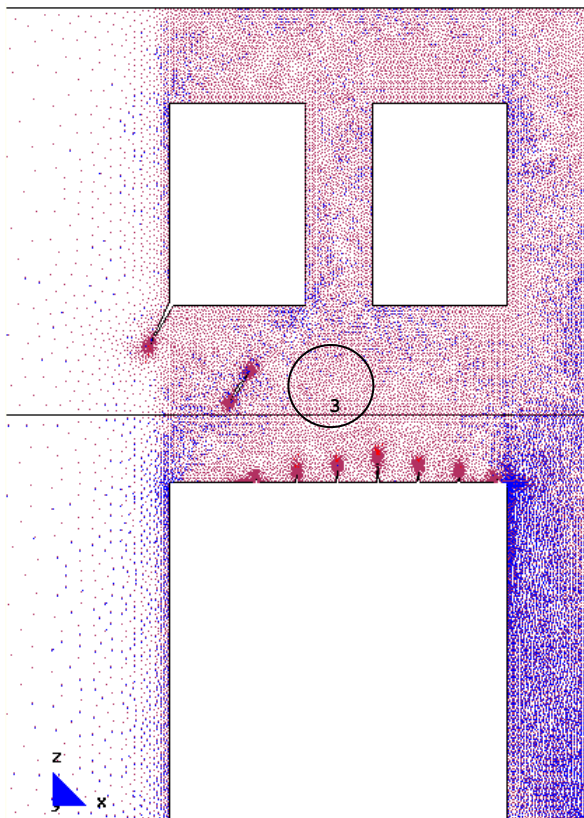
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

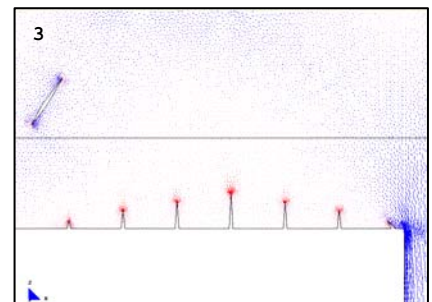
7.3.3.2.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y fisuras inclinadas tanto en la parte inferior del hueco como encima del forjado



b.- Main Ax. Force(N/M). Si Factor-1.5e-7.



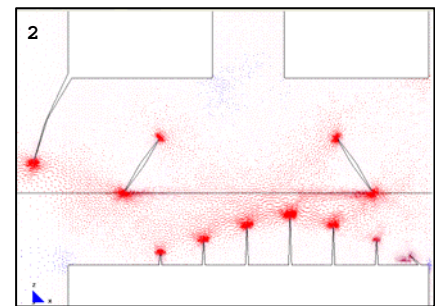
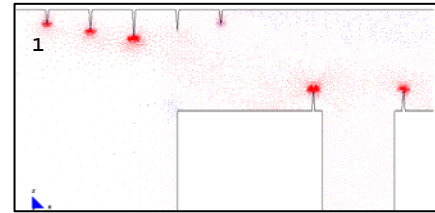
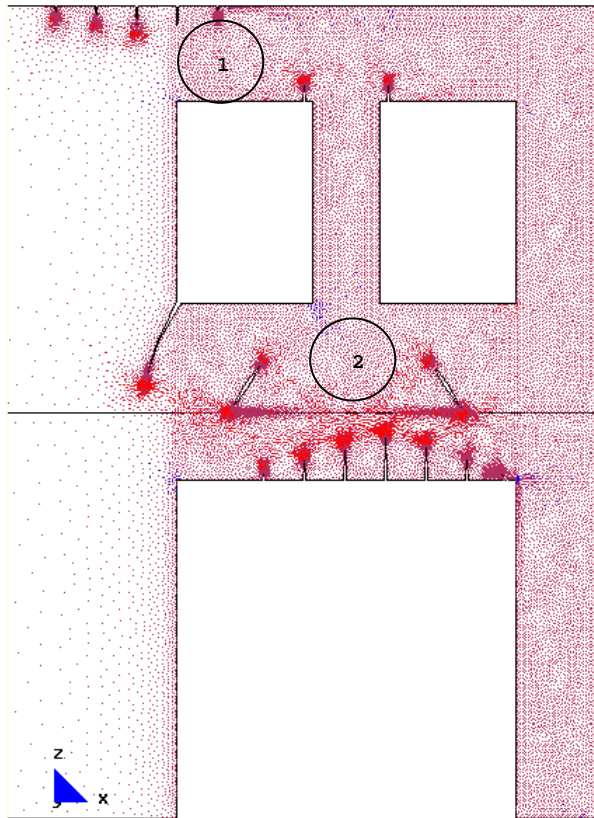
a.- Gráfico del modelo completo.



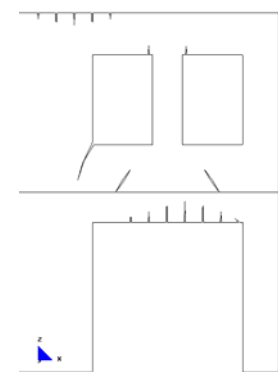
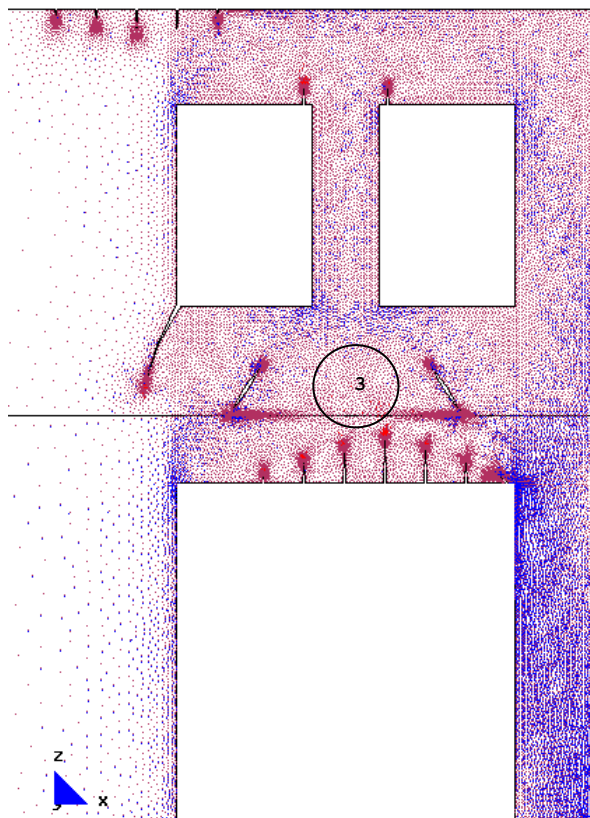
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

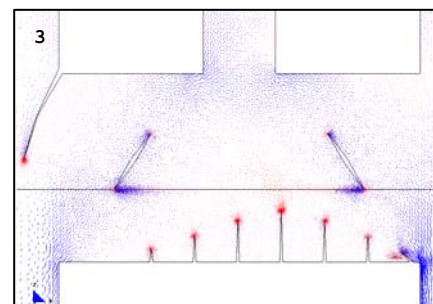
7.3.3.2.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

FICHA DEL MODELO: M-6-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.6.2¹²⁶

(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-6)

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

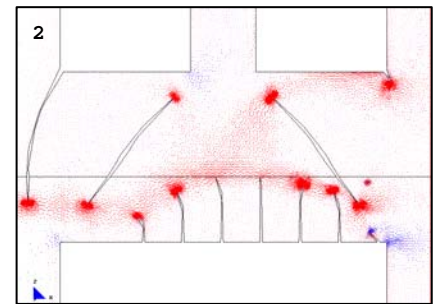
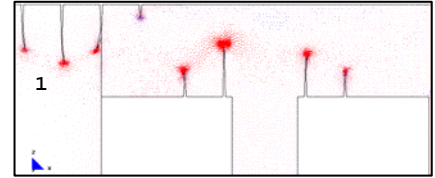
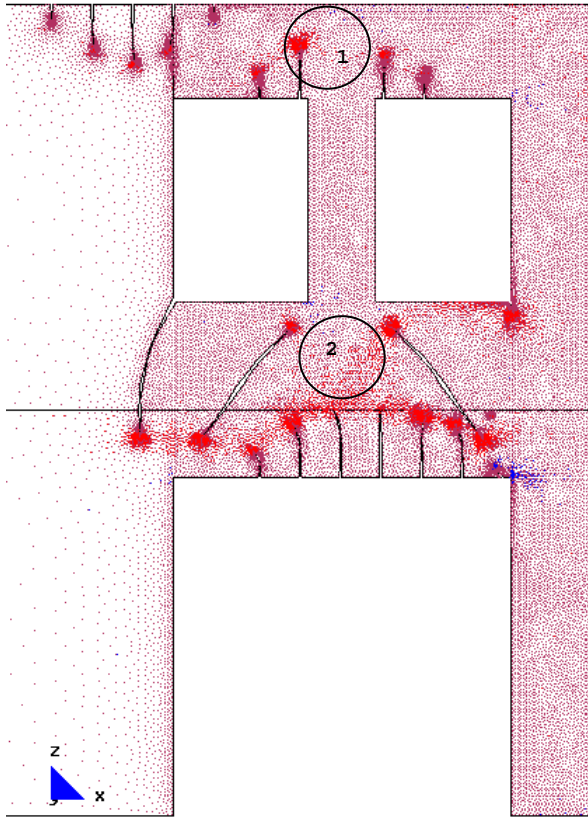
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

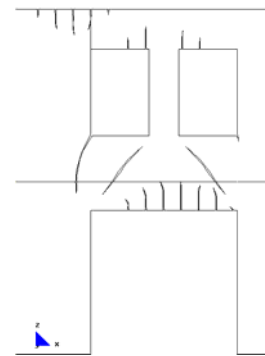
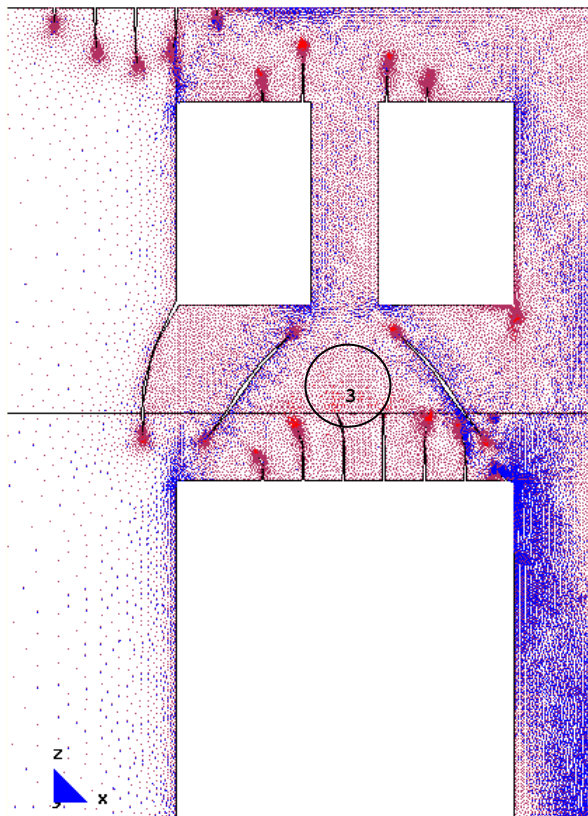
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹²⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.6.2.gid.

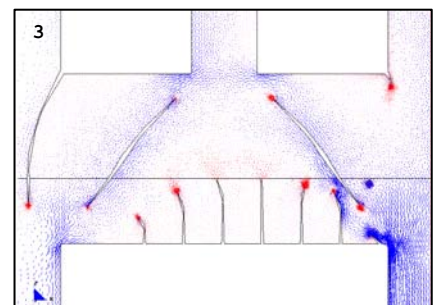
7.3.3.2.4 Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



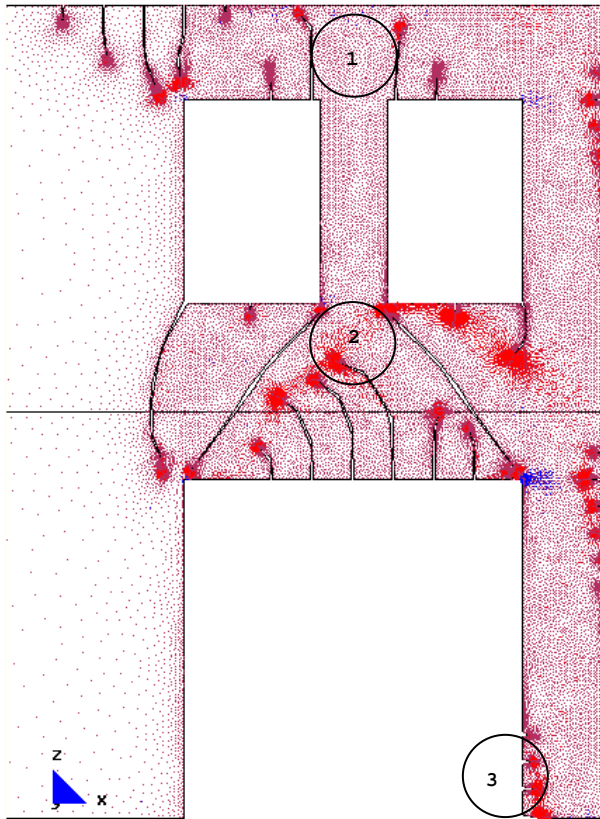
a.- Gráfico del modelo completo.



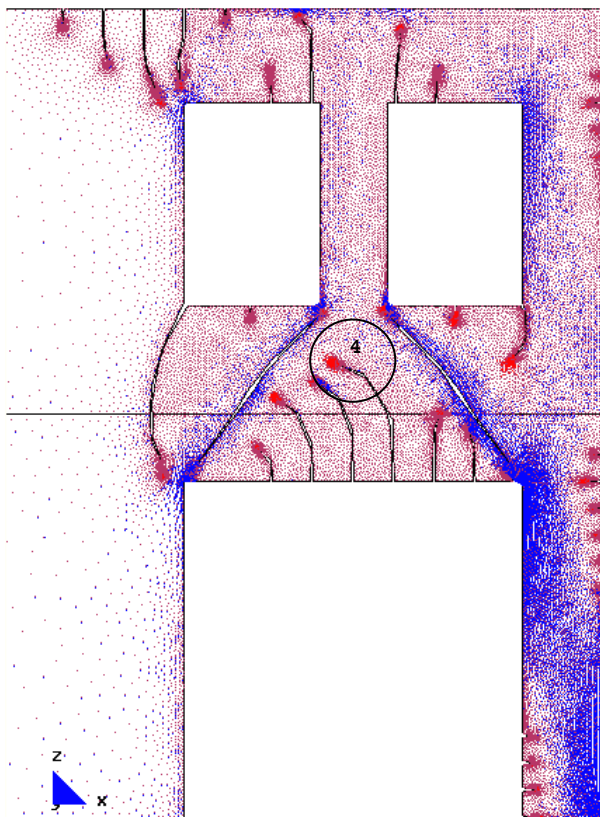
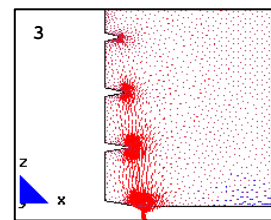
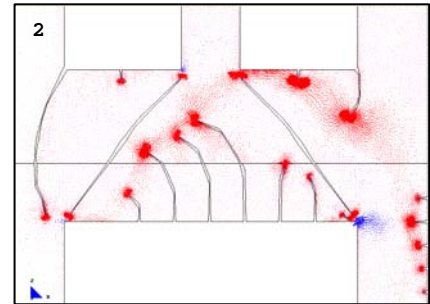
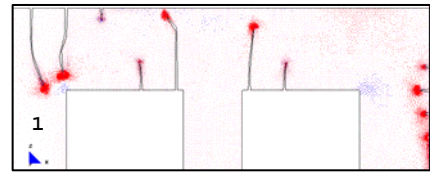
c.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

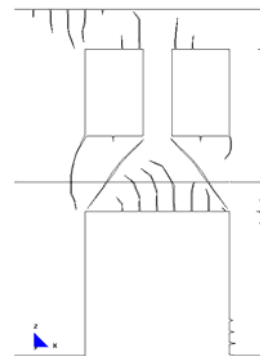
7.3.3.2.5 Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras. Formación del tercer grupo de fisuras



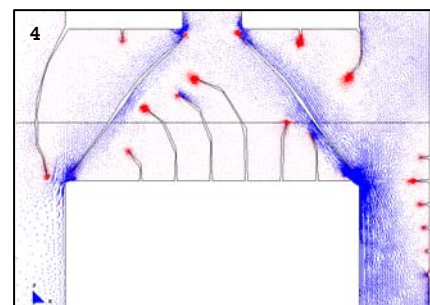
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

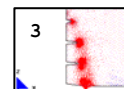
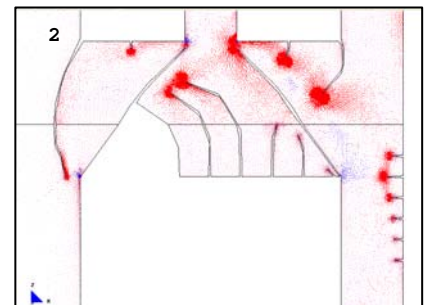
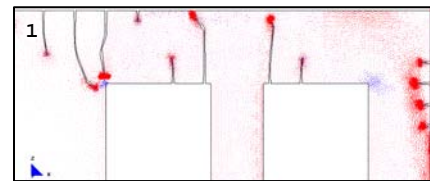
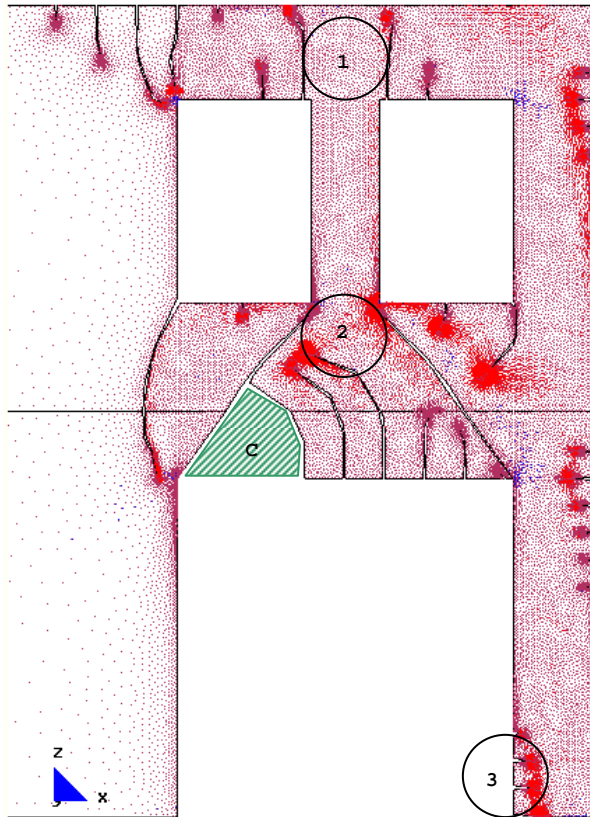


a.- Gráfico del modelo completo.

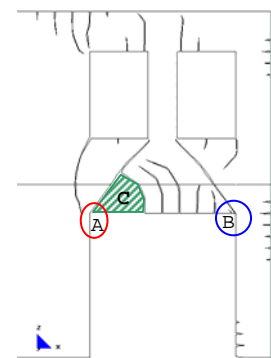
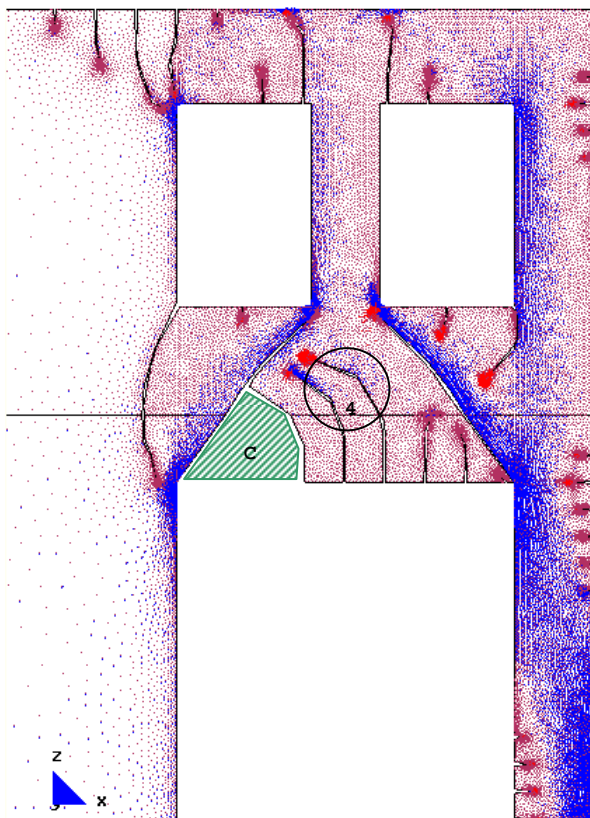


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

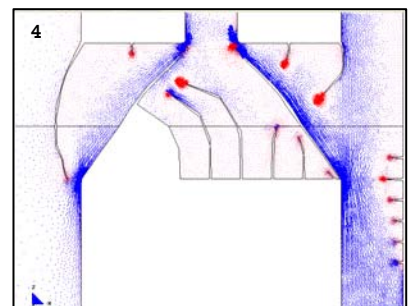
7.3.3.2.6 Desarrollo de las fisuras existentes. Rotura completa de las zonas "A" y "B". Desprendimiento completo de la zona "C" de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7



a.- Gráfico del modelo completo.



c.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

FICHA DEL MODELO: M-6-3**1.- NOMBRE DEL MODELO:****2plantas-hueco 2,5m-zuncho0,001-excént-malla.1-Mod.6.3¹²⁷***(Modelo excéntrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0,001mx0,001m; malla 1; Mod-6)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA: $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$ **4.- DATOS DE LOS FORJADOS:**

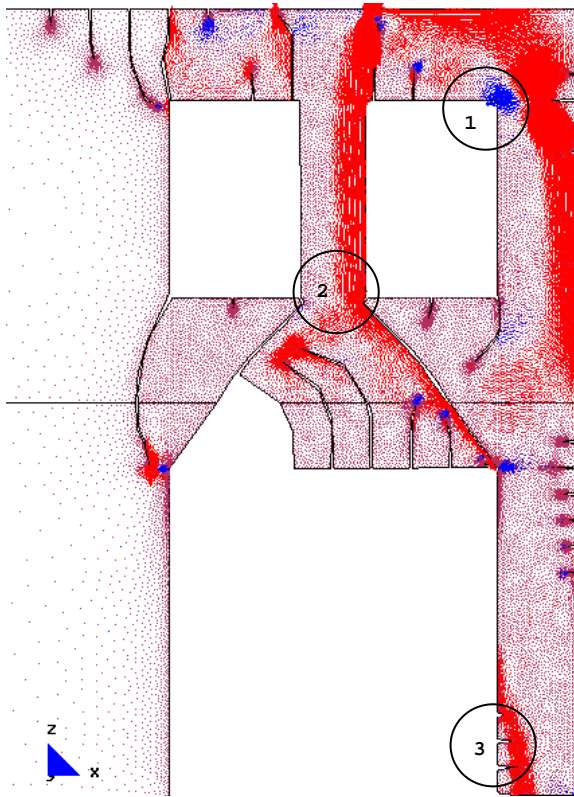
Con zuncho de conexión con el muro: 0,001m x 0,001m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

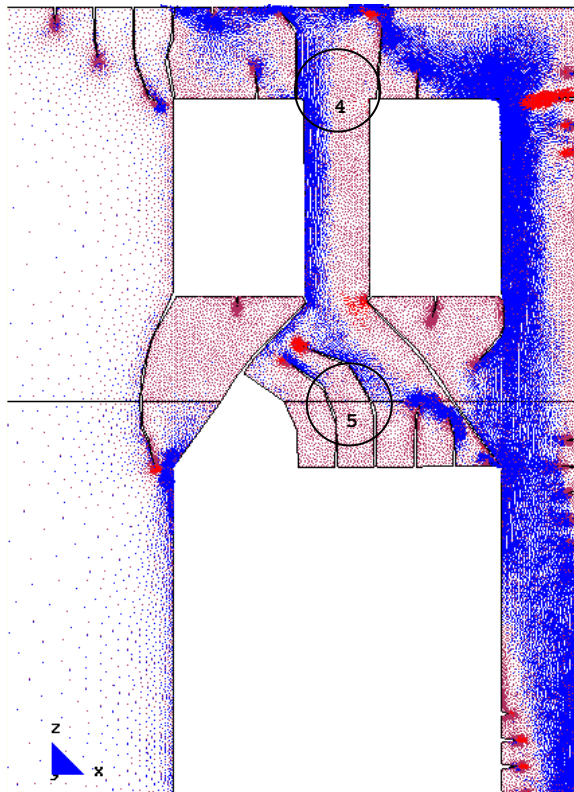
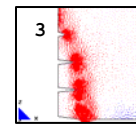
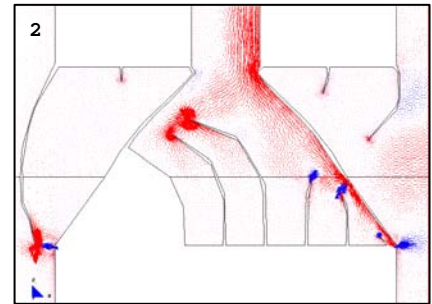
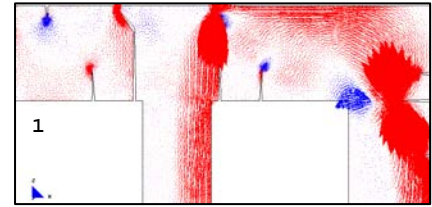
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹²⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\exc\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.001-excént-malla.1-Mod.6.3.gid.

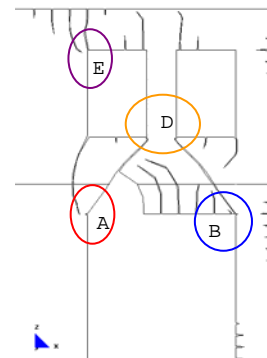
7.3.3.2.7 Excesivas compresiones en las zonas "A" y "B". Así también en la zona "D", en la cual la pared pierde por completo la continuidad. La zona "E" se rompe tanto por exceso de compresiones como de tracciones



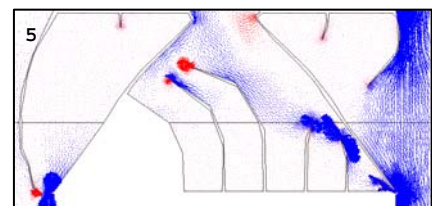
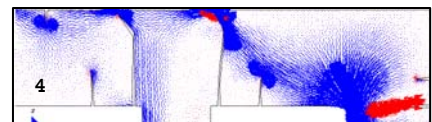
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

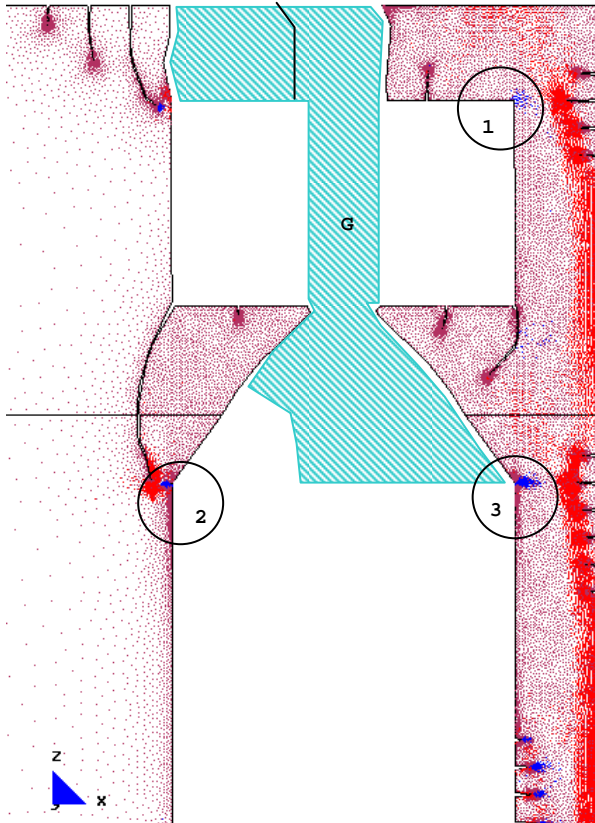


a.- Gráfico del modelo completo.

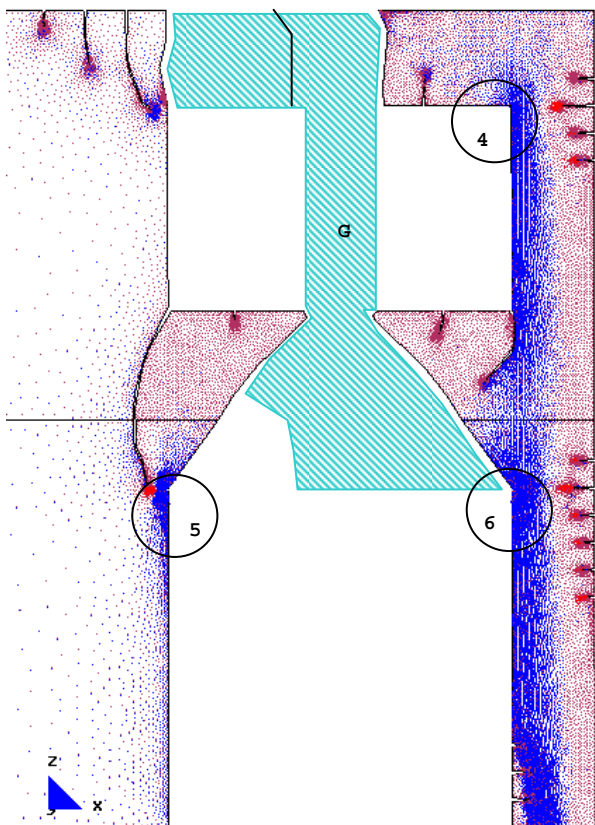
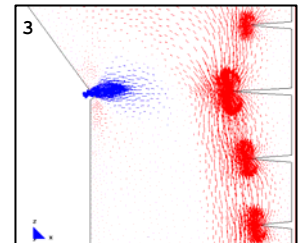
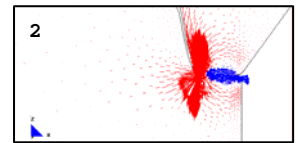
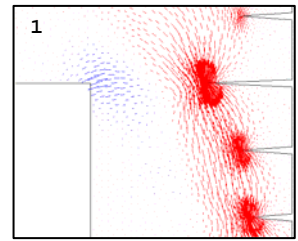


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

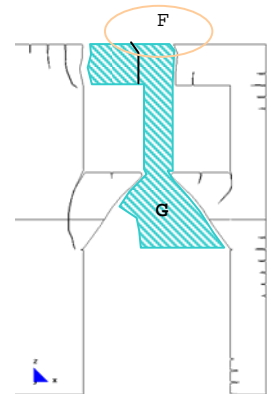
7.3.3.2.8 Rotura completa en la zona "F" y pérdida de pared en la zona "G"



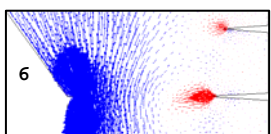
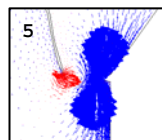
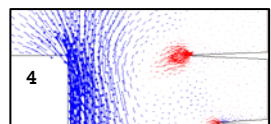
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

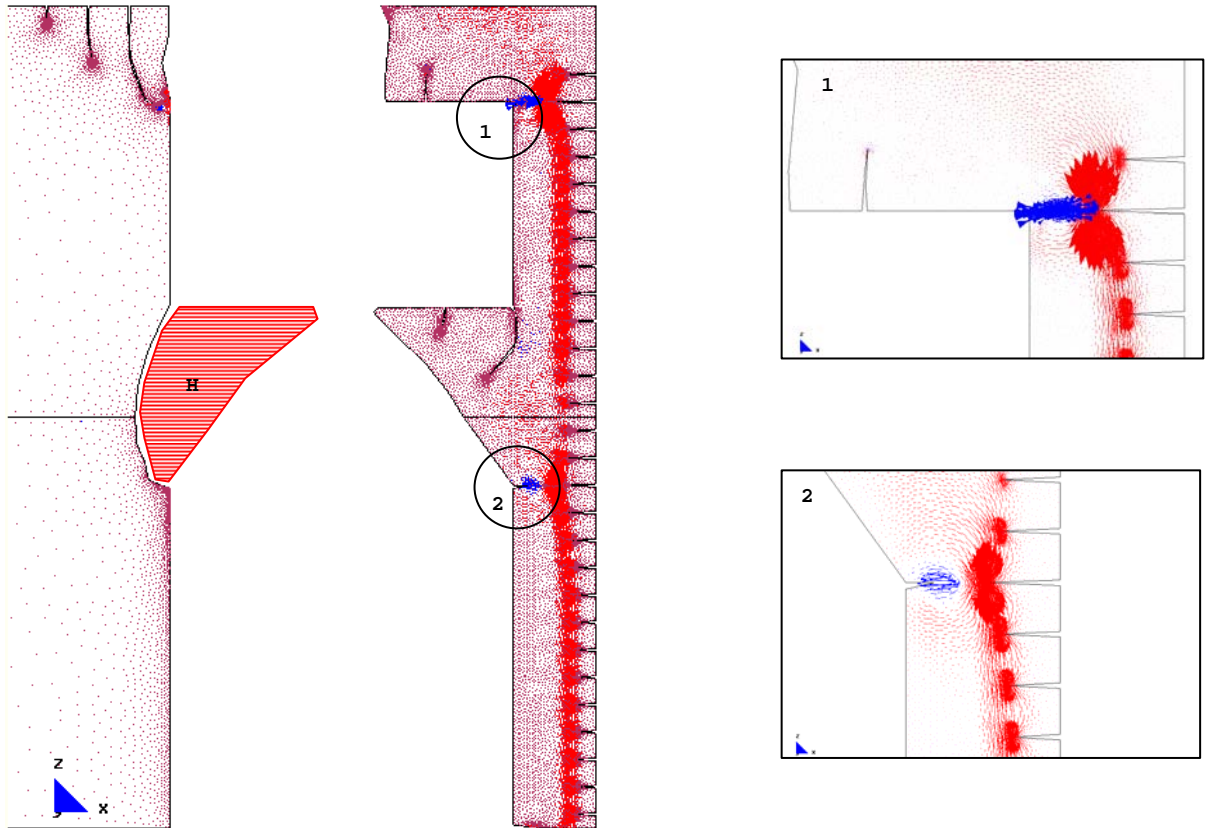


a.- Gráfico del modelo completo.

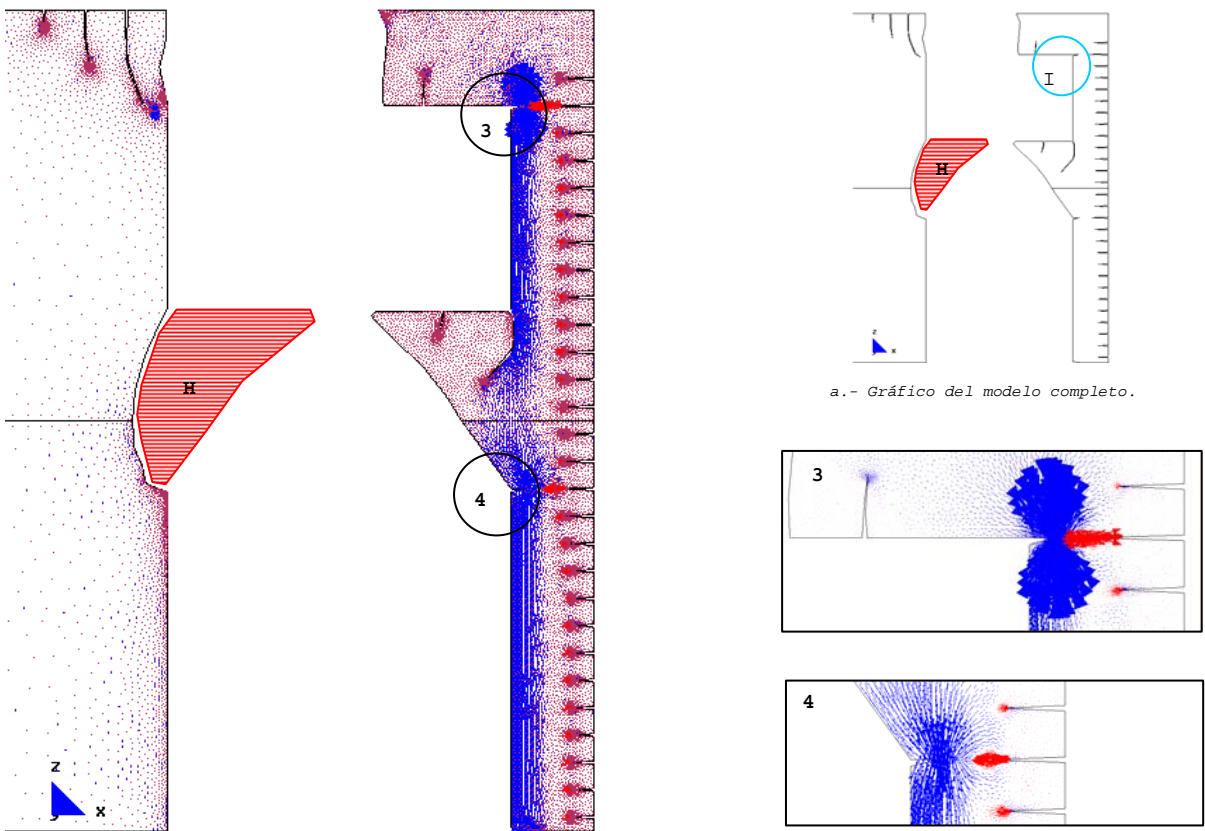


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

7.3.3.2.9 Aumento de las compresiones en la zona "I". Pérdida completa de la zona "H" de la pared



b.- Main Ax. Force(N/M). Si Factor-1.5e-7.

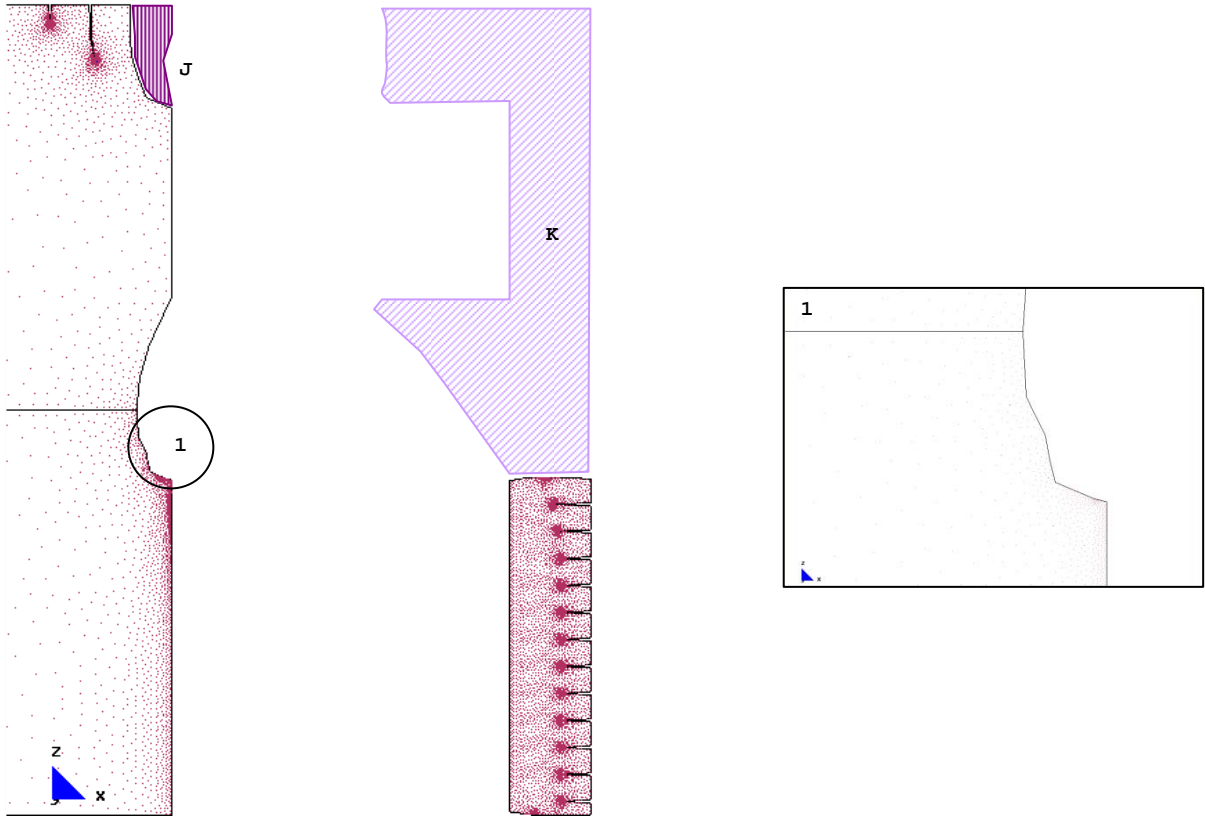


a.- Gráfico del modelo completo.

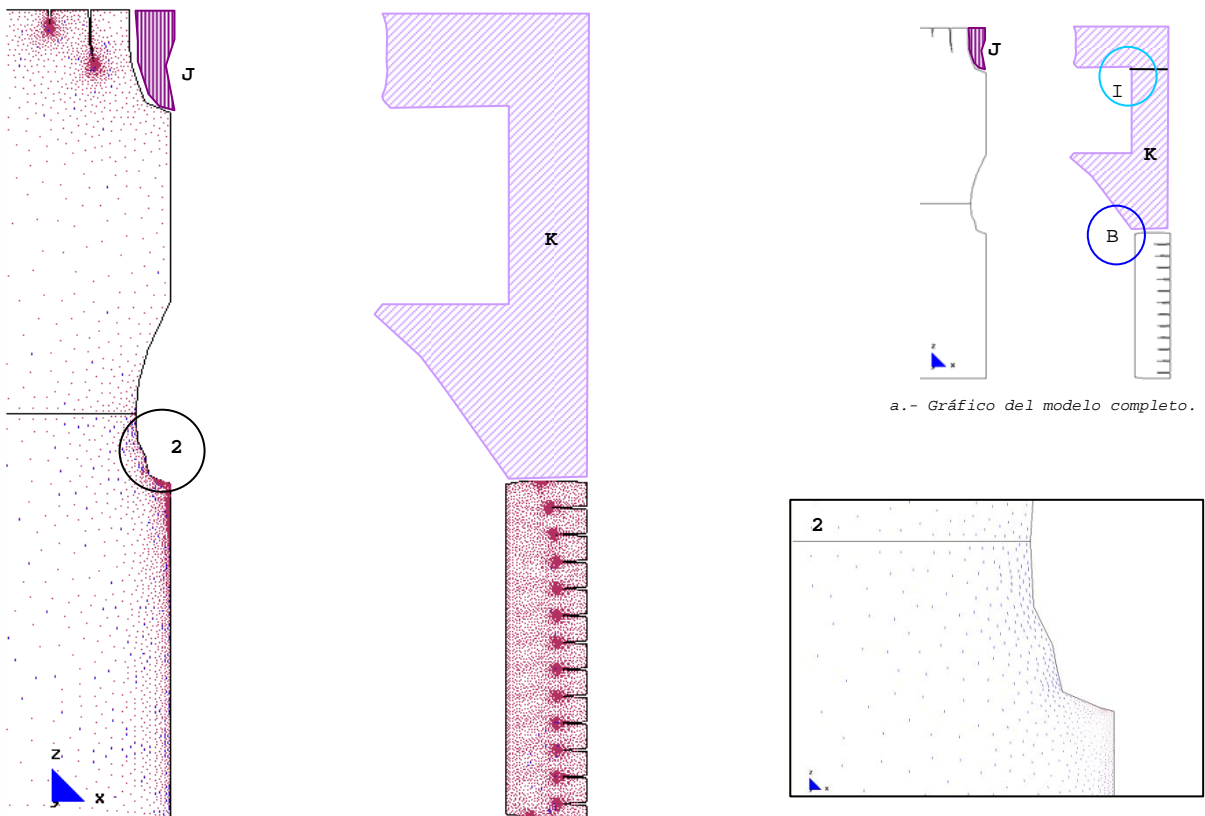
c.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

7.3.3.2.10 Pérdida completa de la continuidad por compresión y tracción, en las zonas "B" e "I". Desprendimiento completo de las zonas "J" y "K" de la pared y posterior equilibrio de la estructura



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1.5e-7.



a.- Gráfico del modelo completo.

c.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1.5e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

MJIG

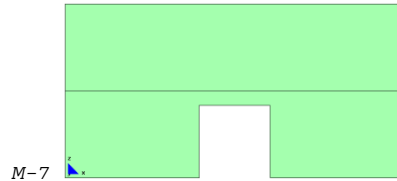
CAPÍTULO-7

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M**
- 5.- CONCLUSIONES

7.4 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M

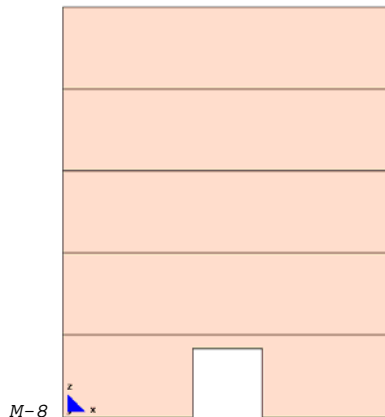
En el presente apartado se analizan tres modelos con geometrías simétricas, aunque considerando la influencia del zuncho de forjado de 0,20x0,20m, llegando a constatar la aportación tan importante que presta en el proceso de fisuración de la pared. Todos los modelos tendrán únicamente el apeo principal sin ningún hueco nuevo en las plantas altas.

El primer modelo (GRAF.7-1: 50) corresponde a una pared de dos plantas, con una carga equivalente de dos plantas.



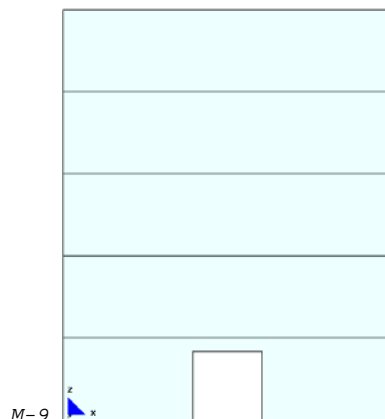
(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.

El segundo modelo (GRAF.7-1: 51) es una pared con cinco plantas y con una carga equivalente de cinco plantas y se irá incrementando la carga hasta alcanzar el equivalente de ocho plantas.



(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.

En el último de los modelos (GRAF.7-1: 52) se tiene en cuenta, una pared con cinco plantas, aunque con una carga equivalente de diez plantas.



(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.

MJIG

7.4 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,20X0,20M

- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO CON CINCO PLANTAS
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE CINCO PLANTAS
CON UNA CARGA EQUIVALENTE A 10
PLANTAS

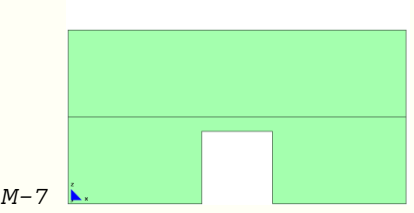
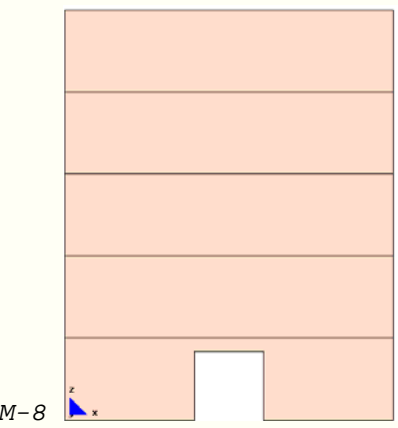
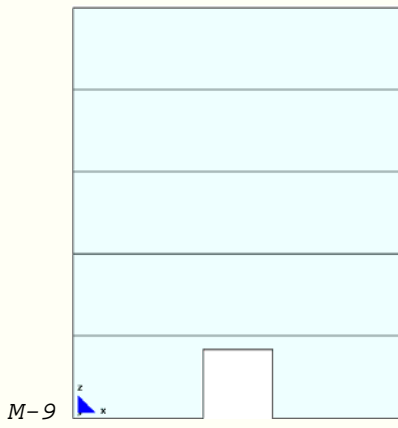
MJIG

7.4 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,20X0,20M

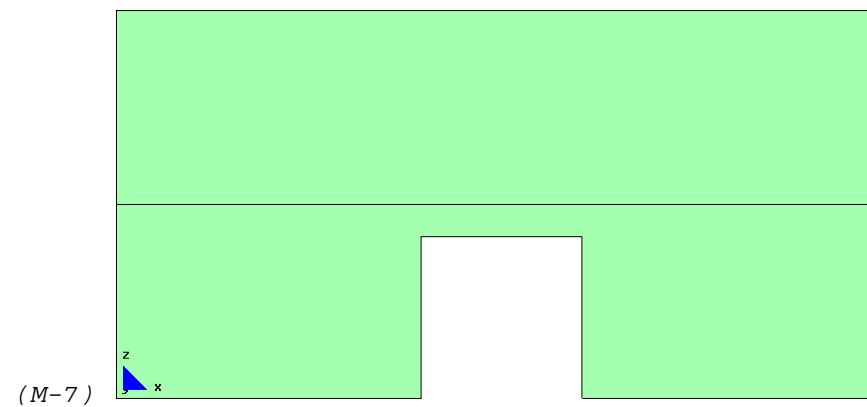
- 1.- **MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS**
- 2.- MODELO SIMÉTRICO CON CINCO PLANTAS
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE CINCO PLANTAS
CON UNA CARGA EQUIVALENTE A 10
PLANTAS

7.4.1 Modelo simétrico de dos plantas

A continuación se presentan todos los modelos a estudiar:

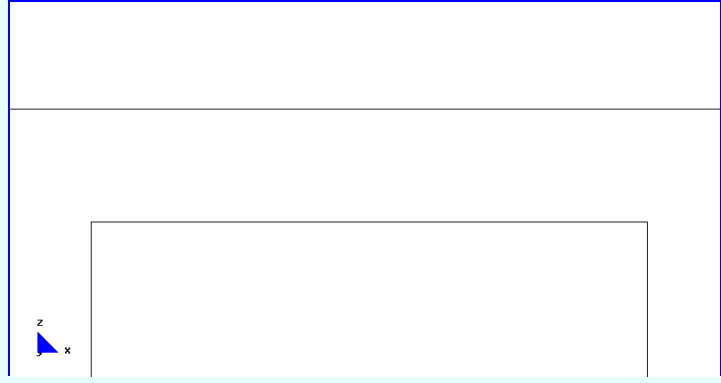
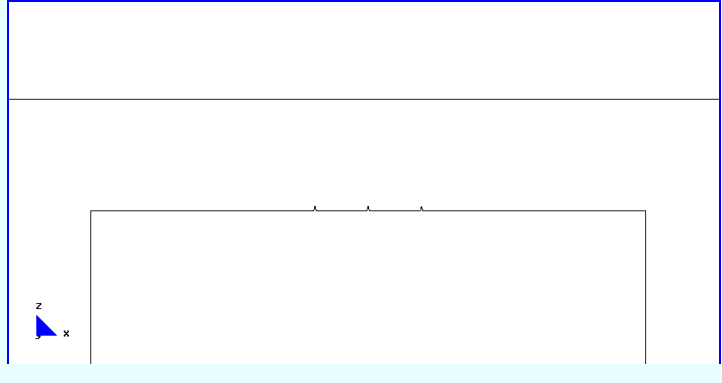
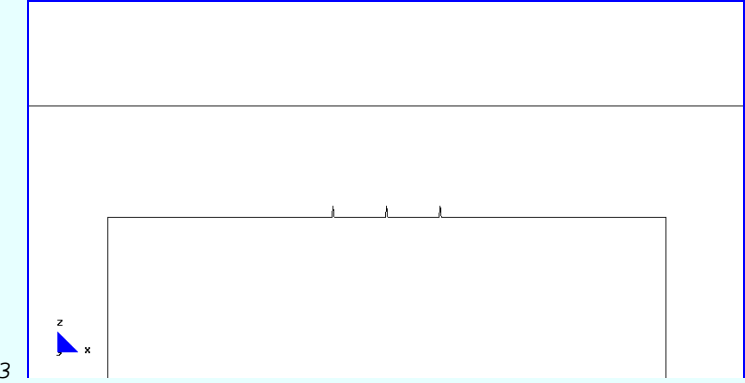
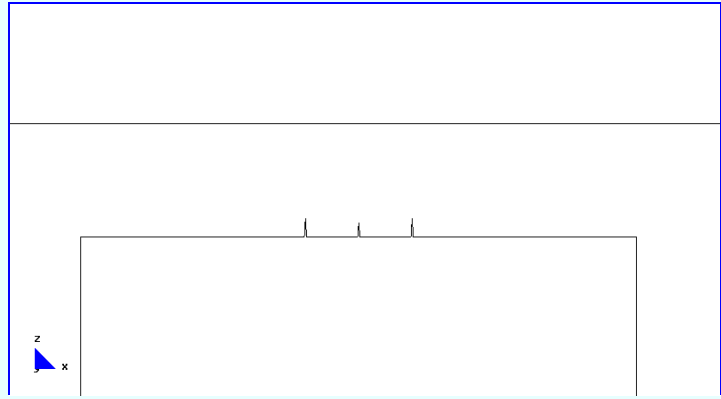
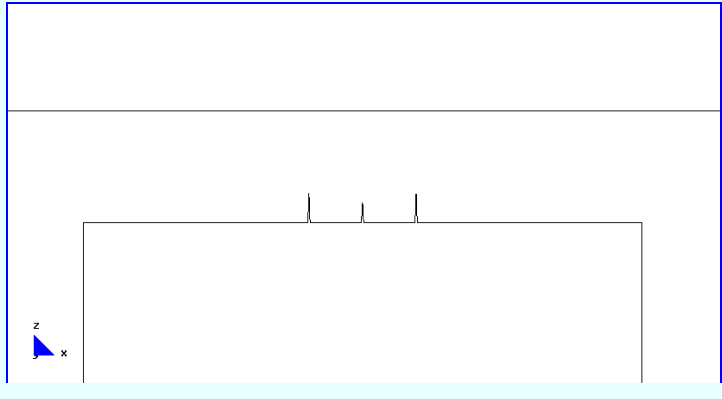
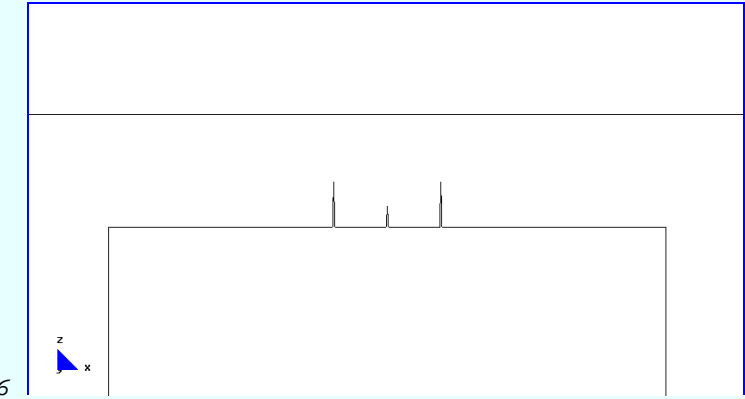
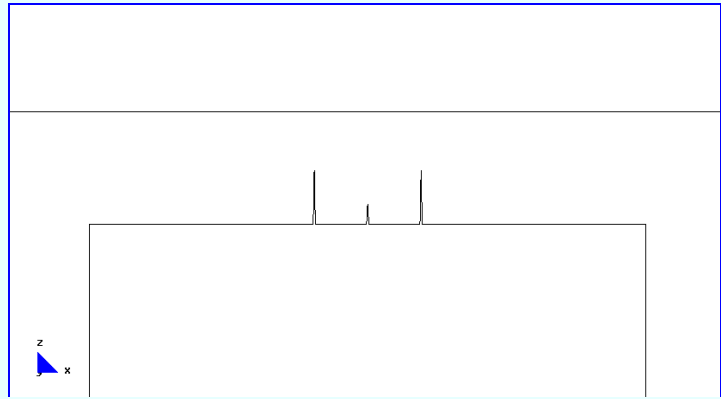
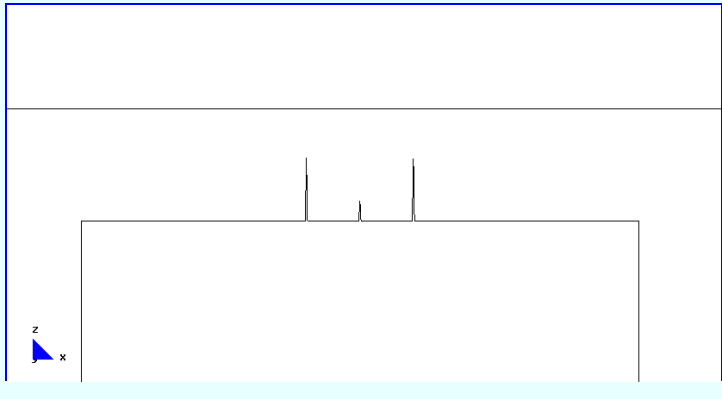
MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M		
 <p>M-7</p>	 <p>M-8</p>	 <p>M-9</p>
<p>(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.</p>

Procedemos a analizar el modelo correspondiente de dos plantas.



(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.

7.4.1.1 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 18) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE DOS PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
(GRAF.7-4: 1) Pared sin fisuración.	(GRAF.7-4: 2) Inicio del primer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 3) Desarrollo del primer grupo de fisuras.
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
(GRAF.7-4: 4) Crecimiento del primer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 5) Desarrollo del primer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 6) Crecimiento del primer grupo de fisuras.
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	
(GRAF.7-4: 7) Desarrollo del primer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 8) Momento en que se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza la estabilidad del conjunto. No se llega a desarrollar el arco de descarga.	

FICHA DEL MODELO: M-7-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.02-Mod.7.1¹²⁸*(Modelo simétrico; 2 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 0,20; Mod-7)*

Número de plantas (a) = 2

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

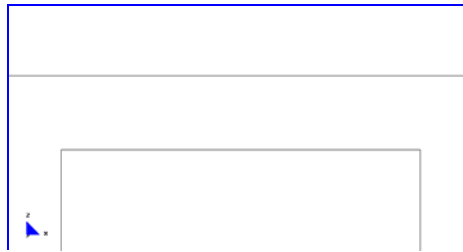
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

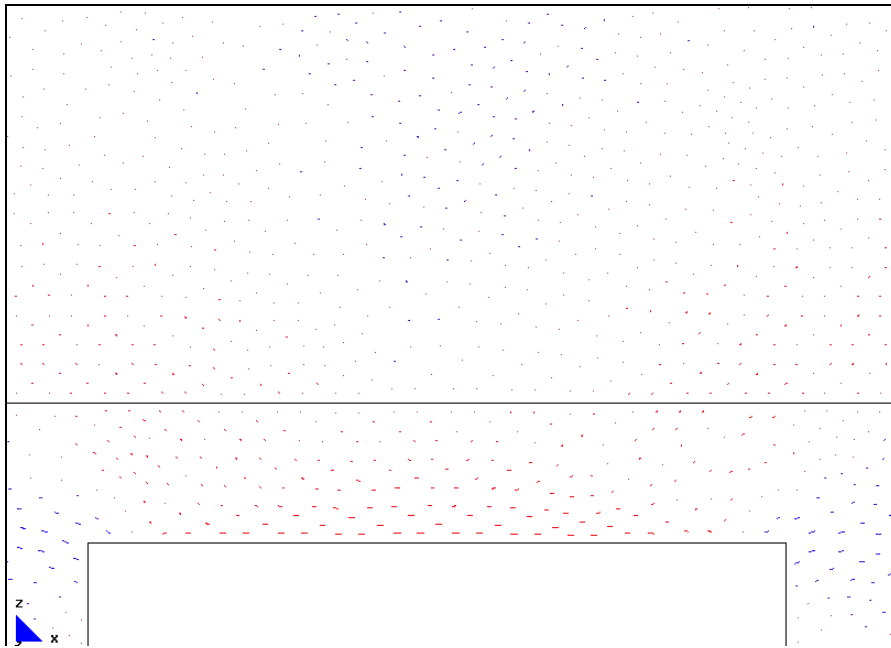
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

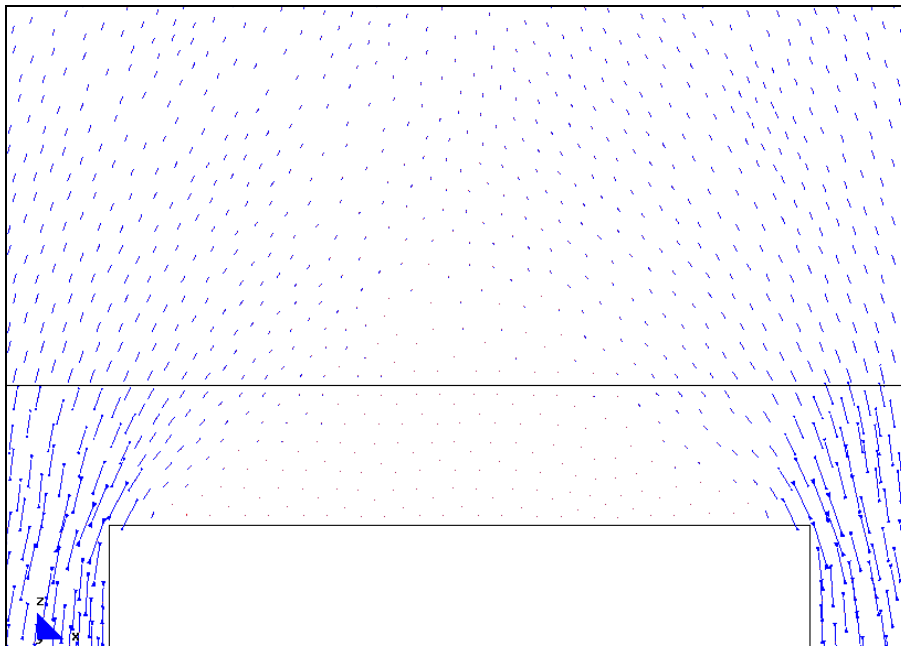
¹²⁸ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\2plantas\simét\2plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.7.1.gid.

7.4.1.1.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.

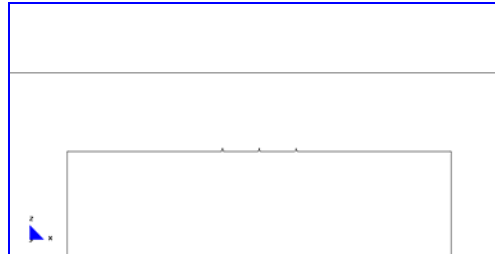


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

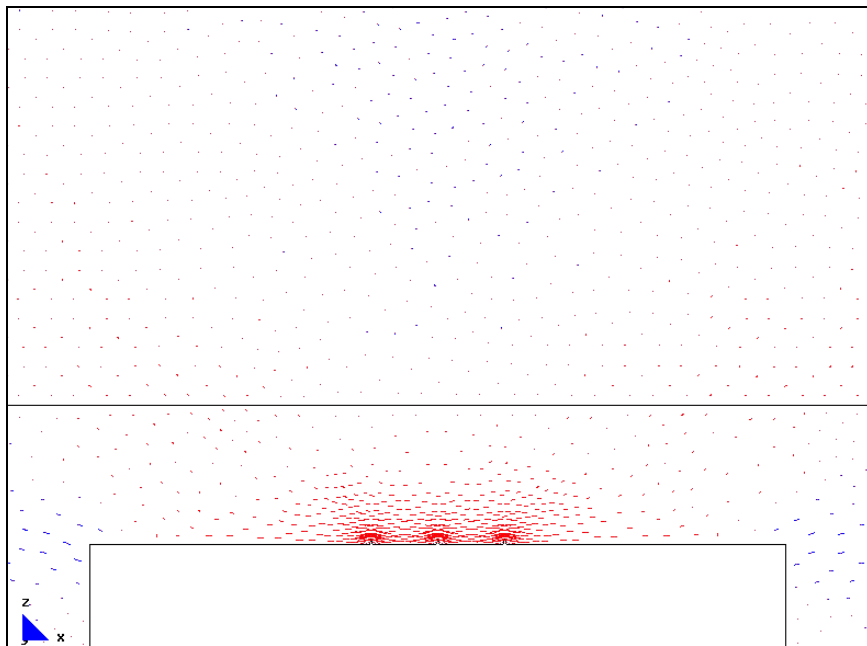


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

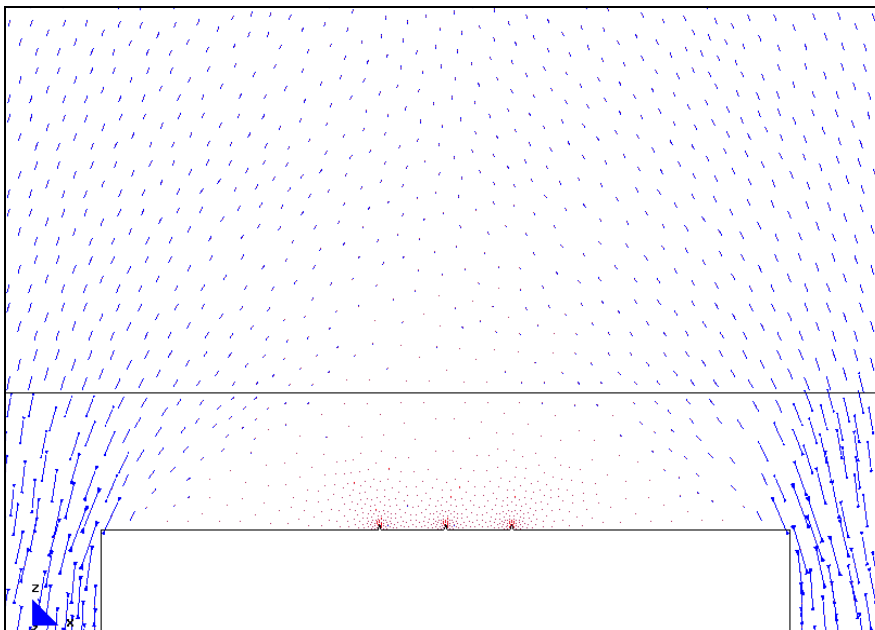
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.2 Inicio del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.

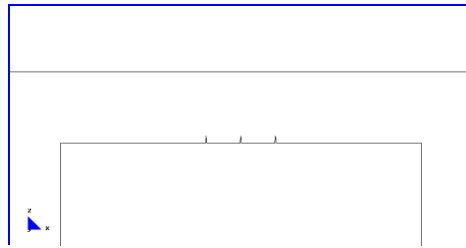


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=1e-7.

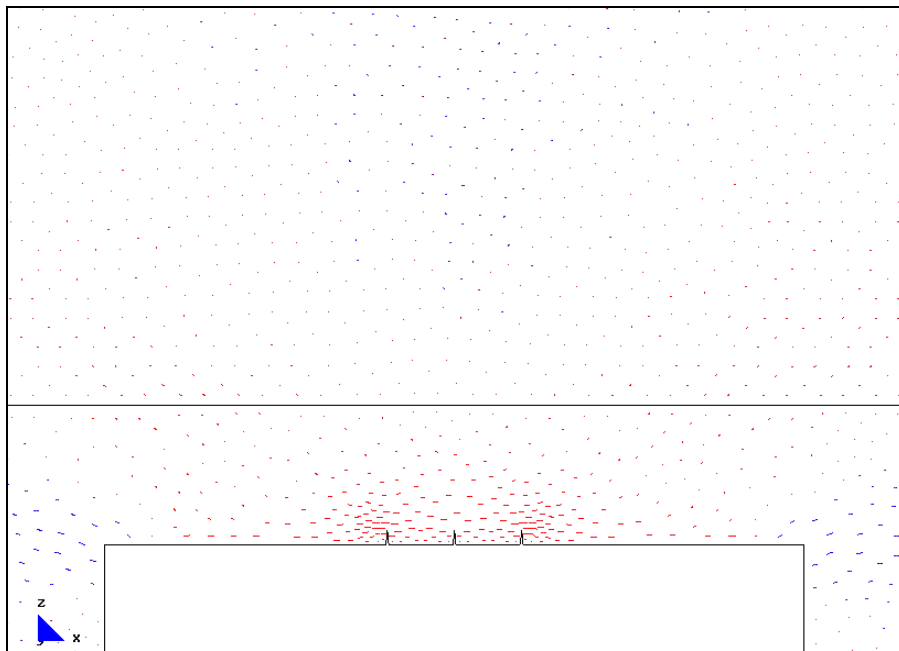


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=1e-7.

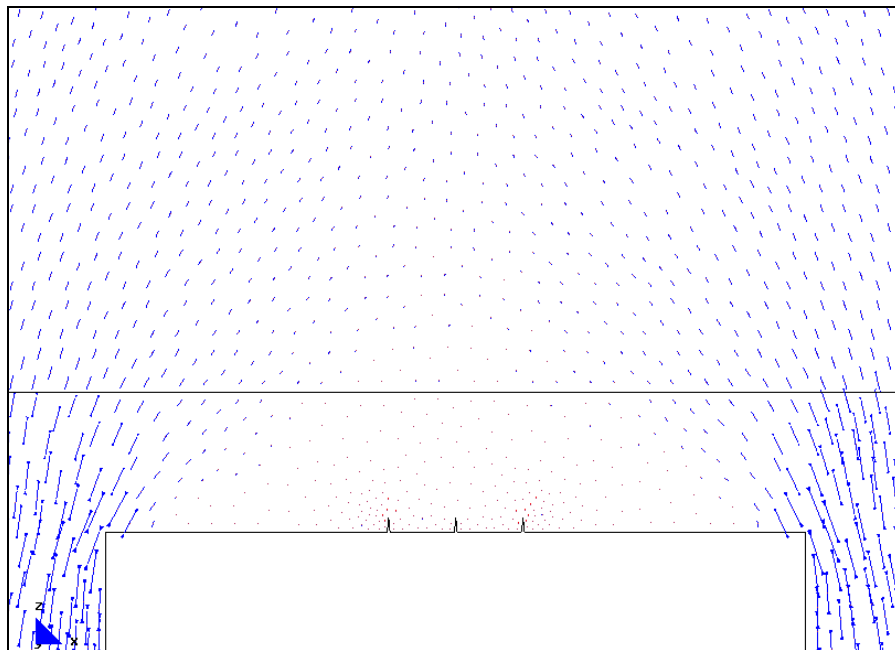
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.3 Desarrollo del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.

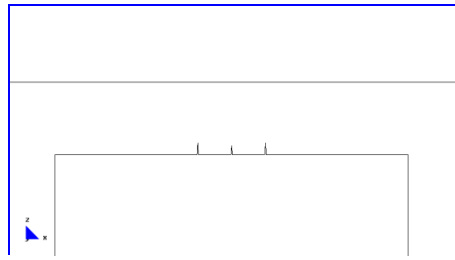


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

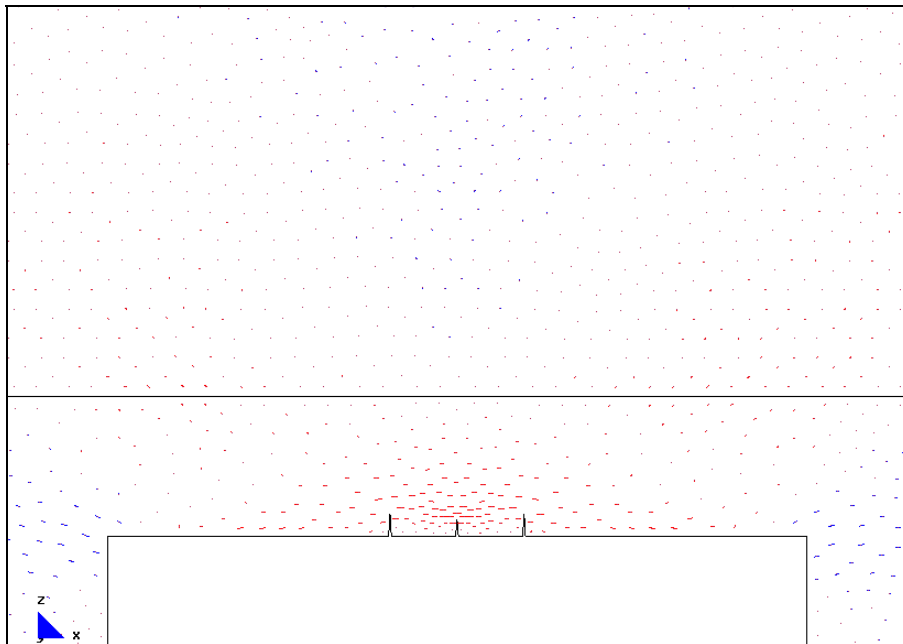


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

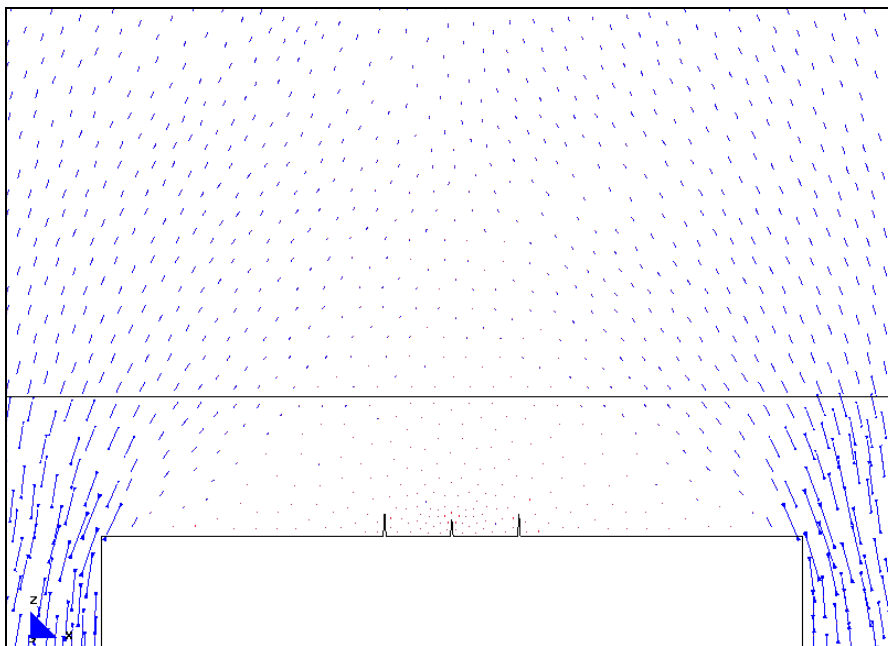
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.4 Crecimiento del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

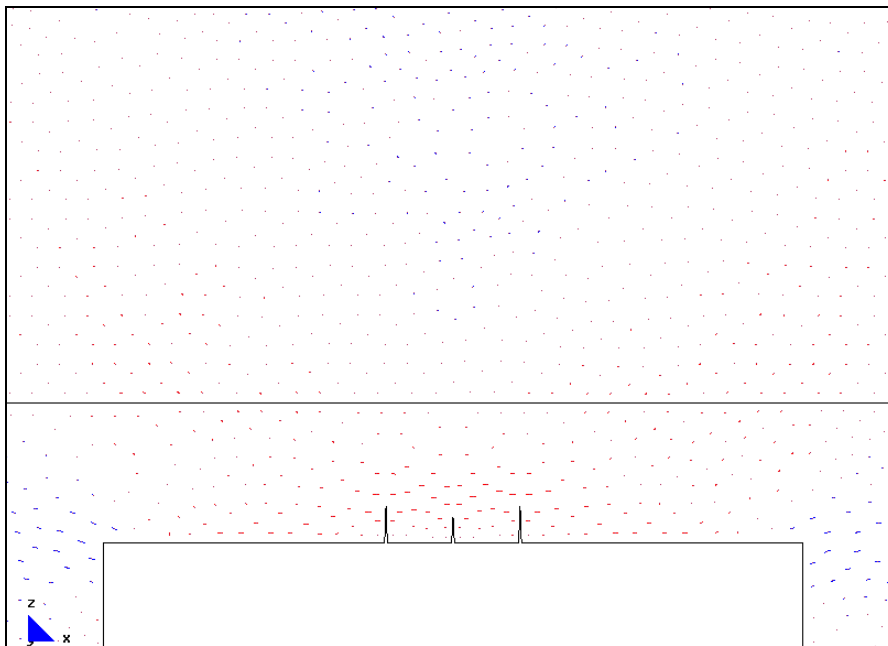


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

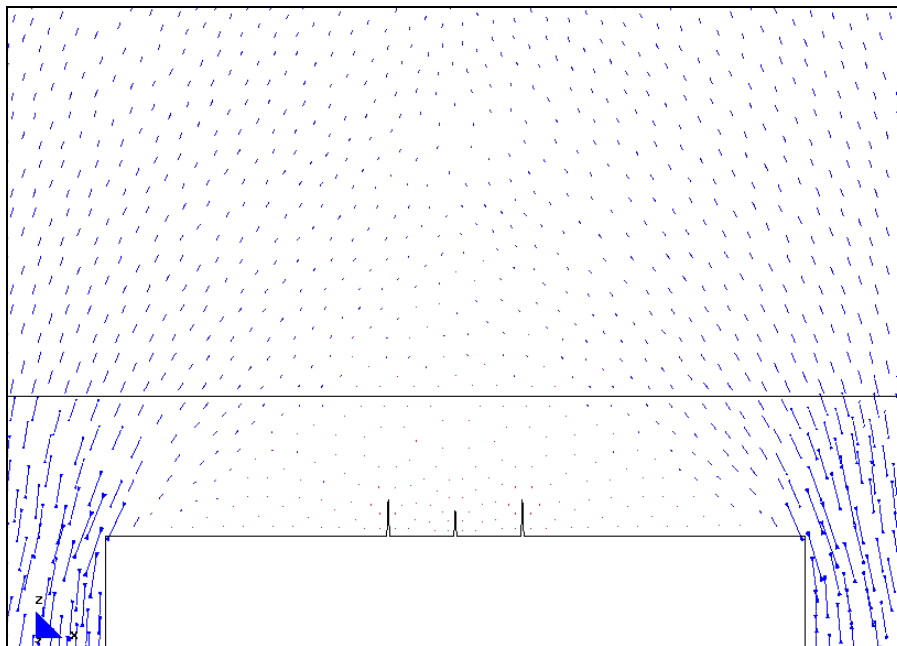
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.5 Desarrollo del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.

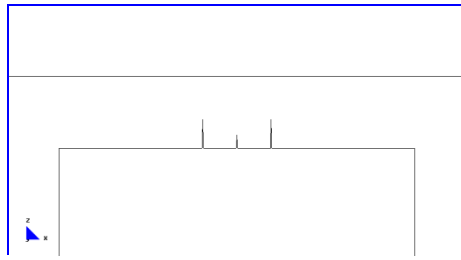


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=1e-7.

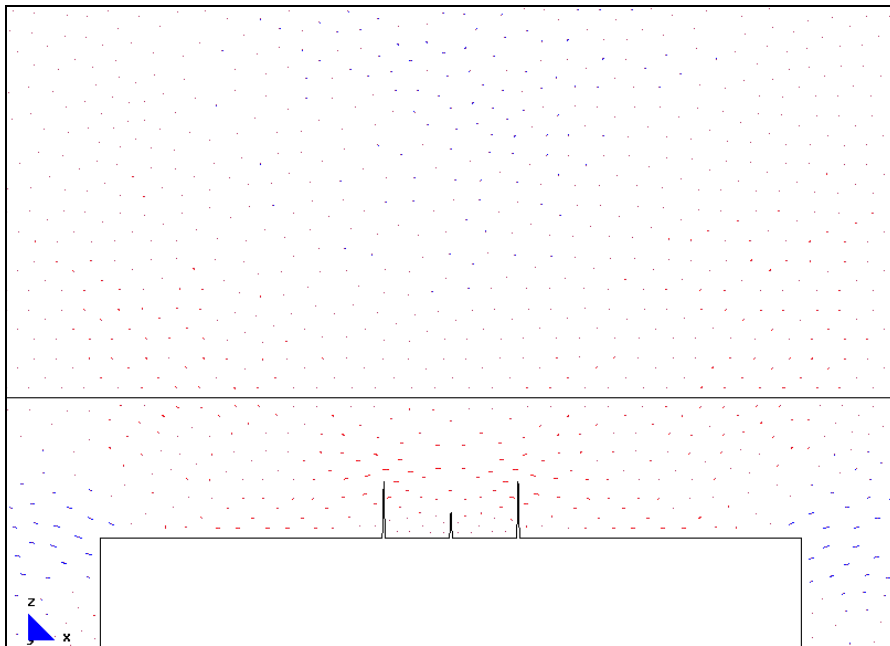


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=1e-7.

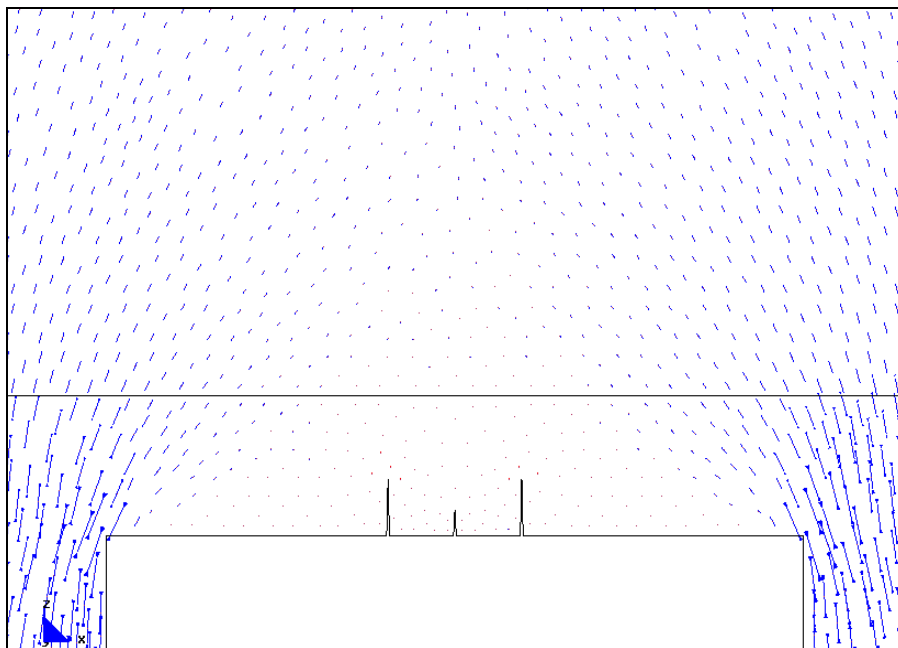
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.6 Crecimiento del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=1e-7.

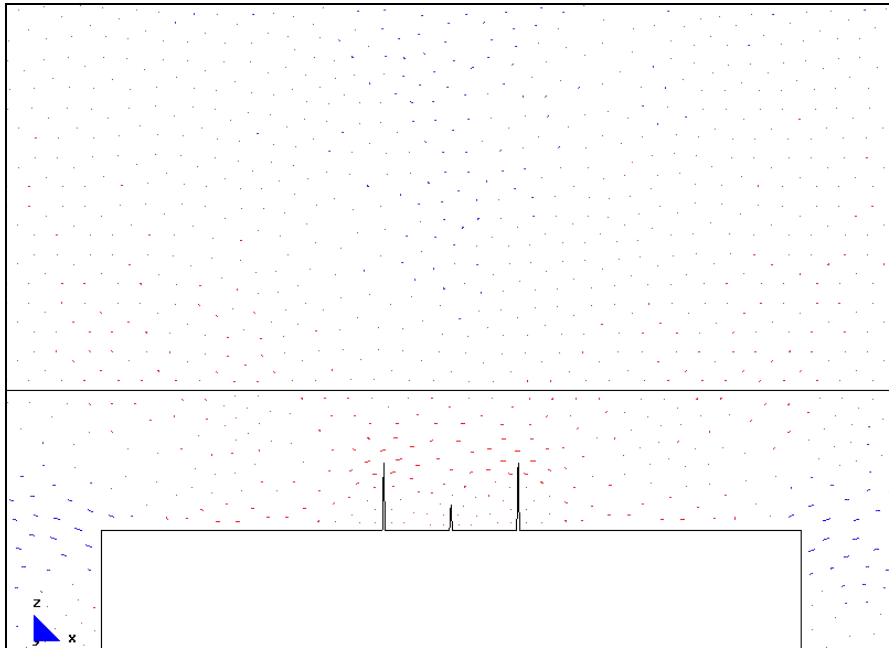


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=1e-7.

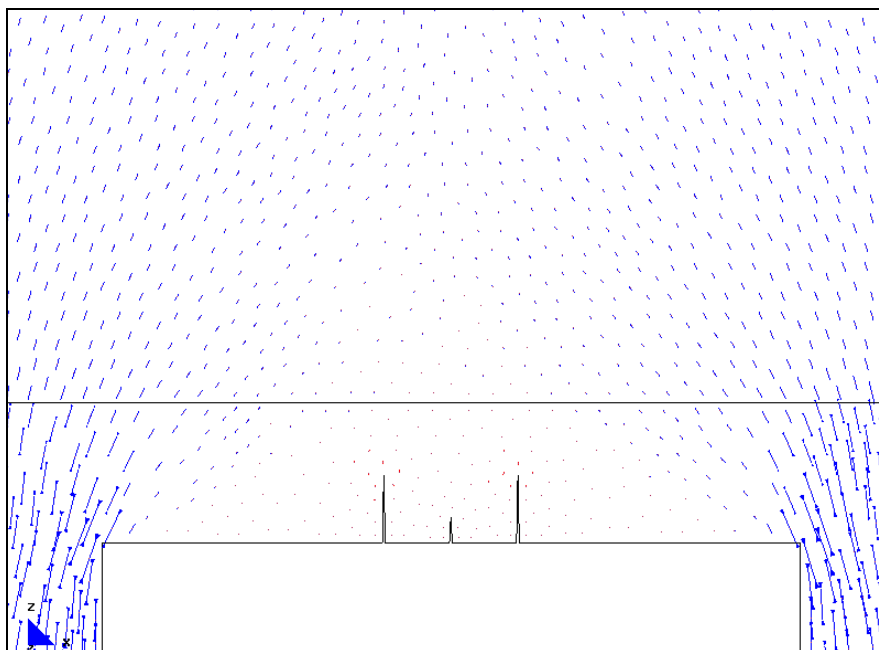
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.1.1.7 Desarrollo del primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



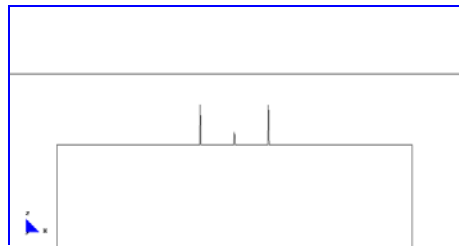
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



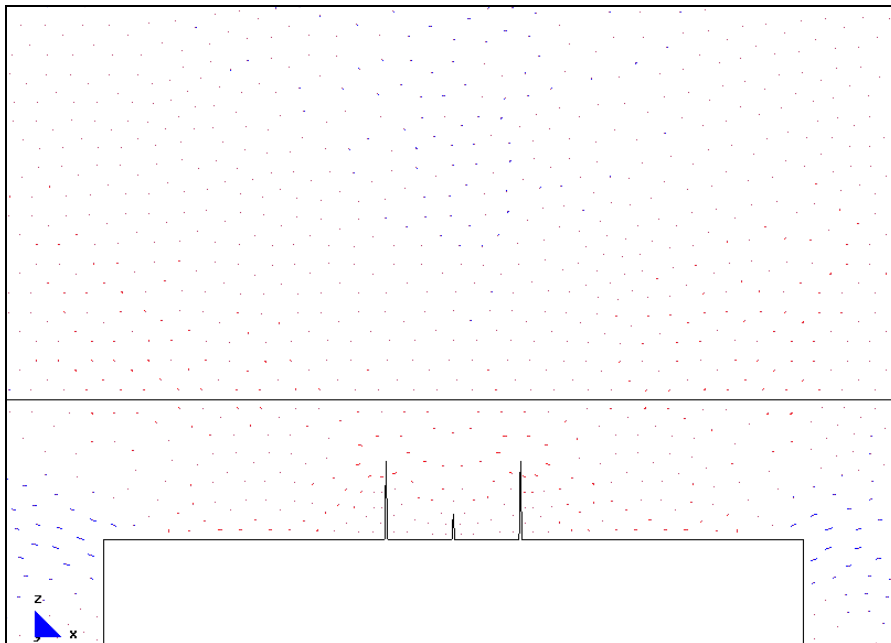
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

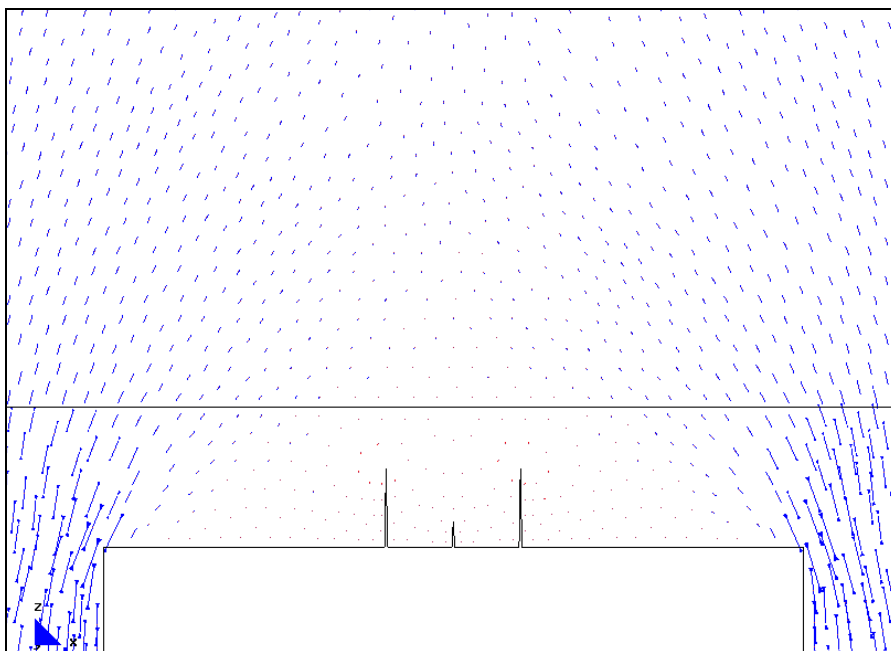
7.4.1.1.8 Momento en que se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza la estabilidad del conjunto. No se llega a desarrollar el arco de descarga



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales

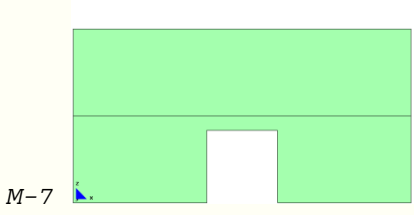
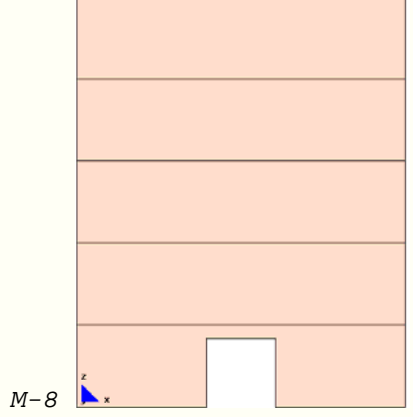
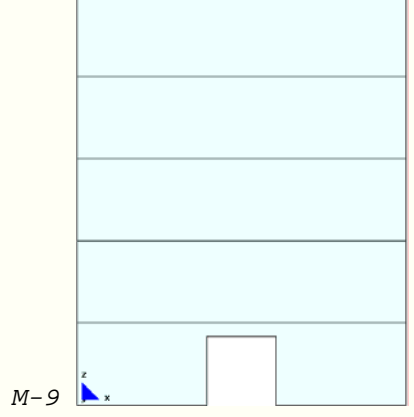
MJIG

7.4 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,20X0,20M

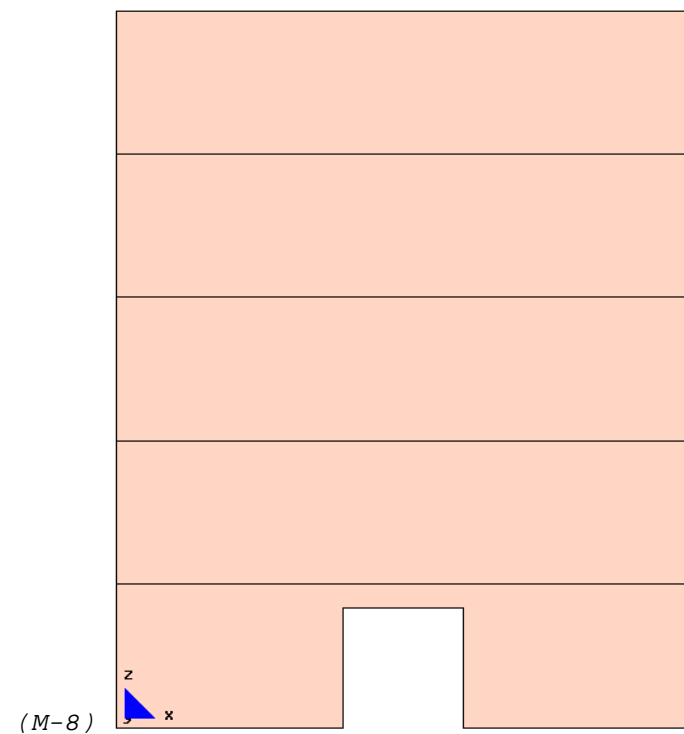
- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO CON CINCO PLANTAS**
- 3.- MODELO SIMÉTRICO DE CINCO PLANTAS
CON UNA CARGA EQUIVALENTE A 10
PLANTAS

7.4.2 Modelo simétrico con cinco plantas

A continuación se presentan todos los modelos a estudiar:

MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M		
 <p>M-7</p>	 <p>M-8</p>	 <p>M-9</p>
<p>(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.</p>	<p>(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.</p>

En el presente apartado se analiza el modelo de cinco plantas, cuya finalidad es determinar la carga necesaria para que se forme del arco de descarga, el mismo que tendrá lugar en el momento en que se formen las fisuras inclinadas. Para ello, en primer lugar, hemos considerado una carga equivalente de cinco plantas. Con este primer estado de carga no se obtuvieron resultados positivos, siendo necesario incrementarlas a una equivalente de ocho plantas, obteniéndose así los resultados esperados.



(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.

7.4.2.1 Desarrollo del arco de descarga

(CUADRO 19) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M

 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
<p>(GRAF.7-4: 9) Pared sin fisuración.</p>	<p>(GRAF.7-4: 10) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>(GRAF.7-4: 11) Aumento de la longitud de las fisuras y cambio de sentido de las fisuras más pequeñas.</p>
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
<p>(GRAF.7-4: 12) Aumento y desviación de las tres fisuras centrales. Se detiene el crecimiento de las fisuras más pequeñas.</p>	<p>(GRAF.7-4: 13) Aumento y desviación de las tres fisuras centrales.</p>	<p>(GRAF.7-4: 14) Aumento de la longitud de las tres fisuras centrales, hasta llegar al nivel del forjado.</p>
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>
<p>(GRAF.7-4: 15) Bifurcación de las tres fisuras centrales.</p>	<p>(GRAF.7-4: 16) Con una carga equivalente de 5 plantas, en el peor de los casos: se llega a la pérdida del material en la zona "A", se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza el equilibrio de la pared.</p>	<p>(GRAF.7-4: 17) Al incrementar la carga, a una equivalente de 8 plantas, inicio de la formación de las fisuras inclinadas que dan lugar al arco de descarga.</p>

FICHA DEL MODELO: M-8-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.1¹²⁹

(Modelo simétrico; 5 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-8)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

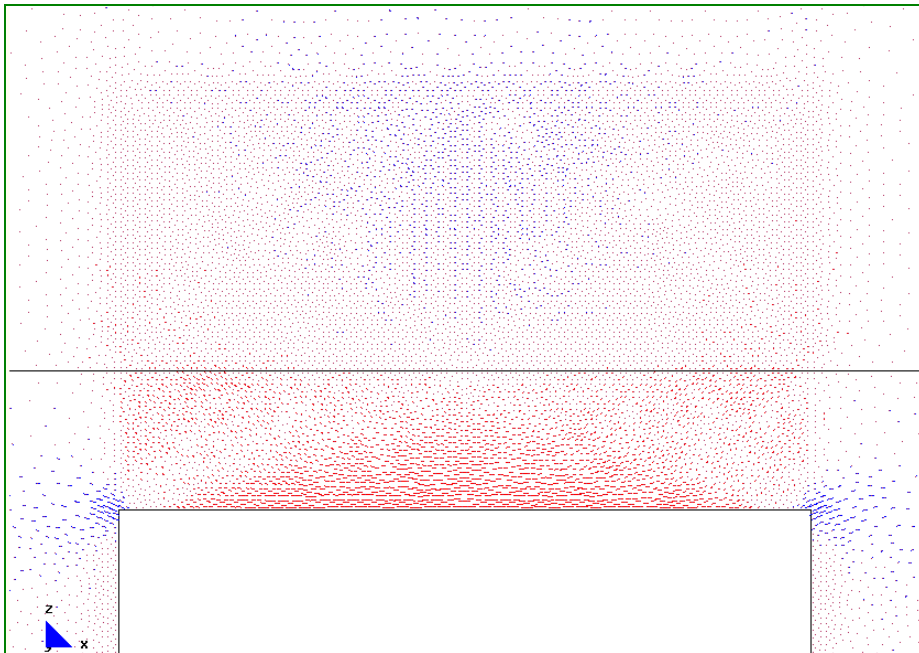
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

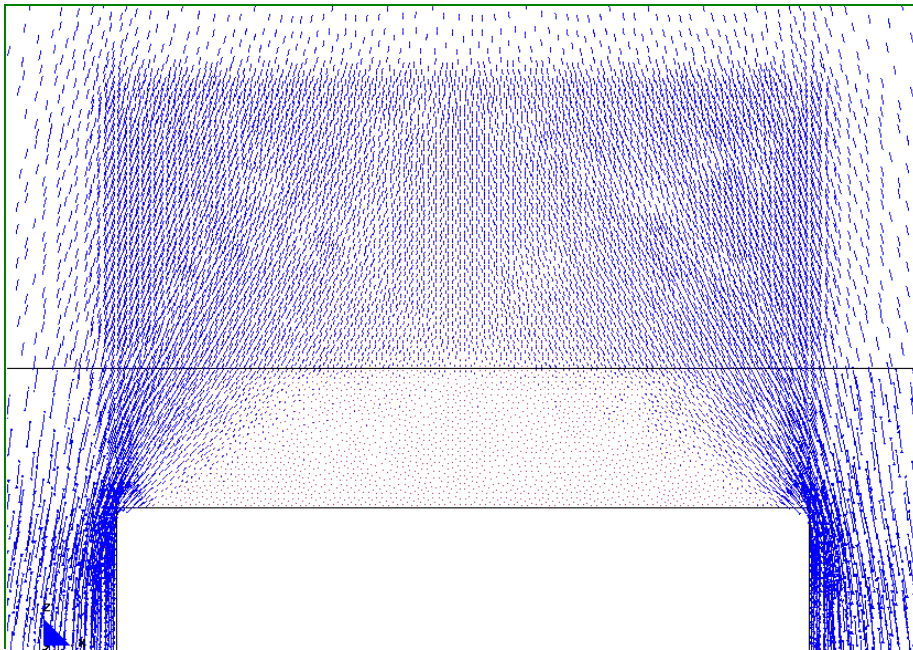
¹²⁹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\5plantas\5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.1.gid.

7.4.2.1.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.

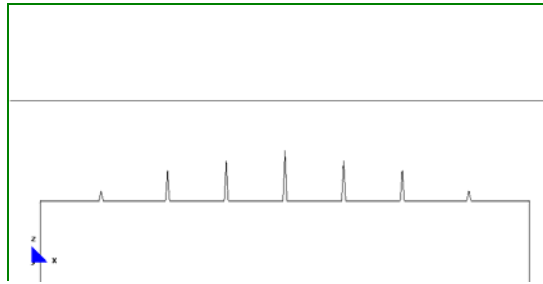


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

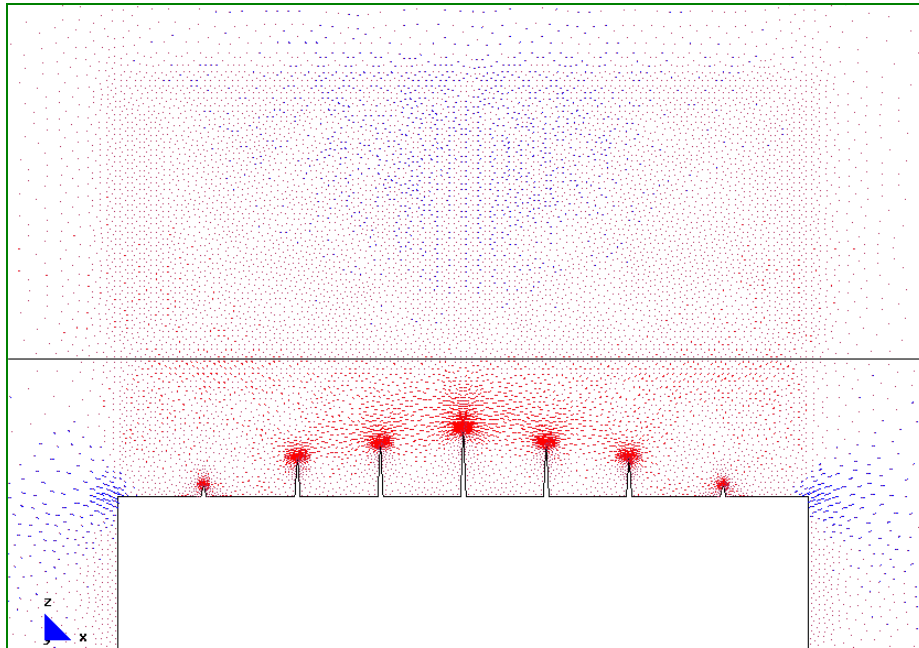


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

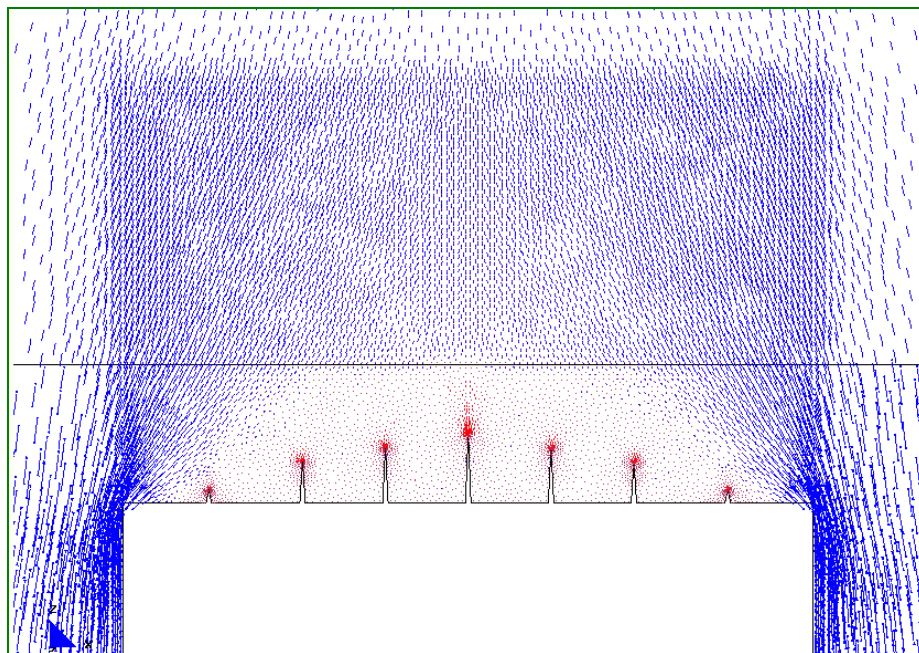
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.2.1.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-8-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.2¹³⁰

(Modelo simétrico; 5 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-8)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

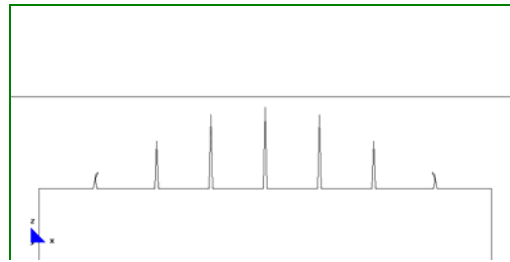
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

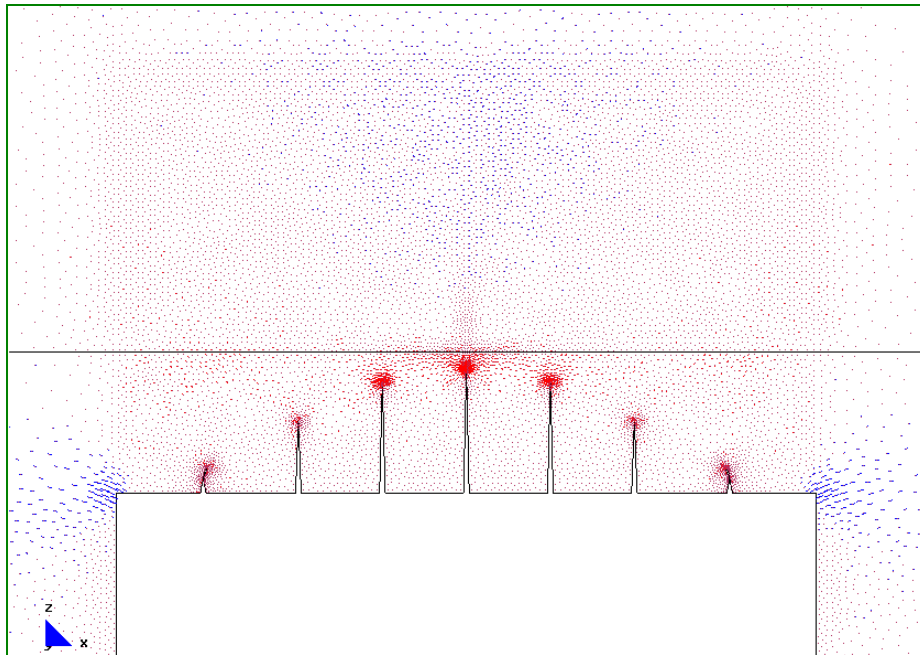
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹³⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\5plantas\5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.2.gid.

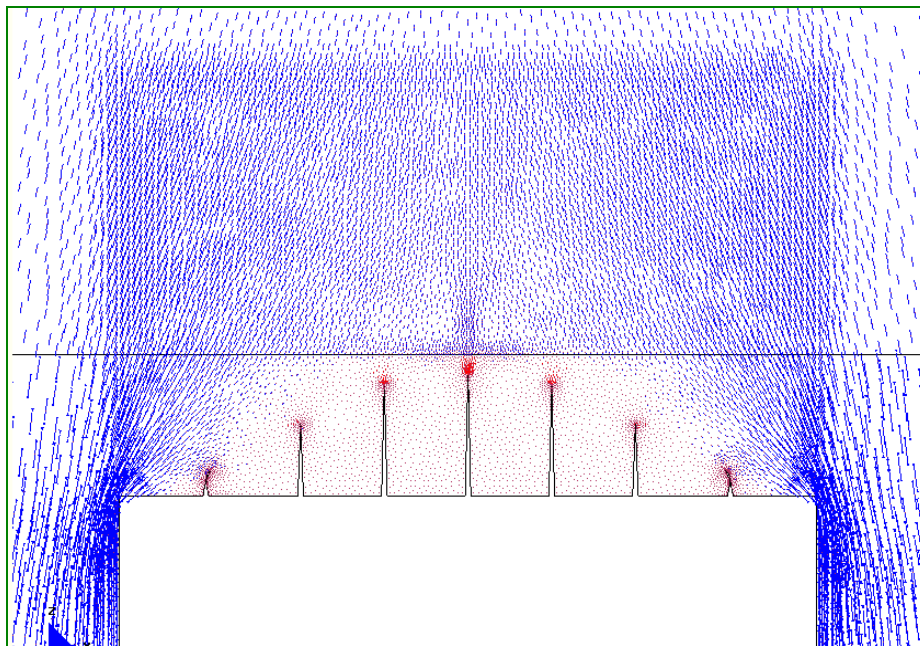
7.4.2.1.3 Aumento de la longitud de las fisuras y cambio de sentido de las fisuras más pequeñas



a.- Gráfico del modelo completo.



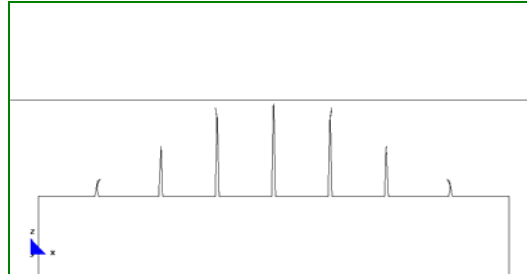
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



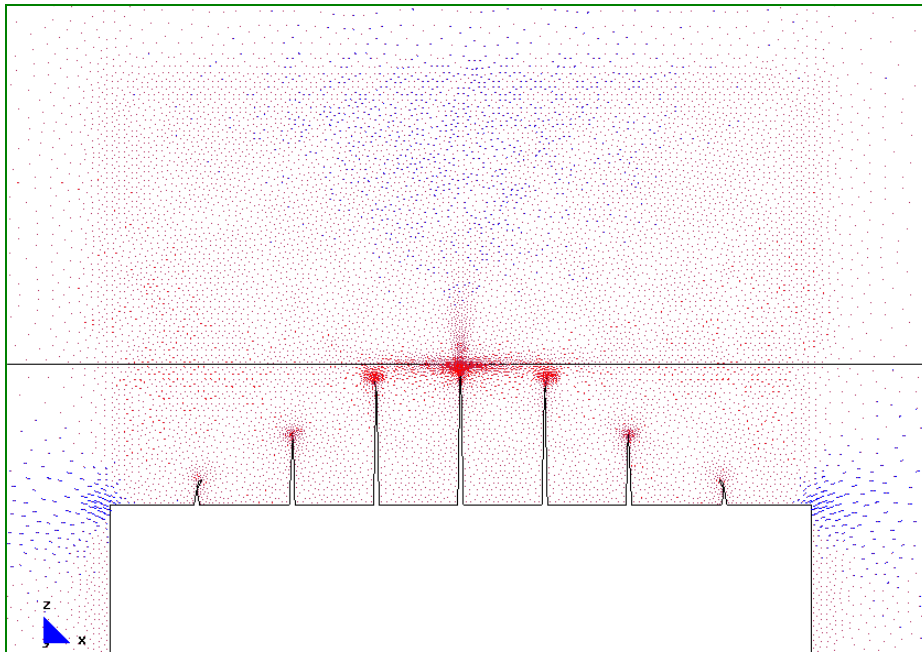
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

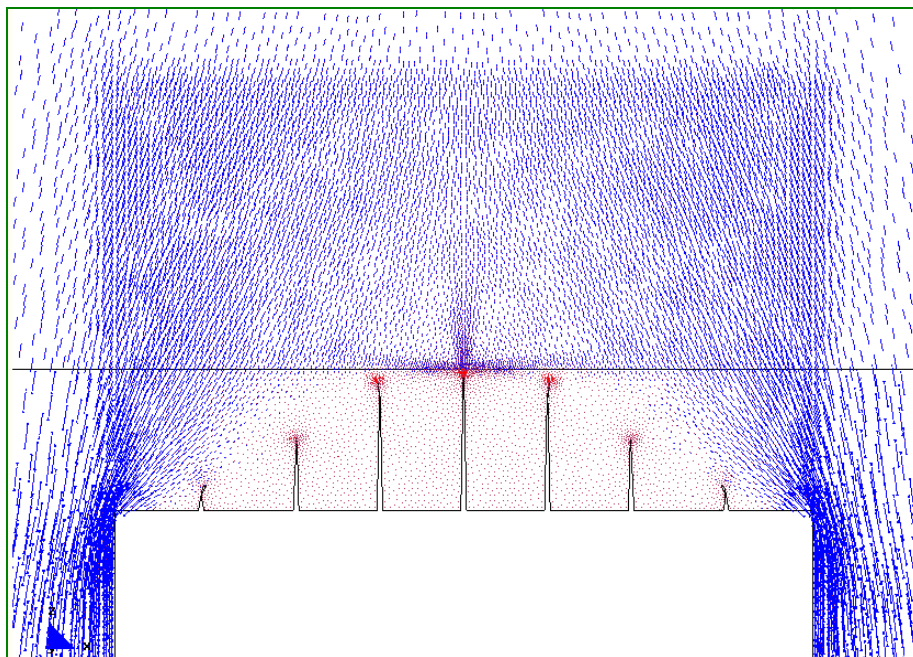
7.4.2.1.4 Aumento y desviación de las tres fisuras centrales. Se detiene el crecimiento de las fisuras más pequeñas



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-8-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.3¹³¹

(Modelo simétrico; 5 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-8)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

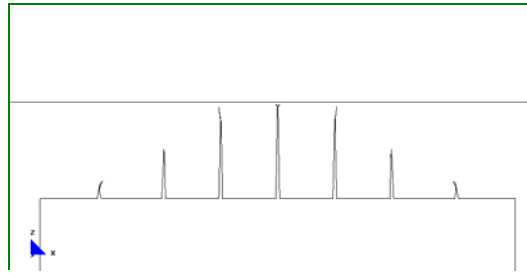
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

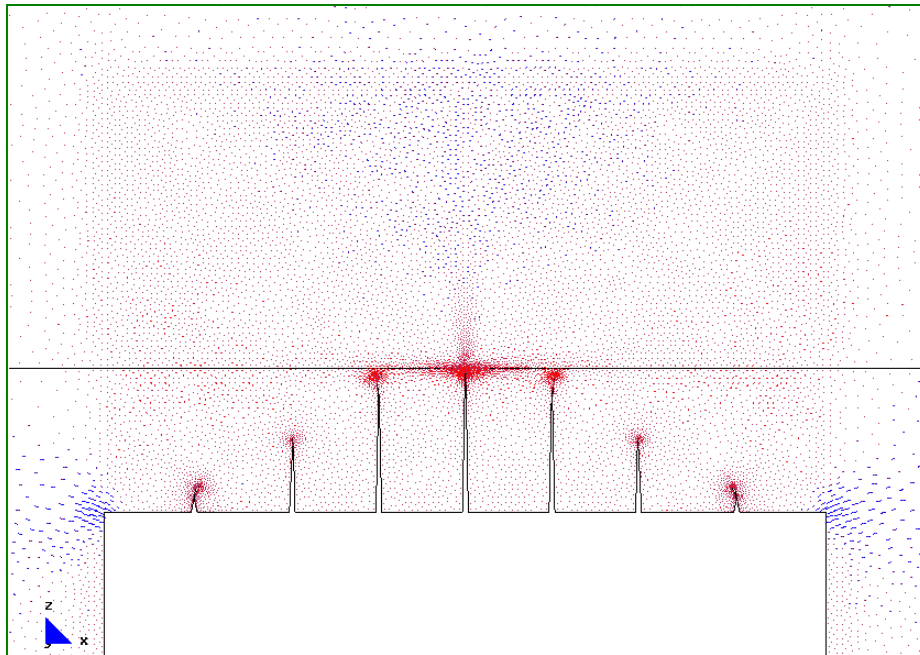
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

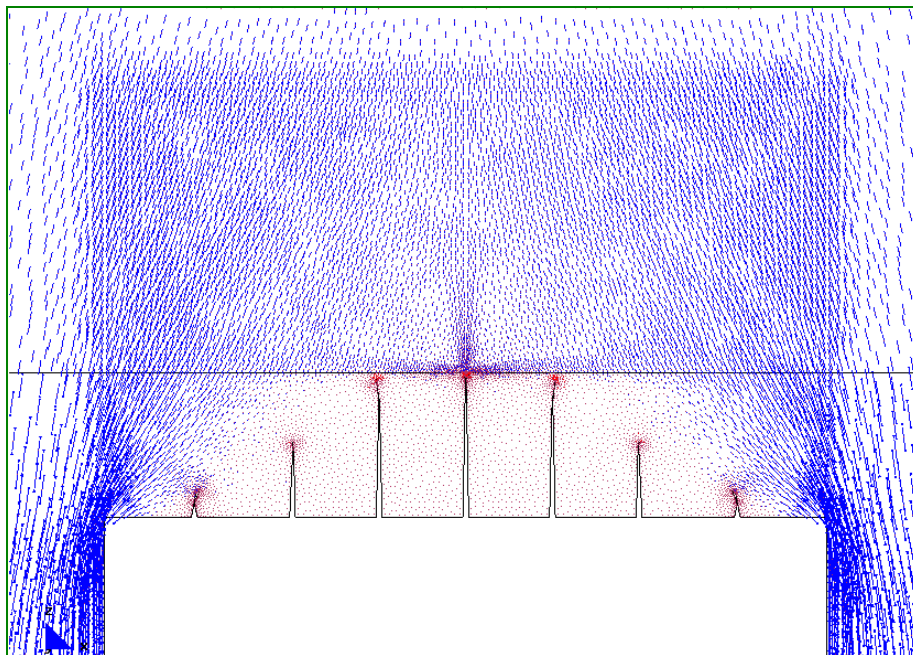
¹³¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\5plantas\5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.3.gid.

7.4.2.1.5 Aumento y desviación de las tres fisuras centrales

a.- Gráfico del modelo completo.



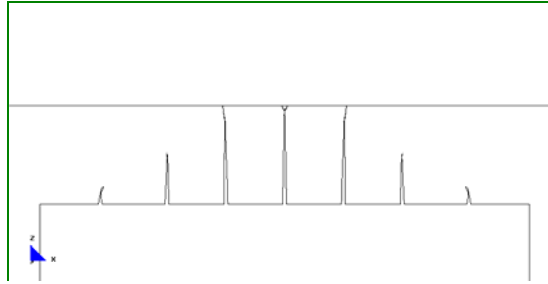
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



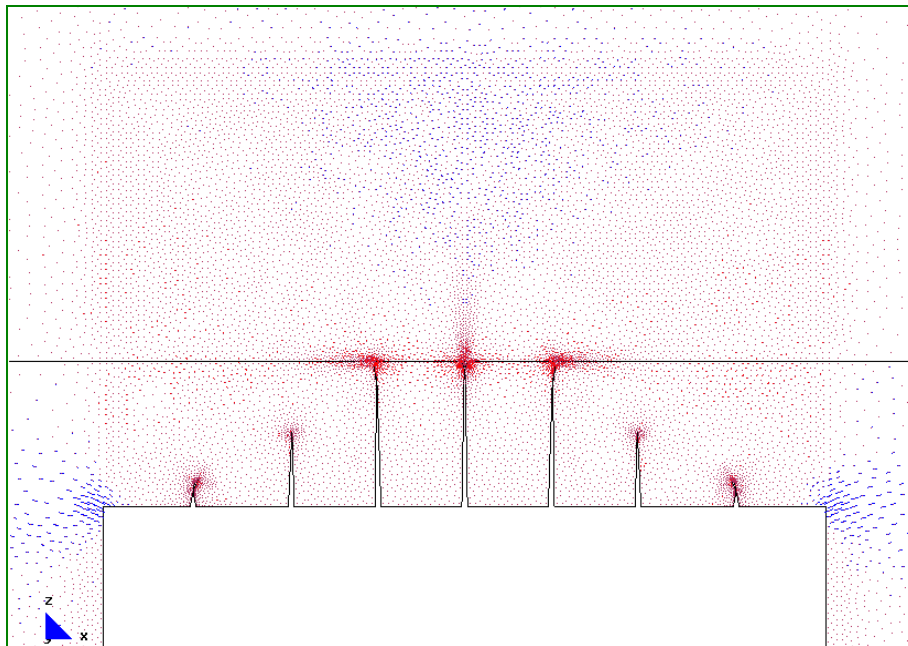
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

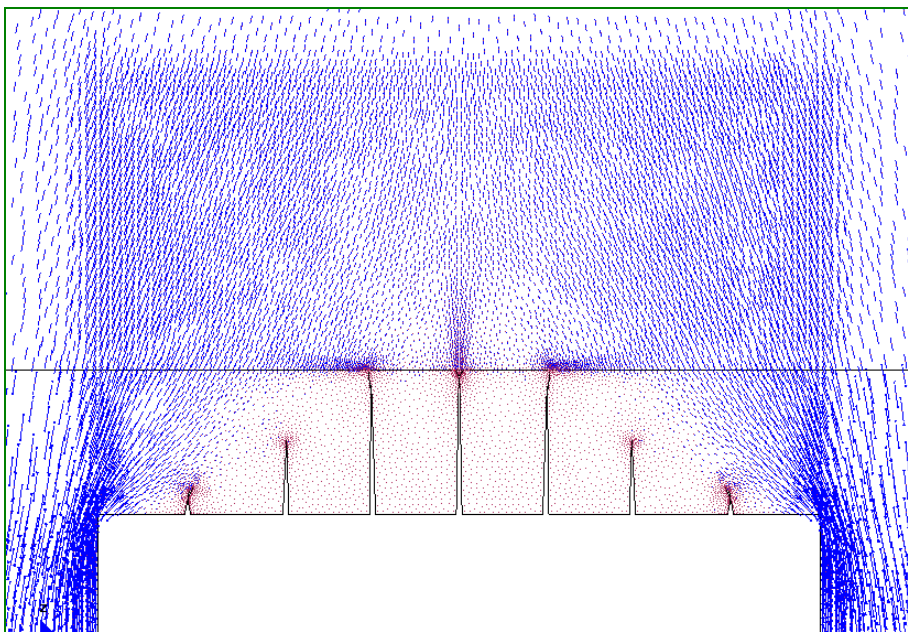
7.4.2.1.6 Aumento de la longitud de las tres fisuras centrales, hasta llegar al nivel del forjado



a.- Gráfico del modelo completo.

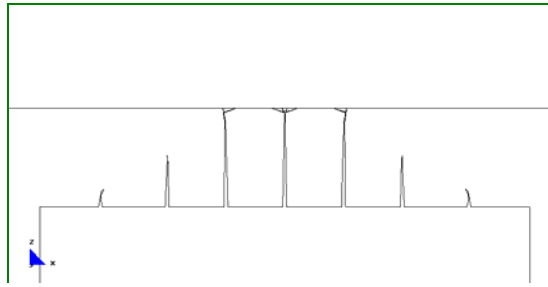


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

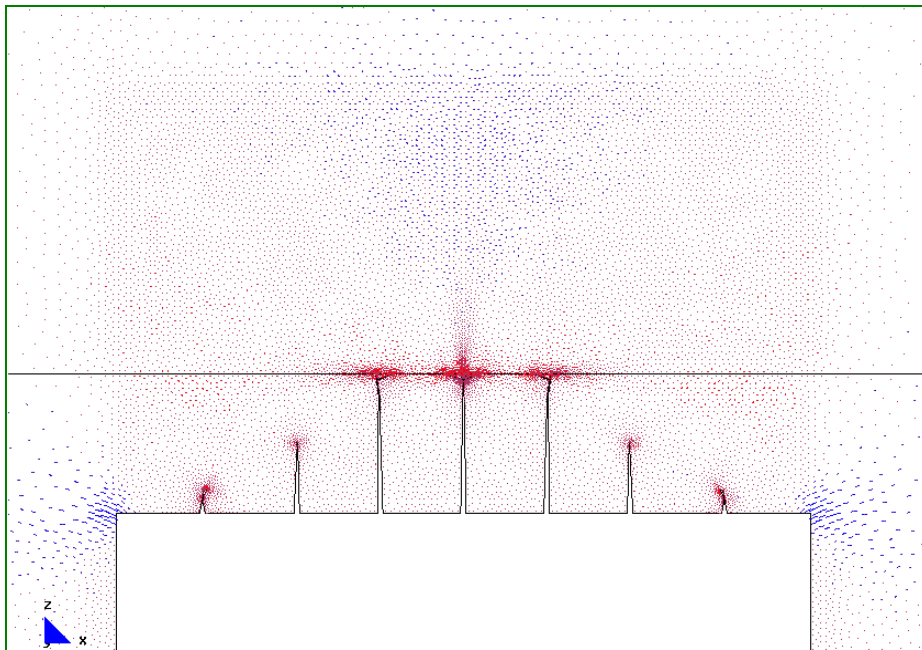


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

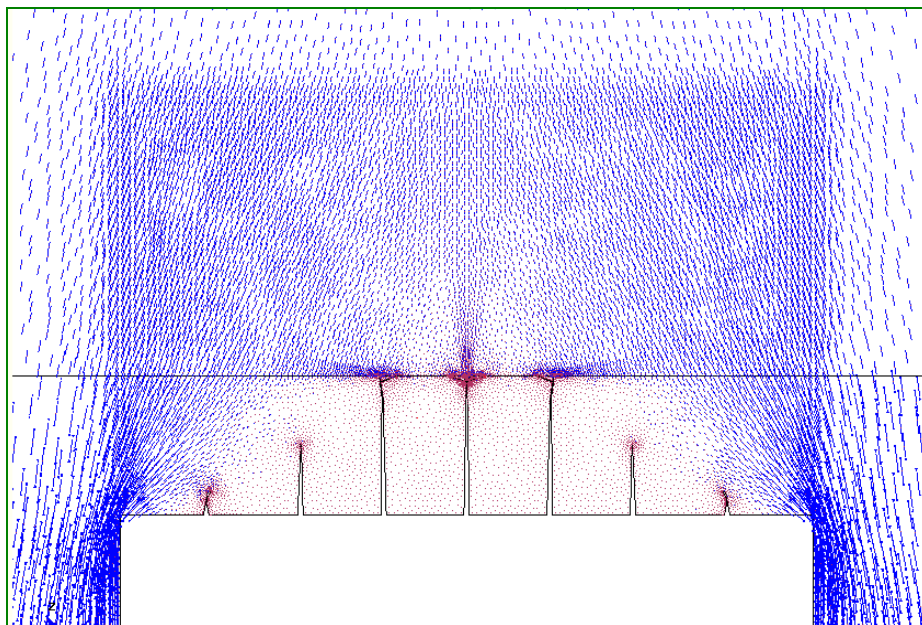
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.2.1.7 Bifurcación de las tres fisuras centrales

a.- Gráfico del modelo completo.



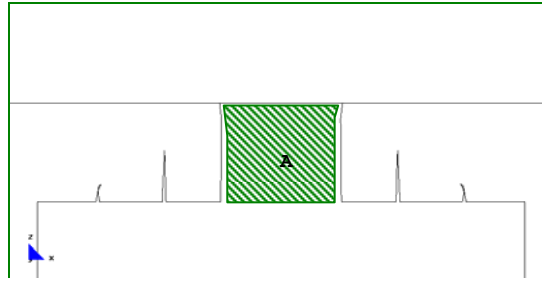
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



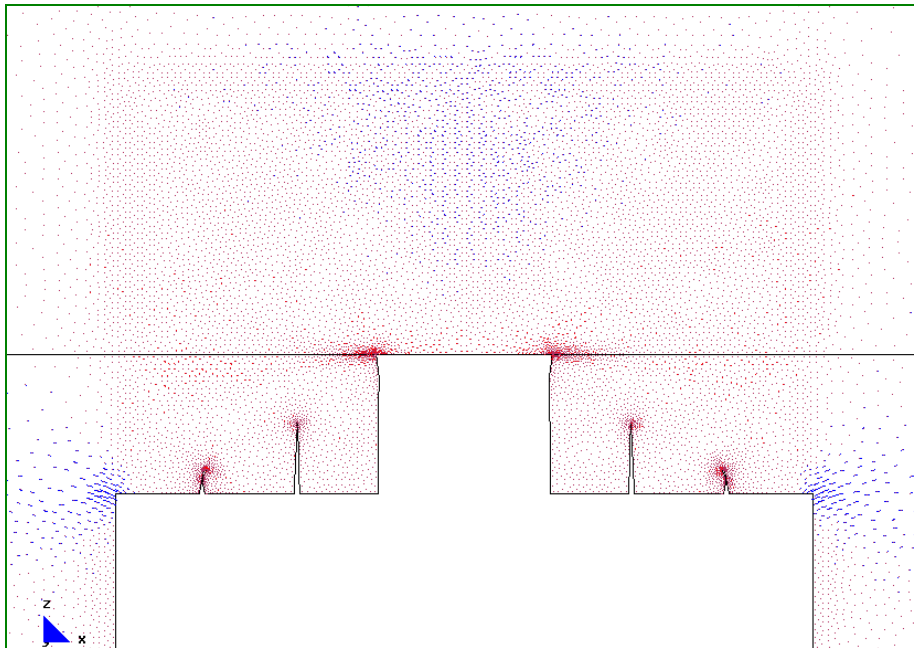
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

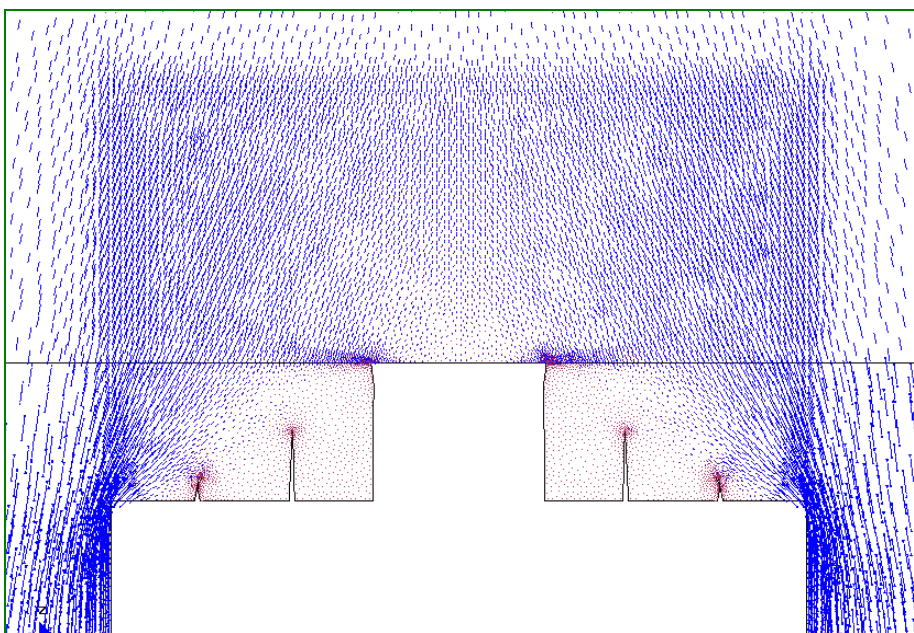
7.4.2.1.8 Con una carga equivalente de 5 plantas, en el peor de los casos: se llega a la pérdida del material en la zona "A", se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza el equilibrio de la pared



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-8-4

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.4c¹³²

(Modelo simétrico; 5 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-8)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO EN 1RA, 2DA, 3RA Y 4TA PLANTAS.

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO EN LA 5TA PLANTAS (EQUIVALENTE AL PESO DE 4 PLANTAS).

Pp	N/m	48000
Cp	N/m	24000
Su	N/m	48000

Carga total considerada: equivalente a 8 plantas.

4.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

5.- DATOS DE LOS FORJADOS:

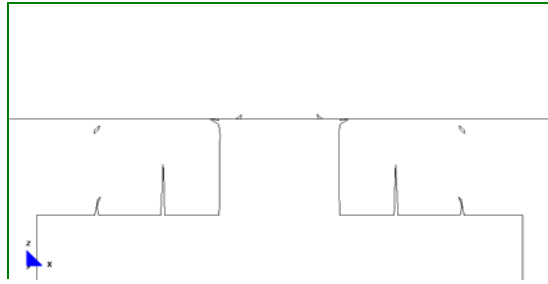
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

6.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

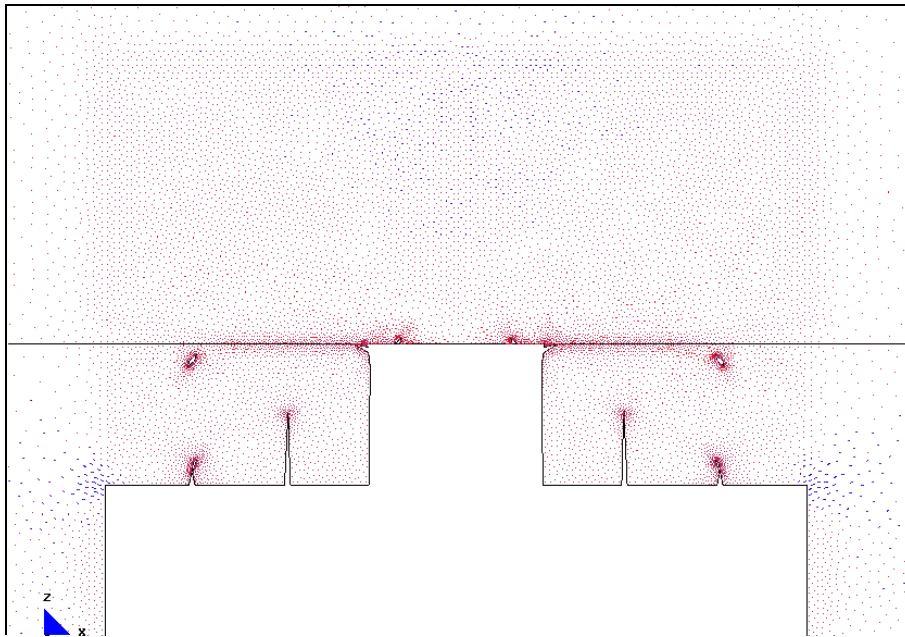
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹³² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\5plantas\5plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.8.4.gid.

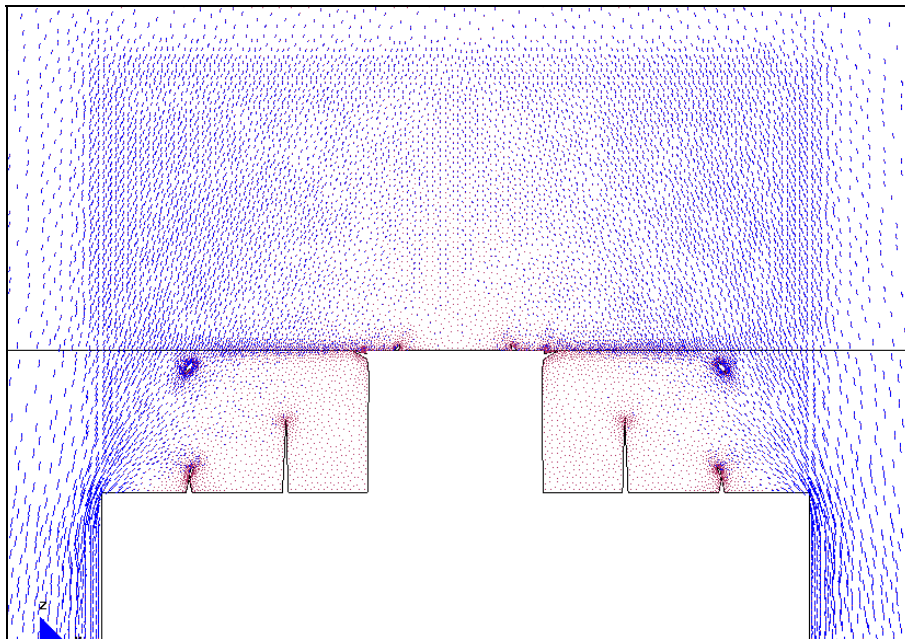
7.4.2.1.9 Al incrementar la carga, a una equivalente de 8 plantas, inicio de la formación de las fisuras inclinadas que dan lugar al arco de descarga



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

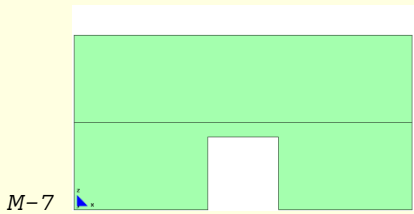
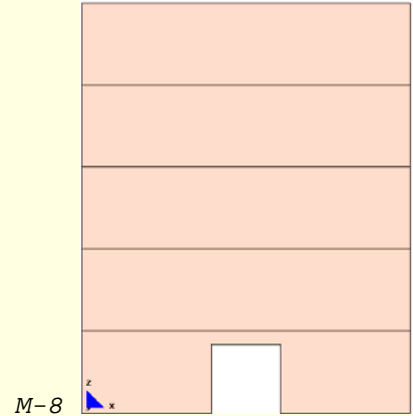
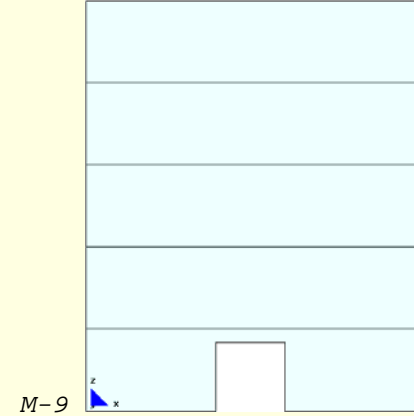
MJIG

7.4 DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA
EN MODELOS SIMÉTRICOS,
CONSIDERANDO ZUNCHOS DE
0,20X0,20M

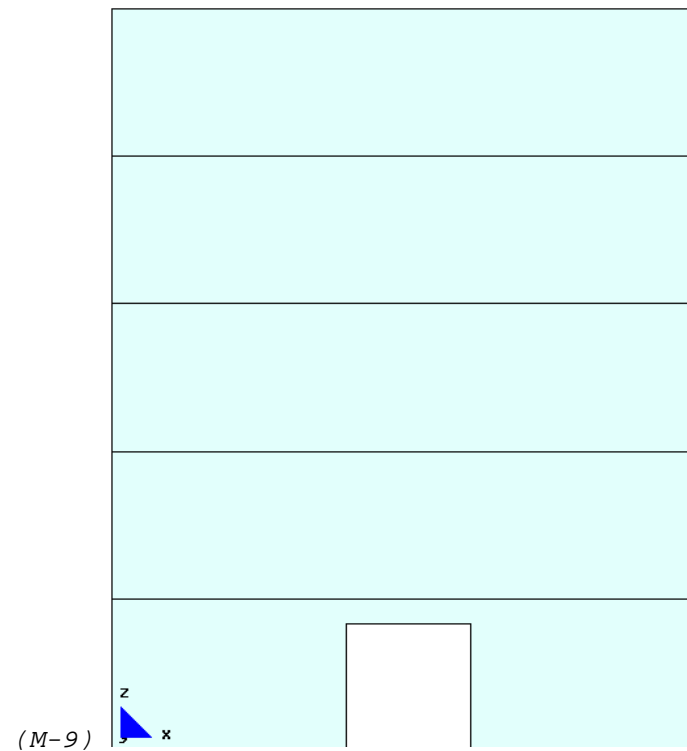
- 1.- MODELO SIMÉTRICO DE DOS PLANTAS
- 2.- MODELO SIMÉTRICO CON CINCO PLANTAS
- 3.- **MODELO SIMÉTRICO DE CINCO PLANTAS
CON UNA CARGA EQUIVALENTE A 10
PLANTAS**

7.4.3 Modelo simétrico de cinco plantas con una carga equivalente a 10 plantas

A continuación se presentan todos los modelos a estudiar:

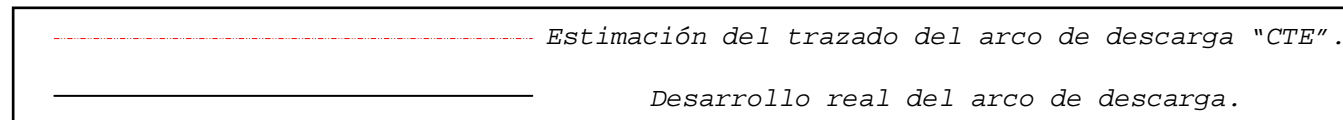
MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M		
 <p>M-7</p>	 <p>M-8</p>	 <p>M-9</p>
(GRAF.7-1: 50) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.	(GRAF.7-1: 51) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.	(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.

Procedemos a analizar el modelo correspondiente a cinco plantas altas, con una carga equivalente a diez plantas.

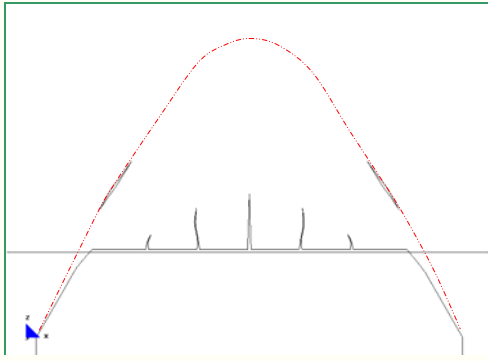
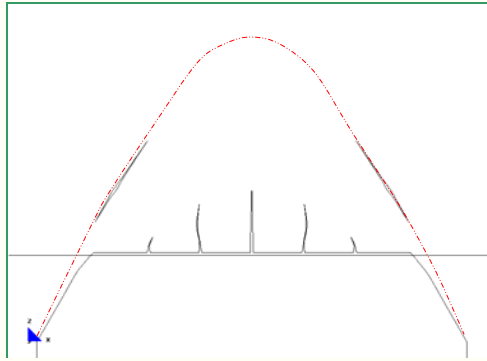
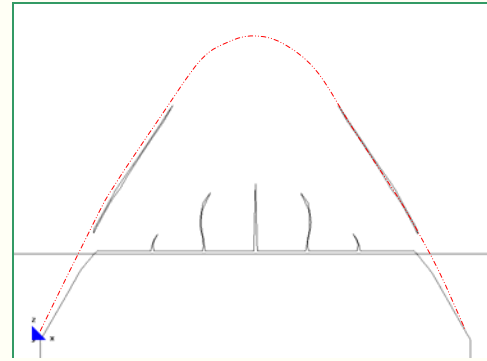
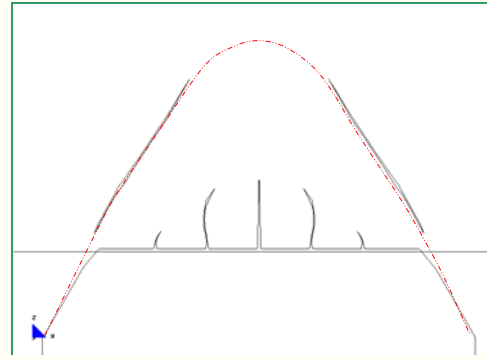
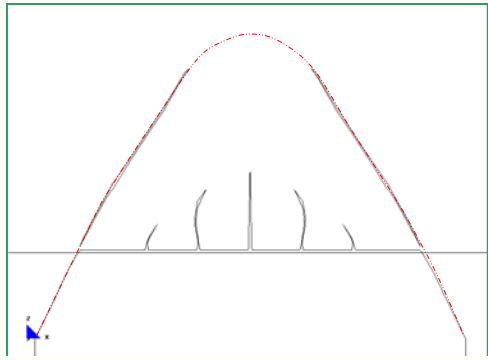
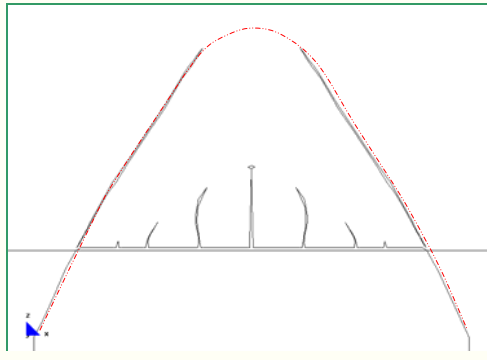
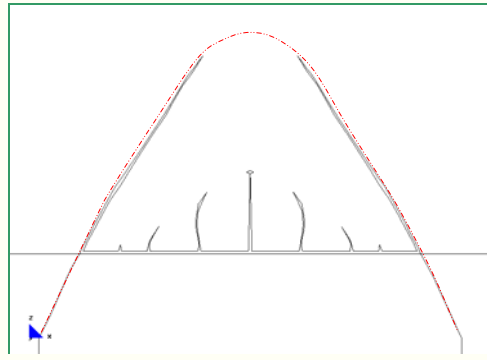
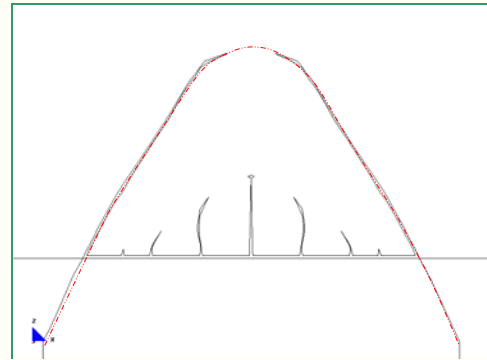
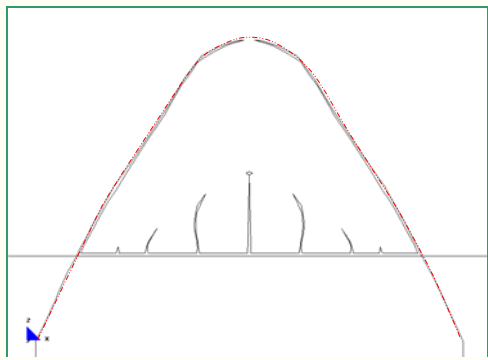
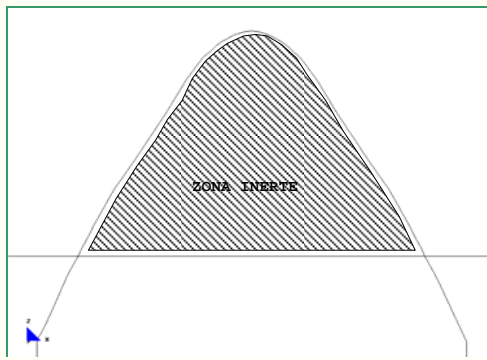
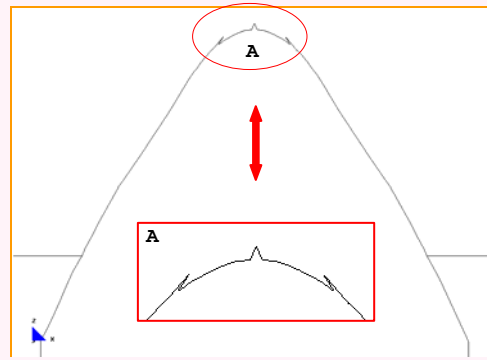
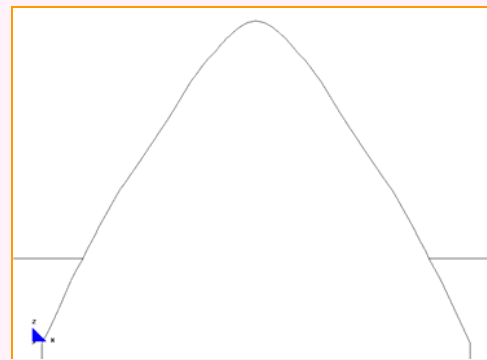




(GRAF.7-1: 52) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.

7.4.3.1 Desarrollo del arco de descarga



(CUADRO 20) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M			
<p>E-1</p>	<p>E-2</p>	<p>E-3</p>	<p>E-4</p>
(GRAF.7-4: 18) Pared sin fisuración.	(GRAF.7-4: 19) Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.	(GRAF.7-4: 20) Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 21) Aumento del primer grupo de fisuras e inicio de fisuras inclinadas que originan la formación del arco de descarga.
<p>E-5</p>	<p>E-6</p>	<p>E-7</p>	<p>E-8</p>
(GRAF.7-4: 22) Crecimiento de fisuras existentes. Cambio de sentido de las discontinuidades pequeñas. Las fisuras inclinadas llegan a tocar el forjado.	(GRAF.7-4: 23) Desarrollo de las tres fisuras centrales. Crecimiento y desviación de las fisuras inclinadas.	(GRAF.7-4: 24) Desarrollo y desviación de las tres fisuras centrales y de las inclinadas.	(GRAF.7-4: 25) Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Desprendimiento de la zona "A" de la pared que se localiza entre el apeo y el forjado, h=0.50m.
<p>E-9</p>	<p>E-10</p>	<p>E-11</p>	<p>E-12</p>
(GRAF.7-4: 26) Pérdida total del contacto entre la parte superior de la pared y el zuncho.	(GRAF.7-4: 27) Formación del tercer grupo de fisuras.	(GRAF.7-4: 28) Crecimiento de las fisuras del tercer grupo.	(GRAF.7-4: 29) Desarrollo de las fisuras existentes y formación de las fisuras inclinadas que forman el arco de descarga.

DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M			
			
(GRAF.7-4: 30) Aumento de la longitud de las fisuras existente y desviación de las centrales.	(GRAF.7-4: 31) Desarrollo de las tres fisuras centrales e inclinadas.	(GRAF.7-4: 32) Crecimiento de las fisuras centrales e incremento de su inclinación.	(GRAF.7-4: 33) Aumento de las fisuras inclinadas y de la fisura central del modelo.
			
(GRAF.7-4: 34) Aumento más importante de las fisuras inclinadas y más pequeño en la central. Aumento del ancho del hueco.	(GRAF.7-4: 35) Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Bifurcación en la fisura central. Inicio de la fisura inferior.	(GRAF.7-4: 36) Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas hasta llegar a separarse por completo.	(GRAF.7-4: 37) Aumento acelerado de la parte superior de la fisura inclinada. Se detienen todas las fisuras adicionales.
			
(GRAF.7-4: 38) Aumento de la parte superior de las fisuras inclinadas y cambio de sentido de las mismas (a una trayectoria horizontal), por incremento de la tensión de tracción vertical.	(GRAF.7-4: 39) Formación completa del arco de descarga, con la existencia del zuncho de forjado. Mientras exista el zuncho la pared no cae, sino que se comporta como una zona inerte. Altura del arco: $h_t=1.83m$ ($0,50m+1,33m$).	(GRAF.7-4: 40) El zuncho no llega a fallar, dada su elevada resistencia. Para llegar al final del proceso, se considera como hipótesis más desfavorable el fallo del mismo. Inicio de fisuras en la clave del arco de descarga en la zona "A".	(GRAF.7-4: 41) Incremento de la altura del arco de descarga al no existir zuncho de forjado. Altura total del arco: $h_t=1.90m$ ($0,50m+1,40m$).

 Estimación del trazado del arco de descarga.
 Desarrollo real del arco de descarga.

FICHA DEL MODELO: M-9-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.1¹³³

(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO EN 1RA, 2DA, 3RA Y 4TA PLANTAS.

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO EN LA 5TA PLANTAS (EQUIVALENTE AL PESO DE 6 PLANTAS APROXIMADAMENTE).

Pp	N/m	78000
Cp	N/m	36.000
Su	N/m	78000

Carga total considerada: equivalente a 10 plantas.

4.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

5.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

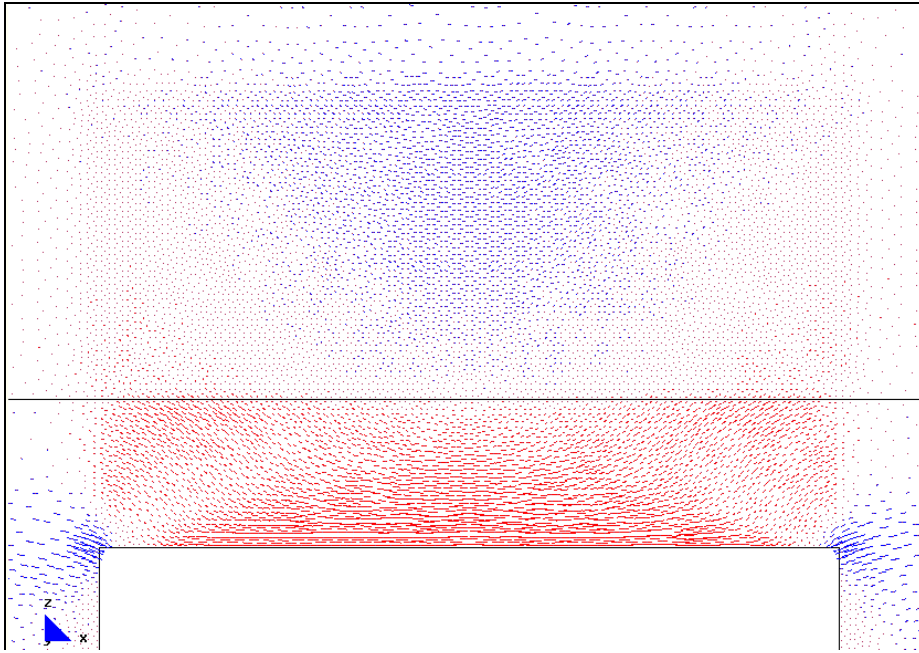
6.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

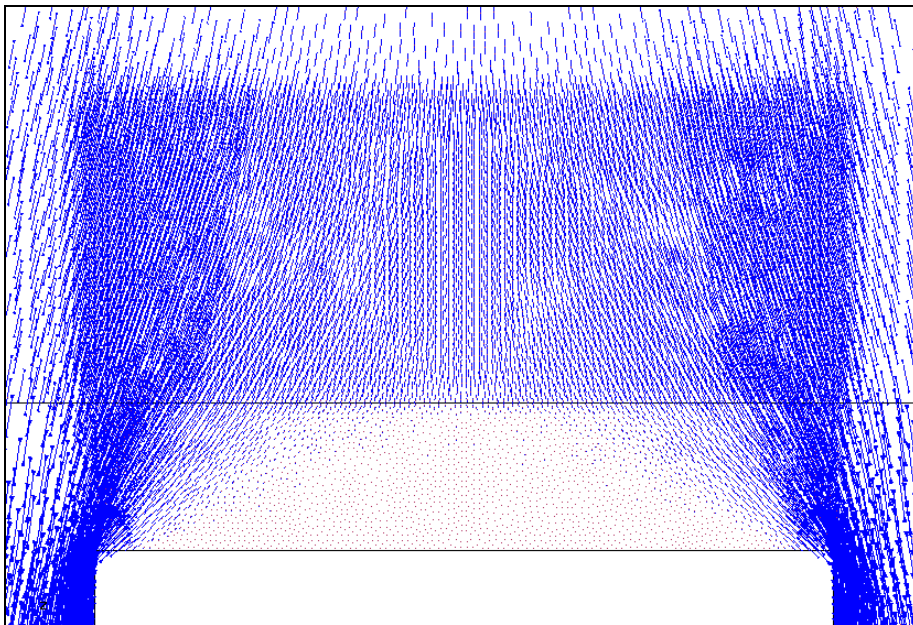
¹³³ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.1.gid.

7.4.3.1.1 Pared sin fisuración

a.- Gráfico del modelo completo.

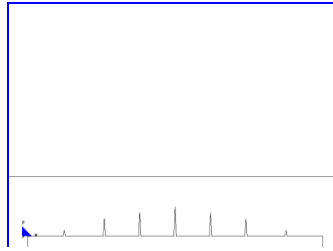


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-1e-7.

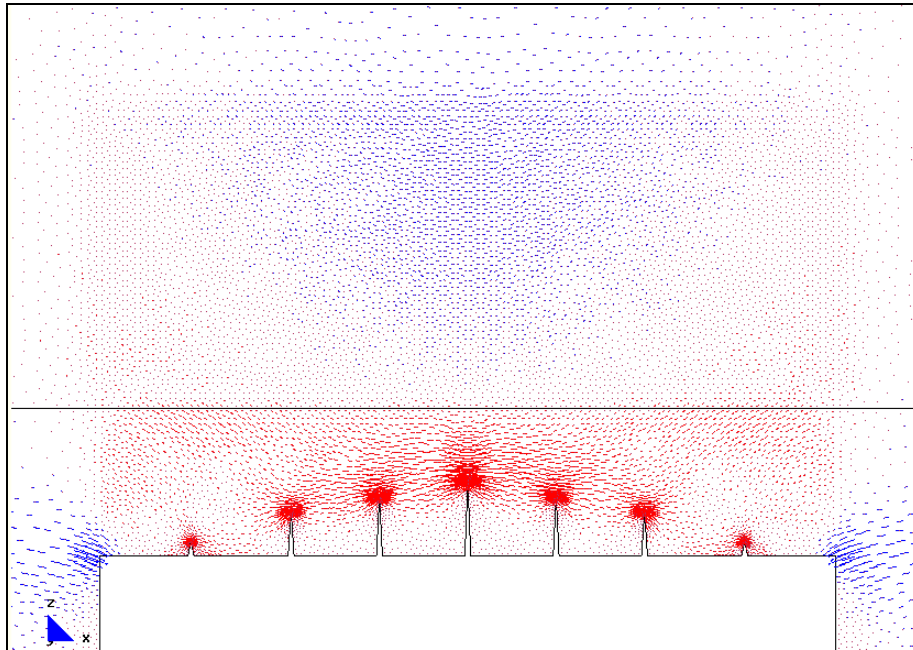


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-1e-7.

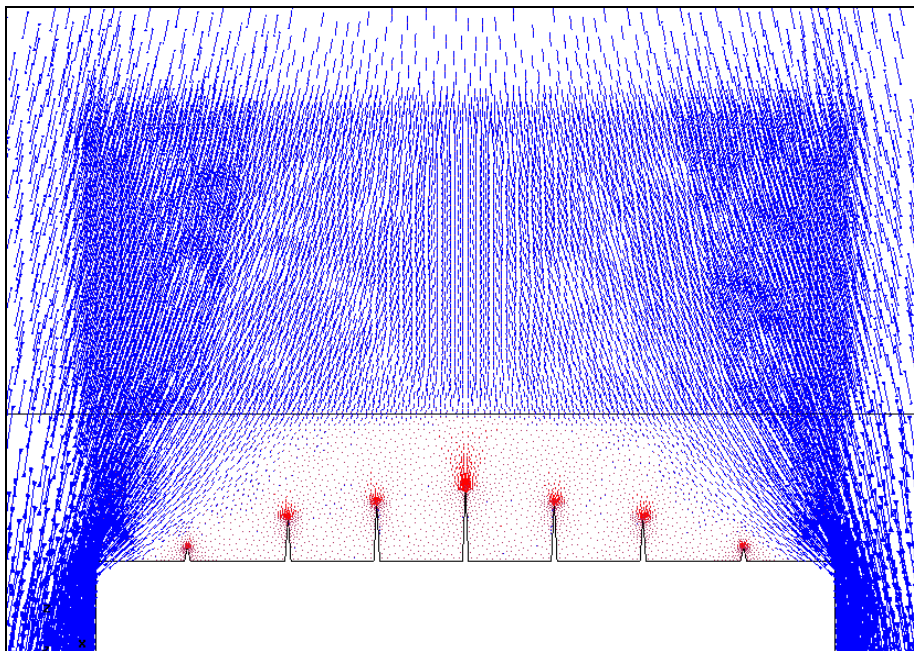
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.3.1.2 Formación del primer grupo de fisuras en el apeo

a.- Gráfico del modelo completo.

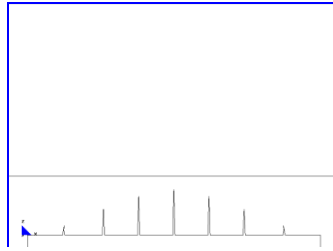


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

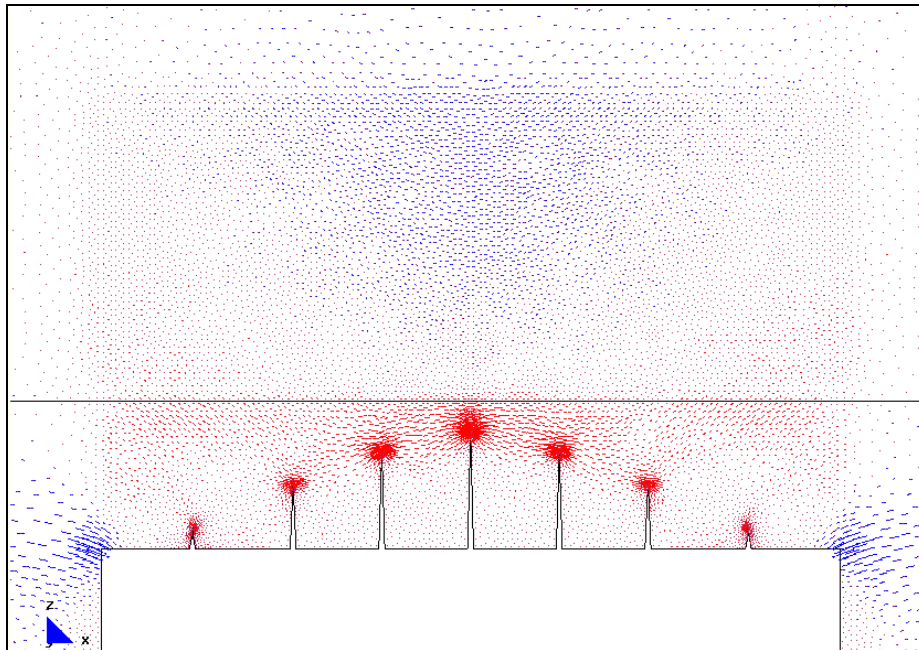


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

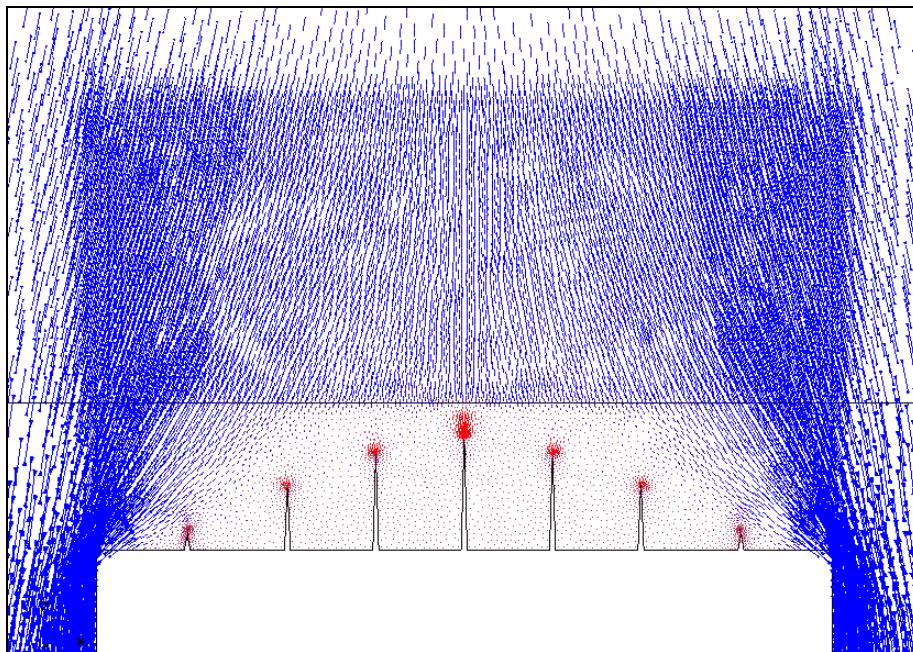
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.3.1.3 Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-2

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.2¹³⁴*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

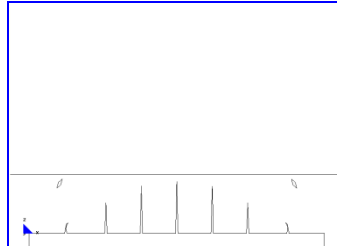
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

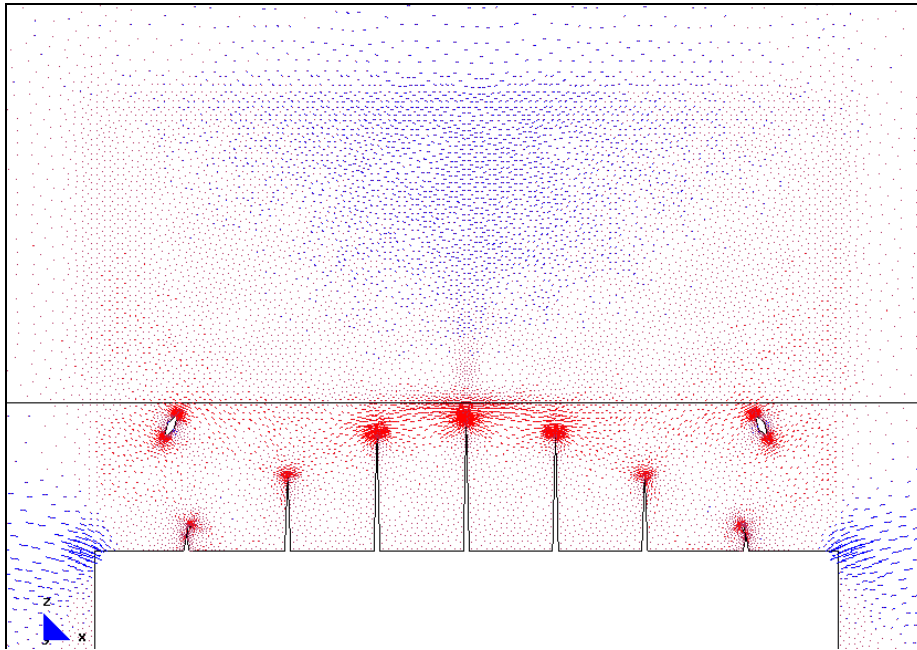
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹³⁴ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.2.gid.

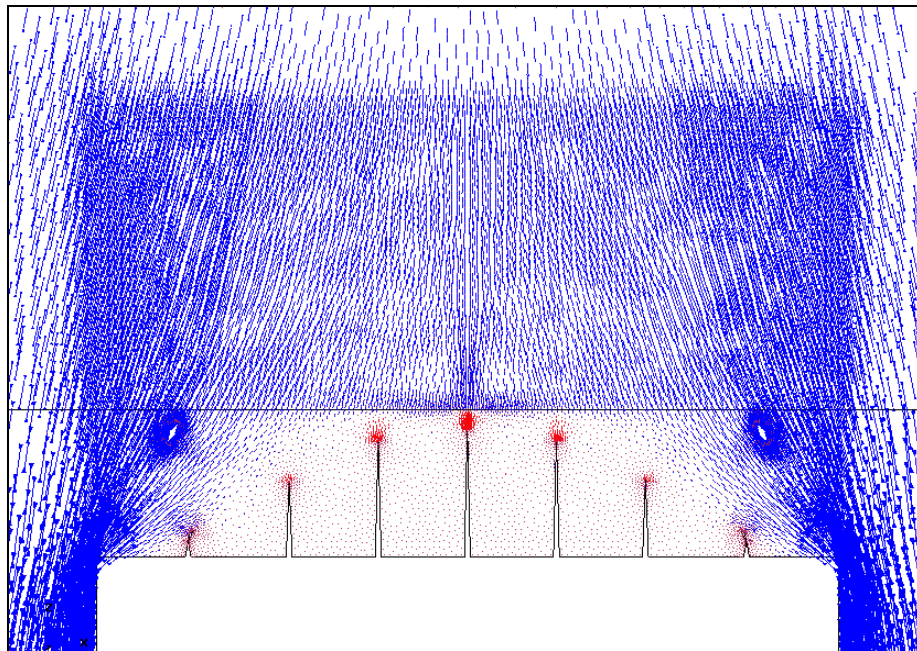
7.4.3.1.4 Aumento del primer grupo de fisuras e inicio de fisuras inclinadas que originan la formación del arco de descarga



a.- Gráfico del modelo completo.



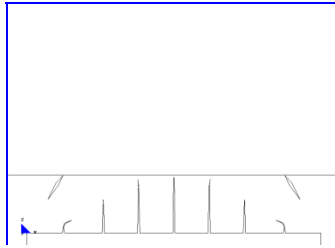
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



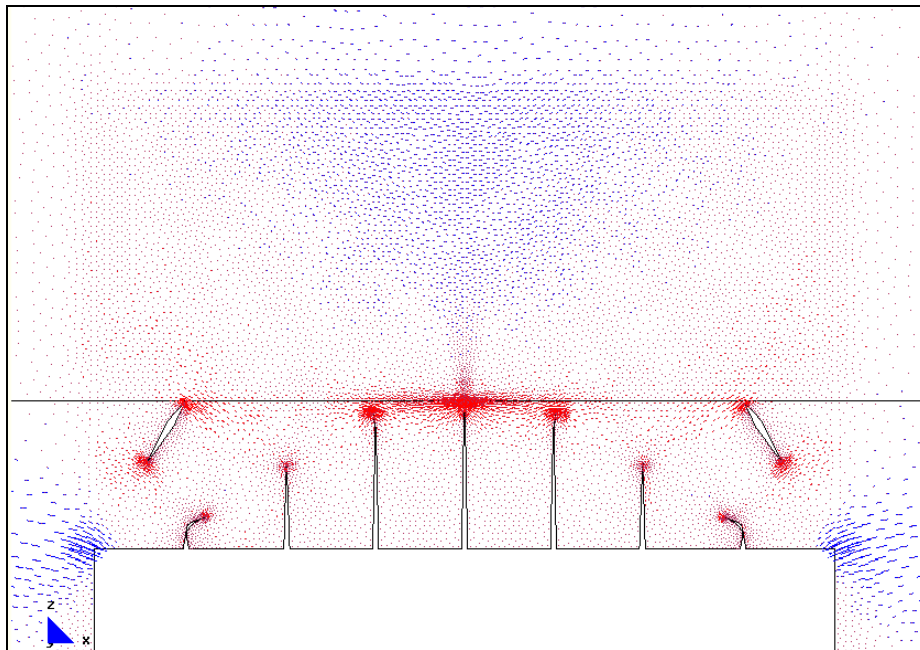
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

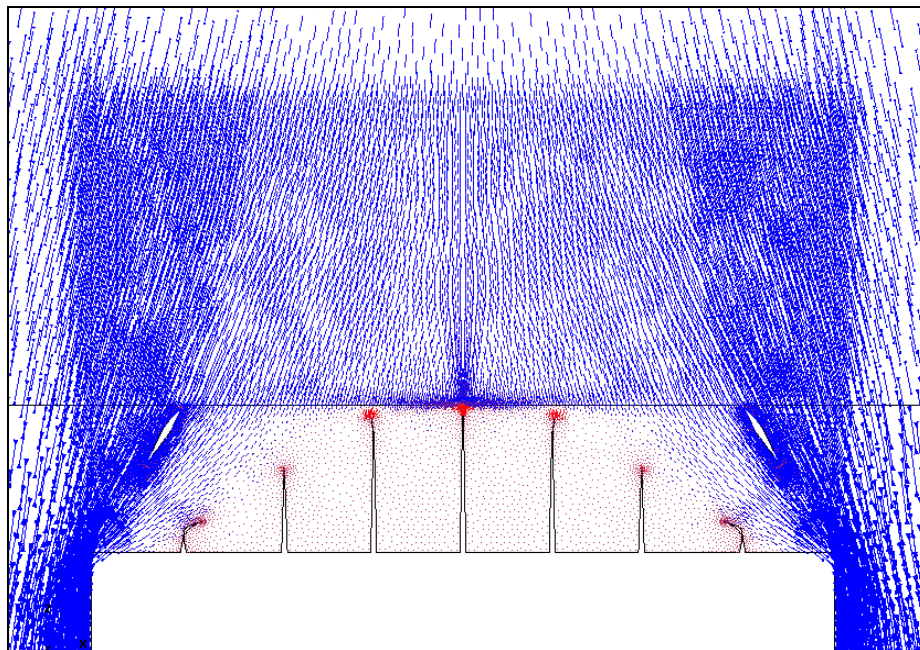
7.4.3.1.5 Crecimiento de fisuras existentes. Cambio de sentido de las discontinuidades pequeñas. Las fisuras inclinadas llegan a tocar el forjado



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor=3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor=3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-3

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.3¹³⁵*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

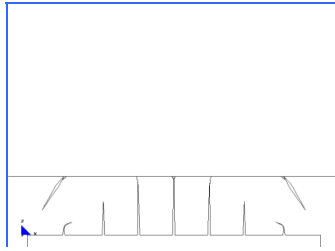
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

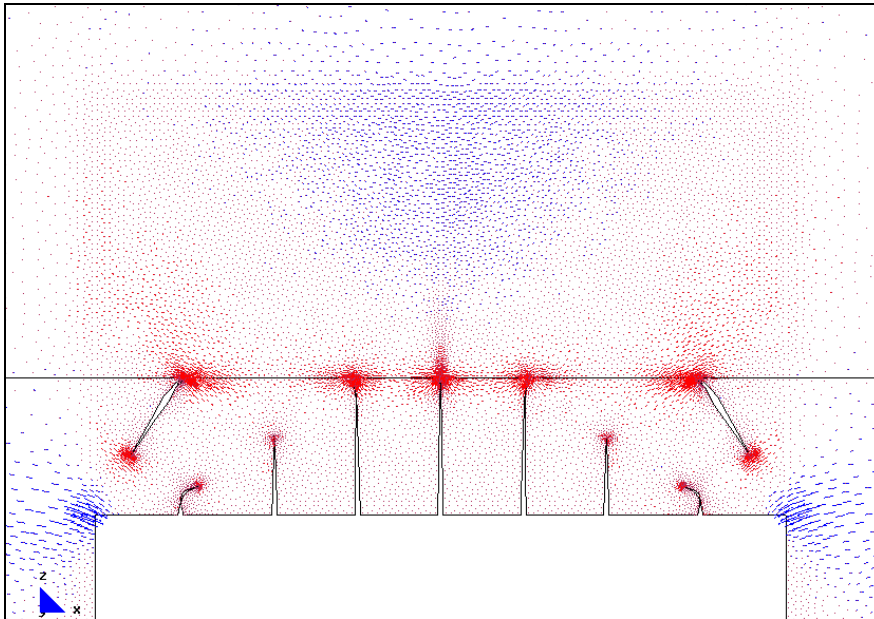
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹³⁵ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.3.gid.

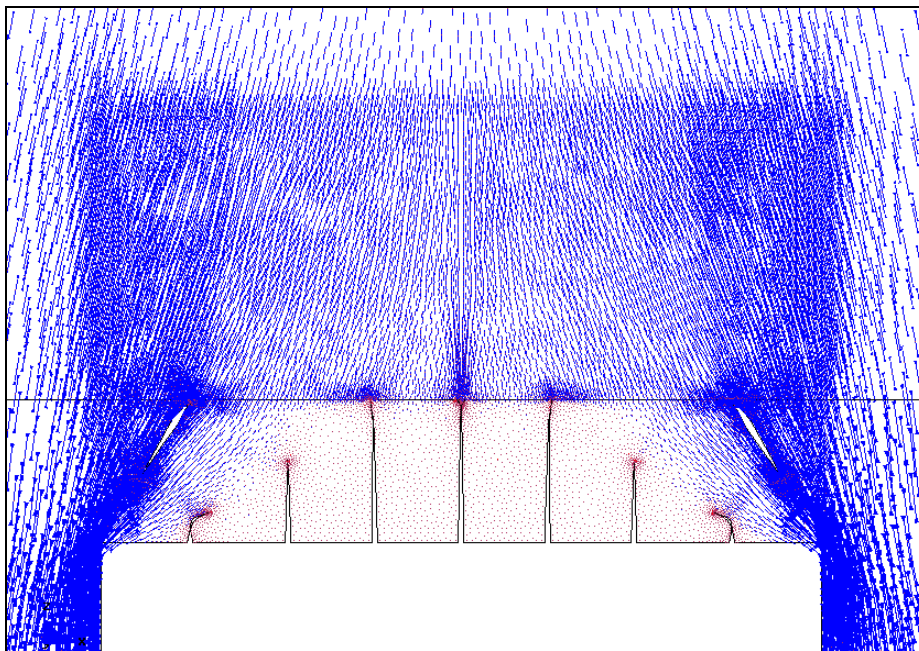
7.4.3.1.6 Desarrollo de las tres fisuras centrales. Crecimiento y desviación de las fisuras inclinadas



a.- Gráfico del modelo completo.



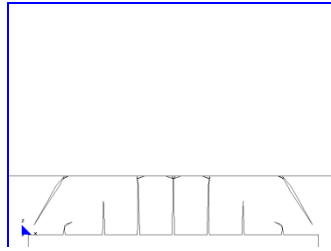
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



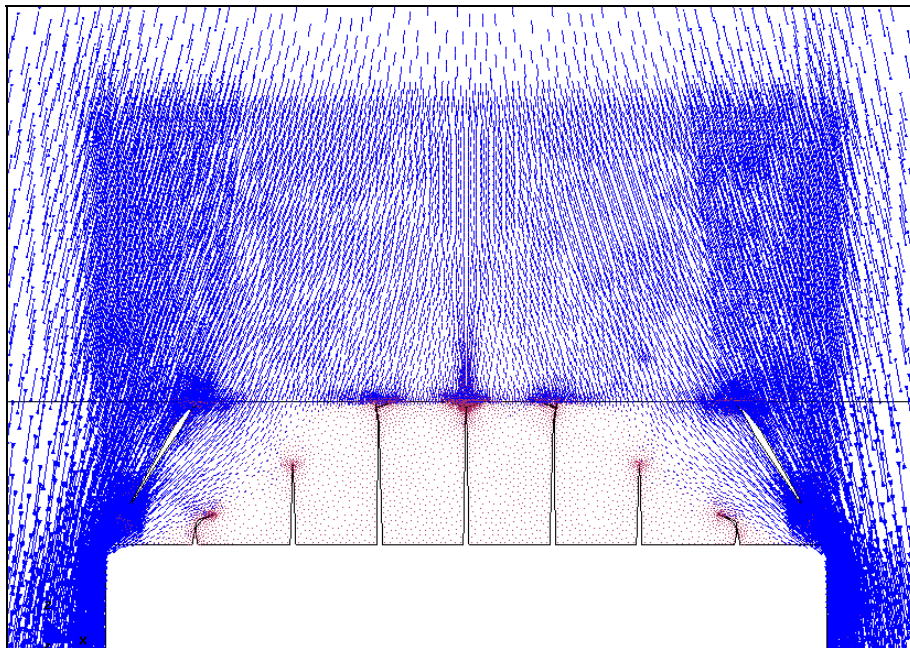
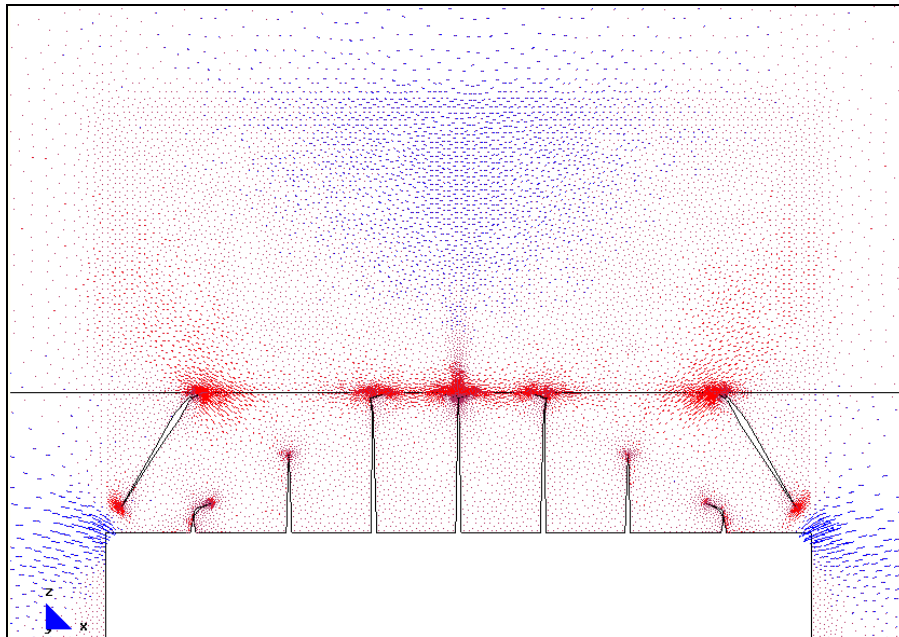
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.3.1.7 Desarrollo y desviación de las tres fisuras centrales y de las inclinadas

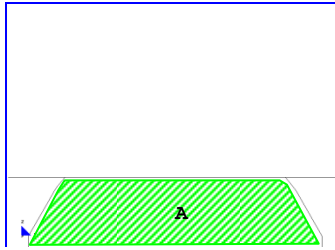


a.- Gráfico del modelo completo.

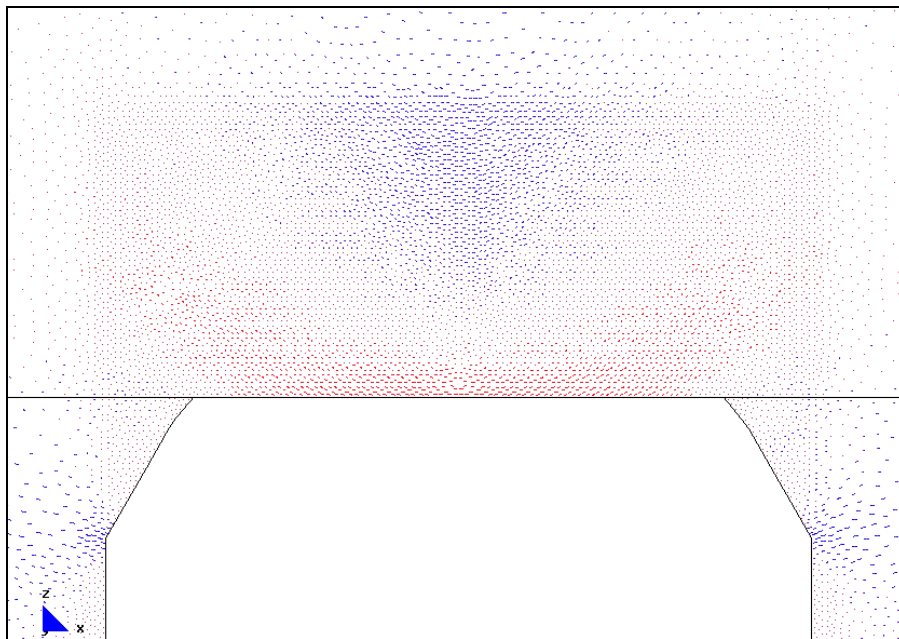


Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

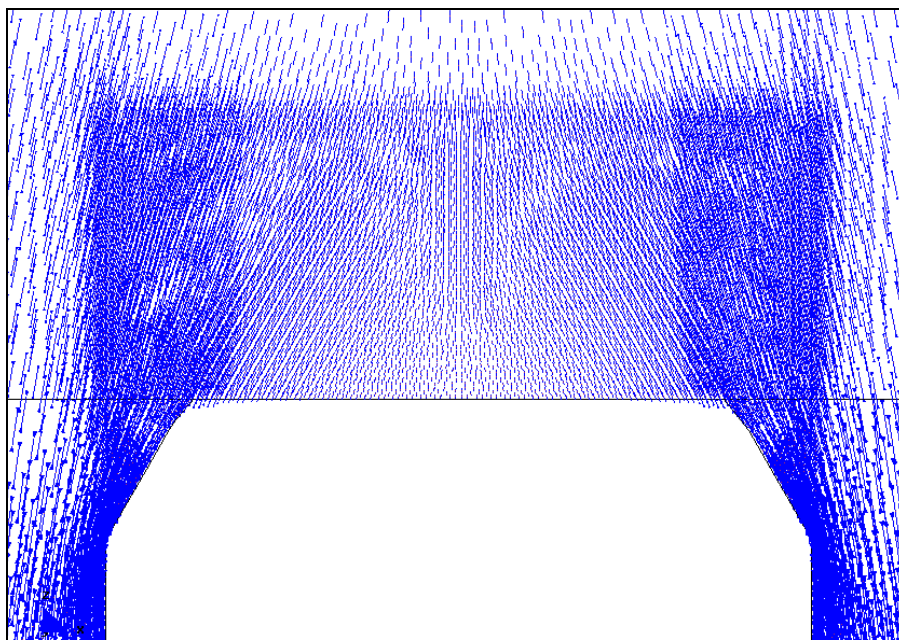
7.4.3.1.8 Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Desprendimiento de la zona "A" de la pared que se localiza entre el apeo y el forjado, $h=0.50m$



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-1

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.4¹³⁶*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

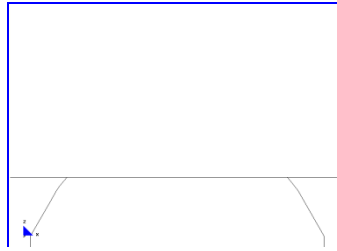
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

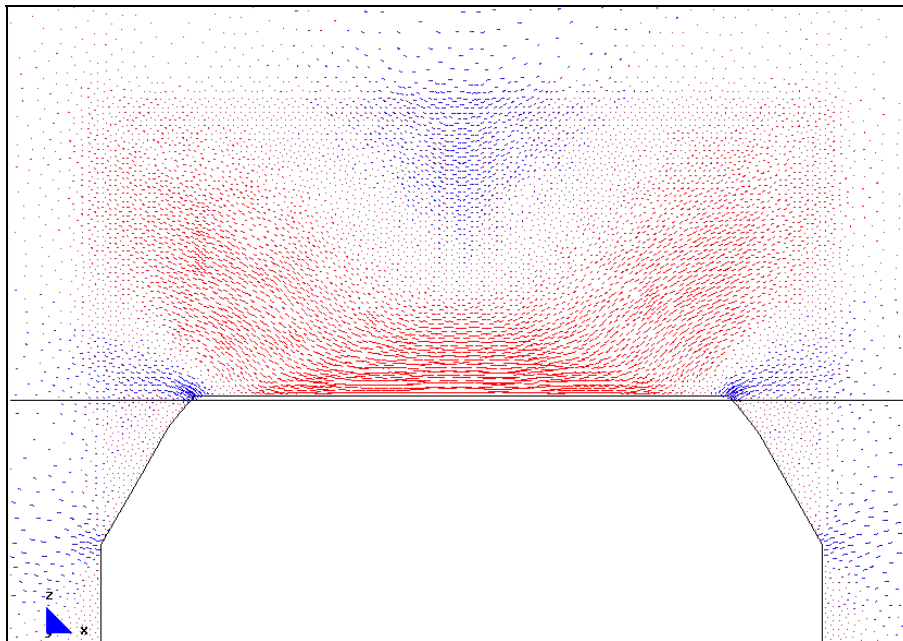
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹³⁶ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.4.gid.

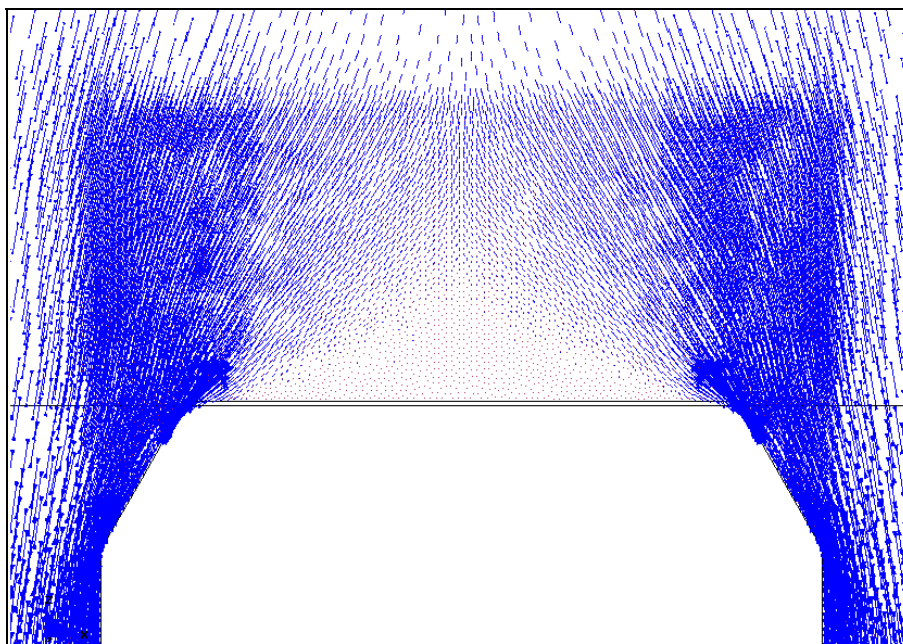
7.4.3.1.9 Pérdida total del contacto entre la parte superior de la pared y el zuncho



a.- Gráfico del modelo completo.

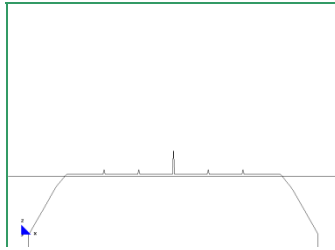


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

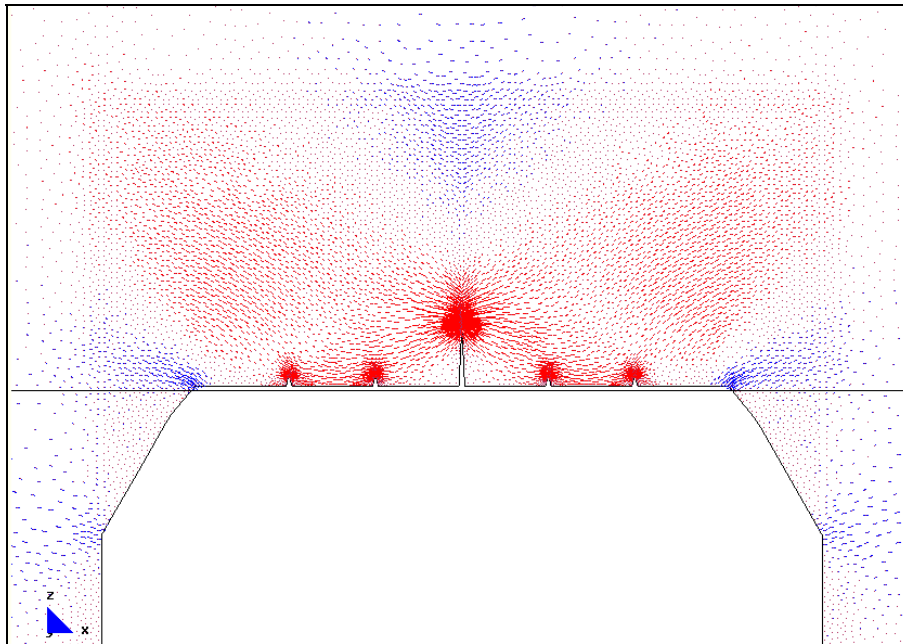


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

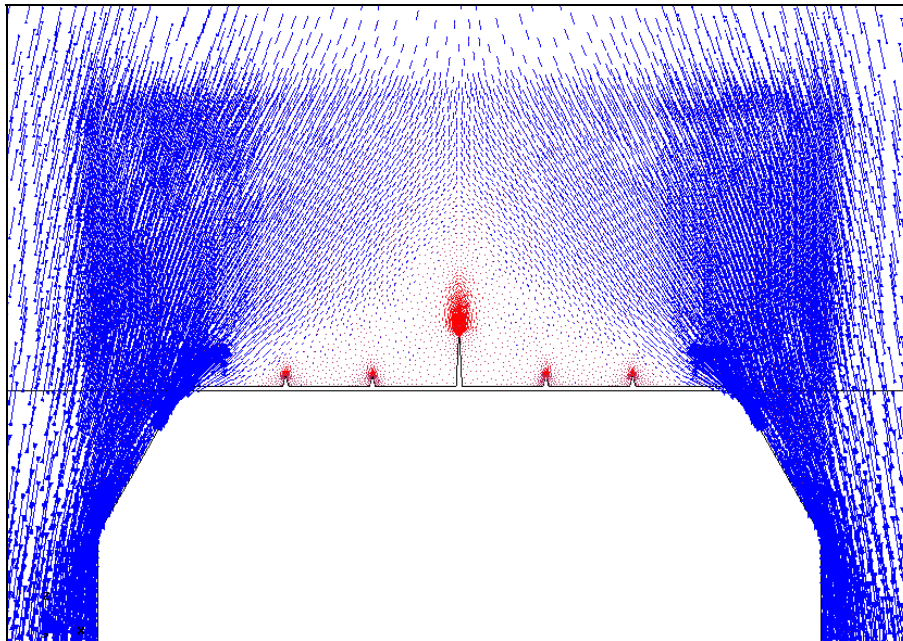
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.3.1.10 Formación del tercer grupo de fisuras

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-5

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.5¹³⁷*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

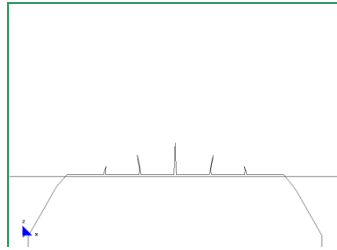
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

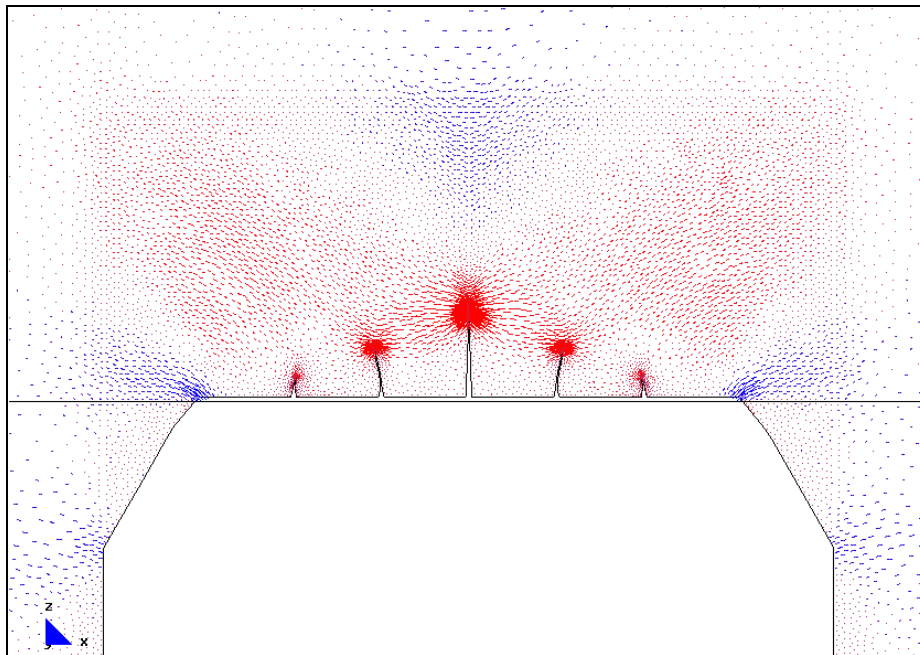
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

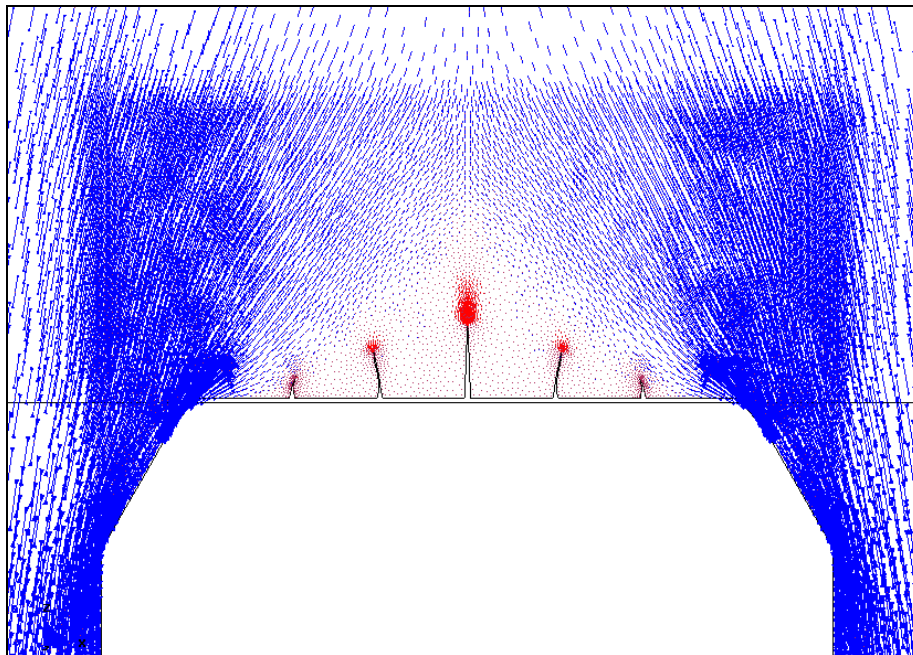
¹³⁷ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.5.gid.

7.4.3.1.11 Crecimiento de las fisuras del tercer grupo

a.- Gráfico del modelo completo.



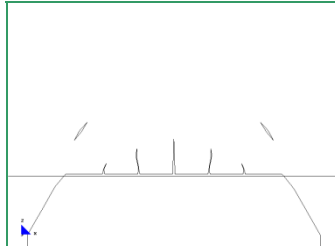
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



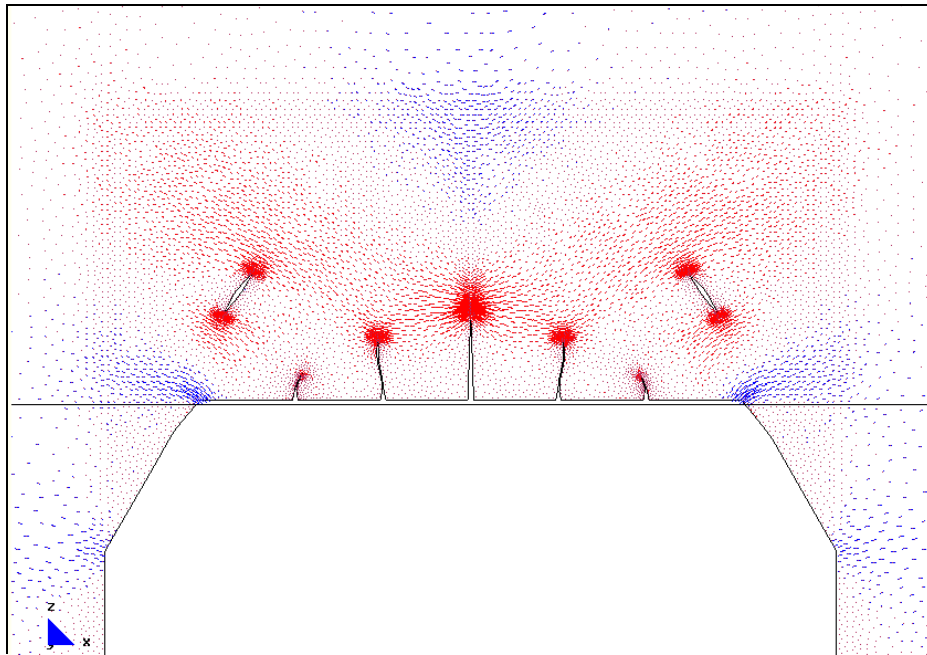
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

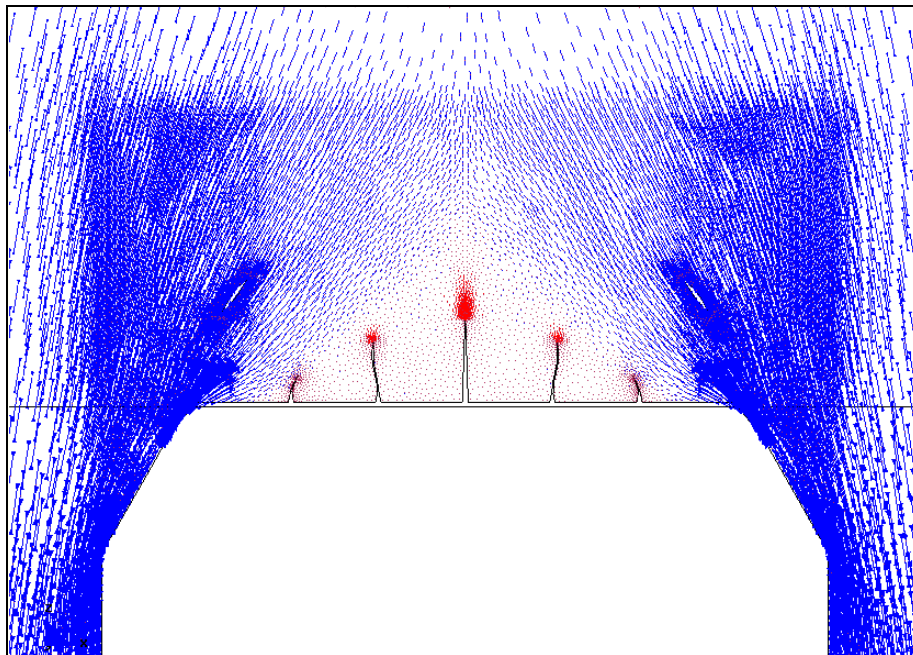
7.4.3.1.12 Desarrollo de las fisuras existentes y formación de las fisuras inclinadas que forman el arco de descarga



a.- Gráfico del modelo completo.



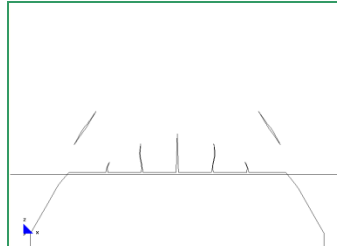
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



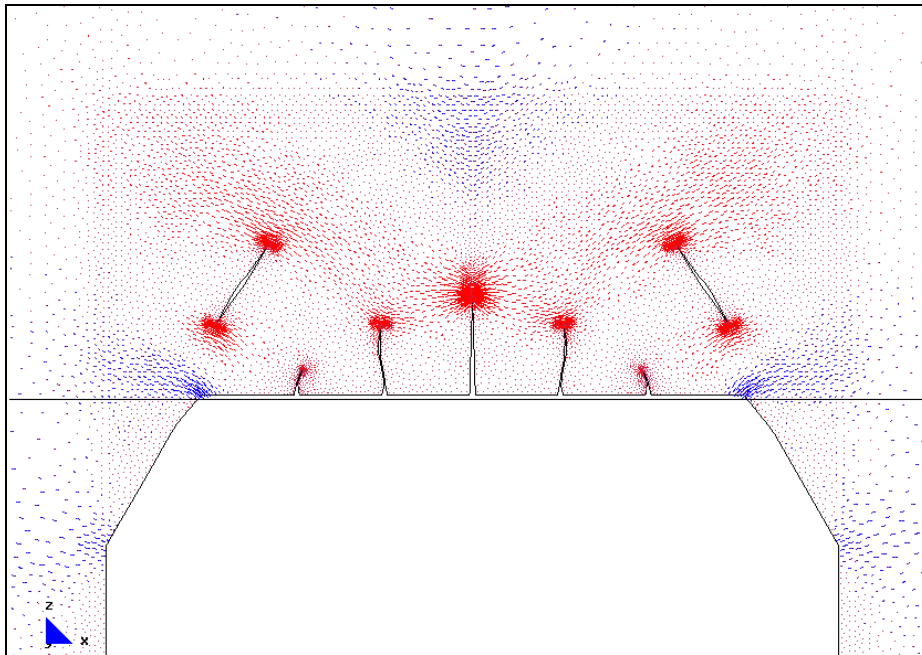
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

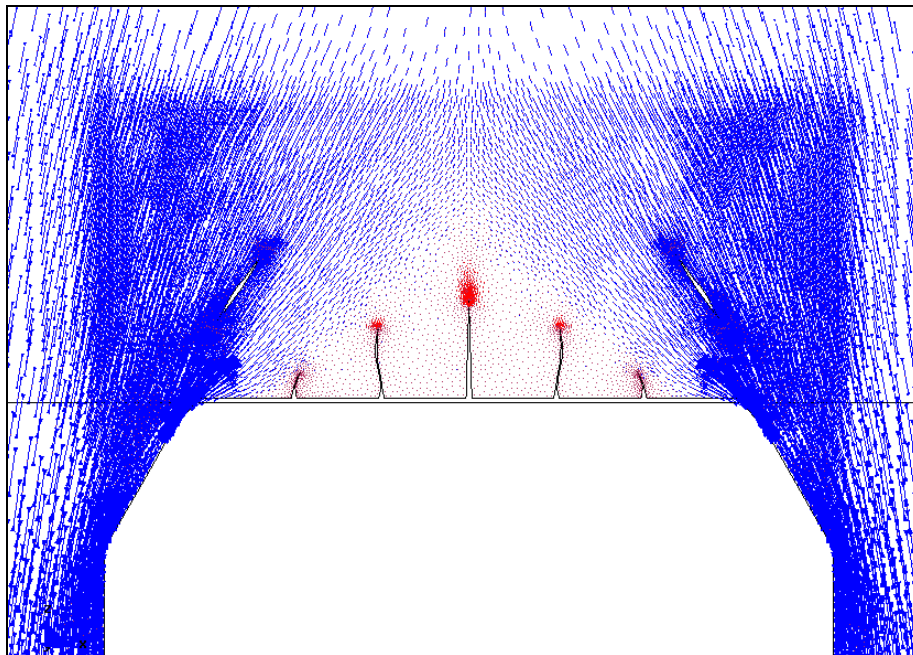
7.4.3.1.13 Aumento de la longitud de las fisuras existente y desviación de las centrales



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-6

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.6¹³⁸*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

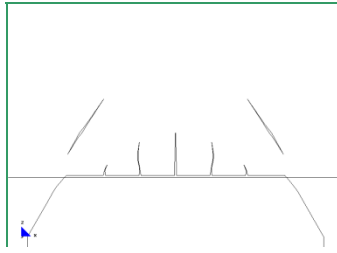
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

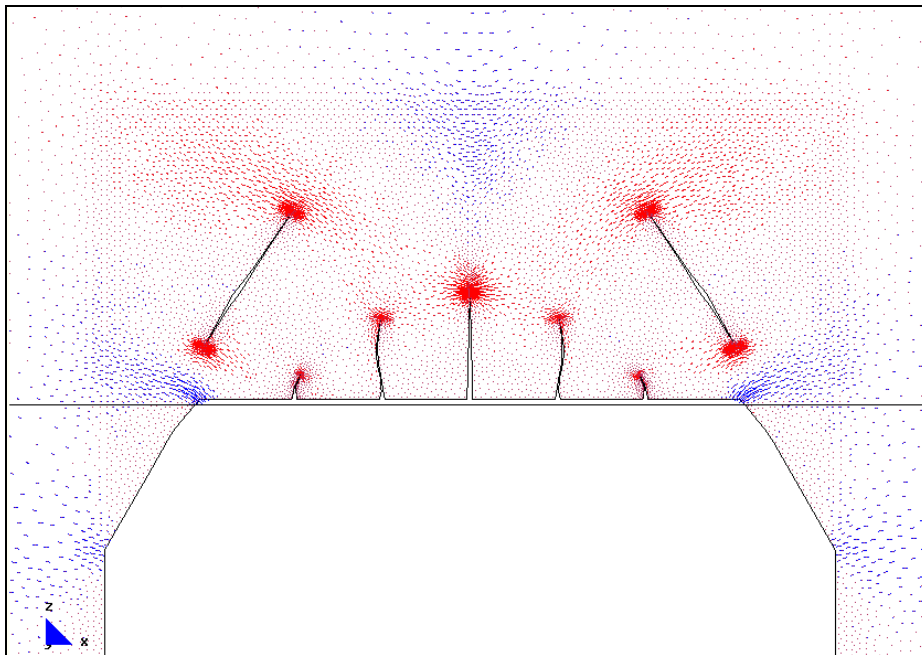
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

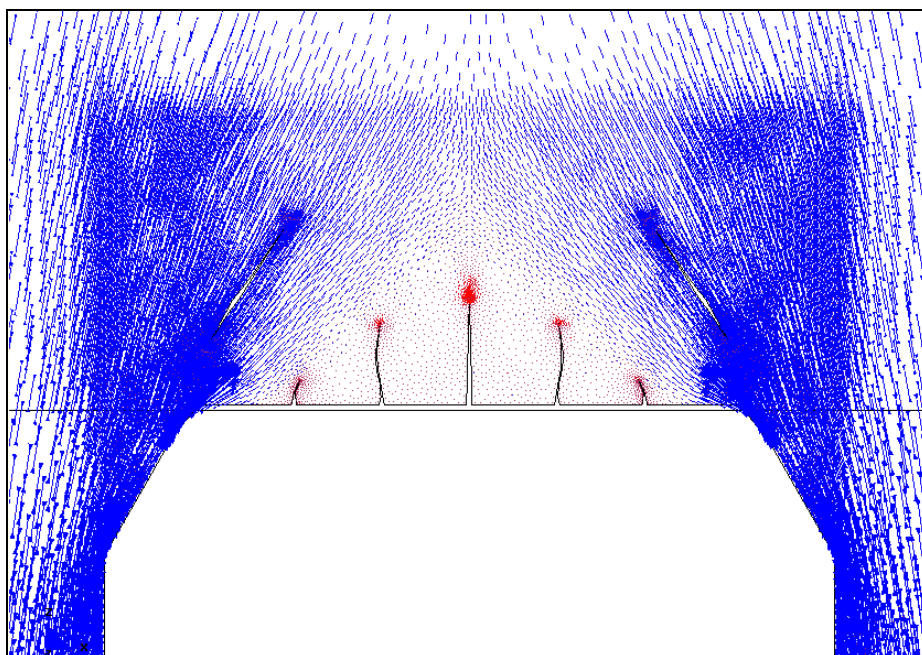
¹³⁸ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.6.gid.

7.4.3.1.14 Desarrollo de las tres fisuras centrales e inclinadas

a.- Gráfico del modelo completo.

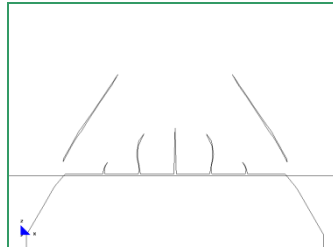


b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

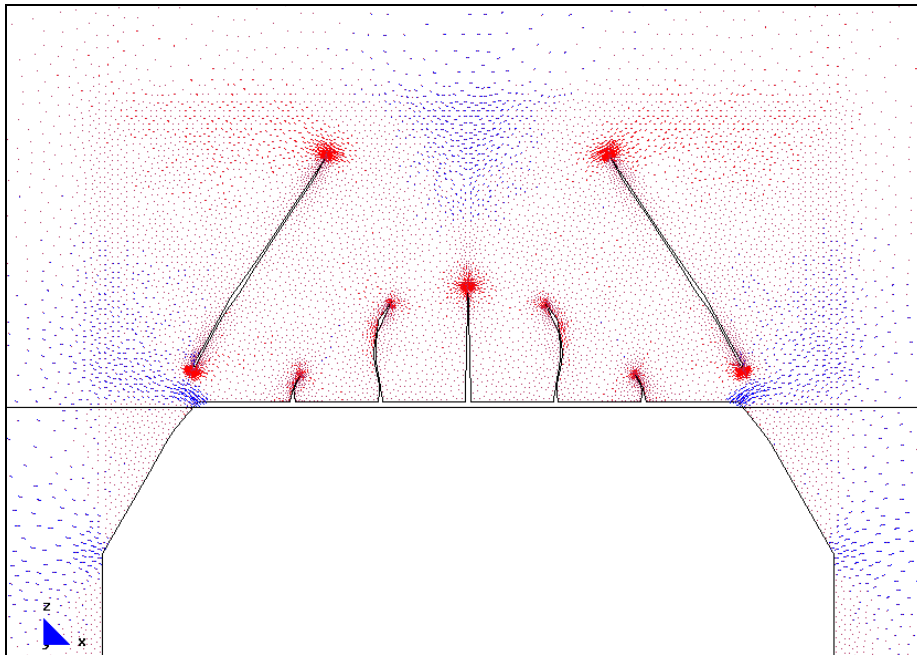


b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

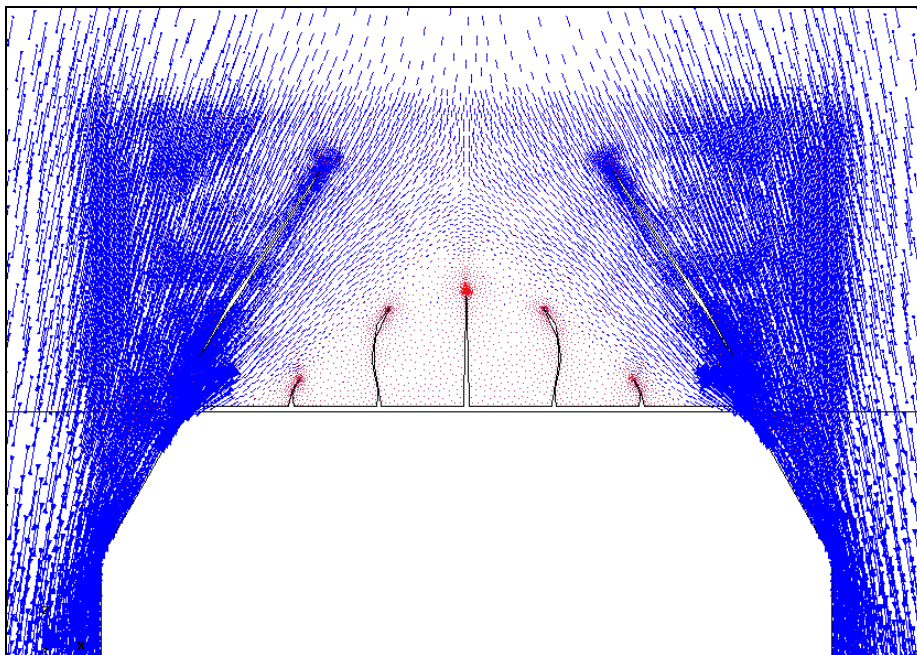
Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

7.4.3.1.15 Crecimiento de las fisuras centrales e incremento de su inclinación

a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-7

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.7¹³⁹*(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)*

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

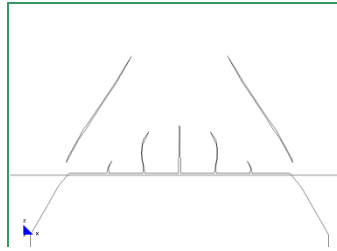
4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

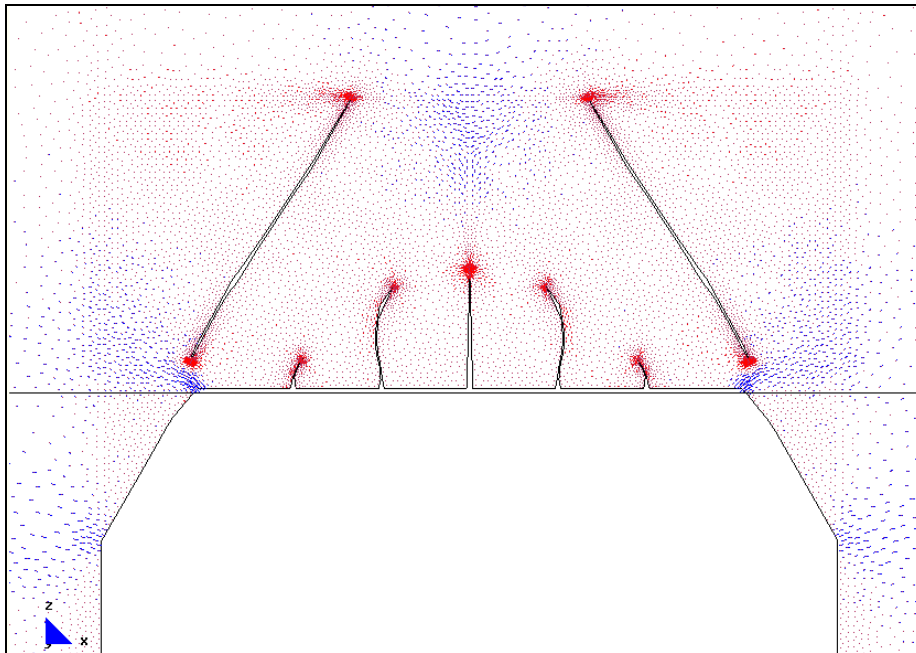
5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

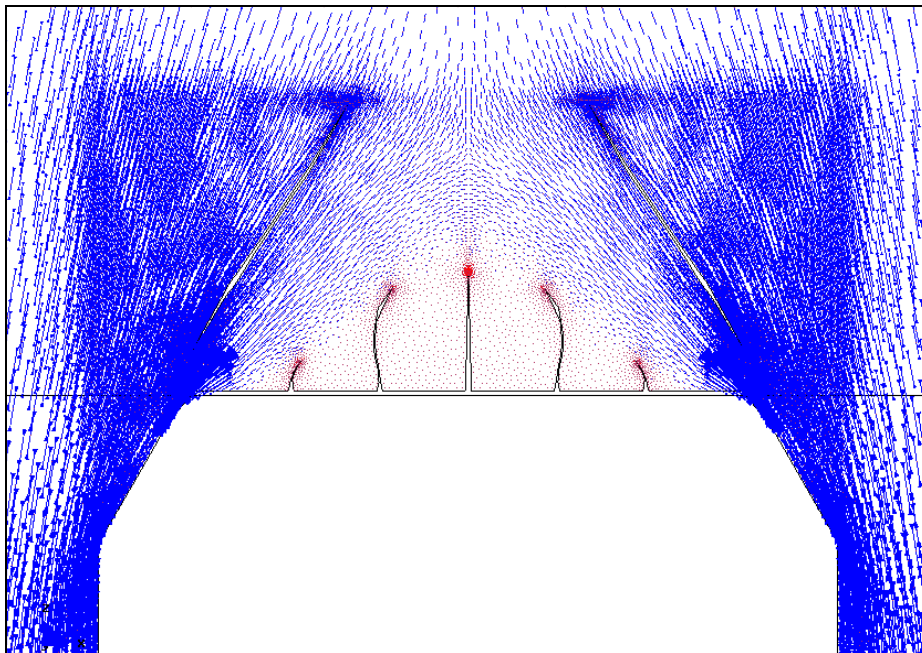
¹³⁹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.7.gid.

7.4.3.1.16 Aumento de las fisuras inclinadas y de la fisura central del modelo

a.- Gráfico del modelo completo.



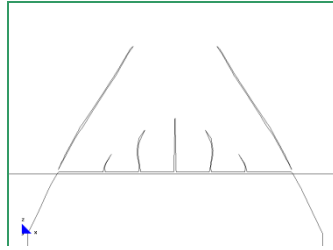
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



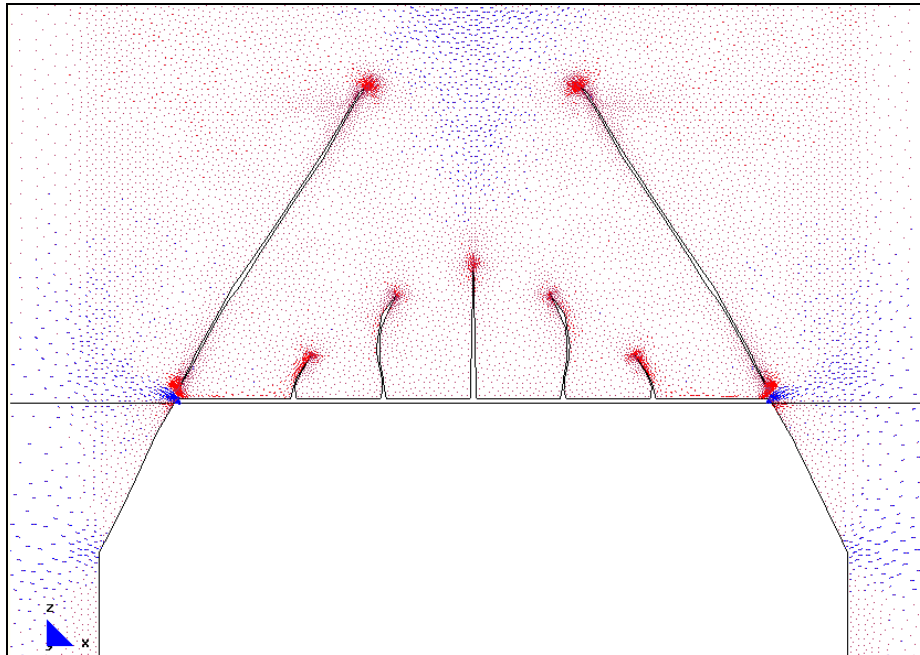
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

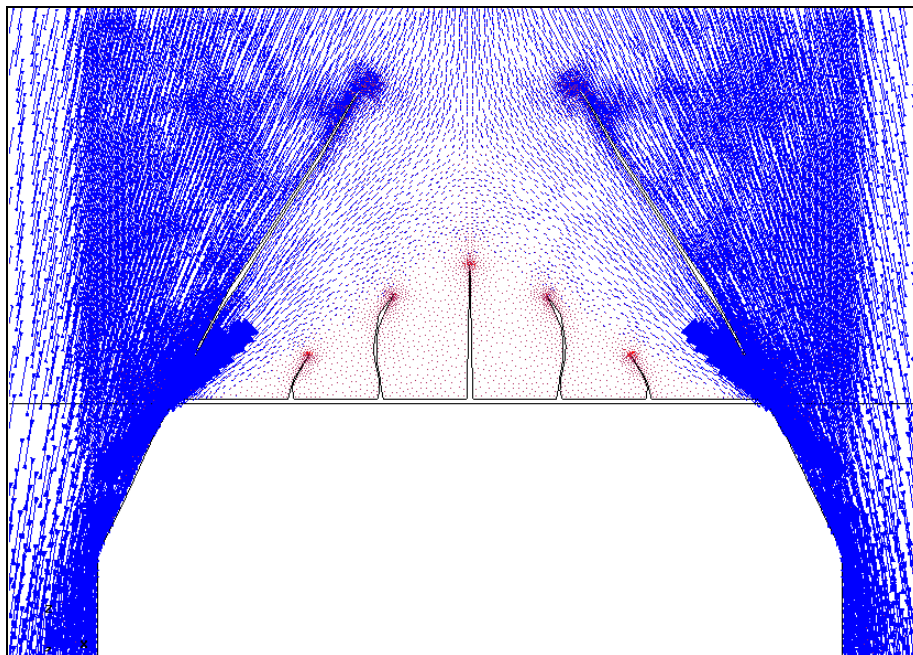
7.4.3.1.17 Aumento más importante de las fisuras inclinadas y más pequeño en la central. Aumento del ancho del hueco



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-8

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.8¹⁴⁰

(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

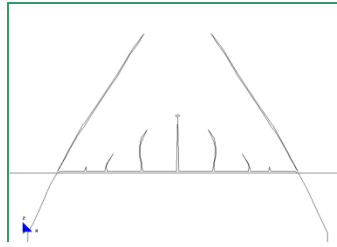
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

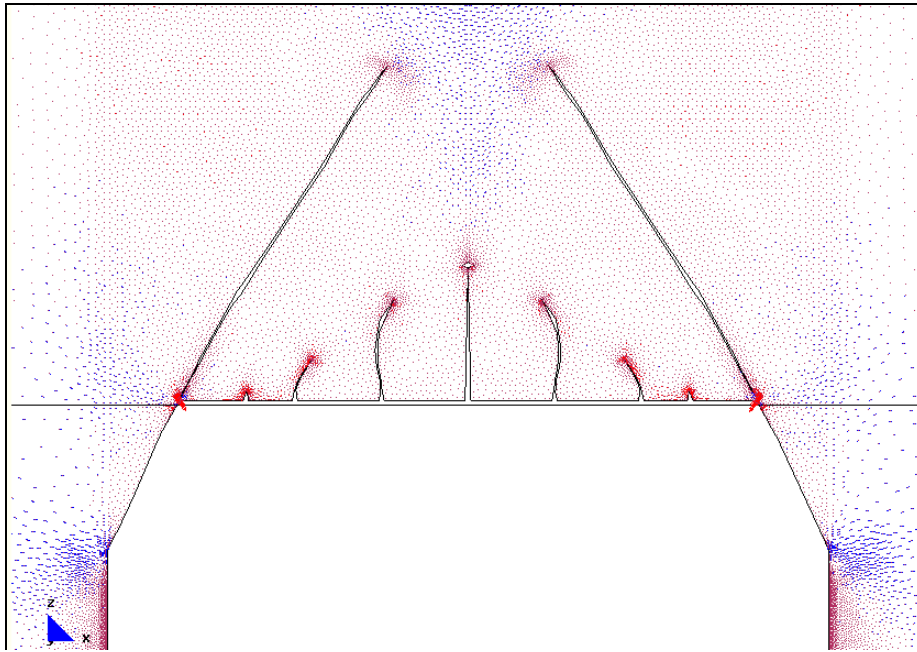
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁴⁰ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.8.gid.

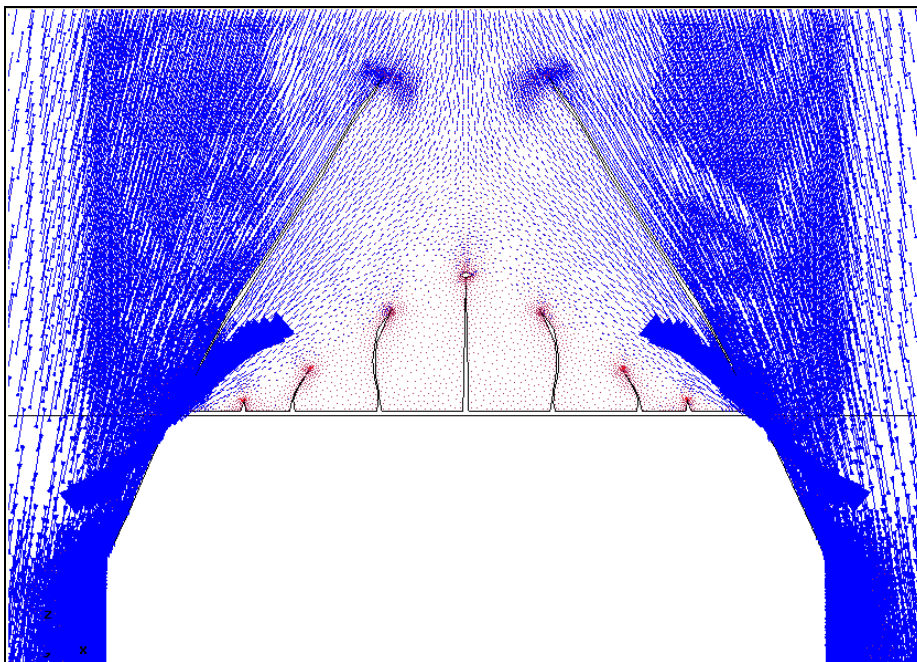
7.4.3.1.18 Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Bifurcación en la fisura central. Inicio de la fisura inferior



a.- Gráfico del modelo completo.



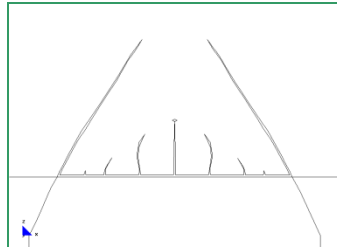
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



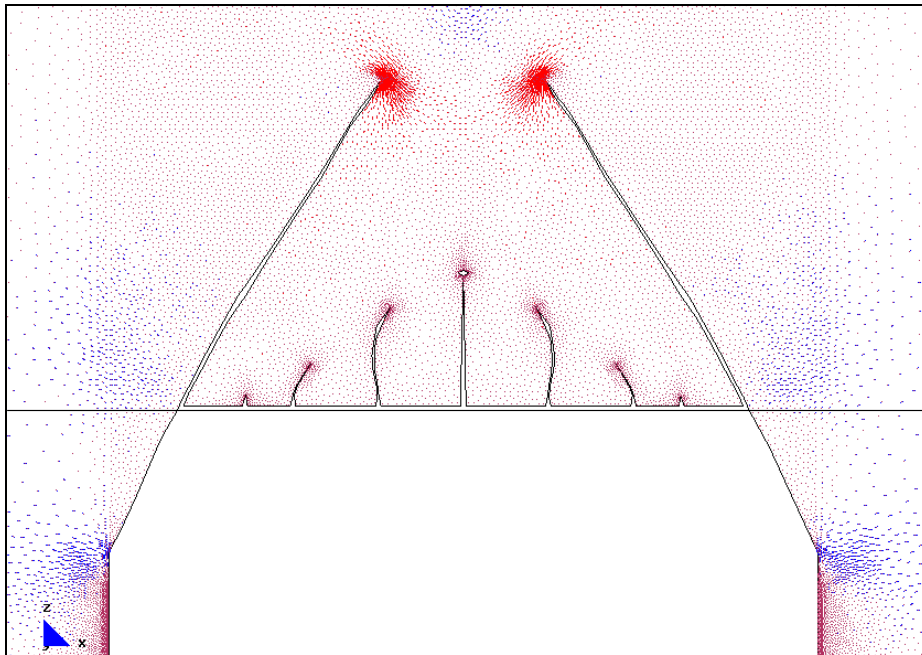
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

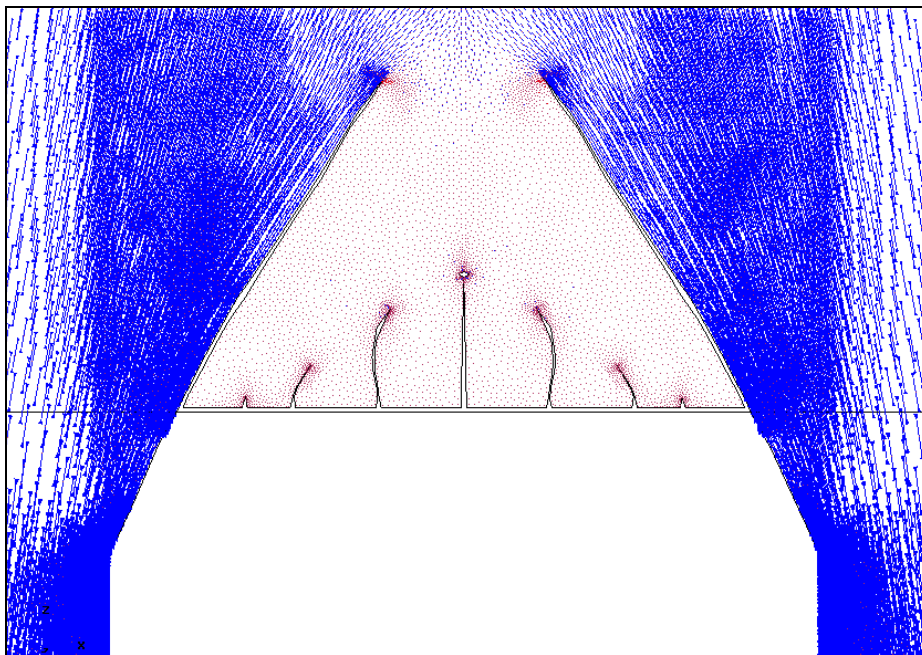
7.4.3.1.19 Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas hasta llegar a separarse por completo



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-9

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.9¹⁴¹

(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2mx0.2m; malla 1; Mod-9)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

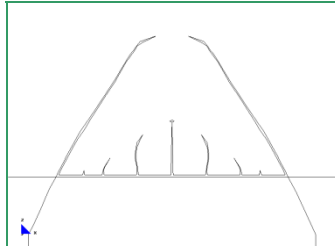
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

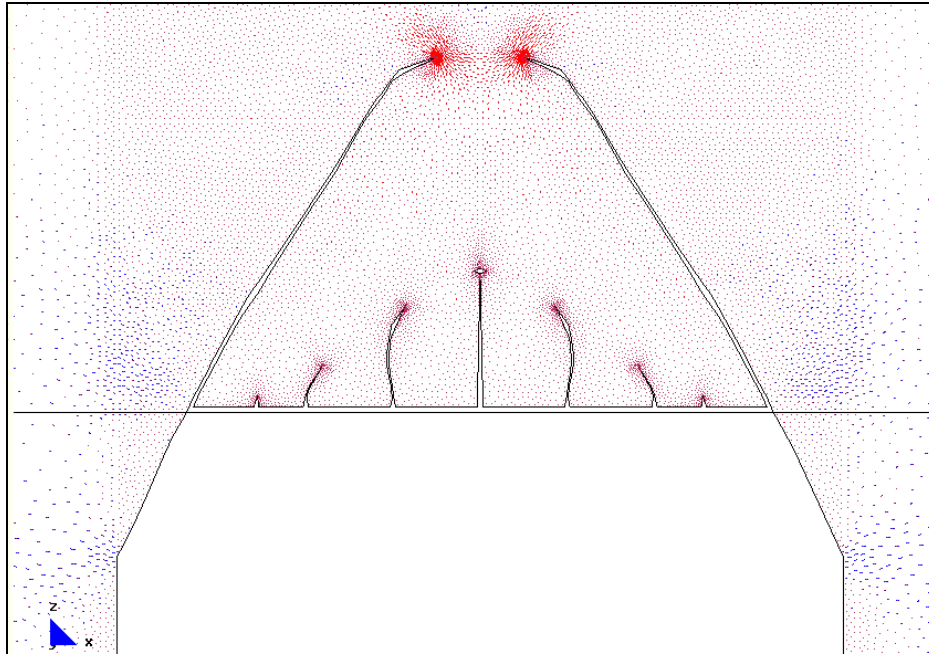
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁴¹ Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.9.gid.

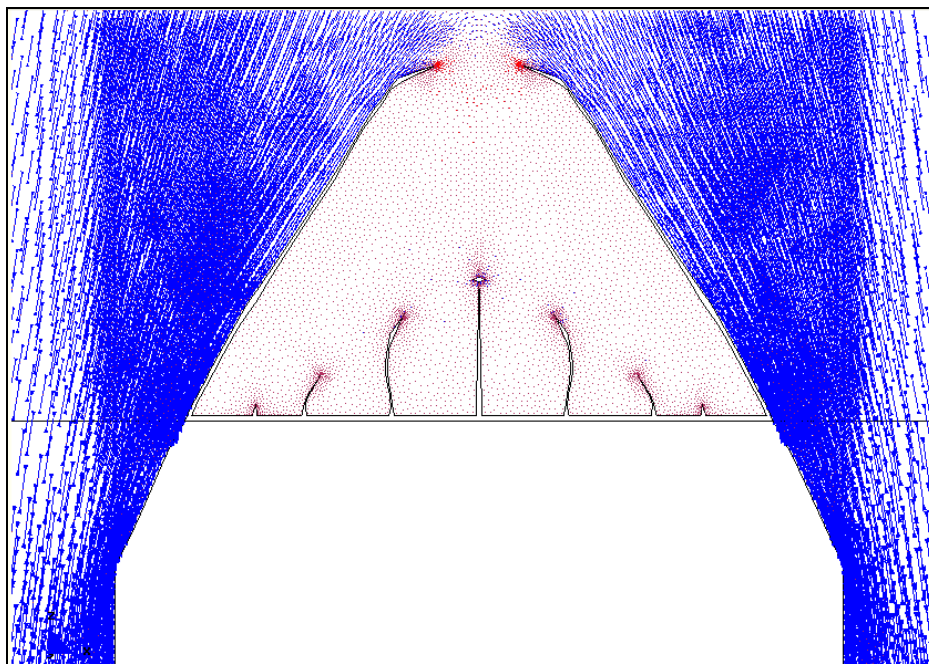
7.4.3.1.20 Aumento acelerado de la parte superior de la fisura inclinada. Se detienen todas las fisuras adicionales



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

FICHA DEL MODELO: M-9-10

1.- NOMBRE DEL MODELO:

5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.10¹⁴²

(Modelo simétrico; 5 plantas; carga equivalente a 10 plantas; hueco de 2,50m; zuncho 0.2m x 0.2m; malla 1; Mod-9)

Número de plantas (a) = 5

Altura de las plantas (b) = 3m

Longitud del tramo de pared (c) = 12m

Ancho de la zona de influencia de carga (d) = 4m

Ancho de la abertura (f) = 2,50m

Espesor de la pared = 0,30m

2.- ESTADO DE CARGA CONSIDERADO:

Pp	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000
Cp	Tn/m ²	0,15
	N/m	6.000
Su	Tn/m ²	0,3
	N/m	12.000

3.- DATOS DE LA PARED DE FÁBRICA:

 $\gamma = 18.000\text{N/m}^3$ $E = 5,70\text{E}09\text{N/m}^2$ $G = 2,30\text{E}+09\text{N/m}^2$ $\nu = 0,20$

4.- DATOS DE LOS FORJADOS:

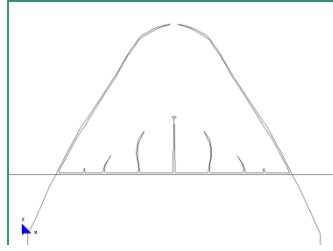
Con zuncho de conexión con el muro: 0,20m x 0,20m.

5.- DATOS DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO:

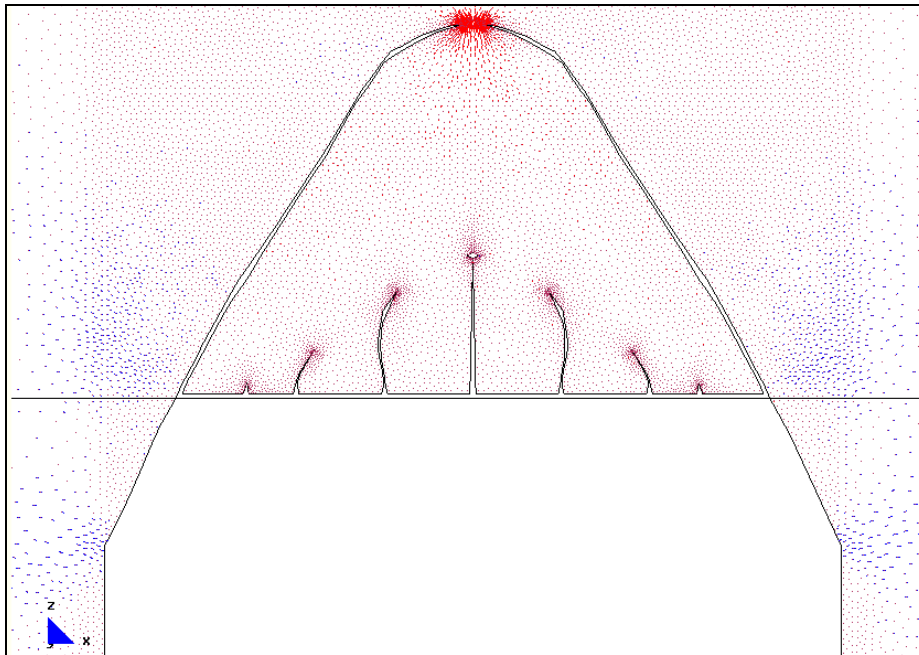
Con la base empotrada, sin restricciones laterales.

¹⁴² Nombre del modelo que aparece en el CD entregado. Ruta F:\modelos-cálc\mod-capítulos-def\cap-7 arco de descarga\10plantas\5-10plantas-hueco 2,5m-zuncho0.2-simét-malla.1-Mod.9.10.gid.

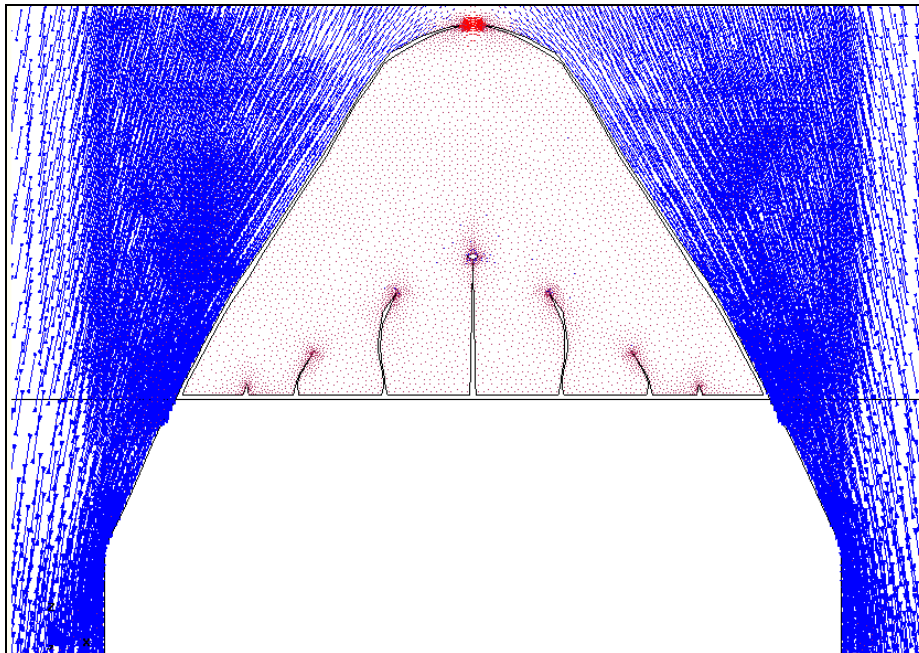
7.4.3.1.21 Aumento de la parte superior de las fisuras inclinadas y cambio de sentido de las mismas (a una trayectoria horizontal), por incremento de la tensión de tracción vertical



a.- Gráfico del modelo completo.



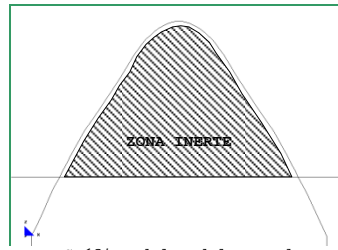
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



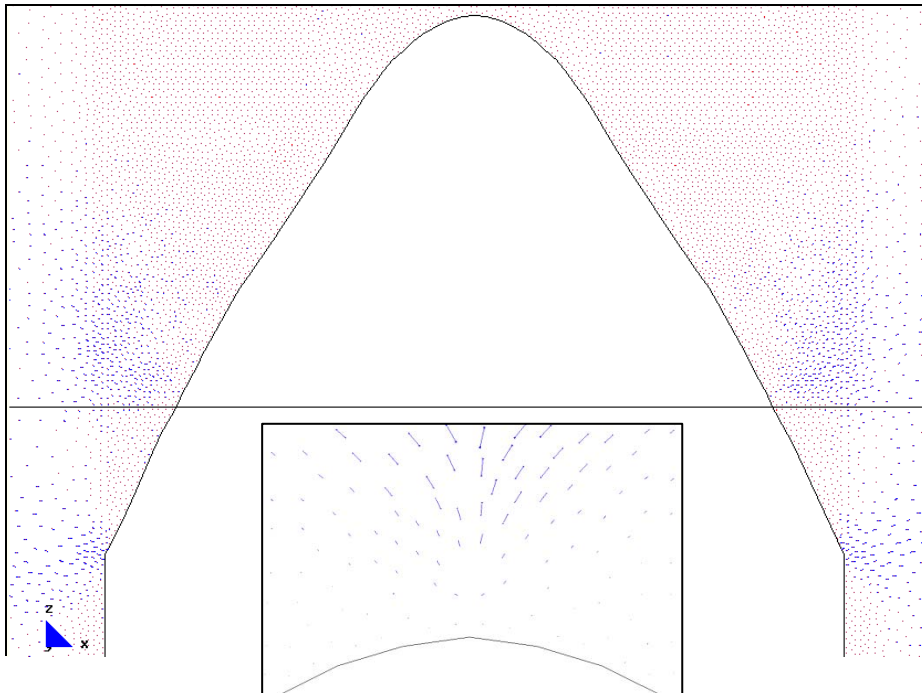
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

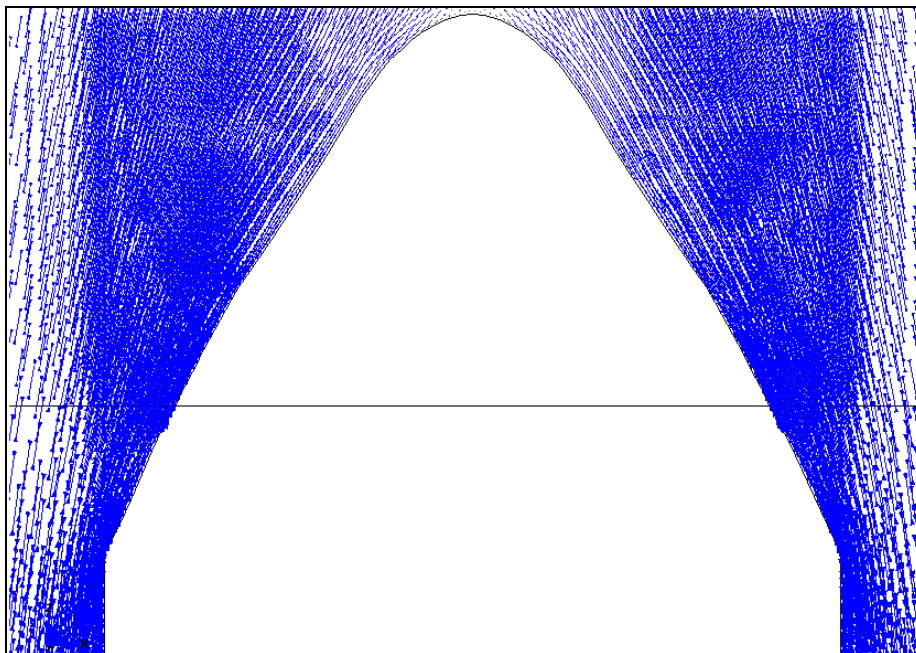
7.4.3.1.22 Formación completa del arco de descarga, con la existencia del zuncho de forjado. Mientras exista el zuncho la pared no cae, sino que se comporta como una zona inerte. Altura del arco: $h_t=1.83m$ (0,50m+1,33m)



a.- Gráfico del modelo completo.



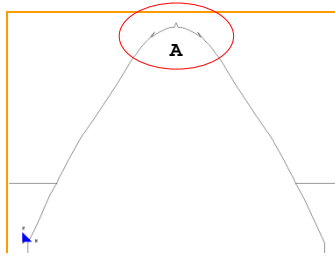
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



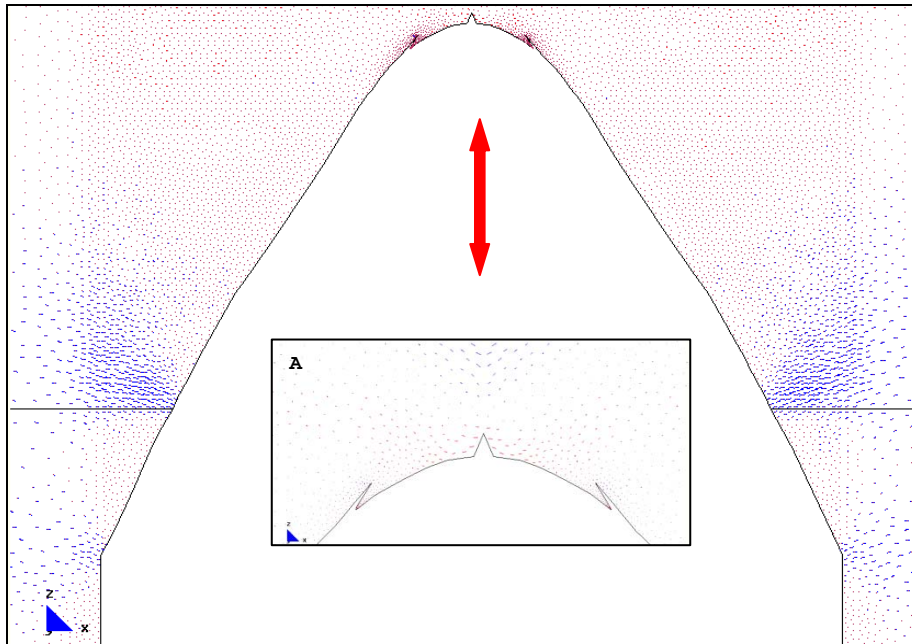
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

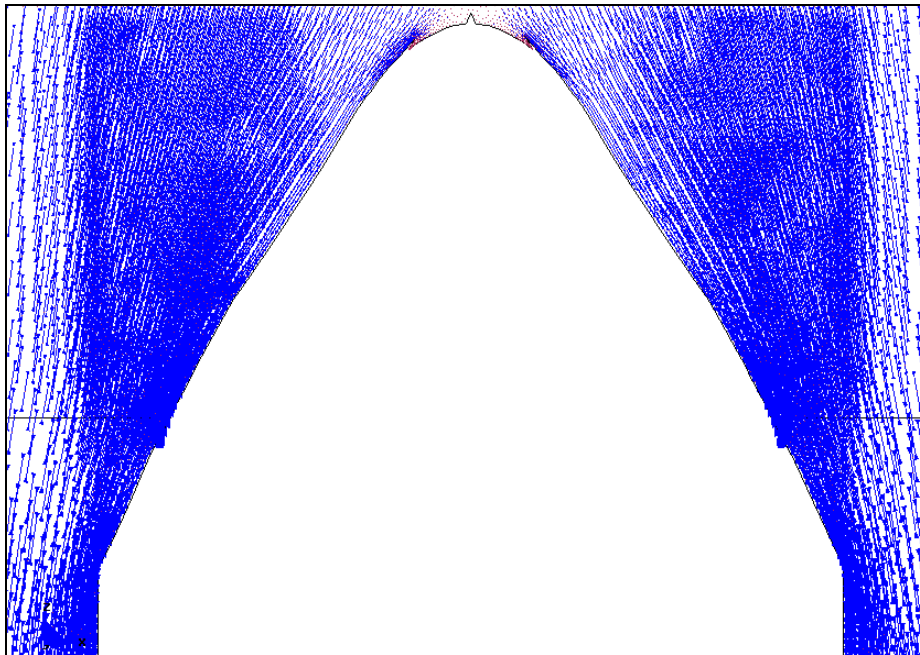
7.4.3.1.23 El zuncho no llega a fallar, dada su elevada resistencia. Para llegar al final del proceso, se considera como hipótesis más desfavorable el fallo del mismo. Inicio de fisuras en la clave del arco de descarga en la zona "A"



a.- Gráfico del modelo completo.



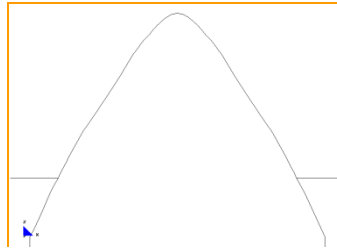
b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



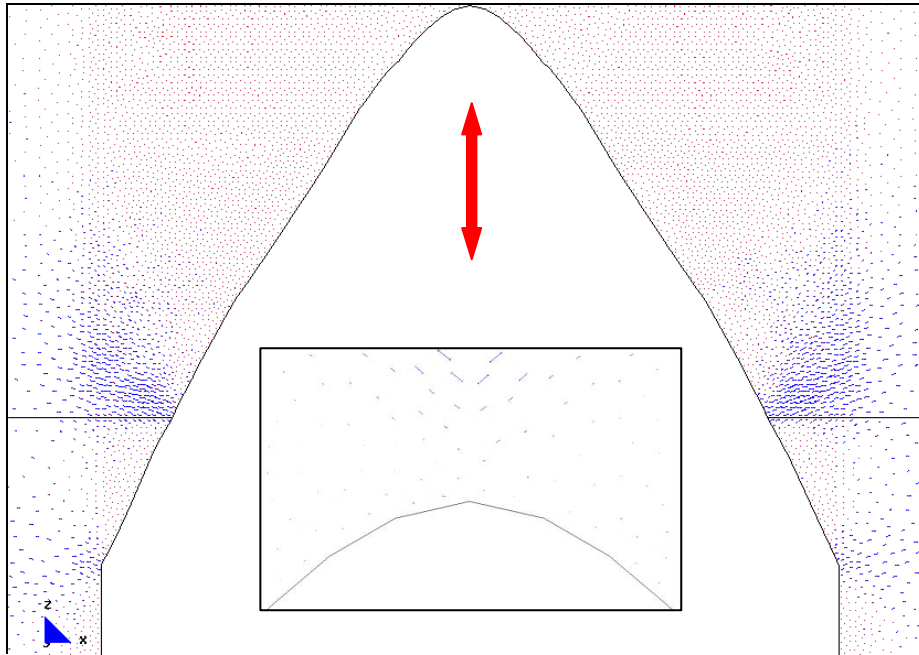
b.- Main Ax. Force(N/M). Sii factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

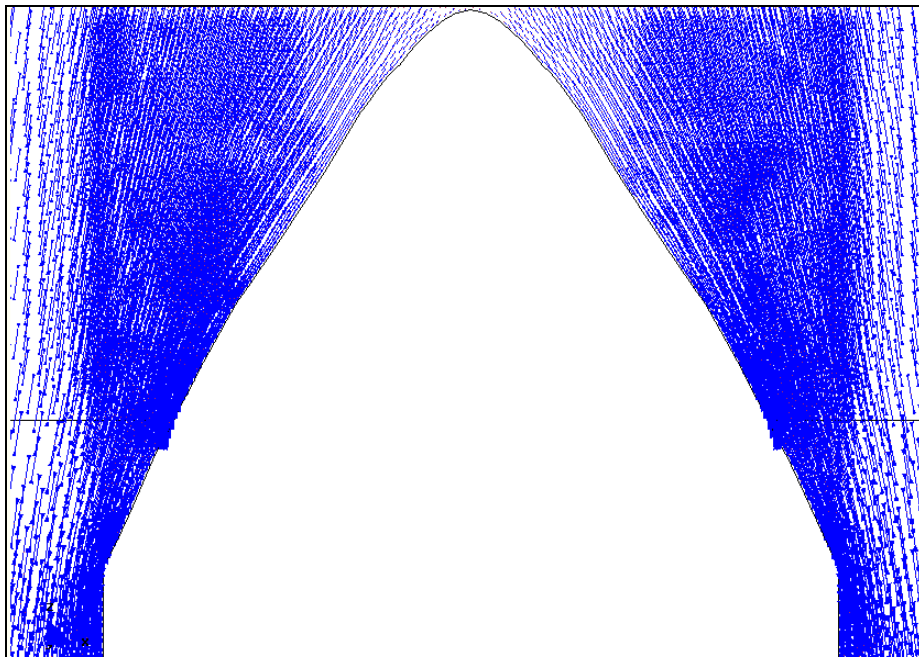
7.4.3.1.24 Incremento de la altura del arco de descarga al no existir zuncho de forjado. Altura total del arco: $h_t=1.90\text{m}$ ($0,50\text{m}+1,40\text{m}$)



a.- Gráfico del modelo completo.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.



b.- Main Ax. Force(N/M). Si factor-3e-7.

Desarrollo de los vectores correspondientes a las direcciones principales.

MJIG

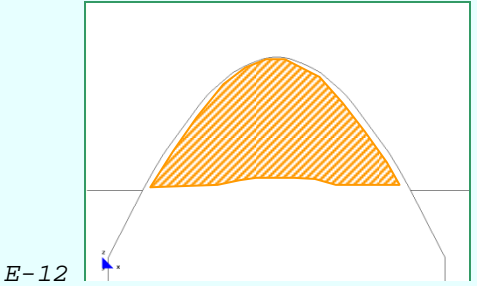
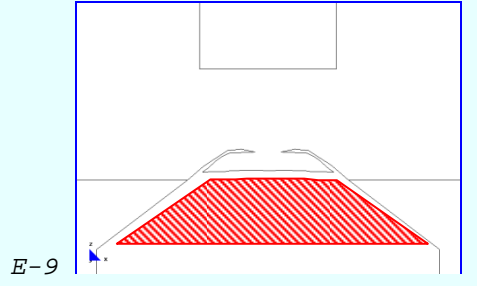
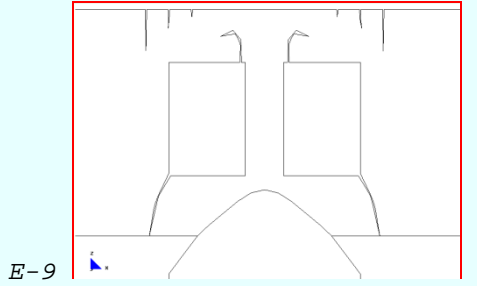
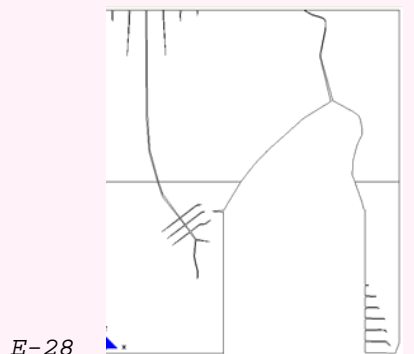
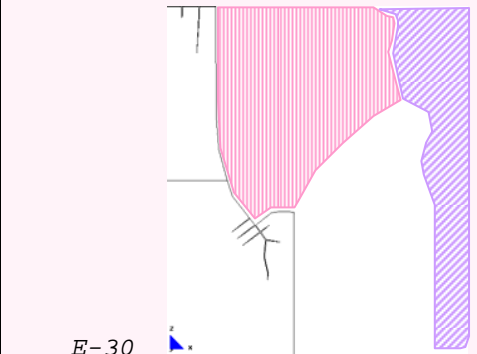
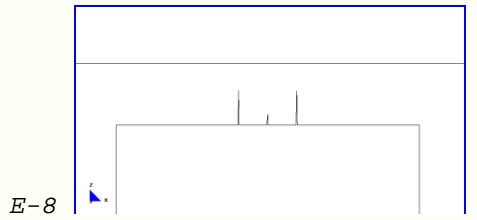

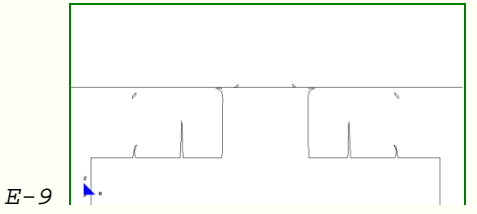
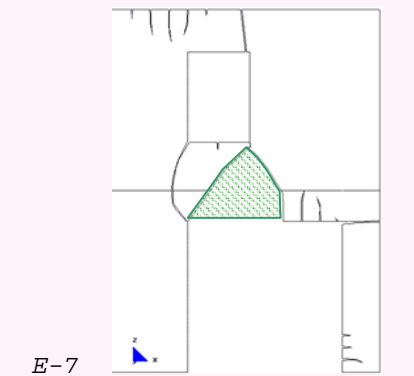
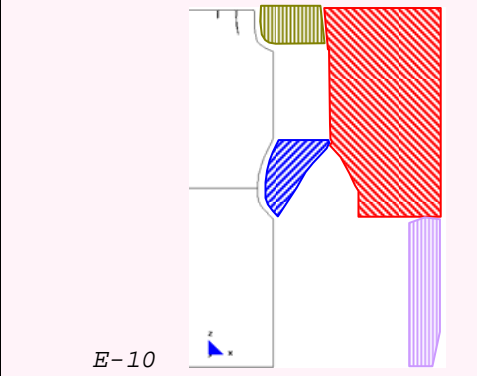
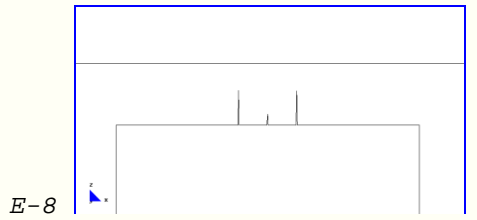
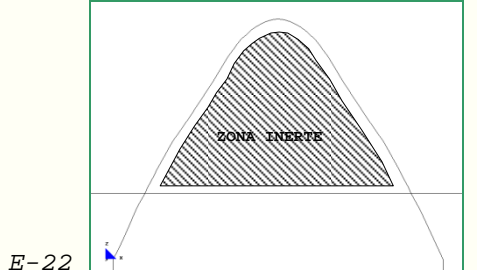
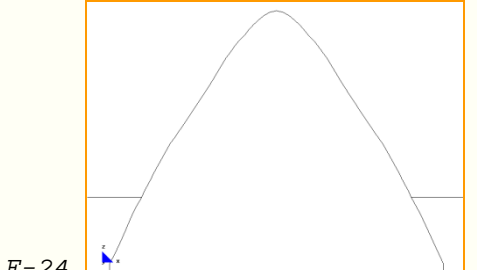
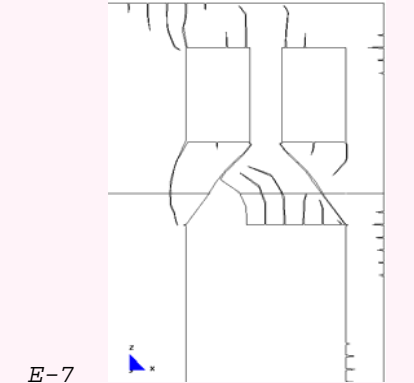
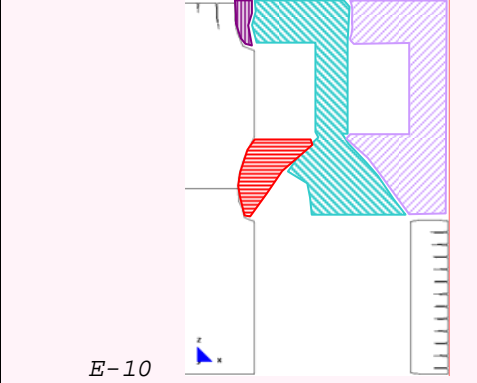
CAPÍTULO-7

- 1.- ASPECTOS GENERALES
- 2.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 3.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS ASIMÉTRICOS O EXCÉNTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,001X0,001M
- 4.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA EN MODELOS SIMÉTRICOS, CONSIDERANDO ZUNCHOS DE 0,20X0,20M

5.- CONCLUSIONES

7.5 CONCLUSIONES

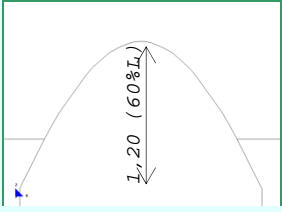
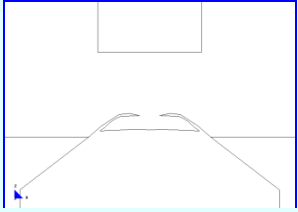
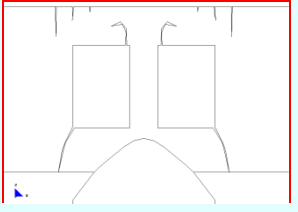
7.5.1 Cuadro de resumen de la formación del arco de descarga de todos los modelos

(CUADRO 21) RESUMEN DE LA FORMACIÓN DE LOS ARCOS DE DESCARGA DE TODOS LOS MODELOS					
MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M			MODELOS ASIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
 <p>E-12</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-28</p>	 <p>E-30</p>	
(GRAF.7-5: 1) Modelo-1 (M-1).			(GRAF.7-5: 2) Modelo-2 (M-2).		
(GRAF.7-5: 3) Modelo-3 (M-3).			(GRAF.7-5: 4) Modelo-4 (M-4). Etapas 28 y 30.		
MODELOS SIMÉTRICOS CON ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M					
 <p>E-8</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-10</p>	
(GRAF.7-5: 5) Modelo-8 (M-8). Etapas 8 y 9.			(GRAF.7-5: 6) Modelo-5 (M-5). Etapas 7 y 10.		
 <p>E-8</p>	 <p>E-22</p>	 <p>E-24</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-10</p>	
(GRAF.7-5: 7) Modelo-7 (M-7).			(GRAF.7-5: 8) Modelo-9 (M-9). Etapas 22 y 24.		
(GRAF.7-5: 9) Modelo-6 (M-6). Etapas 7 y 10.					

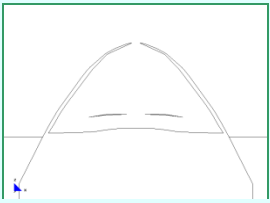
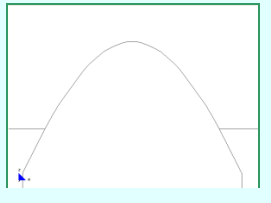
7.5.2 Conclusiones

7.5.2.1 Modelos simétricos: zuncho 0,001x0,001m

En los modelos simétricos con zunchos de dimensiones insignificantes, el trazado del arco de descarga varía en función del modelo que se analiza.

(CUADRO 22) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1, M-2 Y M-3 (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M) ¹⁴³		
E-12 	E-9 	E-9 
(GRAF.7-5: 10) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.	(GRAF.7-5: 11) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.	(GRAF.7-5: 12) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.

1. En el Modelo-1 (GRAF.7-5: 10), se puede apreciar que:
 - a. El trazado del arco cumple con el "CTE", por alcanzar una altura equivalente al 60% de la longitud del hueco¹⁴⁴.
 - b. La parte inferior del arco, incluido el forjado, se cae en primer lugar¹⁴⁵.

(CUADRO 23) COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS ÚLTIMAS ETAPAS DEL MODELO-1	
E-11 	E-12 
(GRAF.7-5: 13) Modelo-2; Etapa-11.	(GRAF.7-5: 14) Modelo-3; Etapa-12

- c. La parte restante del arco se cae en segundo lugar, por excesivas tracciones en la clave del mismo¹⁴⁶.

¹⁴³ En los cuadros "E.." indica el número de la etapa del modelo que se está analizando.

¹⁴⁴ Hay que indicar que fuera de la zona del arco no se ha generado ninguna fisuración.

¹⁴⁵ Ver (GRAF.7-5: 13) del (CUADRO 23).

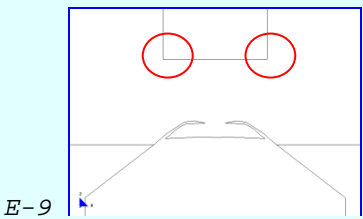
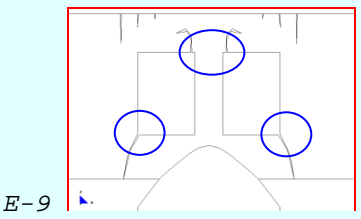
2. En el Modelo-2 (GRAF.7-5: 11), al introducir un nuevo hueco centrado en la planta alta, vemos que:

- d. El arco de descarga completo no se llega a formar.
- e. La fisuración pasa por encima del forjado.
- f. Las discontinuidades se detienen en el momento en que cae la parte inferior de la pared, la misma que incluye parte del forjado.
- g. En ninguna de las aristas del hueco nuevo se producen fisuras.

3. En el Modelo-3 (GRAF.7-5: 12), cuando se introducen dos nuevos huecos en la planta alta, se observa que:

- h. El arco de descarga sí se forma y pasa por encima del forjado¹⁴⁷.
- i. Todas las fisuras restantes se equilibran y detienen su crecimiento cuando cae parte de la pared.
- j. En la parte superior de la pared aparecen fisuras.
- k. Las discontinuidades se detienen en el momento en que la zona colapsada se cae.
- l. En cada uno de los huecos nuevos se desarrollan fisuras en dos de sus aristas¹⁴⁸.

Para mayor comprensión en el (CUADRO 24) se comparan los (GRAF.7-5: 15) y (GRAF.7-5: 16), correspondientes a los modelos 2 y 3 respectivamente.

(CUADRO 24) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: M-2 Y M-3. (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M)	
	
<p>(GRAF.7-5: 15) Modelo-2 (M-2): hueco central en la planta baja y alta.</p>	<p>(GRAF.7-5: 16) Modelo-3 (M-3): hueco central en planta baja y dos en la planta alta.</p>

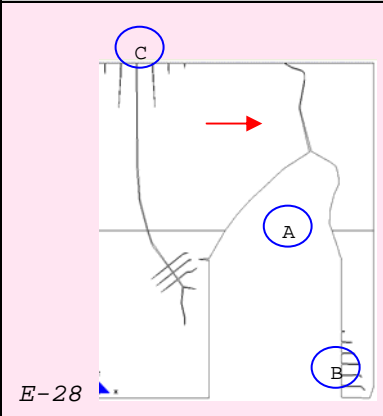
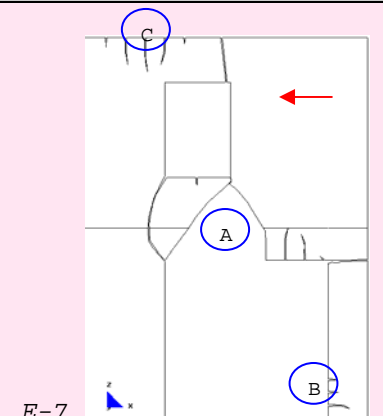
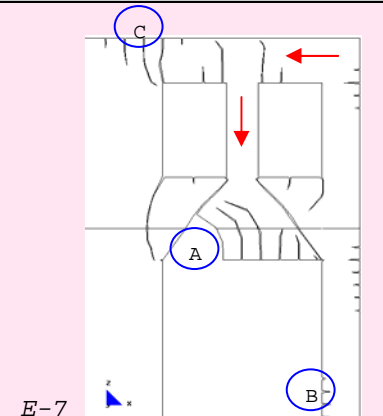
¹⁴⁶ Ver (GRAF.7-5: 14) del (CUADRO 23).

¹⁴⁷ Aproximadamente a los dos tercios de la altura entre el forjado y los huecos nuevos.

¹⁴⁸ Al concentrarse en dichos puntos fuertes tensiones de tracción, en el momento en que la parte central tiende a descender Dichas aristas se resaltan con círculos de color azul.

7.5.2.2 Modelos asimétricos: zuncho 0,001x0,001m

En los modelos asimétricos con zunchos de dimensiones insignificantes se observa que varían considerablemente el trazado del arco de descarga y los modos de colapso, como se aprecia en el siguiente cuadro.

(CUADRO 25) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: M-4, M-5 Y M-6. (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M)		
		
(GRAF.7-5: 17) Modelo-4 (M-4): hueco excéntrico en planta baja.	(GRAF.7-5: 18) Modelo-5 (M-5): hueco excéntrico en plata baja y alta.	(GRAF.7-5: 19) Modelo-6 (M-6): hueco excéntrico en plata baja y dos en planta alta.

4. El proceso de colapso es prolongado¹⁴⁹.
5. La zona rota se mantiene en pie hasta que una parte de la pared se caiga por exceso de deformaciones.
6. La zona "A" de la pared se cae por efecto de la gravedad¹⁵⁰.
7. En la zona "B"¹⁵¹ del modelo se producen fisuras importantes¹⁵².
8. En el caso del Modelo-4 (GRAF.7-5: 17), se aprecia que:
 - a. Las discontinuidades de la zona "C" se inician alejadas del hueco de la planta baja y se prolongan hasta aproximarse a dicha abertura¹⁵³.
 - b. En el (CUADRO 26) se analiza el modo de colapsar del modelo y se observa que el lado izquierdo impone empujes progresivos al lado derecho¹⁵⁴, dando lugar a fuertes momentos flectores¹⁵⁵ en la zona "B". Cuando se produce el fallo de dicha zona se producirá también el colapso del conjunto, teniendo como resultado la pérdida de gran parte de la pared.

¹⁴⁹ Por existir el efecto favorable del engranaje de los materiales (agrietados por completo).

¹⁵⁰ Por no tener ningún elemento en la parte inferior que lo soporte.

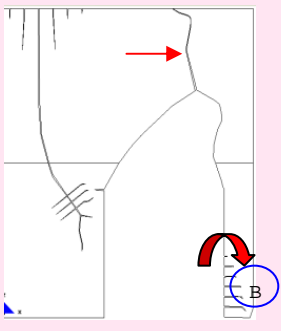
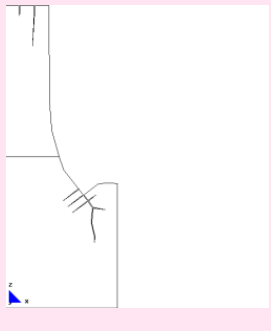
¹⁵¹ Parte inferior-interior de las pilastras.

¹⁵² Originadas por fuertes flexiones que se desarrollan en el proceso de rotura.

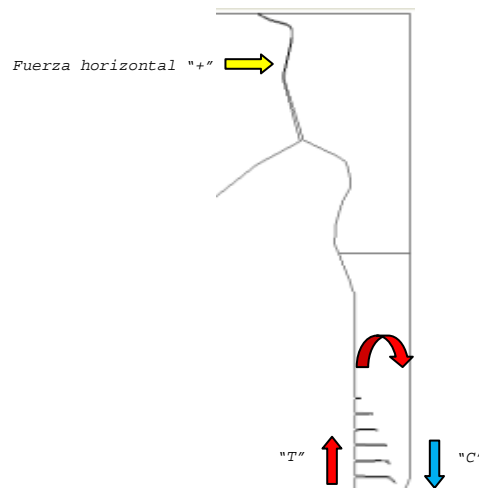
¹⁵³ Que en el modelo es la zona menos rígida.

¹⁵⁴ El sentido del empuje se indica con una flecha en sentido positivo.

¹⁵⁵ Flecha de color rojo en sentido horario

(CUADRO 26) FORMA DE COLAPSAR DEL MODELO-4 (M-4)	
 <p>E-28</p>	 <p>E-30</p>
(GRAF.7-5: 20) Modelo M-4: antes del colapso.	(GRAF.7-5: 21) Modelo M-4: estado final.

- c. Al existir el momento flector en la zona "B", la cara interior falla por excesivas tracciones (T) y la cara exterior por excesivas compresiones (C).



(GRAF.7-5: 22) Esfuerzos en la base de la pilastra.

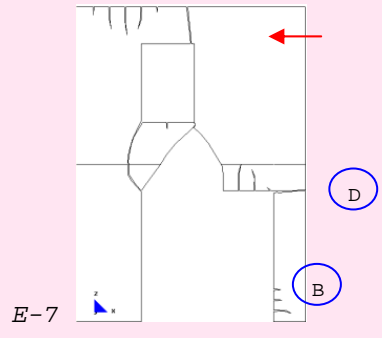
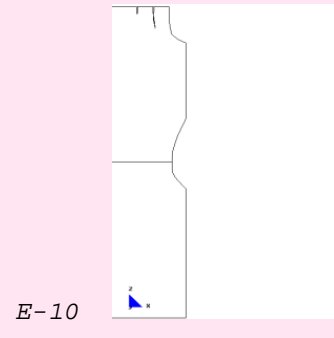
9. En el Modelo-5 (GRAF.7-5: 18), cuando aumentamos un nuevo hueco, se observa que:

- d. Las fisuras de la zona "C" comienzan a nivel del hueco de la planta baja y llegan hasta el hueco de la planta alta¹⁵⁶.
- e. En las aristas del hueco de la planta alta aparecen fisuras¹⁵⁷.
- f. En el (CUADRO 27) se expone el proceso de colapso de este modelo. Se puede ver que cuando la zona "E" rompe por

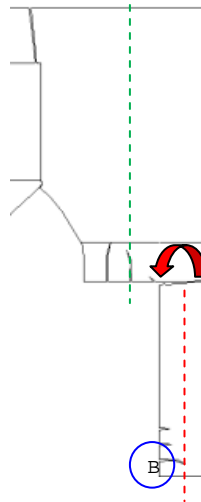
¹⁵⁶ Por ser la zona más débil.

¹⁵⁷ En el hueco de la izquierda, el daño se localiza en la parte inferior-izquierda y parte superior-derecha, mientras que en el hueco derecho, a la inversa.

completo¹⁵⁸, el lado derecho impone fuertes compresiones al lado izquierdo¹⁵⁹⁻¹⁶⁰, mientras que su base se apoya en la pilastra.

(CUADRO 27) FORMA DE COLAPSAR DEL MODELO-5 (M-5)	
 <p>E-7</p>	 <p>E-10</p>
(GRAF.7-5: 23) Modelo M-5: antes del colapso.	(GRAF.7-5: 24) Modelo M-5: estado final.

- g. Las excentricidades existentes entre los centros de gravedad de la pared rota y de la pilastra¹⁶¹ dan como resultado momentos flectores¹⁶² en la base de la pilastra¹⁶³, como se aprecia en el siguiente gráfico.



(GRAF.7-5: 25) Momento originado por la excentricidad.

- h. Cuando la pared tiende a volcar introduce fuertes empujes horizontales a la pilastra¹⁶⁴, lo cual origina la presencia de

¹⁵⁸ Por exceso de compresiones y tracciones.

¹⁵⁹ El sentido del empuje se indica con una flecha en sentido negativo.

¹⁶⁰ El cual es capaz de soportar dichas fuerzas sin problemas, al ser mucho más rígido que la zona rota.

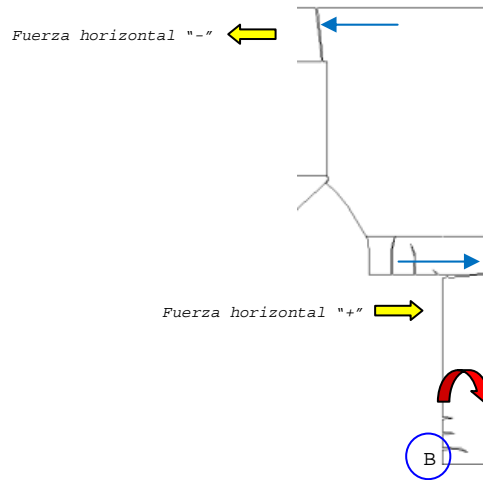
¹⁶¹ La excentricidad es la diferencia de distancia entre las líneas verticales del gráfico en cuestión.

¹⁶² Flecha de color rojo en sentido anti horario.

¹⁶³ Al tener la carga que la pared transmite, aplicada fuera de su eje.

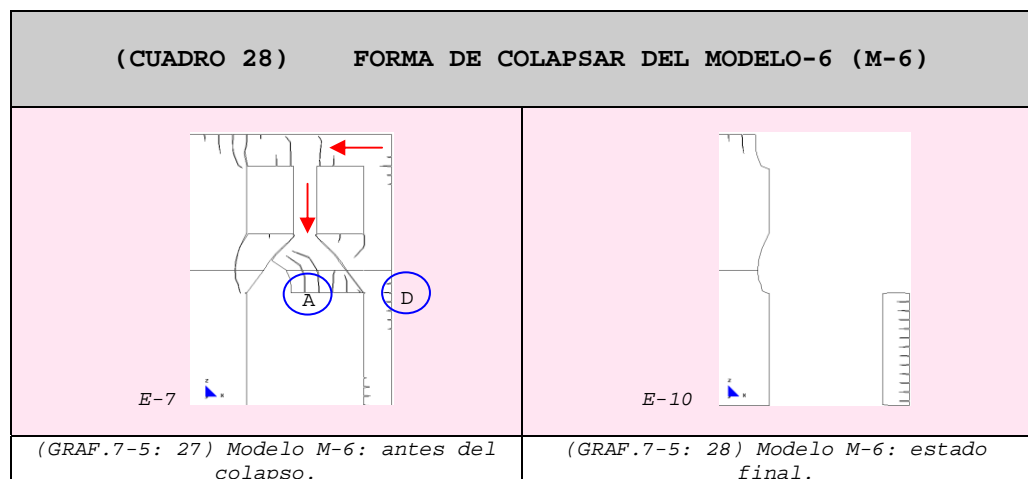
¹⁶⁴ La parte superior tiende a desplazarse hacia la izquierda (apoyando su peso en el lado izquierdo de la pared) y la parte inferior hacia la derecha (introduciendo fuerzas horizontales en su base).

importantes momentos flectores¹⁶⁵ en la zona "B" de sentido opuesto al punto anterior, ver (GRAF.7-5: 26).



(GRAF.7-5: 26) Momento originado por la fuerza horizontal.

- i. En el momento en que la base "B" deja de colaborar¹⁶⁶ se produce el colapso de la pared.
10. En el Modelo-6 (GRAF.7-5: 19), cuando se aumentan los dos nuevos huecos, se aprecia que:
- j. Las fisuras de la zona "C" comienzan a nivel del hueco de la planta baja y llegan hasta los huecos de la planta alta¹⁶⁷.
 - k. En las aristas de los huecos de la planta alta aparecen fisuras¹⁶⁸.
 - l. En el (CUADRO 28) se expone el proceso de colapso de este modelo y se observa que en el momento en que caiga la zona "A", la zona "B" queda libre y vuelca hacia la izquierda, dando lugar a fuertes tracciones en su lado derecho (zona "D").



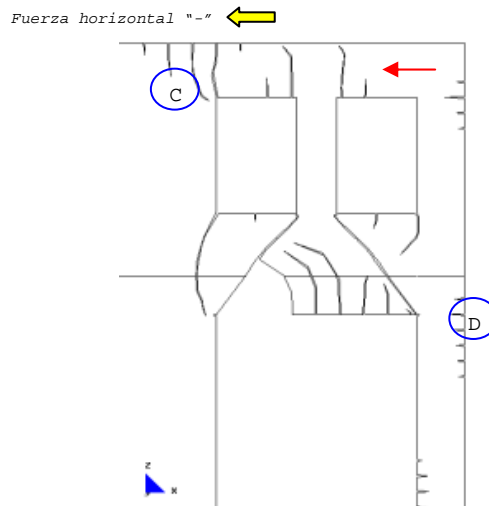
¹⁶⁵ Flecha de color rojo, en sentido horario.

¹⁶⁶ Por exceso de compresiones en la parte exterior y tracciones en la parte interior.

¹⁶⁷ Por ser la zona más débil.

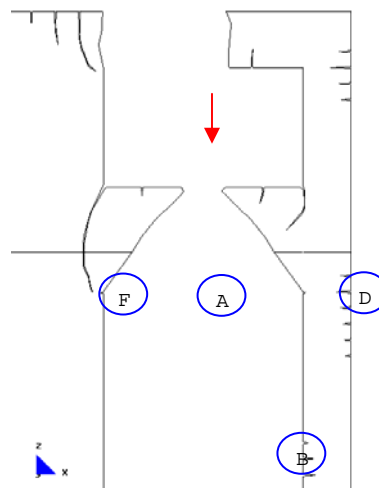
¹⁶⁸ En el hueco de la izquierda el daño se localiza en la parte inferior-izquierda y parte superior-derecha, mientras que en el hueco derecho es a la inversa.

- m. El lado derecho¹⁶⁹, al intentar deformar, impone al lado izquierdo fuerzas de compresión¹⁷⁰, que este último soporta sin dificultad. Además del empuje produce otra ventaja añadida, ya que las fisuras de la zona "C" tienden a cerrarse¹⁷¹.



(GRAF.7-5: 29) Fuerza de compresión impuesta al lado izquierdo.

- n. Cuando la zona "A" cae por efecto de la gravedad, las partes laterales del modelo pueden deformarse libremente. En las zonas "D" y "F" las tensiones se intensifican hasta llegar al colapso, mientras que en la zona "B" se tienden a cerrar las fisuras.



(GRAF.7-5: 30) Pérdida de la parte central y consecuencias posteriores.

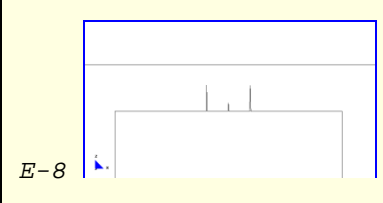
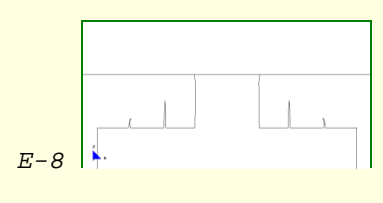
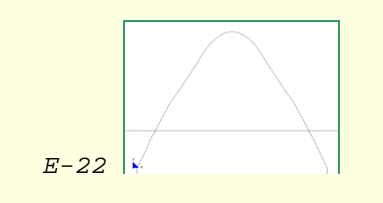
¹⁶⁹ En el sentido de la flecha roja.

¹⁷⁰ Representadas con la flecha de color amarillo.

¹⁷¹ Lógicamente no recuperan la capacidad de resistir tracciones sino sólo compresiones.

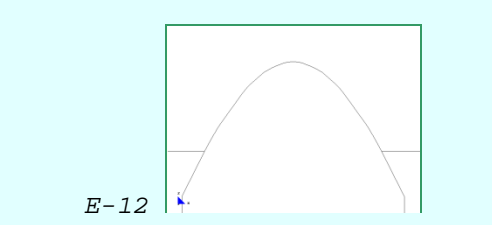
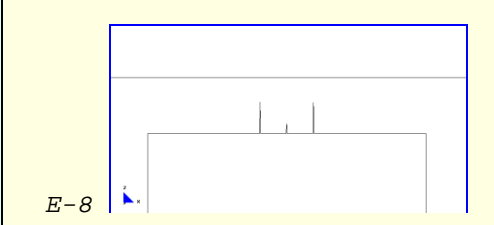
7.5.2.3 Modelos simétricos: zuncho 0,20mx0,20m

Al tener en cuenta la existencia de los zunchos de forjado, los resultados varían de modo considerable. En el (CUADRO 29) se aprecian todos los modelos que intervienen; en ninguno de ellos se aumentan huecos nuevos en las plantas altas.

(CUADRO 29) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-7, M-8 Y M-9 (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,20X0,20M)		
 <p>E-8</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-22</p>
(GRAF.7-5: 31) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.	(GRAF.7-5: 32) Modelo-8 (M-8): modelo de cinco plantas.	(GRAF.7-5: 33) Modelo-9 (M-9): modelo de cinco plantas, considerando un peso equivalente a diez plantas.

11. En el Modelo-7 (GRAF.7-5: 31), correspondiente a la pared de dos plantas con influencia de zuncho, se observa que:

- a. El arco de descarga no se llega a formar.
- b. Las pocas fisuras que se forman detienen su crecimiento mucho antes de llegar al forjado¹⁷².
- c. El zuncho introduce compresiones laterales al modelo, reduciendo notablemente su fisuración¹⁷³.
- d. Este modelo es idéntico al Modelo-1, salvo la existencia del zuncho, por ello nos parece interesante en el (CUADRO 30) comparar ambos modelos.

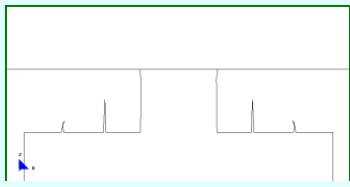
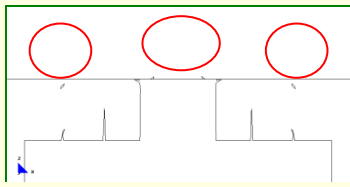
(CUADRO 30) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-7	
<p>Modelo sin zuncho.</p>  <p>E-12</p>	<p>Modelo con zuncho.</p>  <p>E-8</p>
(GRAF.7-5: 34) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja.	(GRAF.7-5: 35) Modelo-7 (M-7): modelo de dos plantas.

¹⁷² Por el efecto del zuncho de forjado embebido en el muro.

¹⁷³ Ver Capítulos 3 y 4.

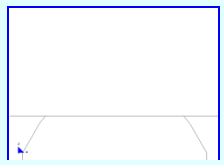
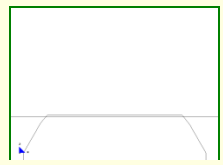

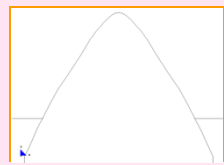
12. El Modelo-8 (GRAF.7-5: 32), que corresponde a la pared de cinco plantas con una carga equivalente de 5 y 8 plantas y con influencia del zuncho¹⁷⁴, se aprecia que:

- e. En la Etapa-8, al aplicar el peso total de cinco plantas no se llega a formar el arco de descarga, incluso se detiene el crecimiento de las fisuras existentes (GRAF.7-5: 36).
- f. En la Etapa-9, cuando aplicamos el peso equivalente de ocho plantas se empiezan a formar las fisuras inclinadas que dan lugar al arco (GRAF.7-5: 37), alcanzando el objetivo buscado.

(CUADRO 31) COMPARACIÓN ENTRE LAS ETAPAS 8 Y 9 DEL MODELO-8	
<p>No se forman fisuras inclinadas: peso equivalente a 5 plantas.</p>  <p>E-8</p>	<p>Formación de fisuras inclinadas: peso equivalente a 8 plantas.</p>  <p>E-9</p>
(GRAF.7-5: 36) Modelo-8; Etapa-8	(GRAF.7-5: 37) Modelo-8; Etapa-9

13. El Modelo-9 (GRAF.7-5: 33), modelo de 5 plantas con una carga equivalente a 10 plantas¹⁷⁵, se aprecia que:

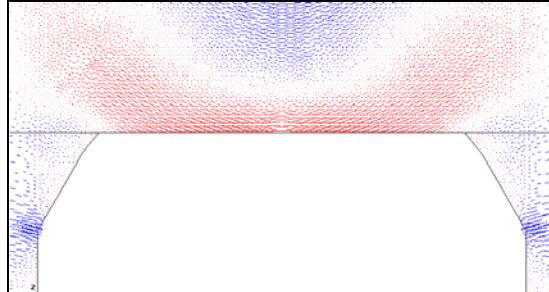
- g. El daño se puede clasificar en cuatro grupos de etapas, como se aprecia a continuación.

(CUADRO 32) COMPARACIÓN CUATRO ETAPAS PUNTUALES DEL MODELO-9			
<p style="text-align: center;">E-1 a E-8</p> 	<p style="text-align: center;">E-9</p> 	<p style="text-align: center;">E-10 a E-22</p> 	<p style="text-align: center;">E-23 a E-24</p> 
(GRAF.7-5: 38) Caída de la zona inferior de la pared en la Etapa E-8. H=50cm.	(GRAF.7-5: 39) Pérdida de adherencia entre la parte superior de la pared y el zuncho de forjado, en la Etapa E-9.	(GRAF.7-5: 40) Formación del arco de descarga con la existencia del zuncho de forjado, en la Etapa E-22.	(GRAF.7-5: 41) Formación del arco de descarga, en el caso hipotético de rotura del zuncho de forjado, en la Etapa E-24.

¹⁷⁴ Este modelo se ha desarrollado con la finalidad de determinar la carga necesaria para que se inicie la formación del arco de descarga, teniendo presente que en el modelo anterior no se llegó a formar el arco de descarga.

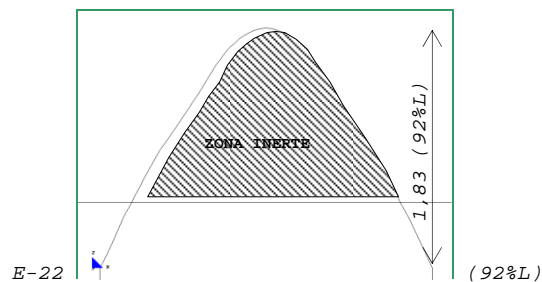
¹⁷⁵ Se ha incluido con la finalidad de analizar el proceso de daño de la pared hasta el colapso de la pared, con una carga superior al modelo anterior, que como máximo se llegó a 8 plantas.

- h. En el primer grupo (GRAF.7-5: 38), la parte inferior de la pared se llega a la caída por completo.
- i. En el segundo grupo (GRAF.7-5: 39) se produce la pérdida de adherencia entre el zuncho y la parte superior de la pared¹⁷⁶.



(GRAF.7-5: 42) Excesivas "fuerzas de tracción" localizadas en la unión entre el zuncho y la parte superior de la pared.

- j. En el tercer grupo (GRAF.7-5: 40)¹⁷⁷, el arco de descarga se forma por completo, con una altura total equivalente al 92% (1,83m) del ancho del hueco, como se puede apreciar en el (GRAF.7-5: 43).



(GRAF.7-5: 43) Modelo-9; Etapa-22: trazado del arco, contando con la continuidad del zuncho.

- k. La parte rota de la pared¹⁷⁸ permanece como una zona inerte que se apoya en el zuncho y cae sólo en el momento que éste supera la tensión del material y rompe¹⁷⁹.
- l. El zuncho nunca pierde su continuidad por ser más resistente¹⁸⁰.
- m. En el último grupo (GRAF.7-5: 41), en el momento en que el zuncho pierde su continuidad¹⁸¹, se observa que la clave del

¹⁷⁶ Originado por las excesivas tracciones en esta zona.

¹⁷⁷ Después de diferentes etapas y teniendo en cuenta la colaboración del zuncho de forjado.

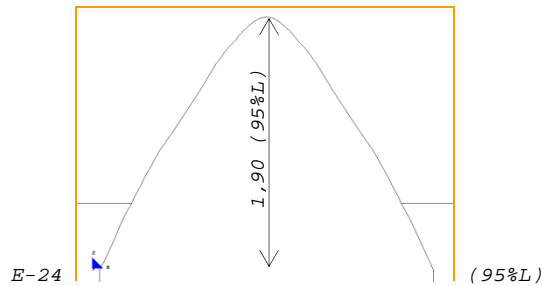
¹⁷⁸ Ubicada en la parte interior del arco.

¹⁷⁹ Ver (GRAF.7-5: 43).

¹⁸⁰ El zuncho es de hormigón armado, por lo tanto, para romper necesitaría fuerzas superiores a las que tenemos en el modelo. A pesar de ello lo hemos considerado, a modo hipotético, para ver el comportamiento de la pared hasta el final del proceso de colapso.

¹⁸¹ A modo hipotético, porque no llega a romper en la realidad.

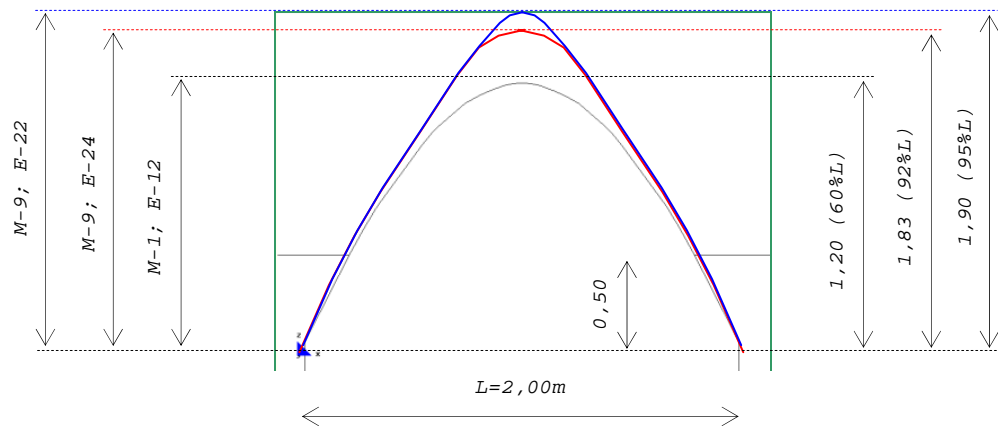
arco se sobretensiona y se sigue fisurando hasta alcanzar una altura aproximada al 95% del ancho del hueco (1,90m)¹⁸².



(GRAF.7-5: 44) Modelo-9; Etapa-24: trazado del arco final, considerando el caso hipotético de pérdida de continuidad del zuncho.

14. Con el fin de poder analizar la evolución de la altura de los arcos, vemos que en el (GRAF.7-5: 45):

- n. Se presenta un esquema de superposición de tres de ellos. Por orden de altura, de menor a mayor, tenemos: el arco del Modelo-1¹⁸³, el arco del Modelo-9 - Etapa-22¹⁸⁴ y el arco del Modelo-9 - Etapa-24¹⁸⁵.



(GRAF.7-5: 45) Superposición de los arcos de los modelos M-1 y M-9.

- o. Observamos que el arco del M-1 cumple exactamente con el 60%L¹⁸⁶, tal como se indica en el "CTE"¹⁸⁷.
- p. En las dos etapas del Modelo-9 el arco alcanza más altura por dos motivos: por un lado, por la existencia del zuncho de forjado y por otro, por el aumento de la carga. En estos dos casos las alturas son del 92%L (etapa E-22) y del 95%L (etapa E-24).

¹⁸² Seguido del estado de equilibrio de la pared.

¹⁸³ Arco representado en color negro.

¹⁸⁴ Arco representado en color rojo.

¹⁸⁵ Arco representado en color azul.

¹⁸⁶ Siendo L la longitud del hueco.

¹⁸⁷ Como valor de la altura del arco de descarga.

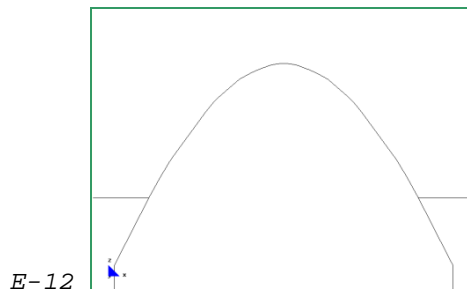
7.5.2.4 Comparación entre modelos simétricos y asimétricos

Si comparamos los modelos simétricos y asimétricos, ambos únicamente con el hueco en la planta baja, observamos que:

15. Hay diferencias importantes en el trazado del arco de descarga y en el mecanismo de colapso.

16. En el modelo simétrico se aprecia que¹⁸⁸:

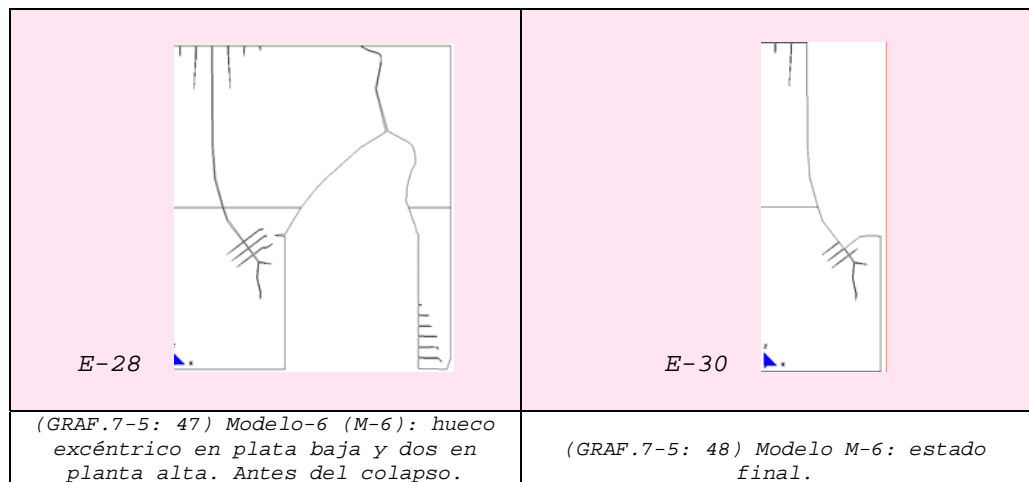
- a. El trazado del arco es bastante claro.
- b. El material que colapsa se sitúa en el interior del mismo.
- c. En la parte restante de la pared no se produce ningún tipo de fisuración.



(GRAF.7-5: 46) Modelo-1 (M-1): hueco central en la planta baja. Modelo simétrico.

17. Mientras que en los modelos asimétricos se distingue que¹⁸⁹:

- d. El mecanismo de colapso es más complejo.
- e. El trazado del arco es poco intuitivo.
- f. La superficie de pared que cae es mucho mayor en comparación con el modelo anterior¹⁹⁰.



¹⁸⁸ Ver gráfico (GRAF.7-5: 46).

¹⁸⁹ Ver gráficos (GRAF.7-5: 47) y (GRAF.7-5: 48).

¹⁹⁰ Hay que tener en cuenta que el ancho del hueco en todos los modelos es el mismo, aunque ha sido necesario utilizar diferentes escalas en la representación gráfica de los mismos.

ÍNDICE DE CUADROS

(CUADRO 1)	PROCESO PARA LOCALIZAR LA UBICACIÓN DE LAS FISURAS	7-20
(CUADRO 2)	ANÁLISIS DE LA ZONA "T"	7-22
(CUADRO 3)	PROCESO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE LA DIRECCIÓN DE LAS FISURAS	7-24
(CUADRO 4)	EJEMPLO PRÁCTICO DE OBTENCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO DE ACUERDO AL APARTADO 7.1.1.3.1	7-30
(CUADRO 5)	ORGANIGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES	7-33
(CUADRO 6)	CUADRO DE RESUMEN DE LOS MODELOS A ESTUDIAR	7-54
(CUADRO 7)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO	7-57
(CUADRO 8)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS	7-58
(CUADRO 9)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MALLADO UTILIZADO	7-59
(CUADRO 10)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-67
(CUADRO 11)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-88
(CUADRO 12)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-105
(CUADRO 13)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-124
(CUADRO 14)	CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-126
(CUADRO 15)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-171
(CUADRO 16)	CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-172
(CUADRO 17)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS HUECOS EN PLANTA ALTA. ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	7-198
(CUADRO 18)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE DOS PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M	7-217
(CUADRO 19)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M	7-229
(CUADRO 20)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS. ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M	7-245
(CUADRO 21)	RESUMEN DE LA FORMACIÓN DE LOS ARCOS DE DESCARGA DE TODOS LOS MODELOS	7-282
(CUADRO 22)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1, M-2 Y M-3 (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M)	7-283
(CUADRO 23)	COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS ÚLTIMAS ETAPAS DEL MODELO-1	7-283
(CUADRO 24)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: M-2 Y M-3. (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M)	7-284
(CUADRO 25)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: M-4, M-5 Y M-6. (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,001X0,001M)	7-285
(CUADRO 26)	FORMA DE COLAPSAR DEL MODELO-4 (M-4)	7-286

(CUADRO 27)	FORMA DE COLAPSAR DEL MODELO-5 (M-5)	7-287
(CUADRO 28)	FORMA DE COLAPSAR DEL MODELO-6 (M-6)	7-288
(CUADRO 29)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-7, M-8 Y M-9 (CON ZUNCHO DE FORJADO 0,20X0,20M)	7-290
(CUADRO 30)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-7	7-290
(CUADRO 31)	COMPARACIÓN ENTRE LAS ETAPAS 8 Y 9 DEL MODELO-8	7-291
(CUADRO 32)	COMPARACIÓN CUATRO ETAPAS PUNTUALES DEL MODELO-9	7-291

ÍNDICE DE GRÁFICOS

(GRAF.7-1: 1) SELECCIÓN DE TODA LA ZONA TRACCIONADA DEL MODELO.	7-20
(GRAF.7-1: 2) SELECCIÓN DE LA ZONA TRACCIONADA QUE SUPERA LA σ_T	7-20
(GRAF.7-1: 3) SELECCIÓN DE LA ZONA QUE SE ROMPE EN PRIMER LUGAR.	7-20
(GRAF.7-1: 4) FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-20
(GRAF.7-1: 5) LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS MENOS TENSIONADAS QUE NO DESAPARECEN DE UNA ETAPA A OTRA.	7-20
(GRAF.7-1: 6) FORMACIÓN DE FISURAS EN LAS ZONAS LOCALIZADAS EN EL PASO ANTERIOR.	7-20
(GRAF.7-1: 7) VECTORES "SII".	7-24
(GRAF.7-1: 8) FUERZAS "N11".	7-24
(GRAF.7-1: 9) INTEGRACIÓN DE LOS VECTORES "SII" ³⁴ , EN DIFERENTES DIRECCIONES.	7-24
(GRAF.7-1: 10) DOS FISURAS: VECTORES "SII".	7-24
(GRAF.7-1: 11) DOS FISURAS: FUERZAS "N11".	7-24
(GRAF.7-1: 12) UNA FISURA: VECTORES "SII".	7-24
(GRAF.7-1: 13) UNA FISURA: FUERZAS N11.	7-24
(GRAF.7-1: 14) CLASIFICACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS GEOMÉTRICAS UTILIZADAS.	7-27
(GRAF.7-1: 15) EJEMPLO DE GEOMETRÍA SIMÉTRICA.	7-27
(GRAF.7-1: 16) EJEMPLO DE GEOMETRÍA ASIMÉTRICA.	7-27
(GRAF.7-1: 17) MAYOR EMPUJE: LADO DERECHO.	7-28
(GRAF.7-1: 18) MAYOR EMPUJE: LADO IZQUIERDO.	7-28
(GRAF.7-1: 19) REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE LA PARED. MAYOR EMPUJE: LADO DERECHO.	7-29
(GRAF.7-1: 20) δX : LADO IZQUIERDO.	7-31
(GRAF.7-1: 21) δX : LADO DERECHO.	7-31
(GRAF.7-1: 22) δZ : LADO IZQUIERDO.	7-31
(GRAF.7-1: 23) δZ : LADO DERECHO.	7-31
(GRAF.7-1: 24) CONDICIONES DE CONTORNO INICIALES.	7-32
(GRAF.7-1: 25) LADO IZQUIERDO DE LA ROTURA.	7-32
(GRAF.7-1: 26) LADO DERECHO DE LA ROTURA.	7-32
(GRAF.7-1: 27) LADO IZQUIERDO DE LA ROTURA.	7-32
(GRAF.7-1: 28) LADO DERECHO DE LA ROTURA.	7-32
(GRAF.7-1: 29) CONDICIONES DE CONTORNO DEFINITIVAS.	7-32
(GRAF.7-1: 30) REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE LA PARED. MAYOR EMPUJE: LADO IZQUIERDO.	7-34
(GRAF.7-1: 31) ESQUEMA LINEAL PARA OBTENER LA EXPRESIÓN MATEMÁTICA.	7-35
(GRAF.7-1: 32) MODELO-4, ETAPA-00 (MOD-4, E-00).	7-37
(GRAF.7-1: 33) GRÁFICO DEL MODELO COMPLETAMENTE LIBERADO EN LA ZONA DE LA ROTURA.	7-37
(GRAF.7-1: 34) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS REACCIONES TOTALES.	7-38

(GRAF.7-1: 35)	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS δ_{CALC} O $\delta_{REAL-IZQ}$	7-43
(GRAF.7-1: 36)	EVOLUCIÓN DEL DAÑO EN LA BASE DEL LADO IZQUIERDO:	7-44
(GRAF.7-1: 37)	REPRESENTACIÓN DE LA $\delta_{REAL-DER}$	7-45
(GRAF.7-1: 38)	EVOLUCIÓN DEL DAÑO EN LA BASE DEL LADO DERECHO:	7-45
(GRAF.7-1: 39)	COMPARATIVA ENTRE LOS DESPLAZAMIENTOS REALES: IZQ-DER.	7-46
(GRAF.7-1: 40)	EVOLUCIÓN DE LAS FUERZAS APLICADAS A LOS MODELOS N_{EMPUJE}	7-47
(GRAF.7-1: 41)	COMPARACIÓN ENTRE LAS FUERZAS UTILIZADAS Y LAS CALCULADAS LINEALMENTE	7-48
(GRAF.7-1: 42)	RELACIÓN FUERZA-DESPLAZAMIENTO DE CÁLCULO	7-49
(GRAF.7-1: 43)	RELACIÓN FUERZA-DESPLAZAMIENTO REALES	7-50
(GRAF.7-1: 44)	MODELO-1 (M-1): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA	7-54
(GRAF.7-1: 45)	MODELO-2 (M-2): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA Y ALTA	7-54
(GRAF.7-1: 46)	MODELO-3 (M-3): HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA	7-54
(GRAF.7-1: 47)	MODELO-4 (M-4): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA	7-54
(GRAF.7-1: 48)	MODELO-5 (M-5): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA	7-54
(GRAF.7-1: 49)	MODELO-6 (M-6): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS EN PLANTA ALTA	7-54
(GRAF.7-1: 50)	MODELO-7 (M-7): MODELO DE DOS PLANTAS	7-54
(GRAF.7-1: 51)	MODELO-8 (M-8): MODELO DE CINCO PLANTAS	7-54
(GRAF.7-1: 52)	MODELO-9 (M-9): MODELO DE CINCO PLANTAS, CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A DIEZ PLANTAS	7-54
(GRAF.7-1: 53)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-X (δX)	7-57
(GRAF.7-1: 54)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Y (δY)	7-57
(GRAF.7-1: 55)	REPRESENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO-Z (δZ)	7-57
(GRAF.7-1: 56)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-X (θX)	7-57
(GRAF.7-1: 57)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Y (θY)	7-57
(GRAF.7-1: 58)	REPRESENTACIÓN DEL GIRO-Z (θZ)	7-57
(GRAF.7-1: 59)	"SII": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS AZULES COMPRESIONES	7-58
(GRAF.7-1: 60)	"N22": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "22=Y" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "Y")	7-58
(GRAF.7-1: 61)	"NY=NY'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "YY=Y'" (EN EL EJE LOCAL "Y'")	7-58
(GRAF.7-1: 62)	"SI": DIRECCIÓN DE LOS VECTORES PRINCIPALES (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X"). LOS VECTORES ROJOS REPRESENTAN TRACCIONES Y LOS AZULES COMPRESIONES	7-58
(GRAF.7-1: 63)	"N11": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "11=X" (EN EL EJE DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL "X")	7-58
(GRAF.7-1: 64)	"NX=NX'": FUERZAS EN LA DIRECCIÓN "XX=X'" (EN EL EJE LOCAL "X'")	7-58
(GRAF.7-1: 65)	MODELO-1 (M-1): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M	7-59
(GRAF.7-1: 66)	MODELO-2 (M-2): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M	7-59

(GRAF.7-1: 67) MODELO-3 (M-3): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 68) LADO DEL MODELO QUE DA A UN HUECO: MALLA 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 69) MODELO-4 (M-4): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 70) MODELO-5 (M-5): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 71) MODELO-6 (M-6): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 72) LADO DEL MODELO QUE DA A UN HUECO: MALLA 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 73) MODELO-7 (M-7):	7-59
(GRAF.7-1: 74) MODELO-8 (M-8): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 75) MODELO-9 (M-9): MALLADO GRANDE = 1,00M; MALLADO PEQUEÑO = 0,05M.	7-59
(GRAF.7-1: 76) EN LA CABEZA DE LAS FISURAS: MALLA 0,01M.	7-59
(GRAF.7-2: 1) PARED SIN FISURACIÓN.	7-67
(GRAF.7-2: 2) FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO.	7-67
(GRAF.7-2: 3) AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS A EXCEPCIÓN DE LAS FISURAS LATERALES.	7-67
(GRAF.7-2: 4) AUMENTO DE LAS TRES FISURAS CENTRALES E INICIO DEL SEGUNDO GRUPO DE FISURAS, DE LAS CUALES LAS INCLINADAS INICIAN LA FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA.	7-67
(GRAF.7-2: 5) AUMENTO DE LA FISURA CENTRAL DEL PRIMER GRUPO Y CRECIMIENTO DE LAS FISURAS DEL SEGUNDO GRUPO.	7-67
(GRAF.7-2: 6) AUMENTO DE LA FISURA CENTRAL DEL PRIMER GRUPO Y CRECIMIENTO DE LAS FISURAS DEL SEGUNDO GRUPO. AUMENTO DE DOS NUEVAS FISURAS.	7-67
(GRAF.7-2: 7) AUMENTO DE LA FISURA CENTRAL DEL PRIMER GRUPO Y CRECIMIENTO DE LAS FISURAS DE LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED.	7-67
(GRAF.7-2: 8) AUMENTO Y DESVIACIÓN DE LA FISURA CENTRAL DEL PRIMER GRUPO Y CRECIMIENTO DE LAS FISURAS DE LA PARTE SUPERIOR.	7-67
(GRAF.7-2: 9) ROTURA COMPLETA DE LA PARTE INFERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS Y CRECIMIENTO DE LAS FISURAS HORIZONTALES.	7-67
(GRAF.7-2: 10) CRECIMIENTO DE LA PARTE SUPERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS Y DE LAS FISURAS HORIZONTALES.	7-67
(GRAF.7-2: 11) CRECIMIENTO DE LA PARTE SUPERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS. ROTURA COMPLETA EN LA ZONA "B" Y COLAPSO DE LA ZONA "A".	7-67
(GRAF.7-2: 12) ROTURA COMPLETA EN LA ZONA "D" Y COLAPSO DE LA ZONA "C". FORMACIÓN TOTAL DEL ARCO DE DESCARGA. SE ALCANZA EL ESTADO DE EQUILIBRIO DE LA PARED.	7-67
(GRAF.7-2: 13) PARED SIN FISURACIÓN.	7-88
(GRAF.7-2: 14) FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO.	7-88
(GRAF.7-2: 15) AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-88
(GRAF.7-2: 16) AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTES. PRESENCIA DE UN NUEVO GRUPO DE FISURAS: INCLINADAS (QUE INICIAN LA FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA) Y HORIZONTAL.	7-88
(GRAF.7-2: 17) DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. FINALIZAN SU CRECIMIENTO LAS DOS FISURAS LATERALES INFERIORES DE CADA LADO.	7-88
(GRAF.7-2: 18) DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES.	7-88

(GRAF.7-2: 19)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTES. DESVIACIÓN (PRÁCTICAMENTE HORIZONTAL) DE LA PARTE SUPERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS.	7-88
(GRAF.7-2: 20)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS. ROTURA COMPLETA DE LA FISURA HORIZONTAL.	7-88
(GRAF.7-2: 21)	ROTURA COMPLETA EN LA ZONA "B" Y COLAPSO DE LA ZONA "A". SE ALCANZA EL ESTADO DE EQUILIBRIO DE LA PARED.	7-88
(GRAF.7-2: 22)	PARED SIN FISURACIÓN.	7-105
(GRAF.7-2: 23)	FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS. ENTRE ELLAS LAS QUE SE LOCALIZAN EN LOS EXTREMOS DE LOS HUECOS DE PLANTA ALTA.	7-105
(GRAF.7-2: 24)	AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS. INICIO DEL SEGUNDO GRUPO DE FISURAS: UNAS SON LAS INCLINADAS (QUE DARÁN LUGAR A LA FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA) Y OTRAS SE UBICAN EN LOS EXTREMOS SUPERIORES DE LOS HUECOS.	7-105
(GRAF.7-2: 25)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS DE AMBOS GRUPOS. LAS FISURAS INFERIORES-EXTREMAS DE LOS HUECOS SE DETIENEN POR COMPLETO A LA ALTURA DEL FORJADO Y NO VUELVEN A CRECER.	7-105
(GRAF.7-2: 26)	AUMENTO Y DESVIACIÓN DE ALGUNAS FISURAS EXISTENTES. INICIO DE UN NUEVO GRUPO DE FISURAS: EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED Y EN ENCIMA DEL FORJADO.	7-105
(GRAF.7-2: 27)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTES DE LOS DIFERENTES GRUPOS.	7-105
(GRAF.7-2: 28)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTES.	7-105
(GRAF.7-2: 29)	ROTURA DE LA ZONA "B" Y COLAPSO DE LA ZONA "A".	7-105
(GRAF.7-2: 30)	CRECIMIENTO DE LAS FISURAS (C Y D). POSTERIOR EQUILIBRIO DEL CONJUNTO.	7-105
(GRAF.7-3: 1)	PARED SIN FISURACIÓN.	7-124
(GRAF.7-3: 2)	FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO.	7-124
(GRAF.7-3: 3)	AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS E INICIO DE LA FISURA HORIZONTAL.	7-124
(GRAF.7-3: 4)	AUMENTO LAS FISURAS EXISTENTES E INICIO DE LA FISURA INCLINADA.	7-124
(GRAF.7-3: 5)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES E INICIO DE UN NUEVO GRUPO DE FISURAS HORIZONTALES.	7-124
(GRAF.7-3: 6)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. PÉRDIDA DE LA ZONA "A" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 7)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN Y BIFURCACIÓN EN ALGUNA DE ELLAS. PÉRDIDA DE LA ZONA "B" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 8)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTES. PÉRDIDA COMPLETA DE LA ZONA "C" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 9)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. ROTURA COMPLETA EN LA ZONA "D" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 10)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. PÉRDIDA DE LA ZONA "E" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 11)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS.	7-124
(GRAF.7-3: 12)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. PÉRDIDA DE LA ZONA "F" DE LA PARED.	7-124
(GRAF.7-3: 13)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS.	7-124

(GRAF.7-3: 14)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. INICIO DE UN NUEVO GRUPO DE FISURAS EN LA PARTE SUPERIOR.	7-124
(GRAF.7-3: 15)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO DE ALGUNAS DE ELLAS.	7-124
(GRAF.7-3: 16)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS.	7-125
(GRAF.7-3: 17)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS.	7-125
(GRAF.7-3: 18)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS.	7-125
(GRAF.7-3: 19)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. INICIO DE NUEVAS FISURAS EN LA ZONA "I" DE LA PARED.	7-125
(GRAF.7-3: 20)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, CON DESVIACIÓN DEL SENTIDO EN ALGUNA DE ELLAS. PÉRDIDA DE LA ZONA "G" DE LA PARED.	7-125
(GRAF.7-3: 21)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, EN ESPECIAL EN LA ZONA "L". ROTURA COMPLETA DE LA PARED EN LA ZONA "H".	7-125
(GRAF.7-3: 22)	A PARTIR DE ESTA ETAPA SE IMPONEN LAS FUERZAS ESPECIALES VER (CUADRO 14). DESARROLLO DE LA FISURA DE LA ZONA "L". PRESENCIA DE NUEVAS FISURAS EN LA ZONA "J". LAS FISURAS EN LA ZONA "I" SE COMIENZAN A CERRAR.	7-125
(GRAF.7-3: 23)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. EN LA ZONA "I" LAS FISURAS SE CIERRAN COMPLETAMENTE.	7-125
(GRAF.7-3: 24)	DESARROLLO Y BIFURCACIÓN DE LA FISURA DE LA ZONA "L" Y DESARROLLO ACELERADO DE LAS FISURAS DE LA PILASTRA.	7-125
(GRAF.7-3: 25)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES, E INICIO DE NUEVAS FISURAS APROXIMADAMENTE PERPENDICULARES A LA EXISTENTE DE LA ZONA "L".	7-125
(GRAF.7-3: 26)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. INICIO DE EXCESIVAS COMPRESIONES EN LA ZONA "J".	7-125
(GRAF.7-3: 27)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES Y CAMBIO DE SENTIDO EN ALGUNAS DE ELLAS. INICIO DE EXCESIVAS COMPRESIONES EN LA ZONA "K". ...	7-125
(GRAF.7-3: 28)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES Y CAMBIO DE SENTIDO EN ALGUNAS DE ELLAS. CRECIMIENTO EXCESIVO DE LAS ZONAS COMPRIMIDAS "K" Y "J".	7-125
(GRAF.7-3: 29)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. PÉRDIDA COMPLETA DE LA CONTINUIDAD POR COMPRESIONES EXCESIVAS EN LAS ZONAS "K" Y "J". POSTERIOR COLAPSO DE LA ZONA "L".	7-125
(GRAF.7-3: 30)	COLAPSO DE LA ZONA "M" Y POSTERIOR EQUILIBRIO DE LA PARED.	7-125
(GRAF.7-3: 31)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-21.	7-126
(GRAF.7-3: 32)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-22.	7-126
(GRAF.7-3: 33)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-23.	7-126
(GRAF.7-3: 34)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-24.	7-126
(GRAF.7-3: 35)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-25.	7-126
(GRAF.7-3: 36)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-26.	7-126
(GRAF.7-3: 37)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-27.	7-126
(GRAF.7-3: 38)	LADO IZQUIERDO LIBRE Y CARGA APLICADA EN EL LADO DERECHO: E-28.	7-126
(GRAF.7-3: 39)	PARED SIN FISURAR.	7-171

(GRAF.7-3: 40)	FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO Y EN LA ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA DEL HUECO.	7-171
(GRAF.7-3: 41)	CRECIMIENTO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS Y FORMACIÓN DEL SEGUNDO GRUPO, ENTRE ELLAS LAS DE LA ZONA "M".	7-171
(GRAF.7-3: 42)	DESARROLLO Y CAMBIO DE SENTIDO DE LAS FISURAS EXISTENTES DEL PRIMER Y SEGUNDO GRUPO.	7-171
(GRAF.7-3: 43)	CRECIMIENTO DE FISURAS E INICIO DEL TERCER GRUPO DE FISURAS. ROTURA COMPLETA EN LAS ZONAS "A" Y "B" DE LA PARED.	7-171
(GRAF.7-3: 44)	IMPOSICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES (CUADRO 16). DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES DE LOS DIFERENTES GRUPOS. SE CIERRAN LAS FISURAS DE LA ZONA "M".	7-171
(GRAF.7-3: 45)	DESARROLLO DE LA FISURA DE LA ZONA "D" Y EXCESIVAS COMPRESIONES EN LA ZONA "E" PERDIÉNDOSE POR COMPLETO LA CONTINUIDAD ENTRE AMBOS LADOS DE LA PARED. COLAPSO DE LA ZONA "C". ROTURA EN LA ZONA "F", POR EXCESIVAS COMPRESIONES Y TRACCIONES.	7-171
(GRAF.7-3: 46)	EN LA ZONA "F" LA PARTE QUE FALLA POR TRACCIÓN TIENE QUE SER CAPAZ DE SOPORTAR COMPRESIONES, CERRÁNDOSE INCLUSO LAS FISURAS EN DICHA ZONA. EN LA ZONA "G" SE PRODUCE EXCESO DE TRACCIONES Y COMPRESIONES.	7-171
(GRAF.7-3: 47)	FALLO POR EXCESIVAS COMPRESIONES EN LA BASE DE LA PILASTRA, ZONA "G", LO CUAL ORIGINA EL COLAPSO DE LAS TRES ZONAS "J", "I" Y "H". SE VUELVEN A ABRIR LAS FISURAS DE LA ZONA "M".	7-171
(GRAF.7-3: 48)	COLAPSO DE LA ZONA "E", AL PRODUCIRSE EXCESIVAS TRACCIONES EN LA ZONA "L" Y POSTERIOR EQUILIBRIO DE LA PARED.	7-171
(GRAF.7-3: 49)	DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES DE LA E-5.	7-172
(GRAF.7-3: 50)	DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES DE LA E-6.	7-172
(GRAF.7-3: 51)	DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES DE LA E-7.	7-172
(GRAF.7-3: 52)	DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO ESPECIALES DE LA E-8.	7-172
(GRAF.7-3: 53)	PARED SIN FISURACIÓN.	7-198
(GRAF.7-3: 54)	FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO Y FISURAS INCLINADAS TANTO EN LA PARTE INFERIOR DEL HUECO COMO ENCIMA DEL FORJADO.	7-198
(GRAF.7-3: 55)	AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS Y FORMACIÓN DEL SEGUNDO GRUPO.	7-198
(GRAF.7-3: 56)	AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER Y SEGUNDO GRUPO DE FISURAS.	7-198
(GRAF.7-3: 57)	AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER Y SEGUNDO GRUPO DE FISURAS. FORMACIÓN DEL TERCER GRUPO DE FISURAS.	7-198
(GRAF.7-3: 58)	DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES. ROTURA COMPLETA DE LAS ZONAS "A" Y "B". DESPRENDIMIENTO COMPLETO DE LA ZONA "C" DE LA PARED.	7-198
(GRAF.7-3: 59)	EXCESIVAS COMPRESIONES EN LAS ZONAS "A" Y "B". ASÍ TAMBIÉN EN LA ZONA "D", EN LA CUAL LA PARED PIERDE POR COMPLETO LA CONTINUIDAD. LA ZONA "E" SE ROMPE TANTO POR EXCESO DE COMPRESIONES COMO DE TRACCIONES.	7-198
(GRAF.7-3: 60)	ROTURA COMPLETA EN LA ZONA "F" Y PÉRDIDA DE PARED EN LA ZONA "G".	7-198
(GRAF.7-3: 61)	AUMENTO DE LAS COMPRESIONES EN LA ZONA "I". PÉRDIDA COMPLETA DE LA ZONA "H" DE LA PARED.	7-198
(GRAF.7-3: 62)	PÉRDIDA COMPLETA DE LA CONTINUIDAD POR COMPRESIÓN Y TRACCIÓN, EN LAS ZONAS "B" E "I". DESPRENDIMIENTO COMPLETO DE LAS ZONAS "J" Y "K" DE LA PARED Y POSTERIOR EQUILIBRIO DE LA ESTRUCTURA.	7-198
(GRAF.7-4: 1)	PARED SIN FISURACIÓN.	7-217

(GRAF.7-4: 2) INICIO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 3) DESARROLLO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 4) CRECIMIENTO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 5) DESARROLLO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 6) CRECIMIENTO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 7) DESARROLLO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-217
(GRAF.7-4: 8) MOMENTO EN QUE SE DETIENE EL CRECIMIENTO DE LAS FISURAS Y SE ALCANZA LA ESTABILIDAD DEL CONJUNTO. NO SE LLEGA A DESARROLLAR EL ARCO DE DESCARGA.	7-217
(GRAF.7-4: 9) PARED SIN FISURACIÓN.	7-229
(GRAF.7-4: 10) FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO.	7-229
(GRAF.7-4: 11) AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS Y CAMBIO DE SENTIDO DE LAS FISURAS MÁS PEQUEÑAS.	7-229
(GRAF.7-4: 12) AUMENTO Y DESVIACIÓN DE LAS TRES FISURAS CENTRALES. SE DETIENE EL CRECIMIENTO DE LAS FISURAS MÁS PEQUEÑAS.	7-229
(GRAF.7-4: 13) AUMENTO Y DESVIACIÓN DE LAS TRES FISURAS CENTRALES.	7-229
(GRAF.7-4: 14) AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS TRES FISURAS CENTRALES, HASTA LLEGAR AL NIVEL DEL FORJADO.	7-229
(GRAF.7-4: 15) BIFURCACIÓN DE LAS TRES FISURAS CENTRALES.	7-229
(GRAF.7-4: 16) CON UNA CARGA EQUIVALENTE DE 5 PLANTAS, EN EL PEOR DE LOS CASOS: SE LLEGA A LA PÉRDIDA DEL MATERIAL EN LA ZONA "A", SE DETIENE EL CRECIMIENTO DE LAS FISURAS Y SE ALCANZA EL EQUILIBRIO DE LA PARED. ...	7-229
(GRAF.7-4: 17) AL INCREMENTAR LA CARGA, A UNA EQUIVALENTE DE 8 PLANTAS, INICIO DE LA FORMACIÓN DE LAS FISURAS INCLINADAS QUE DAN LUGAR AL ARCO DE DESCARGA.	7-229
(GRAF.7-4: 18) PARED SIN FISURACIÓN.	7-245
(GRAF.7-4: 19) FORMACIÓN DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS EN EL APEO.	7-245
(GRAF.7-4: 20) AUMENTO DE LA FISURACIÓN EN EL PRIMER GRUPO DE FISURAS.	7-245
(GRAF.7-4: 21) AUMENTO DEL PRIMER GRUPO DE FISURAS E INICIO DE FISURAS INCLINADAS QUE ORIGINAN LA FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA.	7-245
(GRAF.7-4: 22) CRECIMIENTO DE FISURAS EXISTENTES. CAMBIO DE SENTIDO DE LAS DISCONTINUIDADES PEQUEÑAS. LAS FISURAS INCLINADAS LLEGAN A TOCAR EL FORJADO.	7-245
(GRAF.7-4: 23) DESARROLLO DE LAS TRES FISURAS CENTRALES. CRECIMIENTO Y DESVIACIÓN DE LAS FISURAS INCLINADAS.	7-245
(GRAF.7-4: 24) DESARROLLO Y DESVIACIÓN DE LAS TRES FISURAS CENTRALES Y DE LAS INCLINADAS.	7-245
(GRAF.7-4: 25) ROTURA COMPLETA DE LA PARTE INFERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS. DESPRENDIMIENTO DE LA ZONA "A" DE LA PARED QUE SE LOCALIZA ENTRE EL APEO Y EL FORJADO, H=0.50M.	7-245
(GRAF.7-4: 26) PÉRDIDA TOTAL DEL CONTACTO ENTRE LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED Y EL ZUNCHO.	7-245
(GRAF.7-4: 27) FORMACIÓN DEL TERCER GRUPO DE FISURAS.	7-245
(GRAF.7-4: 28) CRECIMIENTO DE LAS FISURAS DEL TERCER GRUPO.	7-245
(GRAF.7-4: 29) DESARROLLO DE LAS FISURAS EXISTENTES Y FORMACIÓN DE LAS FISURAS INCLINADAS QUE FORMAN EL ARCO DE DESCARGA.	7-245

(GRAF.7-4: 30)	AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EXISTENTE Y DESVIACIÓN DE LAS CENTRALES.	7-246
(GRAF.7-4: 31)	DESARROLLO DE LAS TRES FISURAS CENTRALES E INCLINADAS.	7-246
(GRAF.7-4: 32)	CRECIMIENTO DE LAS FISURAS CENTRALES E INCREMENTO DE SU INCLINACIÓN.	7-246
(GRAF.7-4: 33)	AUMENTO DE LAS FISURAS INCLINADAS Y DE LA FISURA CENTRAL DEL MODELO.	7-246
(GRAF.7-4: 34)	AUMENTO MÁS IMPORTANTE DE LAS FISURAS INCLINADAS Y MÁS PEQUEÑO EN LA CENTRAL. AUMENTO DEL ANCHO DEL HUECO.	7-246
(GRAF.7-4: 35)	AUMENTO DE LA PARTE INFERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS. BIFURCACIÓN EN LA FISURA CENTRAL. INICIO DE LA FISURA INFERIOR.	7-246
(GRAF.7-4: 36)	AUMENTO DE LA PARTE INFERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS HASTA LLEGAR A SEPARARSE POR COMPLETO.	7-246
(GRAF.7-4: 37)	AUMENTO ACELERADO DE LA PARTE SUPERIOR DE LA FISURA INCLINADA. SE DETIENEN TODAS LAS FISURAS ADICIONALES.	7-246
(GRAF.7-4: 38)	AUMENTO DE LA PARTE SUPERIOR DE LAS FISURAS INCLINADAS Y CAMBIO DE SENTIDO DE LAS MISMAS (A UNA TRAYECTORIA HORIZONTAL), POR INCREMENTO DE LA TENSIÓN DE TRACCIÓN VERTICAL.	7-246
(GRAF.7-4: 39)	FORMACIÓN COMPLETA DEL ARCO DE DESCARGA, CON LA EXISTENCIA DEL ZUNCHO DE FORJADO. MIENTRAS EXISTA EL ZUNCHO LA PARED NO CAE, SINO QUE SE COMPORTA COMO UNA ZONA INERTE. ALTURA DEL ARCO: $H_T=1.83M$ ($0,50M+1,33M$).	7-246
(GRAF.7-4: 40)	EL ZUNCHO NO LLEGA A FALLAR, DADA SU ELEVADA RESISTENCIA. PARA LLEGAR AL FINAL DEL PROCESO, SE CONSIDERA COMO HIPÓTESIS MÁS DESFAVORABLE EL FALLO DEL MISMO. INICIO DE FISURAS EN LA CLAVE DEL ARCO DE DESCARGA EN LA ZONA "A".	7-246
(GRAF.7-4: 41)	INCREMENTO DE LA ALTURA DEL ARCO DE DESCARGA AL NO EXISTIR ZUNCHO DE FORJADO. ALTURA TOTAL DEL ARCO: $H_T=1.90M$ ($0,50M+1,40M$).	7-246
(GRAF.7-5: 1)	MODELO-1 (M-1).	7-282
(GRAF.7-5: 2)	MODELO-2 (M-2).	7-282
(GRAF.7-5: 3)	MODELO-3 (M-3).	7-282
(GRAF.7-5: 4)	MODELO-4 (M-4). ETAPAS 28 Y 30.	7-282
(GRAF.7-5: 5)	MODELO-8 (M-8). ETAPAS 8 Y 9.	7-282
(GRAF.7-5: 6)	MODELO-5 (M-5). ETAPAS 7 Y 10.	7-282
(GRAF.7-5: 7)	MODELO-7 (M-7).	7-282
(GRAF.7-5: 8)	MODELO-9 (M-9). ETAPAS 22 Y 24.	7-282
(GRAF.7-5: 9)	MODELO-6 (M-6). ETAPAS 7 Y 10.	7-282
(GRAF.7-5: 10)	MODELO-1 (M-1): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA.	7-283
(GRAF.7-5: 11)	MODELO-2 (M-2): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA Y ALTA.	7-283
(GRAF.7-5: 12)	MODELO-3 (M-3): HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA.	7-283
(GRAF.7-5: 13)	MODELO-2; ETAPA-11.	7-283
(GRAF.7-5: 14)	MODELO-3; ETAPA-12.	7-283
(GRAF.7-5: 15)	MODELO-2 (M-2): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA Y ALTA.	7-284
(GRAF.7-5: 16)	MODELO-3 (M-3): HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA.	7-284

(GRAF.7-5: 17)	MODELO-4 (M-4): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA.	7-285
(GRAF.7-5: 18)	MODELO-5 (M-5): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA.	7-285
(GRAF.7-5: 19)	MODELO-6 (M-6): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS EN PLANTA ALTA.	7-285
(GRAF.7-5: 20)	MODELO M-4: ANTES DEL COLAPSO.	7-286
(GRAF.7-5: 21)	MODELO M-4: ESTADO FINAL.	7-286
(GRAF.7-5: 22)	ESFUERZOS EN LA BASE DE LA PILASTRA.	7-286
(GRAF.7-5: 23)	MODELO M-5: ANTES DEL COLAPSO.	7-287
(GRAF.7-5: 24)	MODELO M-5: ESTADO FINAL.	7-287
(GRAF.7-5: 25)	MOMENTO ORIGINADO POR LA EXCENTRICIDAD.	7-287
(GRAF.7-5: 26)	MOMENTO ORIGINADO POR LA FUERZA HORIZONTAL.	7-288
(GRAF.7-5: 27)	MODELO M-6: ANTES DEL COLAPSO.	7-288
(GRAF.7-5: 28)	MODELO M-6: ESTADO FINAL.	7-288
(GRAF.7-5: 29)	FUERZA DE COMPRESIÓN IMPUESTA AL LADO IZQUIERDO.	7-289
(GRAF.7-5: 30)	PÉRDIDA DE LA PARTE CENTRAL Y CONSECUENCIAS POSTERIORES.	7-289
(GRAF.7-5: 31)	MODELO-7 (M-7): MODELO DE DOS PLANTAS.	7-290
(GRAF.7-5: 32)	MODELO-8 (M-8): MODELO DE CINCO PLANTAS.	7-290
(GRAF.7-5: 33)	MODELO-9 (M-9): MODELO DE CINCO PLANTAS, CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A DIEZ PLANTAS.	7-290
(GRAF.7-5: 34)	MODELO-1 (M-1): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA.	7-290
(GRAF.7-5: 35)	MODELO-7 (M-7): MODELO DE DOS PLANTAS.	7-290
(GRAF.7-5: 36)	MODELO-8; ETAPA-8.	7-291
(GRAF.7-5: 37)	MODELO-8; ETAPA-9.	7-291
(GRAF.7-5: 38)	CAÍDA DE LA ZONA INFERIOR DE LA PARED EN LA ETAPA E-8. H=50CM.	7-291
(GRAF.7-5: 39)	PÉRDIDA DE ADHERENCIA ENTRE LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED Y EL ZUNCHO DE FORJADO, EN LA ETAPA E-9.	7-291
(GRAF.7-5: 40)	FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA CON LA EXISTENCIA DEL ZUNCHO DE FORJADO, EN LA ETAPA E-22.	7-291
(GRAF.7-5: 41)	FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA, EN EL CASO HIPOTÉTICO DE ROTURA DEL ZUNCHO DE FORJADO, EN LA ETAPA E-24.	7-291
(GRAF.7-5: 42)	EXCESIVAS "FUERZAS DE TRACCIÓN" LOCALIZADAS EN LA UNIÓN ENTRE EL ZUNCHO Y LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED.	7-292
(GRAF.7-5: 43)	MODELO-9; ETAPA-22: TRAZADO DEL ARCO, CONTANDO CON LA CONTINUIDAD DEL ZUNCHO.	7-292
(GRAF.7-5: 44)	MODELO-9; ETAPA-24: TRAZADO DEL ARCO FINAL, CONSIDERANDO EL CASO HIPOTÉTICO DE PÉRDIDA DE CONTINUIDAD DEL ZUNCHO.	7-293
(GRAF.7-5: 45)	SUPERPOSICIÓN DE LOS ARCOS DE LOS MODELOS M-1 Y M-9.	7-293
(GRAF.7-5: 46)	MODELO-1 (M-1): HUECO CENTRAL EN LA PLANTA BAJA. MODELO SIMÉTRICO.	7-294
(GRAF.7-5: 47)	MODELO-6 (M-6): HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS EN PLANTA ALTA. ANTES DEL COLAPSO.	7-294
(GRAF.7-5: 48)	MODELO M-6: ESTADO FINAL.	7-294

CAPÍTULO-8

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

MJIG

CAPÍTULOS GENERALES

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ESTADO DEL CONOCIMIENTO
- 3.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 4.- ANÁLISIS DE MODELOS SIMPLES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS PERIMETRALES
- 5.- INFLUENCIA DEL ANCHO Y POSICIÓN DE LOS HUECOS QUE FORMAN LOS APEOS
- 6.- APLICACIÓN DEL MÉTODO EN LA RESOLUCIÓN DE EJEMPLOS PRÁCTICOS
- 7.- DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA PARA DIFERENTES MODELOS
- 8.- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES**

CAPÍTULO-8

8	CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES	8-6
8.1	CONCLUSIONES PARTIENDO DE LOS OBJETIVOS.....	8-6
8.1.1	Forma de los apeos.....	8-6
8.1.2	Condiciones de contorno.....	8-8
8.1.3	Influencia del zuncho de forjado.....	8-10
8.1.4	Influencia del ancho de la abertura de los apeos.....	8-12
8.1.5	Influencia de la posición de los apeos.....	8-13
8.1.6	Validación del método de análisis de la fábrica propuesto.....	8-14
8.1.7	Mecanismos de colapso en paredes simétricas con zunchos de 0,001m x 0,001m.....	8-15
8.1.8	Mecanismos de colapso en paredes asimétricas con zunchos de 0,001m x 0,001m.....	8-20
8.1.9	Mecanismos de colapso en paredes simétricas teniendo en consideración zunchos de 0,20m x 0,20m.....	8-26
8.1.10	Diferencia entre los modelos simétricos y asimétricos.....	8-32
8.1.11	Diferencia entre los modelos M-1 y M-7, al considerar zunchos con dimensiones diferentes:.....	8-33
8.1.12	Diferencia entre los modelos M-1 y M-9, al considerar zunchos con dimensiones y cargas diferentes.....	8-34
8.2	CONCLUSIONES GENERALES.....	8-35
8.3	PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES.....	8-38

MJIG

CAPÍTULO-8

- 1.- CONCLUSIONES
- 2.- PROPUESTAS DE FUTURAS
INVESTIGACIONES

MJIG

CAPÍTULO-8

- 1.- CONCLUSIONES
- 2.- PROPUESTAS DE FUTURAS
INVESTIGACIONES

8 CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

8.1 CONCLUSIONES

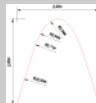



8.1.1 Conclusiones partiendo de los objetivos

En cada uno de los capítulos desarrollados en esta tesis se incluyen sus propias conclusiones, sin embargo las que se presentan en este capítulo pretenden dar una respuesta a los objetivos planteados en el inicio del estudio, para ello mantenemos el orden de dichos objetivos.

8.1.1.1 Forma de los apeos

“DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA FORMA DE LOS HUECOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS Y MOVIMIENTOS, DEMOSTRANDO LA FORMA QUE PRESENTA UN MEJOR COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE APEO EN LAS PAREDES”.

Para facilitar la interpretación de estas conclusiones se elabora una tabla de valoraciones, teniendo en cuenta las condiciones de contorno consideradas¹. La valoración se realiza de modo comparativo entre los diferentes modelos y responde a tres grados de comportamiento de la pared: muy bueno, intermedio y muy malo.

(TABLA 1) VALORACIONES DE LA FORMA²⁻³																
	<i>A. Ideal</i>				<i>A. De medio punto</i>				<i>A. Carpanel</i>				<i>A. Recto</i>			
																
	δ_x^4	δ_z^5	N_{11}^6	N_{22}^7	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}
BA	χ	√	√	√	~	~	~	~	~	~	χ	~	√	χ	χ	χ
BA-RL	√	√	√	√	~	~	~	~	~	~	~	~	χ	χ	χ	χ
BE	√	√	√	√	~	~	~	~	~	~	~	~	χ	χ	χ	χ
BE-RL	χ	√	√	√	√	~	~	~	~	~	~	~	χ	χ	χ	χ
	√	Representa un comportamiento muy bueno, en comparación con las otras formas.														
	~	Representa un comportamiento intermedio, en comparación con las otras formas.														
	χ	Representa un comportamiento muy malo, en comparación con las otras formas.														

¹ El cuadro también es válido para los modelos en los que se tiene en cuenta la existencia de los zunchos de borde.

² BA=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BA-RL=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BE=Base empotrada sin restricciones laterales y BE-RL= Base empotrada con restricciones laterales.

³ El cuadro se obtiene comparando la información del apartado "2.6" del capítulo-3.

⁴ Desplazamiento en el sentido "x" (horizontal).

⁵ Desplazamiento en el sentido "z" (vertical).

⁶ Fuerza en el sentido de la dirección principal "11" (N_{11}). En este grupo también podríamos incluir a " $N_{xx}=N_x'$ " y " S_i ".

⁷ Fuerza en el sentido de la dirección principal "22" (N_{22}). En este grupo también podríamos incluir a " $N_{yy}=N_y'$ " y " S_{ii} ".

La forma del hueco es relevante en el comportamiento de la pared, tanto desde el punto de vista de los esfuerzos como de las deformaciones, tal como se manifiesta en los puntos que se exponen a continuación:

1. Cuando la clave del arco se tiende a aplanar se intensifican los desplazamientos verticales, mientras que si las claves de los arcos son más pronunciadas las deformaciones tienden a disminuir.

2. Cuando la clave del arco se tiende a aplanar⁸ se intensifican las fuerzas "N11", mientras que si las claves de los arcos son más pronunciadas tienden a reducir.

3. La base de los huecos se abren con facilidad cuando las caras laterales de las aberturas forman ángulos inferiores a 90° con respecto a la base, mientras que ocurre lo contrario cuando los ángulos llegan a los 90°⁹.

4. Los lados verticales del hueco tienen mayor facilidad para cerrarse cuando forman ángulos de 90° con el suelo, mientras ocurre lo contrario cuando los ángulos son inferiores a 90°.

5. La clave de los huecos presentan mayor facilidad para cerrarse cuando los ángulos que forman los lados de los huecos con la base son inferiores a 90°, mientras ocurre lo contrario cuando los ángulos son 90°.

6. La abertura con forma ideal presenta de modo general el mejor comportamiento, a excepción de " δ_x "¹⁰ en dos situaciones: cuando el modelo está simplemente apoyado¹¹ y cuando el modelo empotrado tiene las restricciones laterales¹².

El buen funcionamiento de esta forma debería de favorecer su uso en las intervenciones de apeos, sin embargo la dificultad de su trazado en obra origina que ocurra lo contrario.

7. La abertura con forma recta tiene el peor comportamiento, a excepción de " δ_x "¹³, cuando el modelo está simplemente apoyado y esto se debe a que dada la forma de su base tiene más dificultad para abrirse.

A pesar de lo comentado anteriormente, esta forma es la más utilizada en la ejecución de apeos, dada la facilidad de su trazado a pie de obra. Esta ventaja es muy importante, tanto así, que ha llegado a mermar su mal comportamiento a nivel estructural, compensando estas deficiencias con elementos estructurales anexos¹⁴.

8. Las aberturas con forma de medio punto presentan un comportamiento intermedio, sin embargo es importante aclarar que este estado es mejor en comparación con el carpanel y esto es debido a la curvatura de su clave.

9. Las aberturas con forma de arco carpanel presentan un comportamiento intermedio, sin embargo tiene un estado malo cuando su base está simplemente apoyado.

⁸ El hueco con los ángulos rectos es el ejemplo más claro.

⁹ Este efecto es mayor si la clave del hueco tiene forma curva, como el caso del de medio punto.

¹⁰ Desplazamiento en sentido horizontal del modelo.

¹¹ Y esto se debe a que dada la forma de su base tiene más facilidad para abrirse.

¹² Esto se debe a que la clave tiene más facilidad para cerrarse.

¹³ Desplazamiento en sentido horizontal del modelo.

¹⁴ Como es el caso del dintel para evitar las excesivas deformaciones que darían como resultado problemas de fisuración.

8.1.1.2 Condiciones de contorno

"DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO DE LOS APEOS EN LAS PAREDES DE CARGA, LLEGANDO A IDENTIFICAR LOS DIFERENTES ASPECTOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA EN EL CÁLCULO".

Las condiciones de contorno que tengan las paredes tienen una influencia destacada en el comportamiento del elemento estructural.

Para facilitar la interpretación de estas conclusiones se elabora una tabla de valoraciones, teniendo en cuenta las formas de los arcos utilizadas¹⁵.

La valoración se realiza de modo comparativo entre los diferentes modelos y responde a cuatro grados de comportamiento de la pared: muy bueno, bueno, intermedio y muy malo.

(TABLA 2) VALORACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO¹⁶⁻¹⁷																	
	Base Apoyada (BA)				Base Apoyada con restricciones laterales (BA-RL)				Base Empotrada (BE)				Base Empotrada con restricciones laterales (BE-RL)				
	δ_x ¹⁸	δ_z ¹⁹	N_{11} ²⁰	N_{22} ²¹	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	
Ideal	χ	χ	χ	χ	√√	√	√	√	√	~	~	~	~	√	√	√√	√
Medio punto	χ	χ	χ	χ	√	√	√	√	√	~	~	~	~	√√	√	√√	√
Carpanel	χ	χ	χ	χ	√	√	√	√	√	~	~	~	~	√√	√	√√	√
Recto	χ	χ	χ	χ	√	√	√	√	√	~	~	~	~	√√	√	√√	√
	√√	Representa un comportamiento muy bueno.															
	√	Representa un comportamiento bueno.															
	~	Representa un comportamiento intermedio.															
	χ	Representa un comportamiento muy malo.															

¹⁵ El cuadro también es válido para los modelos en los que se tiene en cuenta la existencia de los zunchos de borde.

¹⁶ BA=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BA-RL=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BE=Base empotrada sin restricciones laterales y BE-RL= Base empotrada con restricciones laterales.

¹⁷ El cuadro se obtiene comparando la información del apartado "3.5" del capítulo-3.

¹⁸ Desplazamiento en el sentido "x" (horizontal).

¹⁹ Desplazamiento en el sentido "z" (vertical).

²⁰ Fuerza en el sentido de la dirección principal "11" (N11). En este grupo también podríamos incluir a "Nxx=Nx'" y "Sii".

²¹ Fuerza en el sentido de la dirección principal "22" (N22). En este grupo también podríamos incluir a "Nyy=Ny'" y "Sii".

Entre los aspectos más destacados podríamos mencionar:

10. Cuando la pared presenta mayor grado de libertad de los movimientos, su comportamiento es más desfavorable²², mientras que ocurre lo contrario cuando este grado de movilidad es menor.

11. Los modelos con la base simplemente apoya (BA) sin ningún tipo de restricción lateral son los que presentan el peor comportamiento en todos los aspectos, tanto de esfuerzos como de deformaciones, e indistintamente de la forma de la abertura.

12. Los modelos con la base simplemente apoyada y restricciones laterales (BA-RL) de modo general tienen un comportamiento bueno, a excepción del " δ_x "²³ del modelo con el arco ideal cuyo estado es muy bueno.

13. Los modelos con la base empotrada (BE) sin restricciones laterales presentan una situación de tipo intermedio, aunque mejora considerablemente con relación al caso (BA). Los modelos experimentan un alto grado de deformaciones en las caras laterales de los modelos, a causa de la carencia de restricciones en dichas caras.

14. Los modelos con la base empotrada y restricciones laterales (BE-RL) tienen un comportamiento muy bueno y bueno. Esto se debe al mayor grado de coacciones laterales en los modelos²⁴, a su vez esta influencia es mayor para los " δ_x " y "N11", a excepción del desplazamiento en el sentido "x" del arco ideal, como se comentó en la conclusión 12.

15. La ejecución de un apeo se considera inviable en una pared que no tenga arriostradas sus caras laterales.

16. El comportamiento estructural de la pared mejora considerablemente a medida que el grado de movilidad del elemento es menor. De este modo obtenernos una estructura menos deformada y, como consecuencia, menos fisurada.

17. En las paredes de obra de fábrica es más ventajoso limitar los movimientos laterales de los extremos laterales de las paredes que conseguir un empotramiento perfecto de sus bases²⁵.

18. En la edificación es indispensable garantizar el buen atado de las paredes para garantizar el arriostramiento lateral, en el momento de introducir un nuevo apeo.

19. Si comparamos los desplazamientos en "x" del arco ideal en los dos modelos con restricciones laterales, vemos que el mejor comportamiento lo tiene el de la base simplemente apoyada, lo cual es debido a que en este modelo todo el hueco es el que se moviliza. Por otro lado, en el modelo con la base empotrada la deformación se concentra en la parte superior de la abertura que, como se comentó anteriormente, tiene mayor tendencia a cerrarse.

²² Por ser un elemento poco rígido originando que el hueco se abra libremente.

²³ Desplazamiento en sentido horizontal del modelo.

²⁴ Los mismos que se originan: por un lado porque la base no se puede mover lateralmente y por otro porque las caras laterales de la pared tampoco lo pueden hacer.

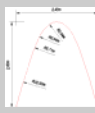


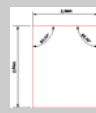
²⁵ Lo cual en la práctica, como sabemos, es difícil de conseguir.

8.1.1.3 Influencia del zuncho de forjado

“DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS DE BORDE DE LOS FORJADOS, EMBEBIDOS EN LAS PAREDES DE CARGA, DEMOSTRANDO SI SU EXISTENCIA ES FAVORABLE PARA EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS APEOS”.

Para facilitar la interpretación de estas conclusiones se elaboran dos tablas de valoración, las mismas que resultan de analizar la influencia del zuncho en base a las formas de los arcos y a las condiciones de contorno utilizadas²⁶.

De modo general el zuncho afecta favorablemente a todos los modelos, sin embargo, para poder establecer una valoración comprensible, la influencia del zuncho se clasifica en: muy buena, buena e intermedia. La asignación de estos valores depende del efecto de reducción si es más o menos notorio.

(TABLA 3) VALORACIONES DE LA INFLUENCIA DEL ZUNCHO CON REFERENCIA A LA FORMA DE LOS HUECOS²⁷⁻²⁸																
	A. Ideal 				A. De medio punto 				A. Carpanel 				A. Recto 			
	δ_x^{29}	δ_z^{30}	N_{11}^{31}	N_{22}^{32}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}
BA	√√	√	√√	~	√√	√	√√	√	√√	√	√√	√	√√	√	√√	√√
BA-RL	√	√	~	~	√	√	~	~	√	√	√	√	√	√	√√	√√
BE	√	√	~	~	√	√	√	~	√	√	√√	√	√	√	√√	√√
BE-RL	√	√	~	~	√	√	√	~	√	√	√	√	√	√	√√	√√
	√√	Representa una influencia del zuncho muy buena.														
	√	Representa una influencia del zuncho buena.														
	~	Representa una influencia del zuncho intermedia.														

²⁶ El cuadro también es válido para los modelos en los que se tiene en cuenta la existencia de los zunchos de borde.

²⁷ BA=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BA-RL=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BE=Base empotrada sin restricciones laterales y BE-RL= Base empotrada con restricciones laterales.

²⁸ El cuadro se obtiene comparando la información del apartado "4.7" del capítulo-4.

²⁹ Desplazamiento en el sentido "x" (horizontal).

³⁰ Desplazamiento en el sentido "z" (vertical).

³¹ Fuerza en el sentido de la dirección principal "11" (N11). En este grupo también podríamos incluir a "Nxx=Nx'" y "Si".

³² Fuerza en el sentido de la dirección principal "22" (N22). En este grupo también podríamos incluir a "Nyy=Ny'" y "Sii".

(TABLA 4) VALORACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS CON REFERENCIA A LAS CONDICIONES DE CONTORNO³³																
	Base Apoyada (BA)				Base Apoyada con restricciones laterales (BA-RL)				Base Empotrada (BE)				Base Empotrada con restricciones laterales (BE-RL)			
	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}	δ_x	δ_z	N_{11}	N_{22}
Ideal	✓✓	~	✓✓	✓	✓	~	~	~	~	~	~	~	✓	~	~	~
Medio punto	✓✓	~	✓✓	✓✓	✓	~	~	✓	~	~	✓	✓	✓	~	~	✓
Carpanel	✓✓	~	✓✓	✓✓	✓	~	~	✓	~	~	✓	✓	✓	~	~	✓
Recto	✓✓	~	✓✓	✓✓	✓	~	~	✓	~	~	✓	✓	✓	~	~	✓
	✓✓	Representa una influencia del zuncho muy buena.														
	✓	Representa una influencia del zuncho buena.														
	~	Representa una influencia del zuncho intermedia.														

20. El zuncho produce en los modelos un efecto de zunchado considerable, es decir, introduce importantes compresiones laterales en el elemento estructural analizado.

21. En los modelos se produce una minoración notoria de las tracciones y de las deformaciones, lo que se traduce en reducción de la fisuración en las paredes.

22. Los desplazamientos horizontales " δ_x " son los más afectados por la influencia favorable de los zunchos, aunque de un modo más notorio en los modelos con la base simplemente apoyada.

23. Los desplazamientos verticales " δ_z " son los menos afectados. Esto es coherente teniendo en cuenta que las fuerzas impuestas por el zuncho son horizontales y no verticales.

24. Las fuerzas " N_{11} " son las más afectadas por la influencia favorable de los zunchos, aunque de un modo más notorio en los modelos con la base simplemente apoyada.

25. Las fuerzas " N_{22} " son las menos afectadas, sin embargo, lo son en el caso de los modelos con el arco de ángulos rectos indistintamente de la condición de contorno.

26. Los modelos simplemente apoyados mejoran considerablemente su comportamiento por reducir de modo claro las tracciones a la que está sometida, sin considerar los zunchos.

27. En las paredes, es de gran ayuda considerar la influencia del zuncho, de ahí la importancia de garantizar su buen atado con la pared.

³³ El cuadro se obtiene comparando la información del apartado "4.6" del capítulo-4.

8.1.1.4 Influencia del ancho de la abertura de los apeos

"DETERMINAR LOS EFECTOS QUE EN LA PARED ORIGINAN LAS DIFERENTES DIMENSIONES DE HUECOS, LLEGANDO A ESTABLECER LA DIMENSIÓN DEL HUECO QUE COMENZARÁ A PRESENTAR MAYORES PROBLEMÁTICAS EN EL COMPORTAMIENTO DEL APEO EN LA PARED".

Para facilitar la interpretación de estas conclusiones se elabora una tabla de valoraciones, teniendo en cuenta las dimensiones de los huecos consideradas.

La valoración se realiza de modo comparativo entre los diferentes modelos y responde a cuatro grados de comportamiento: muy favorable, favorable, desfavorable y muy desfavorable.

(TABLA 5) VALORACIONES DE LA INFLUENCIA DEL ZUNCHO CON REFERENCIA A LA FORMA DE LOS HUECOS ³⁴⁻³⁵				
	Ancho: 1,50m	Ancho: 2,50m	Ancho: 3,50m	Ancho: 4,50m
δ_x ³⁶				
δ_z ³⁷				
N_{11} ³⁸				
N_{22} ³⁹				
	<i>Comportamiento estructural muy favorable.</i>			
	<i>Comportamiento estructural favorable.</i>			
	<i>Comportamiento estructural desfavorable.</i>			
	<i>Comportamiento estructural muy desfavorable.</i>			

28. Si se trabaja con apeos de dimensiones pequeñas el comportamiento es favorable, mientras que, de acuerdo a los modelos presentados, con 2,50m ya se producen esfuerzos importantes a tener en cuenta en el cálculo, que pueden dar lugar a la formación de las fisuras, como es el caso de los "N11". Sin embargo, hay que indicar que el problema comienza a partir de los 2,00m de abertura.

29. El comportamiento estructural de la pared va perdiendo eficacia a medida que el ancho del apeo aumenta, intensificándose las zonas de máximas tracciones, compresiones y deformaciones.

30. Los problemas se localizan, por un lado en la zona del dintel donde se produce la concentración de tracciones con aumento de deformaciones y, por otro, en la zona de sus apoyos donde se produce la máxima concentración de compresiones.

31. Las deformaciones horizontales se intensifican considerablemente en los extremos del modelo localizadas por debajo de la primera planta.

³⁴ BA=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BA-RL=Base simplemente apoyada con restricciones laterales; BE=Base empotrada sin restricciones laterales y BE-RL= Base empotrada con restricciones laterales.

³⁵ El cuadro se obtiene comparando la información del apartado "5.1.3" del capítulo-5.

³⁶ Desplazamiento en el sentido "x" (horizontal).

³⁷ Desplazamiento en el sentido "z" (vertical).

³⁸ Fuerza en el sentido de la dirección principal "11" (N11). En este grupo también podríamos incluir a "Nxx=Nx'" y "Sii".

³⁹ Fuerza en el sentido de la dirección principal "22" (N22). En este grupo también podríamos incluir a "Nyy=Ny'" y "Sii".

8.1.1.5 Influencia de la posición de los apeos

"DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA UBICACIÓN DEL HUECO EN LAS PAREDES DE CARGA, INDICANDO LAS PLANTAS QUE PRESENTARÁN MÁS PROBLEMAS AL EJECUTAR EL HUECO PARA APEAR LA PARED". (CUADRO-17/CAPT-5)

(TABLA 6) VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS 120 MODELOS: DE 2, 3, 4, 5, 6 Y 10 PLANTAS, CON INFLUENCIA DEL ZUNCHO DE FORJADO⁴⁰

Nº P	L	HUECO EN P. BAJA			HUECO EN P. PRIMERA			HUECO EN P. SEGUNDA			HUECO EN P. TERCERA			HUECO EN P. CUARTA			HUECO EN P. QUINTA			HUECO EN P. SÉPTIMA			HUECO EN P. OCTAVA			HUECO EN P. NOVENA			Nº P			
		f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}	f_{real} (m)	σ_{x-T}	σ_{y-C}				
2-PLANTAS	1,50	0,00003	0,52	4,64	0,00002	0,60	2,48																						2-PLANTAS			
	2,50	0,00006	1,00	5,33	0,00005	0,99	2,87																									
	3,50	0,00010	1,20	8,24	0,00009	1,01	4,08																									
	4,50	0,00014	1,40	8,99	0,00013	1,10	5,08																									
3-PLANTAS	1,50	0,00005	0,90	7,45	0,00003	0,90	5,73	0,00002	0,70	2,83																			3-PLANTAS			
	2,50	0,00009	1,45	9,15	0,00006	1,40	5,90	0,00005	1,05	3,64																						
	3,50	0,00014	1,70	11,74	0,00010	1,60	8,00	0,00009	1,07	4,89																						
	4,50	0,00019	1,80	14,50	0,00014	1,80	8,75	0,00013	1,13	7,50																						
4-PLANTAS	1,50	0,00007	1,00	13,62	0,00005	1,50	9,96	0,00003	0,91	7,11	0,00002	0,72	3,22																4-PLANTAS			
	2,50	0,00012	2,20	26,71	0,00009	2,20	13,13	0,00006	1,60	8,00	0,00005	1,00	4,50																			
	3,50	0,00018	2,30	20,82	0,00014	2,30	15,00	0,00010	1,80	9,48	0,00009	1,10	6,10																			
	4,50	0,00026	2,50	23,74	0,00019	2,60	17,00	0,00014	2,10	11,70	0,00013	1,20	7,03																			
5-PLANTAS	1,50	0,00009	1,31	17,30	0,00007	2,02	14,03	0,00005	1,73	9,47	0,00003	0,93	6,49	0,00002	0,61	2,97													5-PLANTAS			
	2,50	0,00015	2,60	21,73	0,00012	2,98	16,46	0,00009	2,25	10,50	0,00006	1,46	8,67	0,00005	0,99	4,36																
	3,50	0,00023	2,91	24,72	0,00018	3,09	19,55	0,00014	2,54	14,21	0,00010	1,77	9,28	0,00009	1,02	5,10																
	4,50	0,00032	3,29	25,50	0,00026	3,30	20,86	0,00019	2,75	16,82	0,00014	2,20	10,89	0,00013	1,08	6,17																
6-PLANTAS	1,50	0,00011	2,74	21,30	0,00009	3,30	17,50	0,00007	2,77	13,74	0,00005	2,09	9,70	0,00003	0,91	6,00	0,00002	0,79	3,20										6-PLANTAS			
	2,50	0,00019	3,31	25,30	0,00015	3,69	20,17	0,00012	3,15	14,18	0,00009	2,38	12,42	0,00006	1,55	8,00	0,00005	1,00	4,06													
	3,50	0,00028	3,79	28,79	0,00023	4,27	25,87	0,00018	3,33	19,67	0,00014	2,60	14,39	0,00010	1,88	9,70	0,00009	1,20	5,03													
	4,50	0,00039	4,29	35,70	0,00032	4,81	28,44	0,00026	3,79	22,67	0,00019	2,96	16,17	0,00014	2,08	11,17	0,00013	1,30	6,59													
10-PLANTAS	1,50	0,00019	4,51	34,70	0,00017	6,18	32,08	0,00015	5,65	28,29	0,00013	4,93	23,90	0,00011	4,25	20,82	0,00009	3,45	17,81	0,00007	2,62	13,46	0,00005	1,88	9,77	0,00003	0,94	6,23	0,00002	0,79	3,04	10-PLANTAS
	2,50	0,00032	5,57	43,13	0,00029	6,90	38,35	0,00025	6,39	34,50	0,00022	5,61	29,83	0,00019	4,69	24,51	0,00015	3,92	19,55	0,00012	3,08	16,70	0,00009	2,33	11,79	0,00006	1,50	7,72	0,00005	1,00	4,18	
	3,50	0,00048	6,60	54,12	0,00043	7,80	46,42	0,00038	7,56	39,39	0,00033	6,39	34,14	0,00028	5,56	28,90	0,00023	4,53	24,17	0,00018	3,55	19,40	0,00014	2,72	13,75	0,00010	1,87	9,09	0,00009	1,20	5,14	
	4,50	0,00066	7,83	63,50	0,00060	8,65	52,43	0,00053	7,90	46,57	0,00046	6,90	41,69	0,00039	6,00	33,11	0,00032	4,81	27,85	0,00026	3,88	22,50	0,00019	2,94	16,85	0,00014	2,10	10,0	0,00013	1,28	6,40	

Simbología de los colores especiales.

	Tensión de rotura por tracción: $\sigma_{x-T} = 1Kgcm^2$
	Tensión de rotura por tracción: $\sigma_{x-T} = 2Kgcm^2$
	Tensión de rotura por tracción: $\sigma_{x-T} = 3Kgcm^2$
	Tensión de rotura por compresión: $\sigma_{x-T} = 36Kgcm^2$

32. Indistintamente de la ubicación de los apeos, en ninguno de los modelos se llega a superar el límite de la flecha de L/1000, con lo cual podemos decir que este parámetro no es un factor restrictivo en el diseño de los apeos, en todo caso el factor perjudicial son las tracciones que se producen en la zona del dintel.

33. Cuando el hueco se localiza en cualquiera de las dos últimas plantas de cada uno de los modelos, nunca llega a fisurar si el hueco de los apeos es de 1,50m, aunque si la abertura es de 2,50m sí se supera la resistencia a tracción de la obra de fábrica, dando lugar a fisuras importantes.

34. La fisuración se inicia cuando la pared es de dos plantas y con un ancho de abertura de 2,50m, para lo cual tomamos como límite una tensión de 1,00Kg/cm2. Sin embargo, para superar los 3,00Kg/cm2, que algunos investigadores indican como límite a tracción, deberíamos detener una pared de 5 plantas y con un hueco de 3,50m, lo cual me parece excesivo y nunca visto. Esto ayuda a constatar que el valor límite a tracción de 1,00Kg/cm2 considerado para el estudio es correcto.

35. El límite a compresión en paredes pequeñas no es relevante, sin embargo, comienza a serlo cuando la pared es de 6 plantas y con una abertura de 4,50m.

36. Cuando las paredes son de dos y tres plantas es más desfavorable colocar el apeo en la planta baja, mientras que cuando la pared tiene cuatro plantas en adelante es menos conveniente colocarlo en la primera planta.

⁴⁰ Para extraer las conclusiones generales hacemos uso de parte del (cuadro 25) presentado en el capítulo-6.

8.1.1.6 Validación del método de análisis de la fábrica propuesto

"DETERMINAR SI EL MÉTODO PROPUESTO EN LA TESIS ES VÁLIDO PARA ANALIZAR LA TRAYECTORIA DE LA FISURA EN LA FÁBRICA DE LADRILLO".

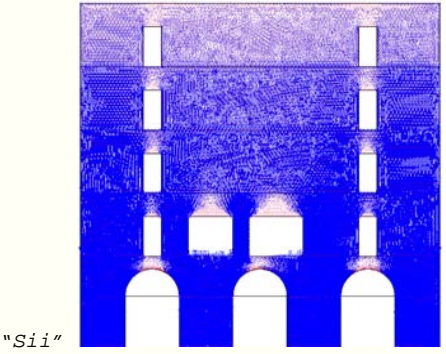
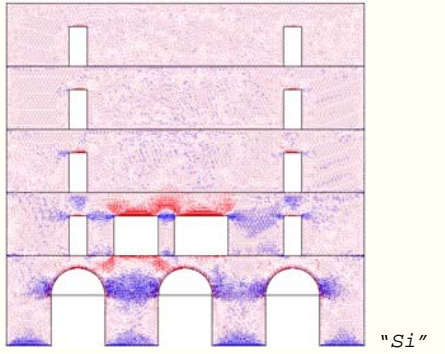
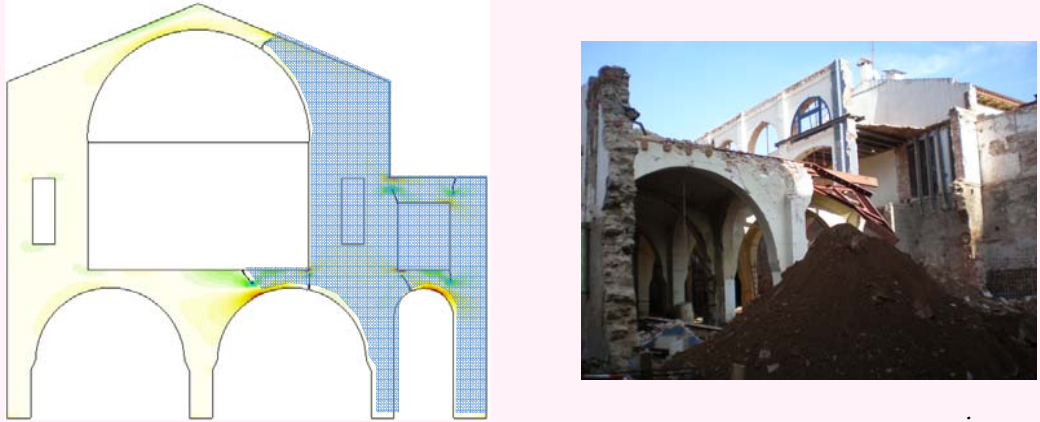
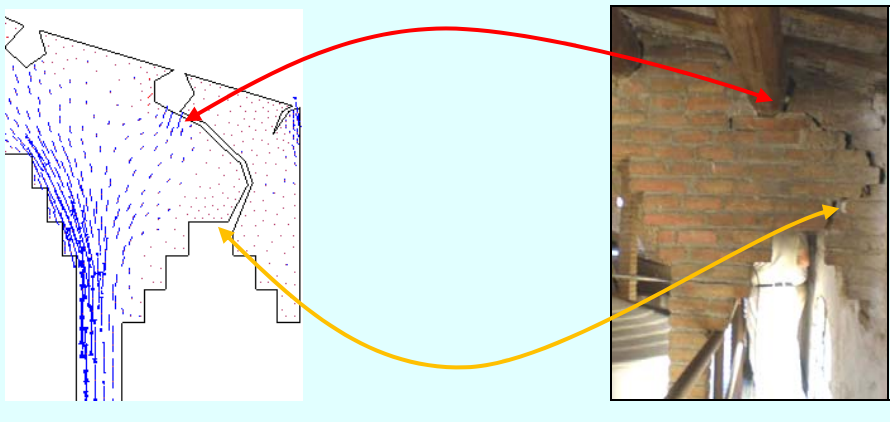
37. Gracias a los buenos resultados obtenidos de los modelos prácticos se constata que el método propuesto es válido para analizar el comportamiento del primer tipo de apeo (apertura de huecos) en estructuras de obra de fábrica, incluso cuando el material supera su resistencia a tracción, en cuyo momento se introducen las fisuras.

38. En el ejemplo-1 se obtiene un comportamiento muy bueno de la pared de acuerdo a la realidad, como por ejemplo la concentración de las máximas tracciones en la clave de los apeos grandes de la planta alta.

39. En el ejemplo-2 se logran determinar los puntos críticos que iniciaron el proceso de colapso de la pared, los mismos que coinciden completamente con la realidad

40. En el ejemplo-3 se determinan las causas que originan las serias patologías del extremo superior derecho de la nave "C", llegando a obtener un trazado de las fisuras muy próximo a la realidad.

En el cuadro que se presenta a continuación se pueden observar los resultados finales de los tres modelos.

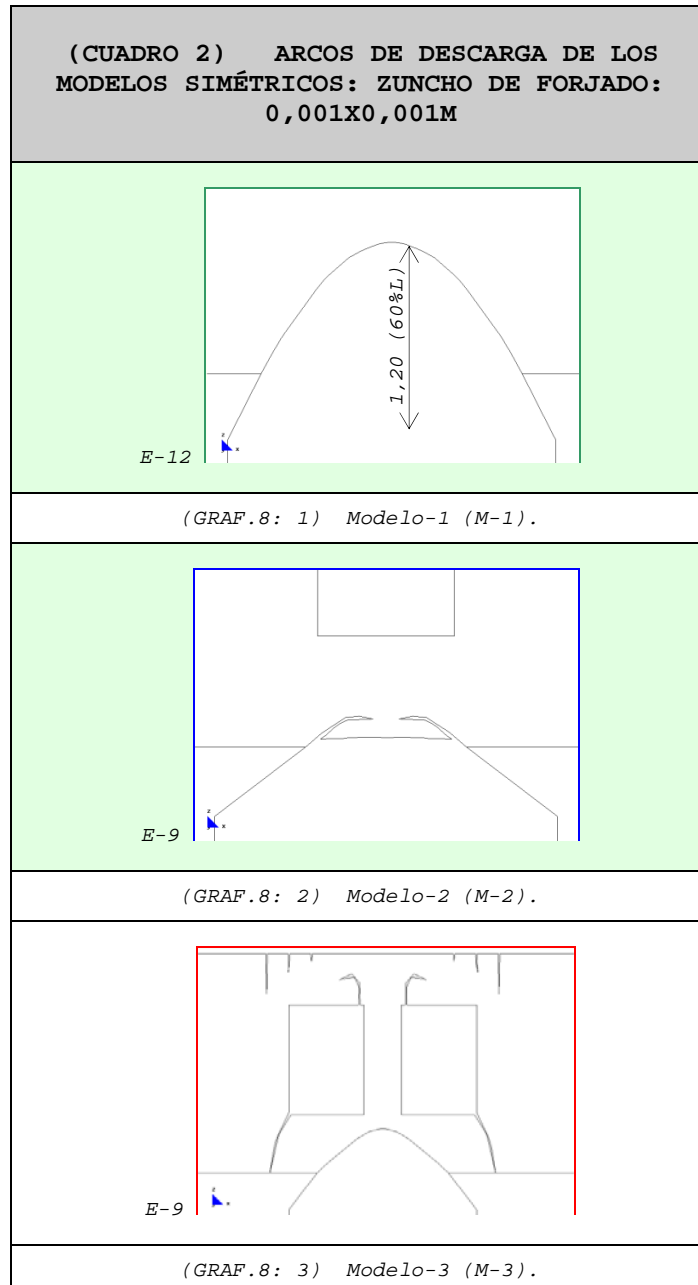
(CUADRO 1) RESULTADOS DE LOS TRES MODELOS (CUADRO-40/CAPT-6)	
 <p style="text-align: center;">"Si"</p>	 <p style="text-align: center;">"Si"</p>
(GRAF.6: 1) Ejemplo-1: edificio de viviendas - Apertura de dos apeos (nuevos huecos), en un muro de la primera planta.	
 <p style="text-align: center;">(GRAF.6: 2) Ejercicio-2: pared colapsada - Asentamiento de una zapata de cimentación.</p>	 <p style="text-align: center;">(GRAF.6: 3) Ejercicio-3: complejo industrial - Conjunto de arcos fisurados.</p>

41. Teniendo en cuenta que el método parte de conocer las características mecánicas del material, podemos considerar que el método también se puede extrapolar a otros materiales, lógicamente dentro de un rango elástico lineal, tales como el hormigón armado.

8.1.1.7 Mecanismos de colapso en paredes simétricas con zunchos de 0,001m x 0,001m

"DETERMINAR LOS MECANISMOS DE COLAPSO DE LAS PAREDES. SE ANALIZAN PAREDES DE DOS PLANTAS SIMÉTRICAS CON DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE ABERTURAS Y CONSIDERANDO ZUNCHOS DE DIMENSIONES DESPRECIABLES".

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen los mecanismos de colapso (desarrollo de los arcos de descarga) de las paredes simétricas:



42. Los mecanismos de colapso son completamente diferentes si los apeos sólo se ejecutan en la planta baja, o si a éste le añadimos uno o dos huecos en la planta alta.

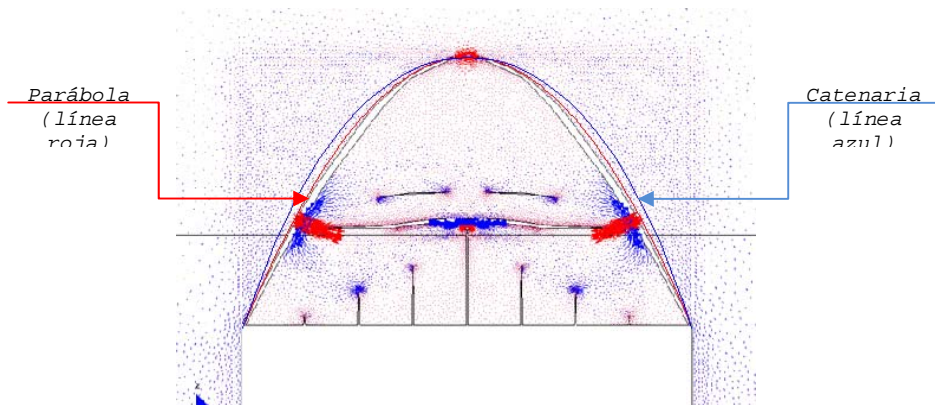
43. Todas las paredes inician el proceso de fisuración en la zona más traccionada. El primer grupo de fisuras se localiza en el centro de la parte superior del hueco y el segundo grupo de fisuras corresponde a las

fisuras inclinadas, las cuales inician la formación del arco de descarga de la pared.

44. En el modelo-1 (M-1) se forma en la pared un arco de descarga perfecto. La zona de la pared que se fisura se localiza en el interior del arco, nunca fuera de él.

45. La altura del arco del modelo-1 (M-1) es equivalente al 60% de ancho de la abertura, lo cual está de acuerdo con lo indicado en "CTE". Primero cae la parte inferior localizada debajo del forjado, incluido éste, y posteriormente la parte superior.

46. La forma descrita por el trazado del arco del modelo-1 no es exactamente una catenaria sino más bien una parábola. Esto es razonable teniendo presente que la catenaria es la deformación obtenida por la acción del peso propio, mientras que la parábola es la deformada originada por una carga lineal⁴¹. En el gráfico (GRAF.8: 4) se puede constatar que, efectivamente, la forma del arco de descarga se aproxima más a una parábola.



(GRAF.8: 4) Montaje de la catenaria y parábolas perfectas⁴² sobre el arco de descarga del (M-1).

47. Cuando se aumenta un hueco en la planta alta, el arco de descarga no se llega a formar por completo, sin embargo, en el modelo con los dos huecos en la planta alta sí se forma el arco de descarga, aunque muy bajo, sin alcanzar el nivel inferior de dichos huecos.

48. Cuando en la pared hacemos apeos en la planta alta es más perjudicial hacer dos huecos que uno, ya que las zonas afectadas son mayores, aunque se estabilizan al producirse el colapso de la parte inferior de la pared.

49. En el modelo-2 (M-2) no se forma ninguna fisura en las aristas del hueco, mientras que en el modelo-3 (M-3) sí.

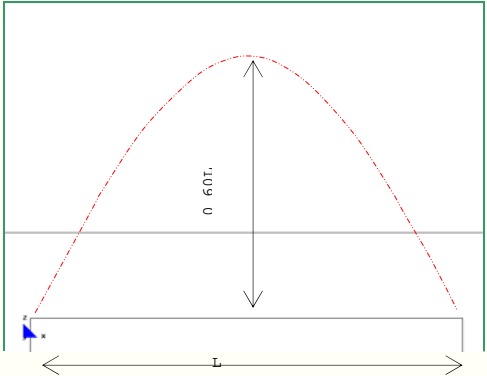
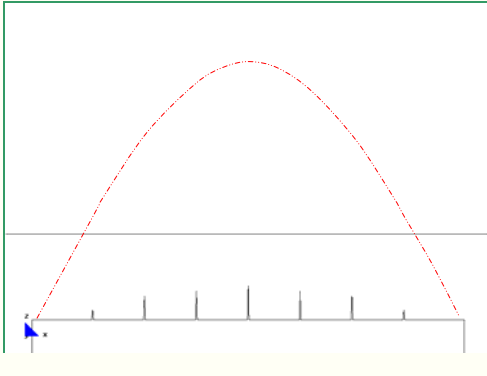
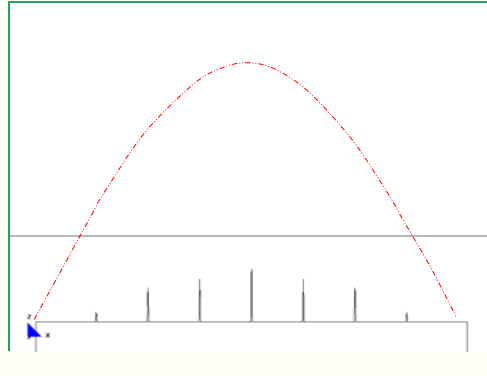
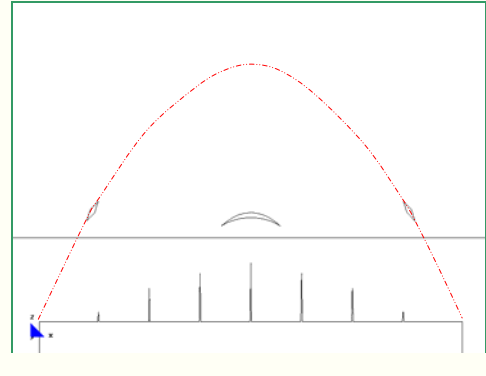
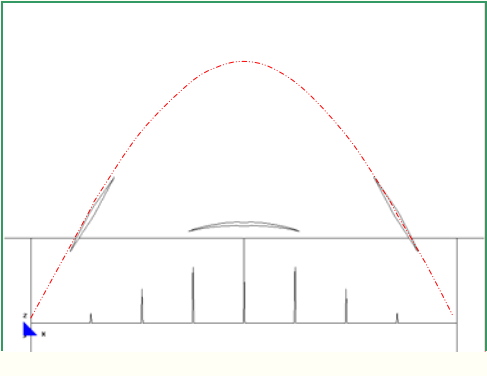
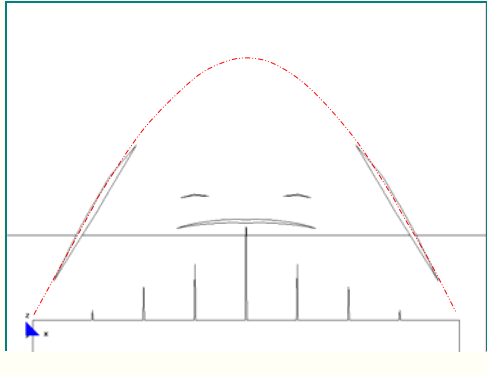
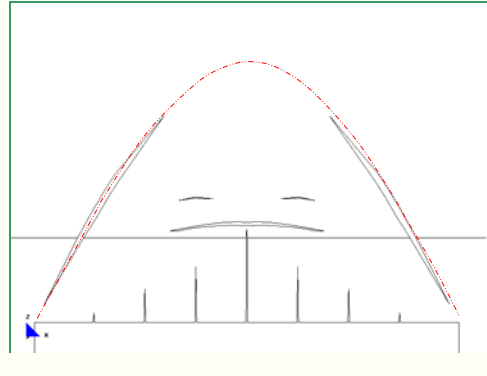
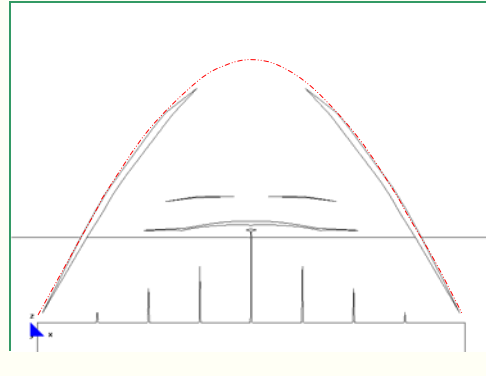
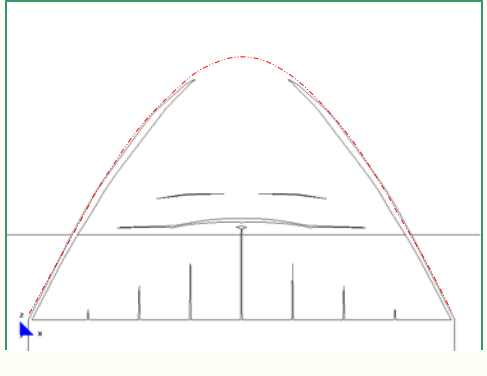
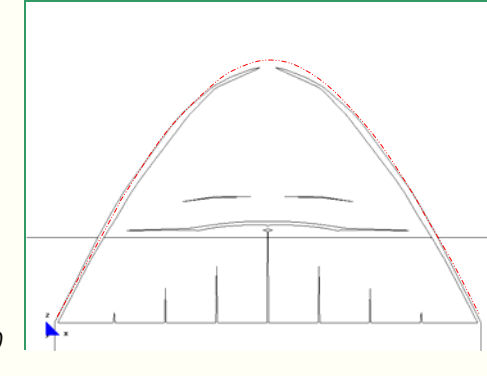
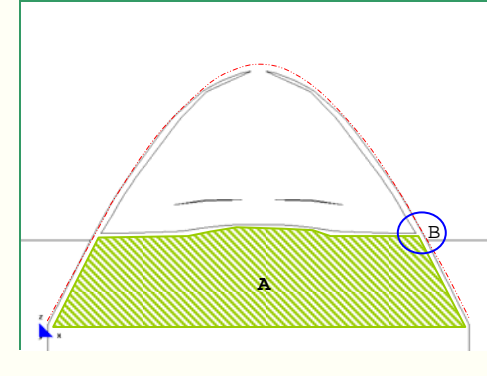
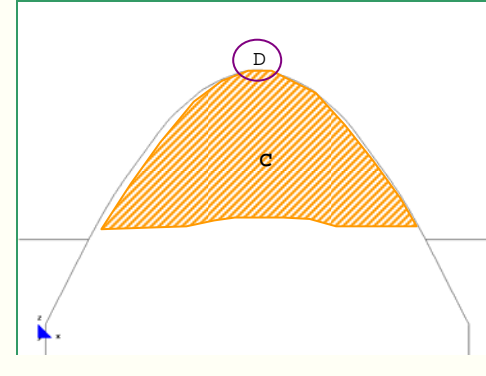
50. En el momento en que los arcos de descarga de las paredes se forman, ya sean completos o incompletos, la pared alcanza su equilibrio y se estabilizan todas las fisuras existentes, como ocurre en los modelos con apeos en la planta alta.

51. El dintel que colocamos en la parte superior del apeo, si está bien calculado, es importante para evitar estos problemas.

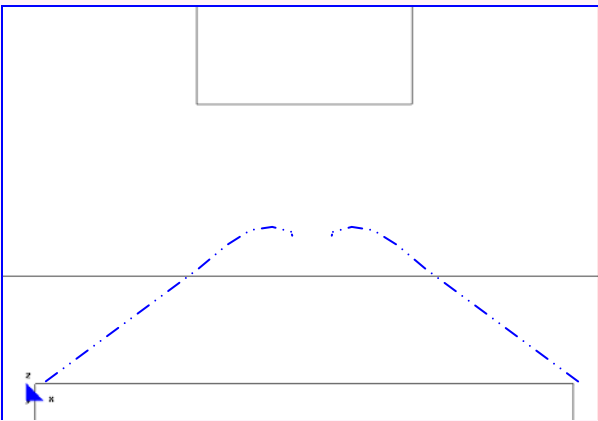
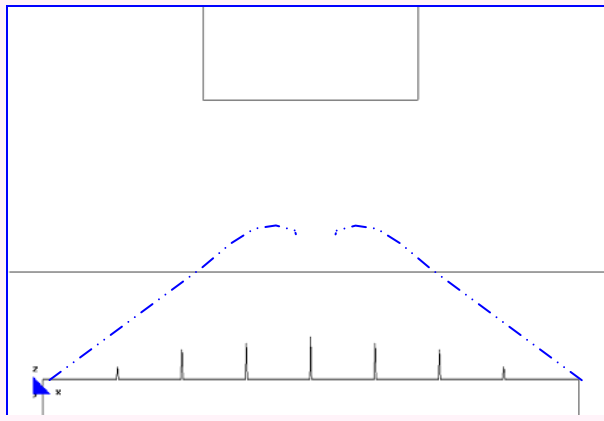
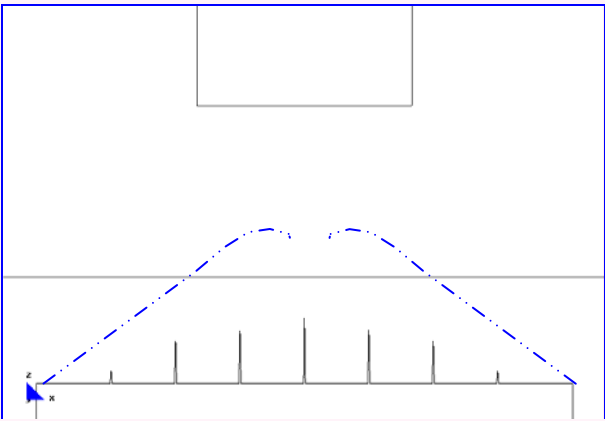
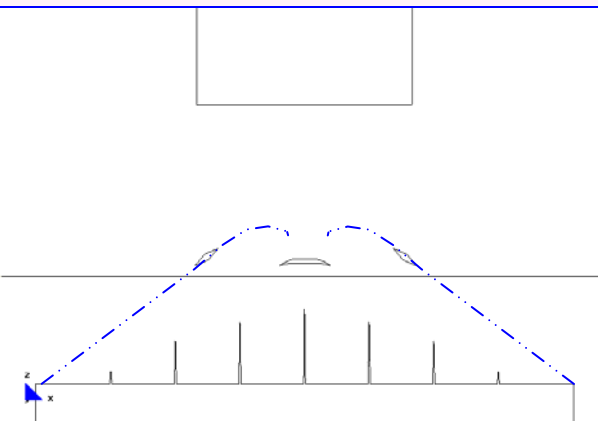
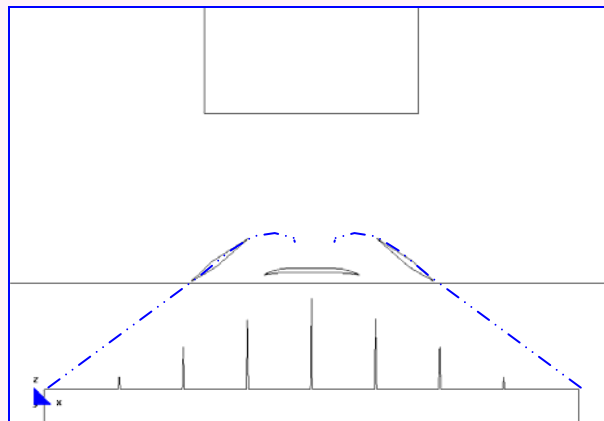
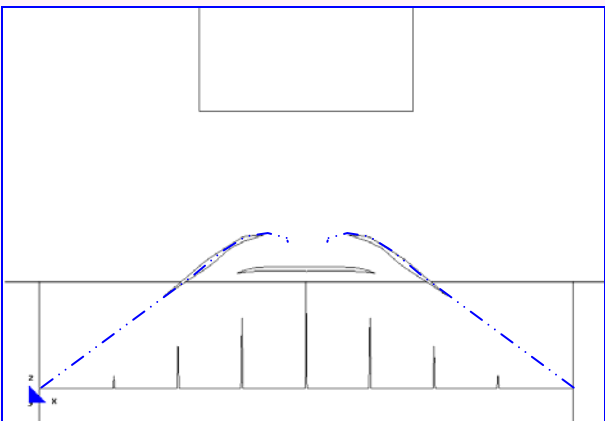
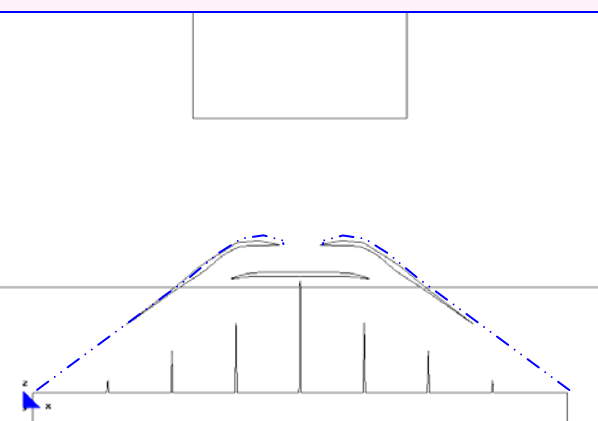
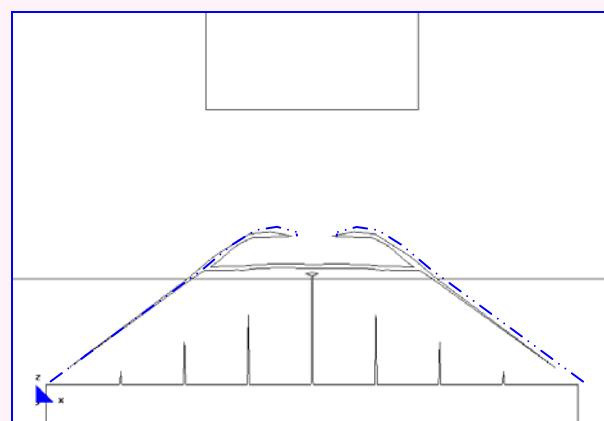
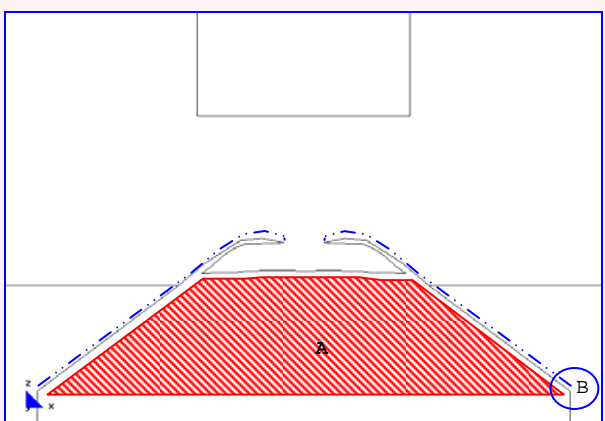
⁴¹ En el capítulo-2 se explicó detalladamente esta diferencia incluso se incluyen ejemplos de estructuras existentes.

⁴² Para obtener las coordenadas de ambas formas perfectas se utilizan las hojas de cálculo desarrolladas e indicadas en el capítulo-2; apartado "2.5.1.1" y "1.5.1.2".

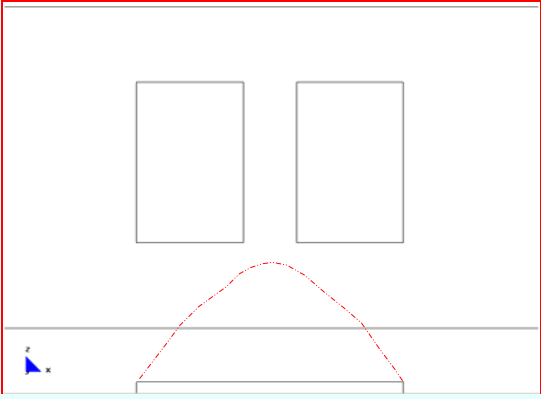
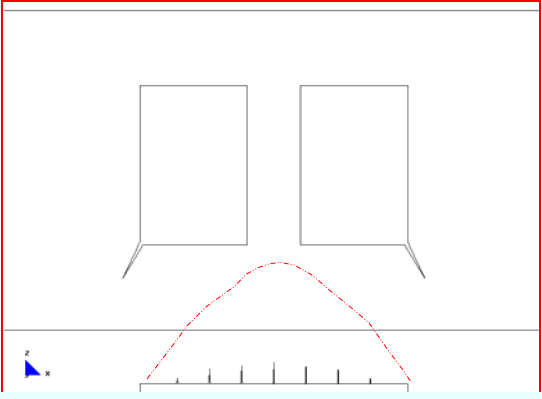
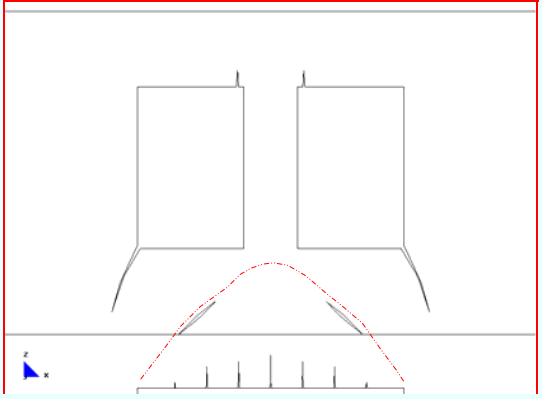
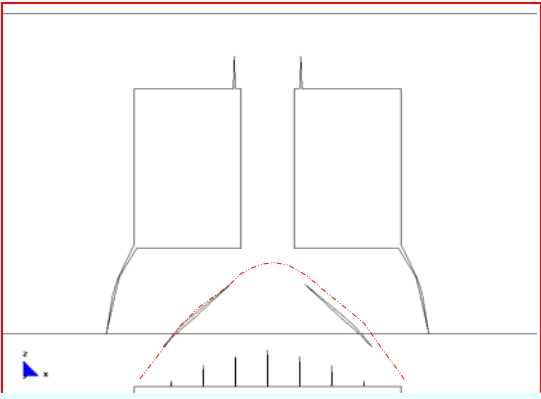
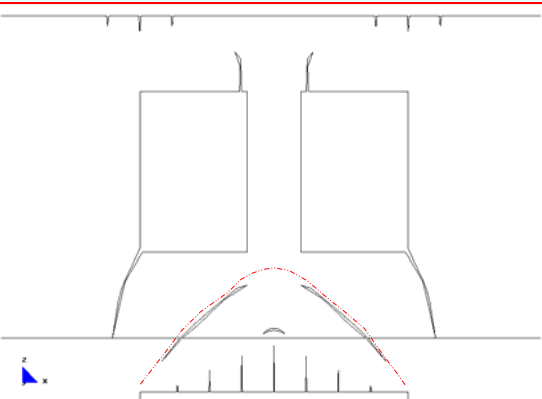
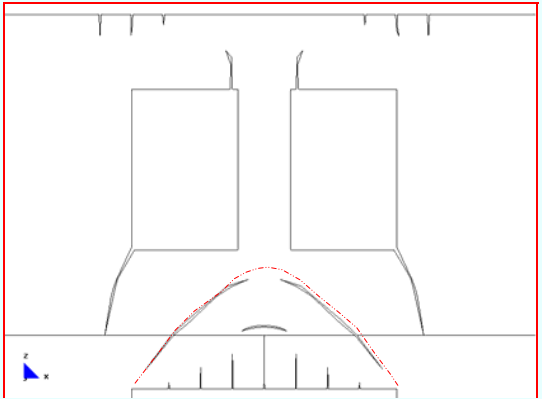
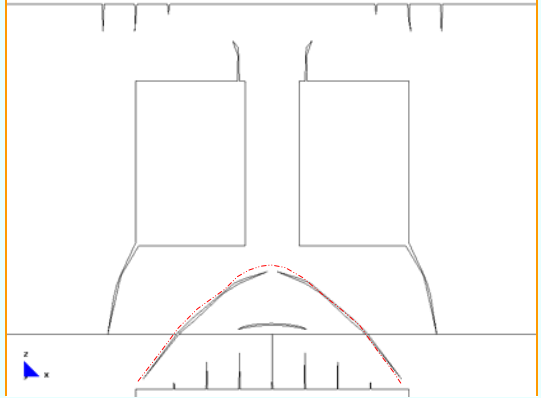
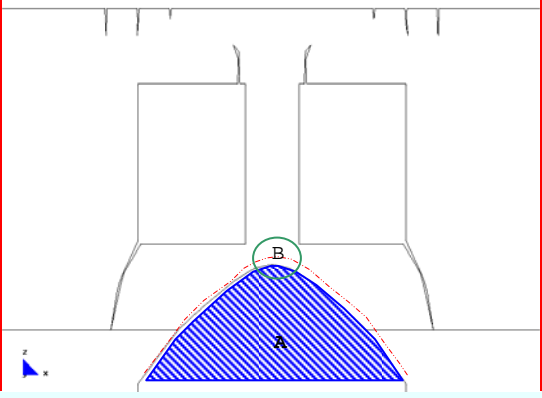
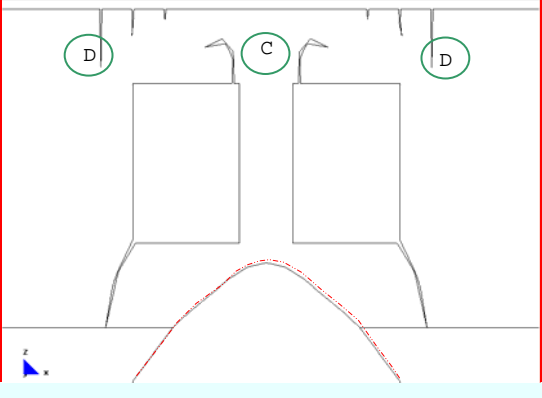
52. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-1 (M-1).

(CUADRO 3) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA (M-1). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-10/CAPT-6)			
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras a excepción de las fisuras laterales.</p>	<p>Aumento de las tres fisuras centrales e inicio del segundo grupo de fisuras, de las cuales las inclinadas inician la formación del arco de descarga.</p>
 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>
<p>Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo.</p>	<p>Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras del segundo grupo. Aumento de dos nuevas fisuras.</p>	<p>Aumento de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior de la pared.</p>	<p>Aumento y desviación de la fisura central del primer grupo y crecimiento de las fisuras de la parte superior.</p>
 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>	 <p>E-11</p>	 <p>E-12</p>
<p>Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas y crecimiento de las fisuras horizontales.</p>	<p>Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas y de las fisuras horizontales.</p>	<p>Crecimiento de la parte superior de las fisuras inclinadas. Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A".</p>	<p>Rotura completa en la zona "D" y colapso de la zona "C". Formación total del arco de descarga. Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.</p>

53. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-2 (M-2).

(CUADRO 4) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y ALTA (M-2). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-11/CAPT-6)		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.</p>
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
<p>Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Presencia de un nuevo grupo de fisuras: inclinadas (que inician la formación del arco de descarga) y horizontal.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes. Finalizan su crecimiento las dos fisuras laterales inferiores de cada lado.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes.</p>
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>
<p>Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Desviación (prácticamente horizontal) de la parte superior de las fisuras inclinadas.</p>	<p>Aumento de la longitud de las fisuras. Rotura completa de la fisura horizontal.</p>	<p>Rotura completa en la zona "B" y colapso de la zona "A". Se alcanza el estado de equilibrio de la pared.</p>

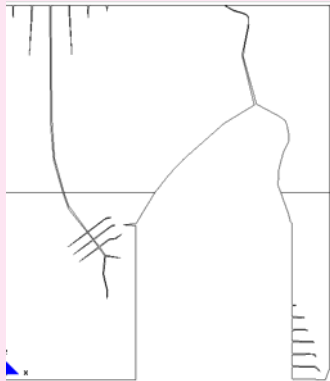
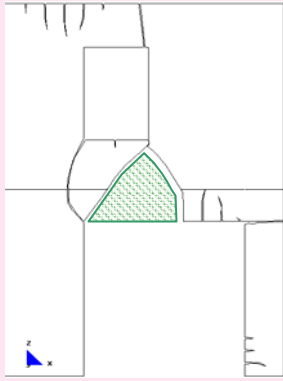
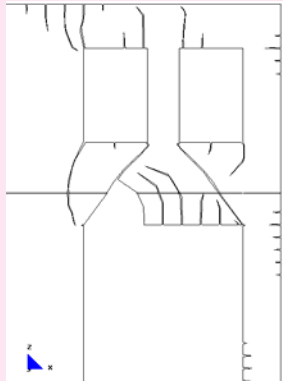
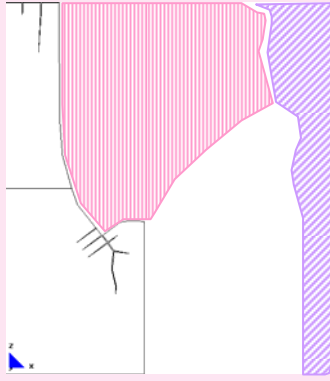
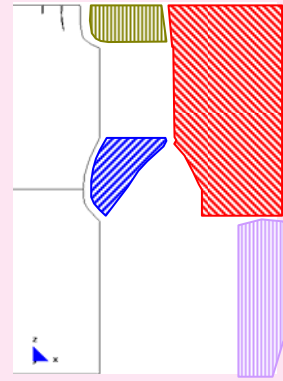
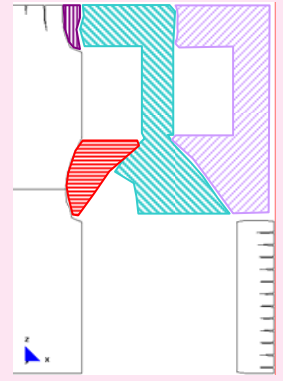
54. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-3 (M-3).

(CUADRO 5) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA (M-3). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-12/CAPT-6)		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras. Entre ellas las que se localizan en los extremos de los huecos de planta alta.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras. Inicio del segundo grupo de fisuras: unas son las inclinadas (que darán lugar a la formación del arco de descarga) y otras se ubican en los extremos superiores de los huecos.</p>
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
<p>Aumento de la longitud de las fisuras de ambos grupos. Las fisuras inferiores-extremas de los huecos se detienen por completo a la altura del forjado y no vuelven a crecer.</p>	<p>Aumento y desviación de algunas fisuras existentes. Inicio de un nuevo grupo de fisuras: en la parte superior de la pared y en encima del forjado.</p>	<p>Aumento de la longitud de las fisuras existentes de los diferentes grupos.</p>
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>
<p>Aumento de la longitud de las fisuras existentes.</p>	<p>Rotura de la zona "B" y colapso de la zona "A".</p>	<p>Crecimiento de las fisuras (C y D). Posterior equilibrio del conjunto.</p>

8.1.1.8 Mecanismos de colapso en paredes asimétricas con zunchos de 0,001m x 0,001m

"DETERMINAR TAMBIÉN LOS MECANISMOS DE COLAPSO DE PAREDES DE DOS PLANTAS ASIMÉTRICAS CON DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE ABERTURAS Y CONSIDERANDO ZUNCHOS DE DIMENSIONES DESPRECIABLES".

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen los mecanismos de colapso (desarrollo de los diferentes arcos de descarga) de las paredes asimétricas:

(CUADRO 6) ARCOS DE DESCARGA DE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M		
<p>E-28</p> 	<p>E-7</p> 	<p>E-7</p> 
<p>E-30</p> 	<p>E-10</p> 	<p>E-10</p> 
<p>(GRAF.8: 5) Modelo-4 (M-4). Etapas 28 y 30.</p>	<p>(GRAF.8: 6) Modelo-5 (M-5). Etapas 7 y 10.</p>	<p>(GRAF.8: 7) Modelo-6 (M-6). Etapas 7 y 10.</p>

55. Los mecanismos de colapso son prolongados, aunque completamente diferentes en un caso y otro, tanto si los apeos sólo se ejecutan en la planta baja, o si a éste le añadimos uno o dos huecos en la planta alta.

56. Estos mecanismos de colapso no son tan intuitivos como pudieran parecer los modelos simétricos. El modelo que más complejidad presenta es el modelo-1 (M-1), en el caso de los dos modelos restantes es relativamente más sencillo.

57. De modo general se puede decir que las paredes inician el proceso de fisuración en la zona más traccionada, la misma que se localiza en el centro de la clave de la abertura de la planta baja y posteriormente se forman las fisuras inclinadas, las mismas que inician la formación del arco de descarga de la pared.

58. Otro grupo de fisuras comunes se localizan en la parte superior izquierda de la pared, así como las localizadas en las esquinas de los apeos de la planta alta y en la base de las pilastras.

59. Las zonas de las paredes que se colapsan son amplias en los modelos asimétricos, prácticamente ocupan toda la parte derecha del elemento.

60. El efecto del engranaje en el proceso de colapso de las paredes juega un papel importante ya que, gracias a él, el colapso no tienen lugar instantáneamente después que se produce la fisuración o incluso la rotura de la pared, sino cuando una parte de la pared se cae.

61. Cuando el apeo se encuentra ubicado sólo en la planta baja (M-4), el colapso se produce cuando cae la zona derecha de la pared⁴³.

62. Si en la planta alta se aumenta un apeo (M-5), el colapso se produce cuando falla la pilastra⁴⁴.

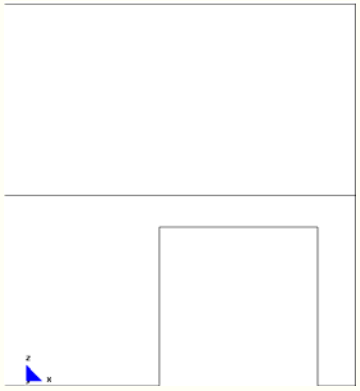
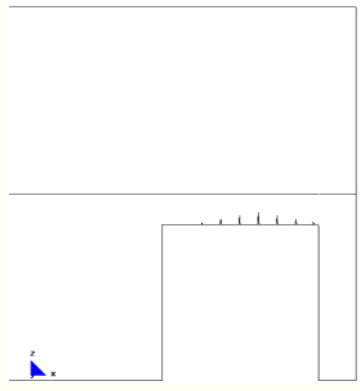
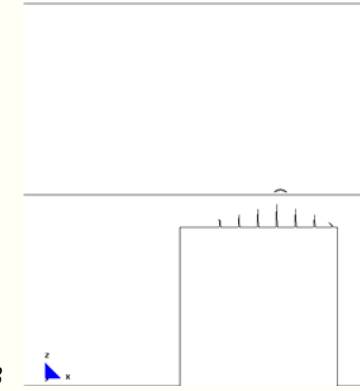
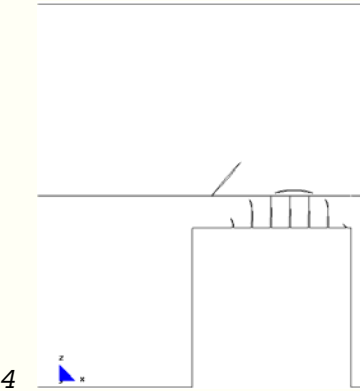
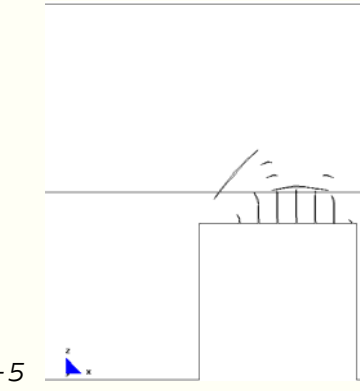
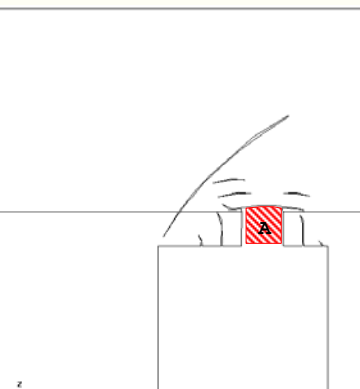
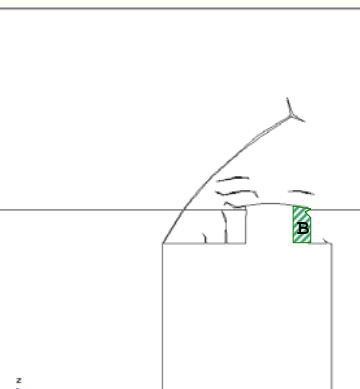
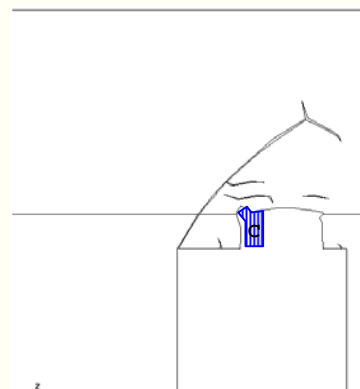
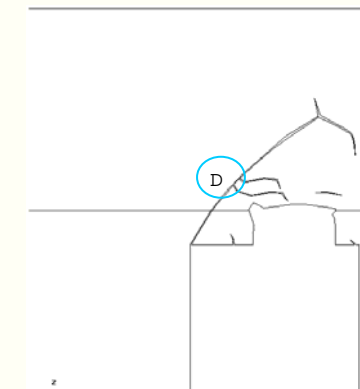
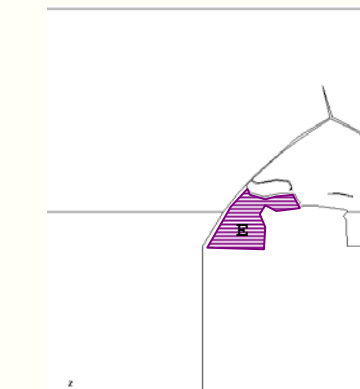
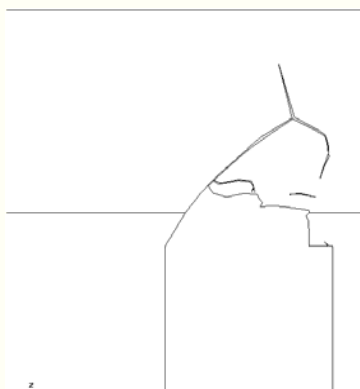
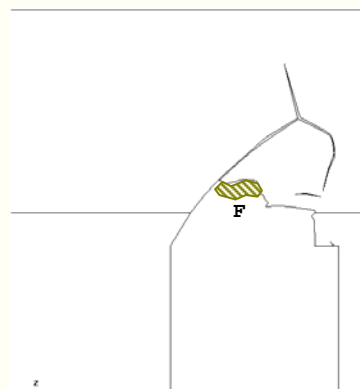
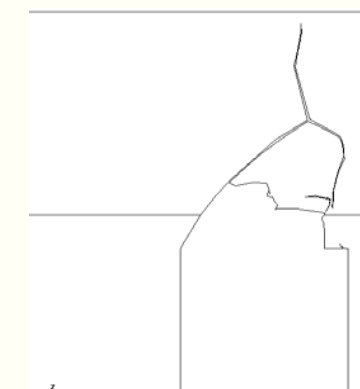
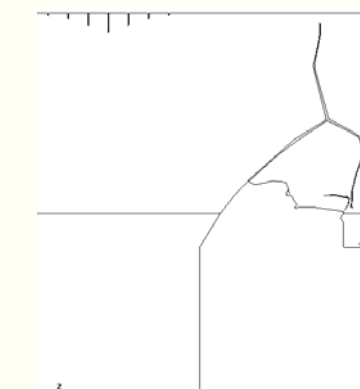

63. Si en la planta alta se aumentan dos aberturas (M-6), el colapso se produce cuando cae la parte central de la pared⁴⁵.

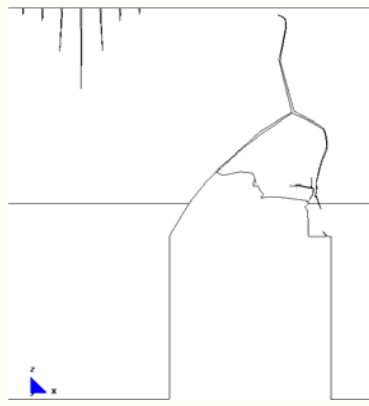
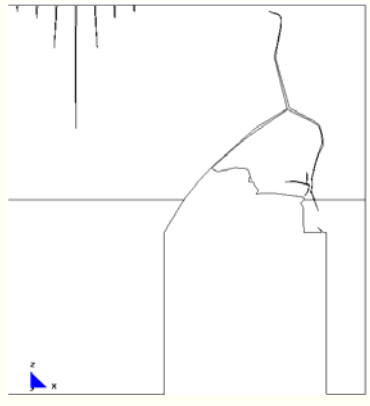
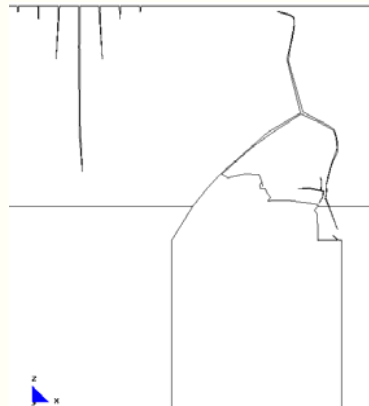
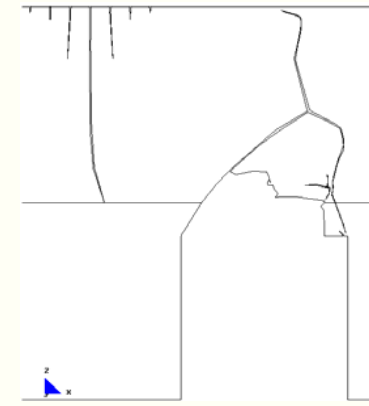
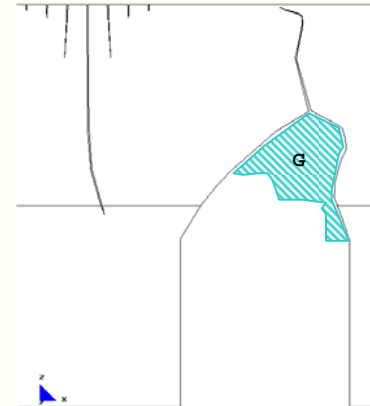
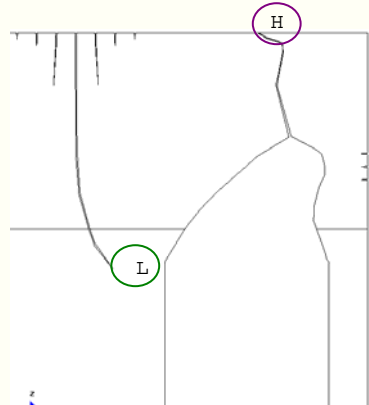
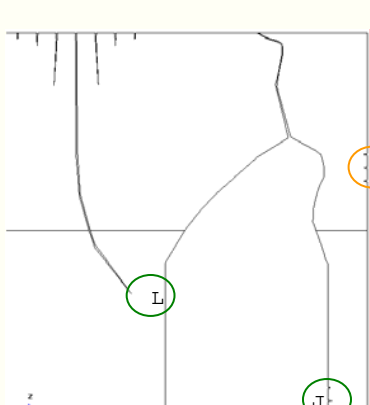
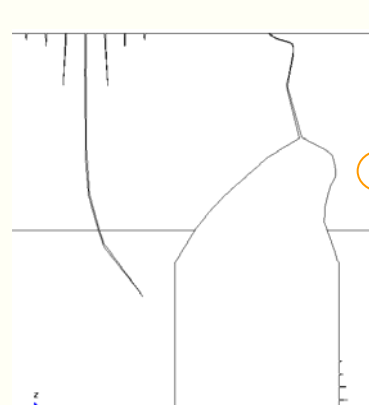
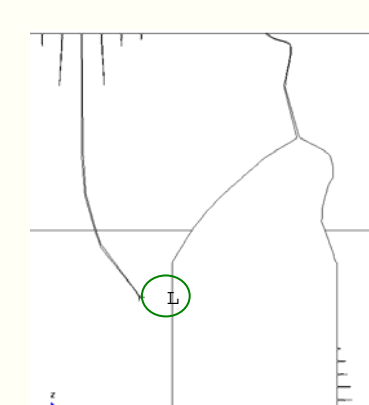
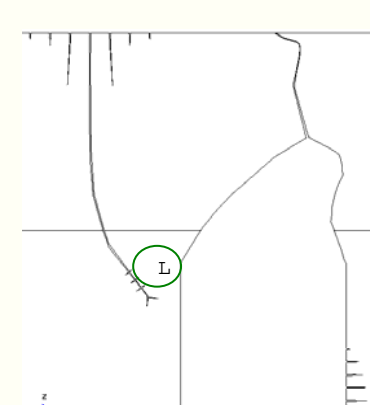
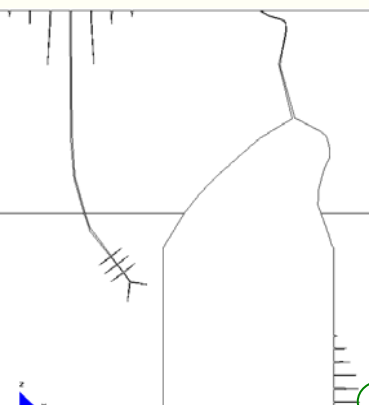
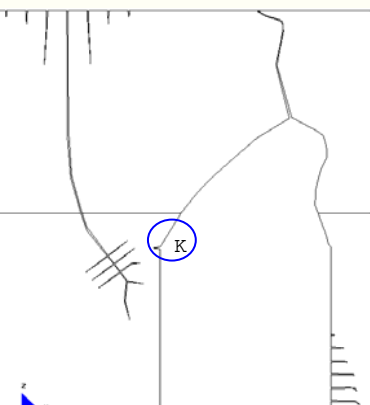
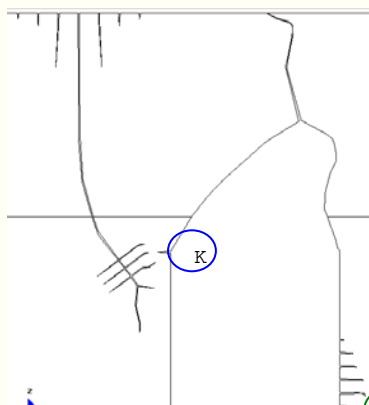
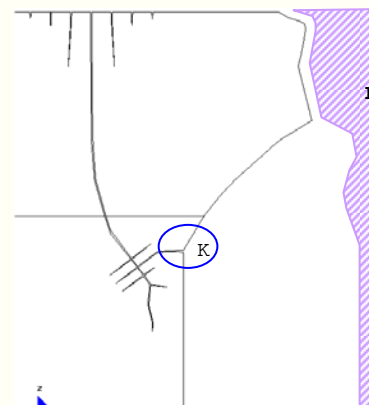
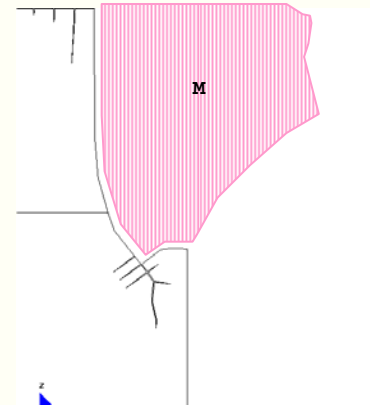
⁴³ Zona marcada con color lila en la "E-30" del (GRAF.8: 5).

⁴⁴ Zona marcada con color lila en la "E-10" del (GRAF.8: 6).

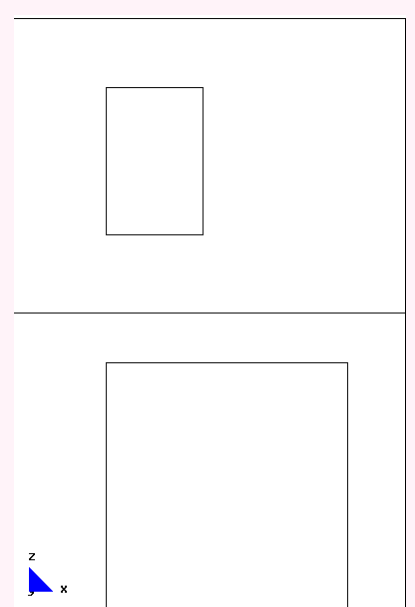
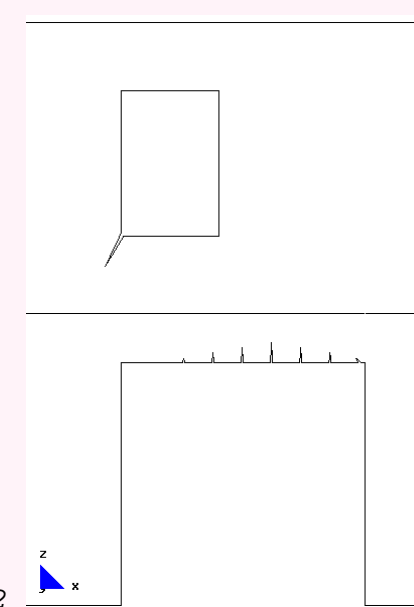
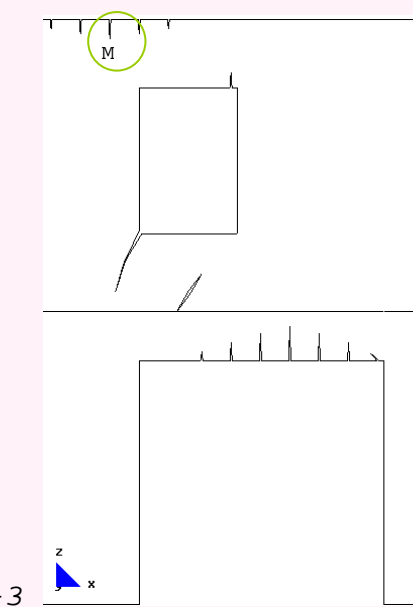
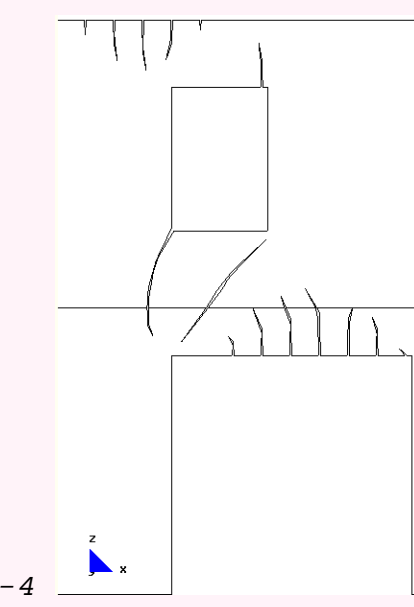
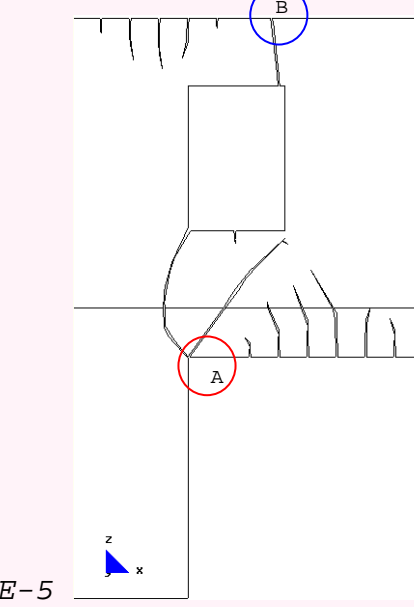
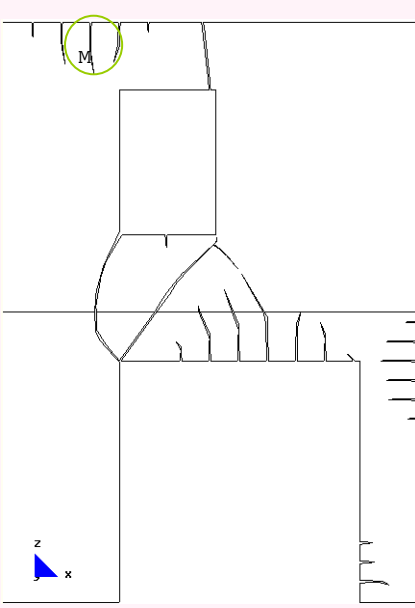
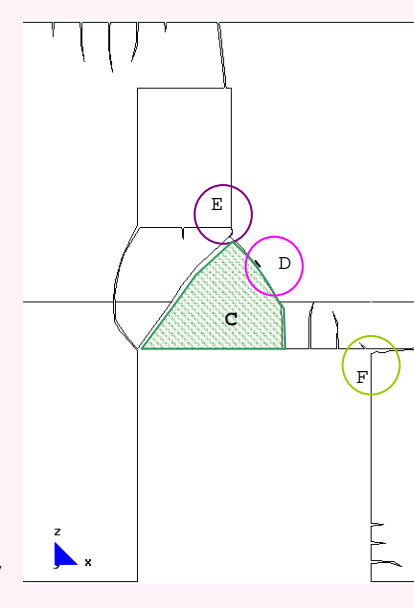
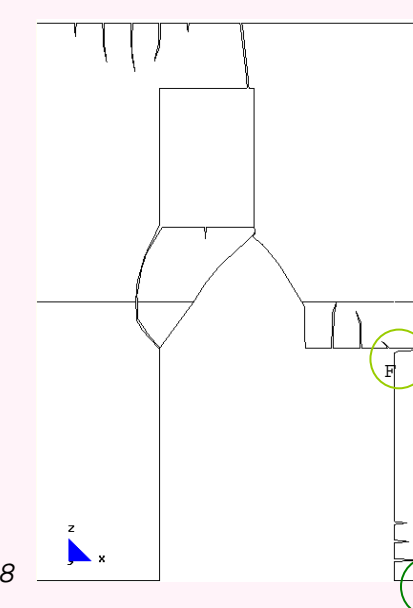
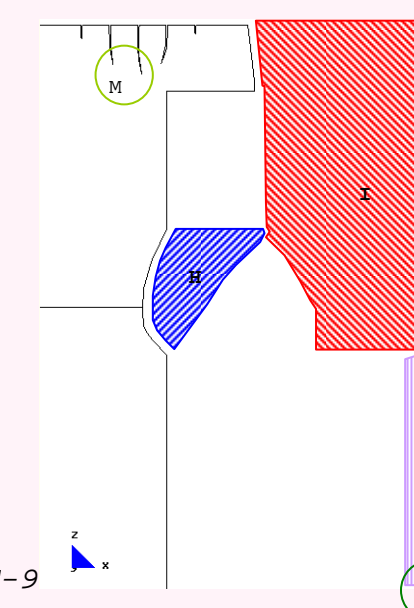
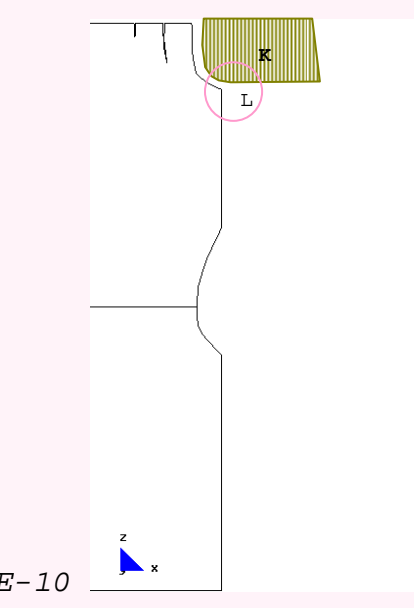
⁴⁵ Zona marcada con color lila en la "E-10" del (GRAF.8: 7).

64. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-4 (M-4).

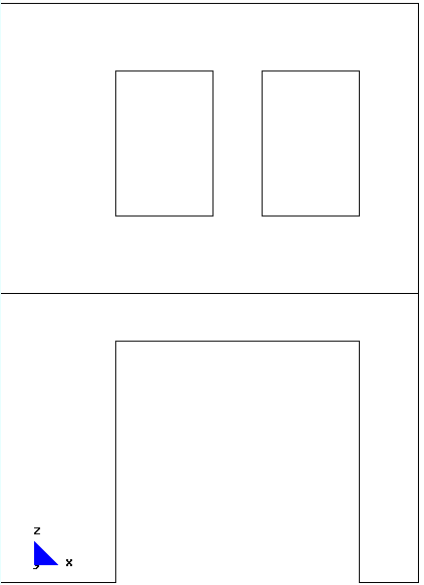
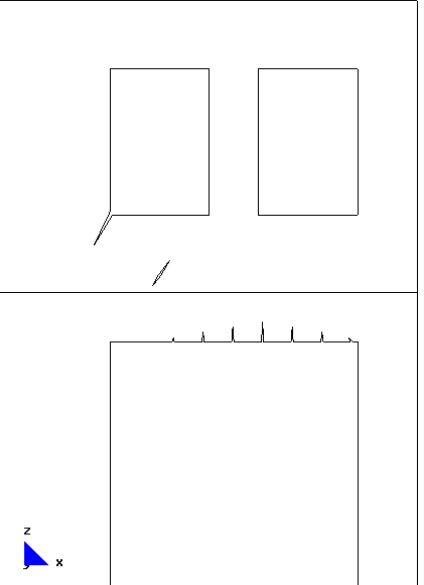
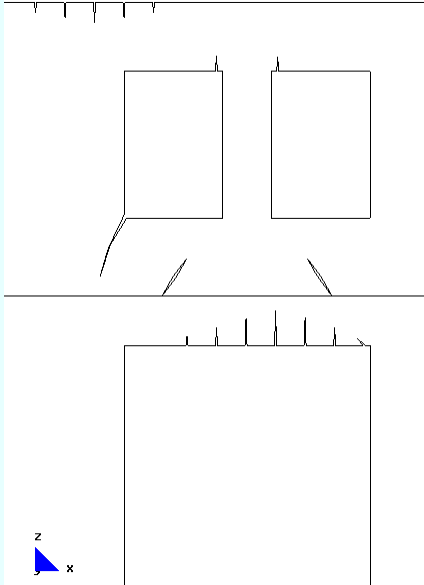
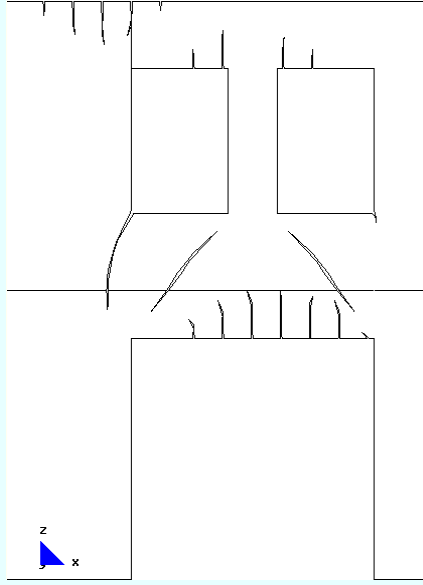
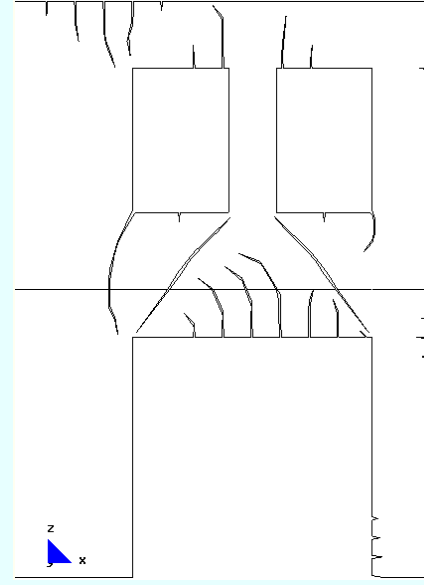
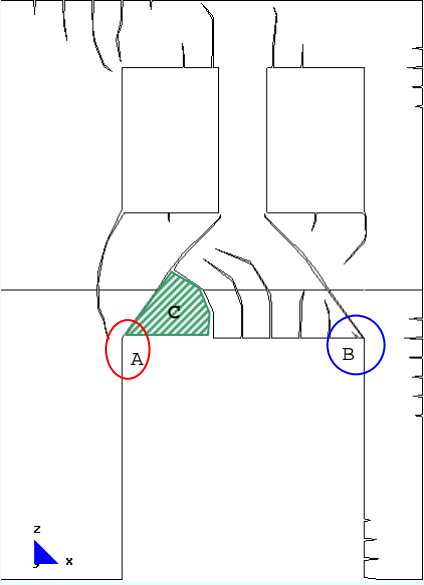
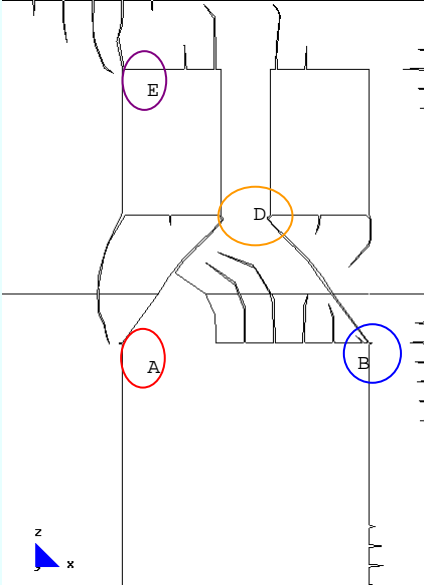
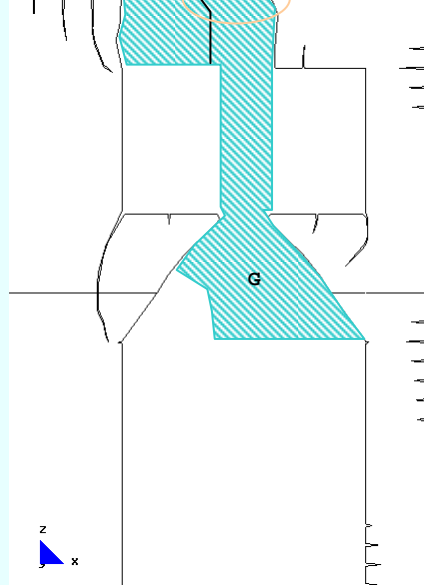
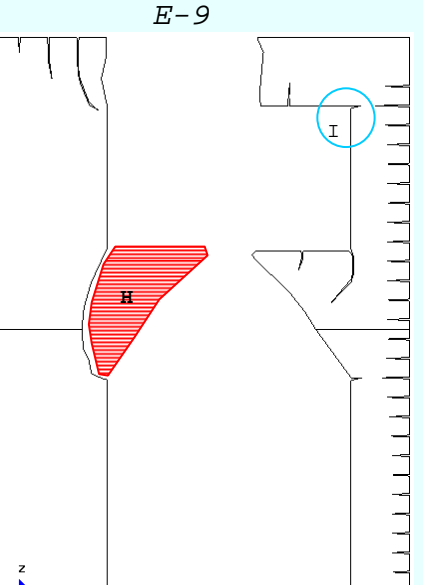
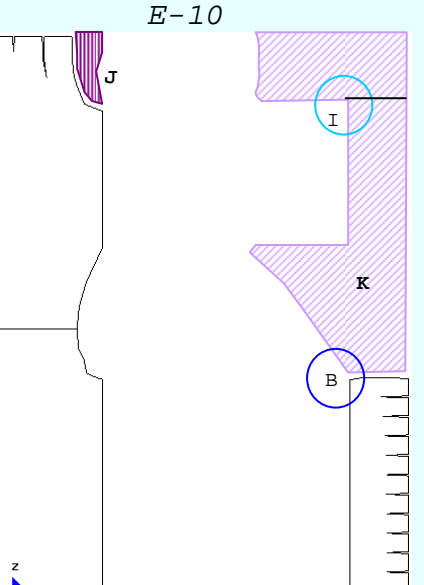
(CUADRO 7) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA (M-4): ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-13/CAPT-6)				
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras e inicio de la fisura horizontal.</p>	<p>Aumento las fisuras existentes e inicio de la fisura inclinada.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes e inicio de un nuevo grupo de fisuras horizontales.</p>
 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "A" de la pared.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación y bifurcación en alguna de ellas. Pérdida de la zona "B" de la pared.</p>	<p>Aumento de la longitud de las fisuras existentes. Pérdida completa de la zona "C" de la pared.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Rotura completa en la zona "D" de la pared.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "E" de la pared.</p>
 <p>E-11</p>	 <p>E-12</p>	 <p>E-13</p>	 <p>E-14</p>	 <p>E-15</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida de la zona "F" de la pared.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de un nuevo grupo de fisuras en la parte superior.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido de algunas de ellas.</p>

DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA (M-4): ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-13/CAPT-6)				
 <p>E-16</p>	 <p>E-17</p>	 <p>E-18</p>	 <p>E-19</p>	 <p>E-20</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Inicio de nuevas fisuras en la zona "I" de la pared.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes, con desviación del sentido en alguna de ellas. Pérdida de la zona "G" de la pared.</p>
 <p>E-21</p>	 <p>E-22</p>	 <p>E-23</p>	 <p>E-24</p>	 <p>E-25</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes, en especial en la zona "L". Rotura completa de la pared en la zona "H".</p>	<p>A partir de esta etapa se imponen las fuerzas especiales ver (CUADRO 14). Desarrollo de la fisura de la zona "L". Presencia de nuevas fisuras en la zona "J". Las fisuras en la zona "I" se comienzan a cerrar.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes. En la zona "I" las fisuras se cierran completamente.</p>	<p>Desarrollo y bifurcación de la fisura de la zona "L" y desarrollo acelerado de las fisuras de la pilastra.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes e inicio de nuevas fisuras aproximadamente perpendiculares a la existente de la zona "L".</p>
 <p>E-26</p>	 <p>E-27</p>	 <p>E-28</p>	 <p>E-29</p>	 <p>E-30</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes. Inicio de excesivas compresiones en la zona "J".</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Inicio de excesivas compresiones en la zona "K".</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes y cambio de sentido en algunas de ellas. Crecimiento excesivo de las zonas comprimidas "K" y "J".</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes. Pérdida completa de la continuidad por compresiones excesivas en las zonas "K" y "J". Posterior colapso de la zona "L".</p>	<p>Colapso de la zona "M" y posterior equilibrio de la pared.</p>

65. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-5 (M-5).

(CUADRO 8) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA (M-5): ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-15/CAPT-6)				
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>
<p>Pared con un hueco excéntrico sin fisurar.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y en la esquina inferior izquierda del hueco.</p>	<p>Crecimiento del primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo, entre ellas las de la zona "M".</p>	<p>Desarrollo y cambio de sentido de las fisuras existentes del primer y segundo grupo.</p>	<p>Crecimiento de fisuras e inicio del tercer grupo de fisuras. Rotura completa en las zonas "A" y "B" de la pared.</p>
 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>
<p>Imposición de condiciones de contorno especiales (CUADRO 16). Desarrollo de las fisuras existentes de los diferentes grupos. Se cierran las fisuras de la zona "M".</p>	<p>Desarrollo de la fisura de la zona "D" y excesivas compresiones en la zona "E" perdiéndose por completo la continuidad entre ambos lados de la pared. Colapso de la zona "C". Rotura en la zona "F", por excesivas compresiones y tracciones.</p>	<p>En la zona "F" la parte que falla por tracción tiene que ser capaz de soportar compresiones, cerrándose incluso las fisuras en dicha zona. En la zona "G" se produce exceso de tracciones y compresiones.</p>	<p>Fallo por excesivas compresiones en la base de la pilastra, zona "G", lo cual origina el colapso de las tres zonas "J", "I" y "H". Se vuelven a abrir las fisuras de la zona "M".</p>	<p>Colapso de la zona "E", al producirse excesivas tracciones en la zona "L" y posterior equilibrio de la pared.</p>

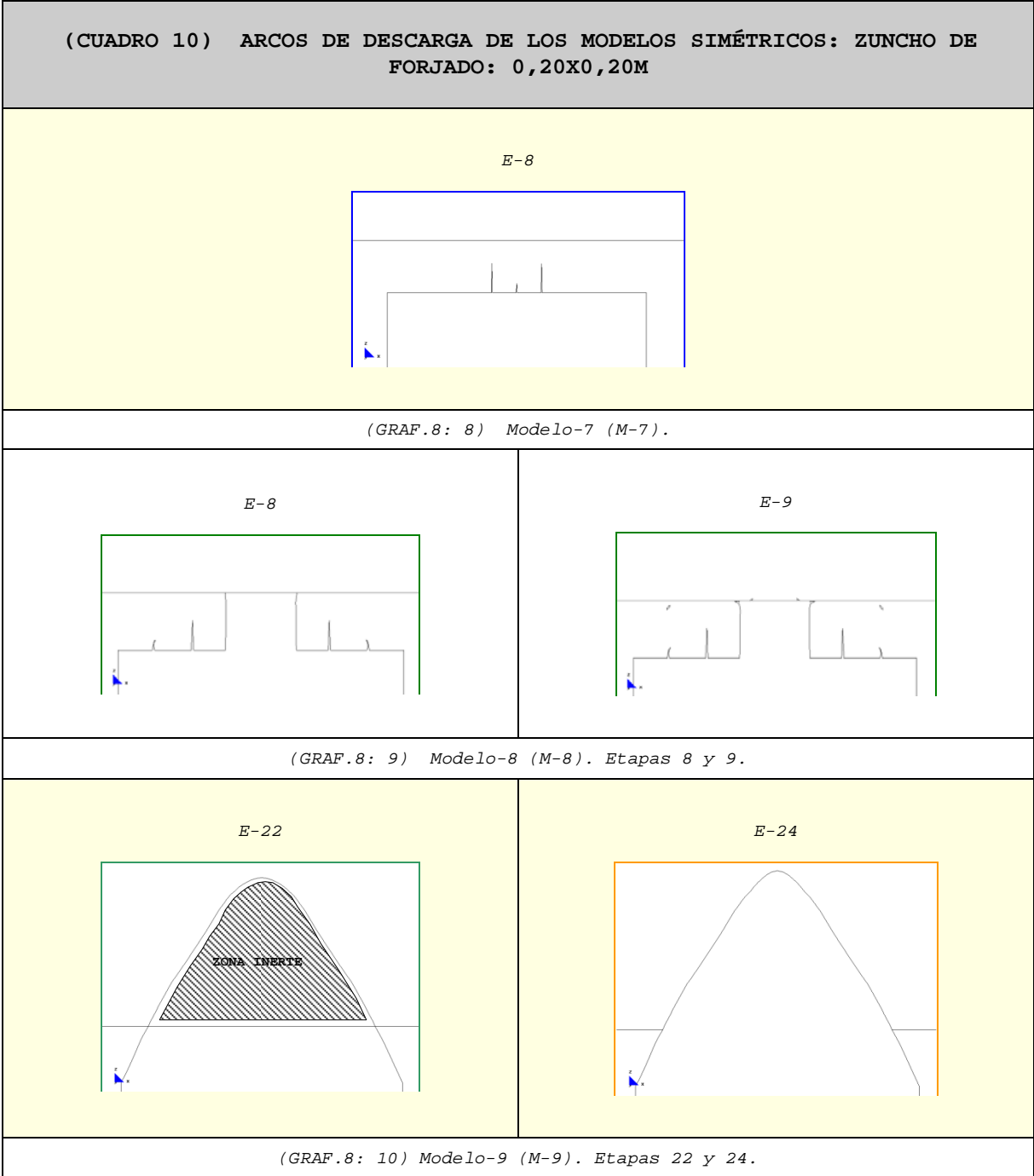
66. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-6 (M-6).

(CUADRO 9) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS HUECOS EN PLANTA ALTA (M-6). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-17/CAPT-6)				
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo y fisuras inclinadas tanto en la parte inferior del hueco como encima del forjado.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras y formación del segundo grupo.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer y segundo grupo de fisuras. Formación del tercer grupo de fisuras.</p>
 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>
<p>Desarrollo de las fisuras existentes. Rotura completa de las zonas "A" y "B". Desprendimiento completo de la zona "C" de la pared.</p>	<p>Excesivas compresiones en las zonas "A" y "B". Así también en la zona "D", en la cual la pared pierde por completo la continuidad. La zona "E" se rompe tanto por exceso de compresiones como de tracciones.</p>	<p>Rotura completa en la zona "F" y pérdida de pared en la zona "G".</p>	<p>Aumento de las compresiones en la zona "I". Pérdida completa de la zona "H" de la pared.</p>	<p>Pérdida completa de la continuidad por compresión y tracción, en las zonas "B" e "I". Desprendimiento completo de las zonas "J" y "K" de la pared y posterior equilibrio de la estructura.</p>

8.1.1.9 Mecanismos de colapso en paredes simétricas teniendo en consideración zunchos de 0,20m x 0,20m

"DETERMINAR LOS MECANISMOS DE COLAPSO DE PAREDES SIMÉTRICAS TENIENDO EN CUENTA ZUNCHOS DE DIMENSIONES REALES. ANALIZAR EL NÚMERO DE PLANTAS NECESARIO PARA QUE SE INICIE LA FORMACIÓN DEL ARCO DE DESCARGA".

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen los mecanismos de colapso (desarrollo de los diferentes arcos de descarga) de las paredes simétricas, con la influencia de zunchos de dimensiones mayores.



67. Tal como se concluye en el apartado "8.1.1.3", el zuncho reduce considerablemente las tracciones en el modelo e impide en muchos casos la formación del arco de descarga.

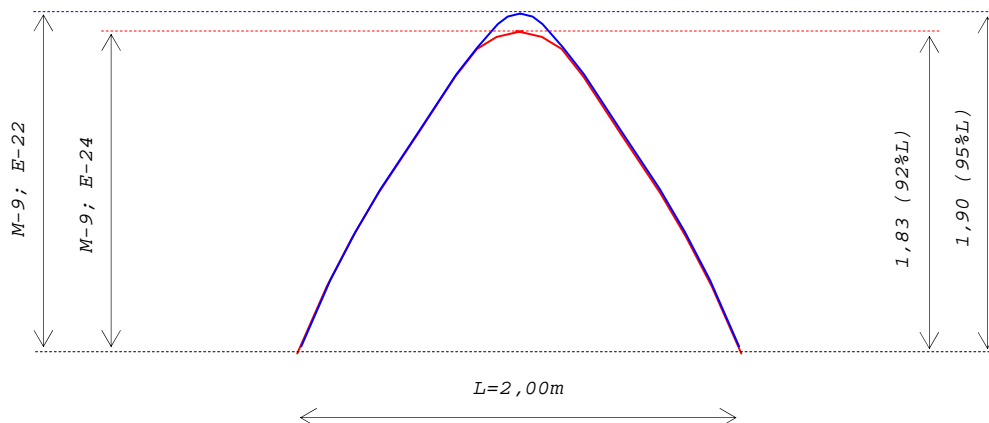
68. La influencia del zuncho es muy notoria en el modelo-7 (M-7) en el cual sólo se llegan a formar tres fisuras que se estabilizan mucho antes de alcanzar el nivel del forjado.

69. Cuando la pared tiene 5 plantas (con una carga equivalente a 5 plantas) (M-8) tampoco se forma el arco de descarga, únicamente se forman fisuras en la parte inferior del forjado (que se estabilizan posteriormente) y sólo se llega a perder una pequeña parte del elemento.

70. La presencia de las fisuras inclinadas que dan lugar a la formación del arco de descarga se inicia sólo a partir de una carga equivalente a 8 plantas⁴⁶.

71. En el modelo con una carga equivalente a 10 plantas (M-9) hemos llegado al final del proceso de fisuración y vemos que se presentan cuatro momentos importantes: pérdida de la zona de la pared ubicada en la parte inferior de forjado, pérdida de la adherencia entre el zuncho y la parte superior de la pared, rotura completa del arco (zona inerte) sobre el forjado⁴⁷ y rotura hipotética de zuncho seguida de la caída de la zona inerte⁴⁸ y de la prolongación de la clave del arco original⁴⁹.

Para mayor claridad en el gráfico que se presenta a continuación se expone el montaje de los dos arcos que se obtienen en distintos momentos.



(GRAF.8: 11) Montaje de los dos arcos desarrollados en el modelo-9 (M-9).

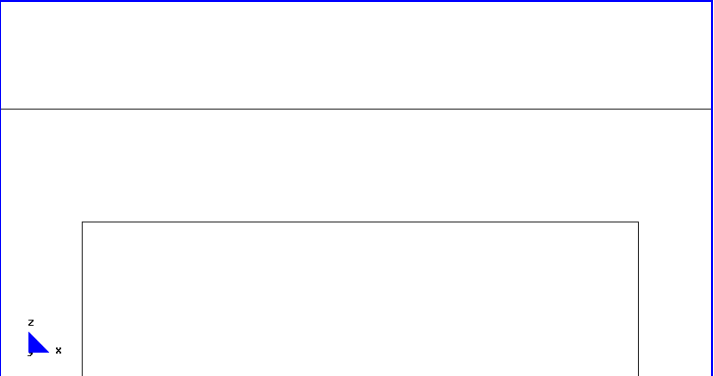
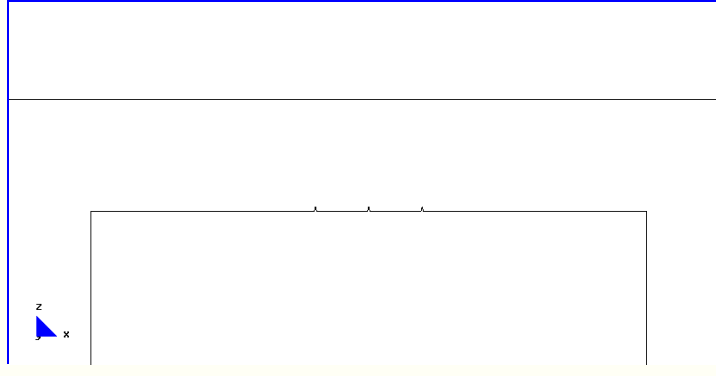
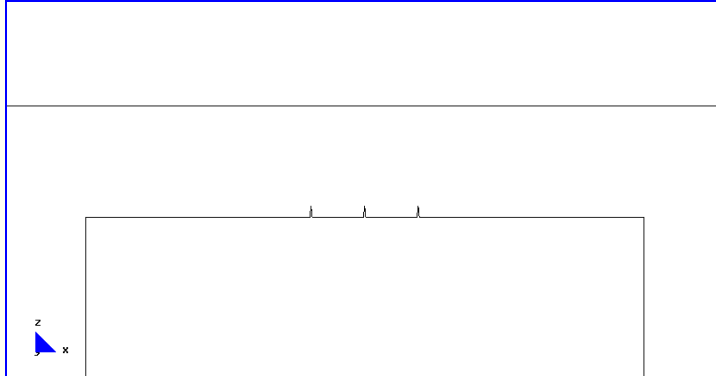
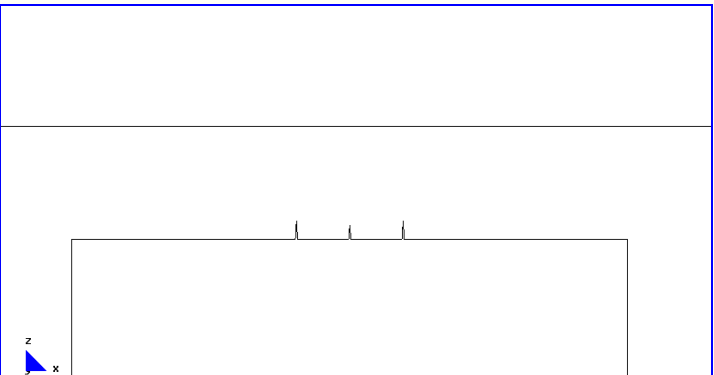
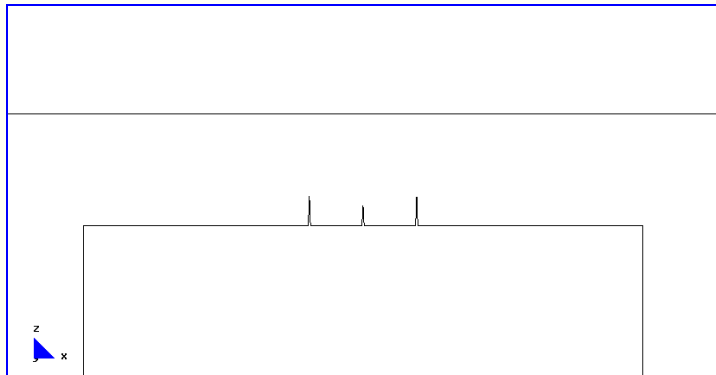
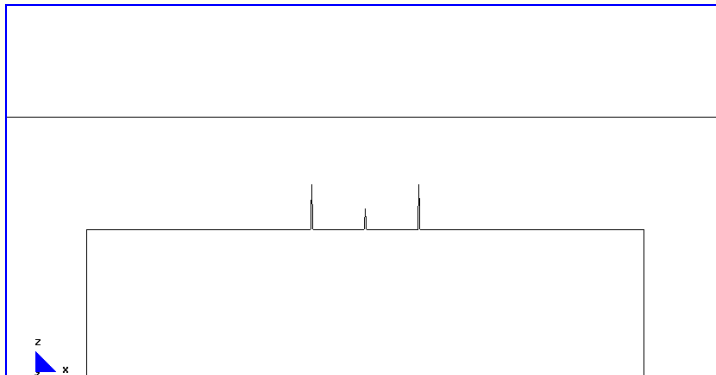
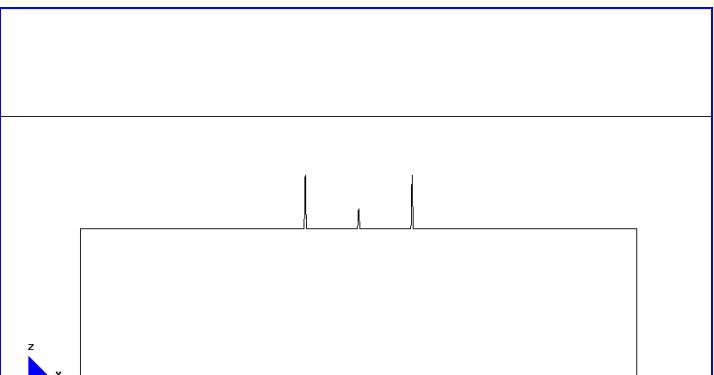
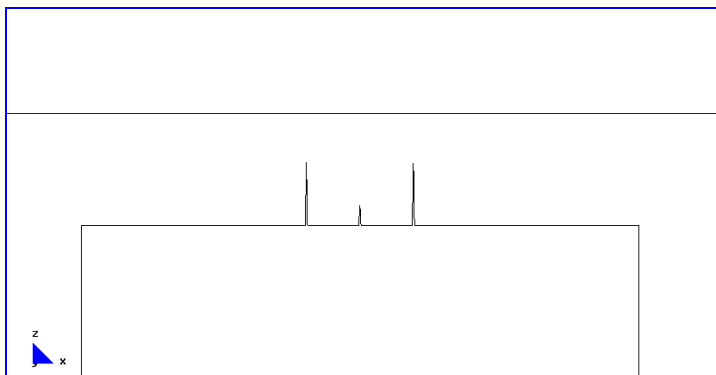
⁴⁶ Etapa-9 (E-9) del modelo-8 (M-8); ver (GRAF.8: 9).

⁴⁷ Alcanzando una altura total de 1,83m equivalente al 92% del ancho de la abertura.

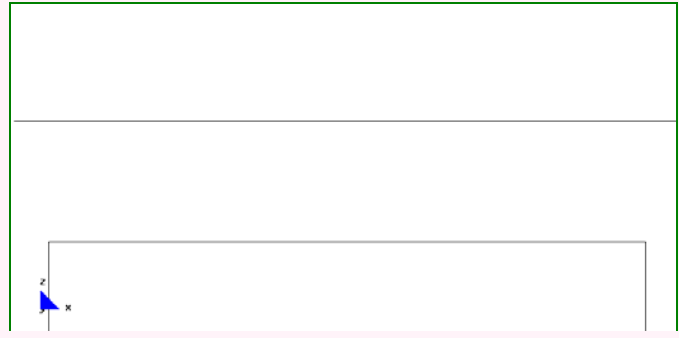
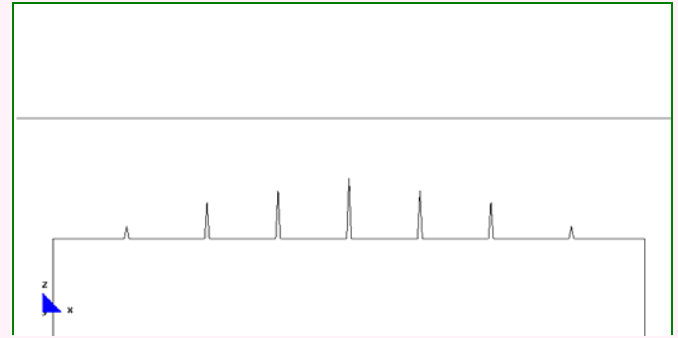
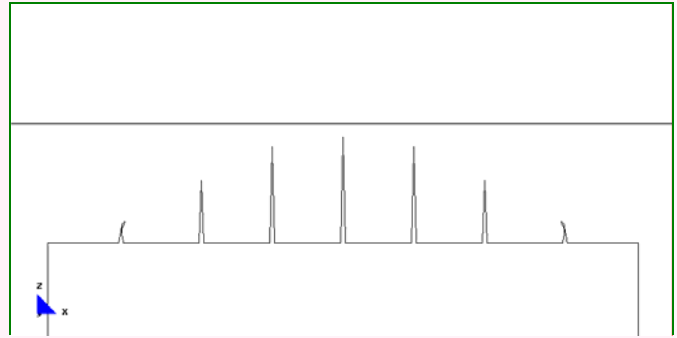
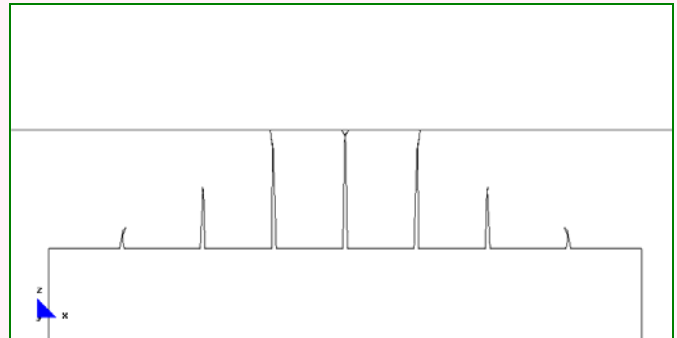
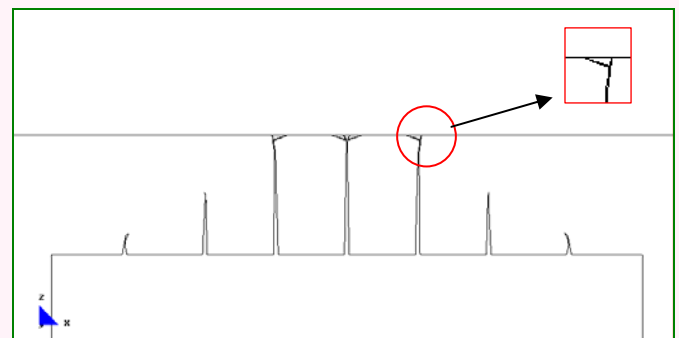
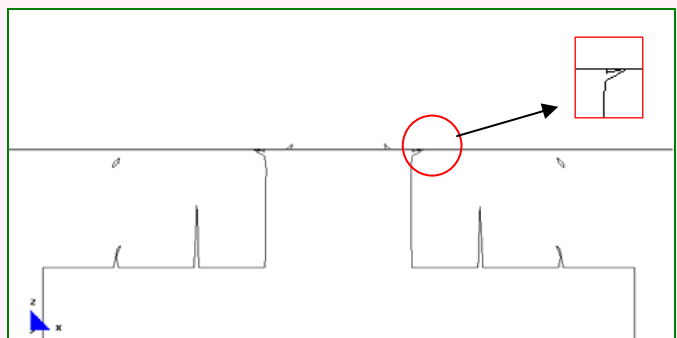
⁴⁸ Ya que dada su resistencia no llega a romper, aunque como se indicó en capítulo-7, se asume de modo hipotético que rompe con la finalidad de conocer el proceso de colapso hasta el final, momento en que la pared alcanza su equilibrio.

⁴⁹ Alcanzando una altura total de 1,90m equivalente al 95% del ancho de la abertura.

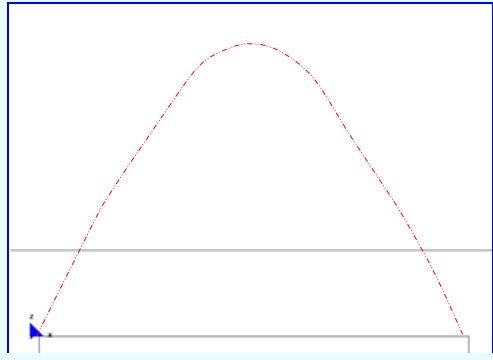
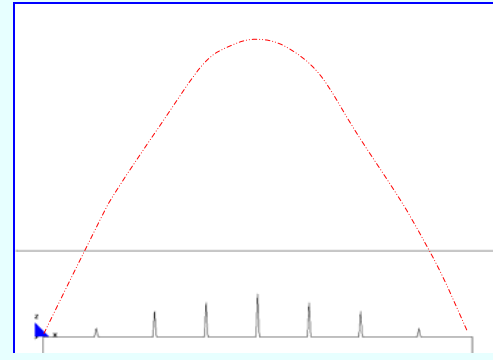
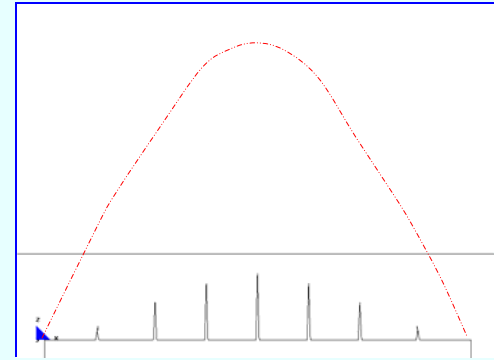
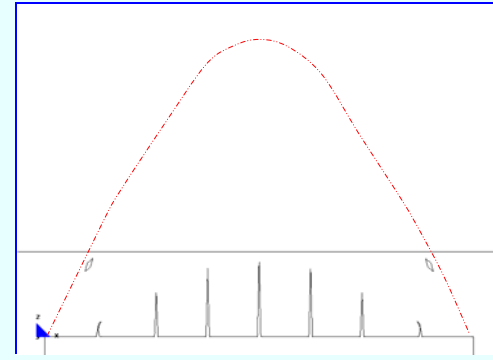
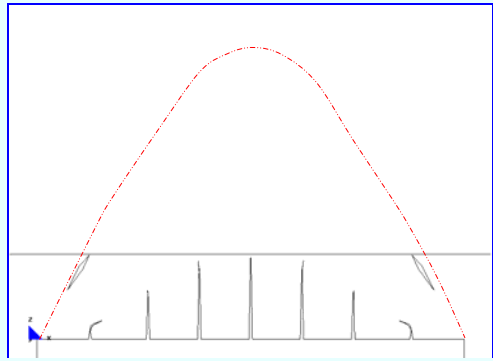
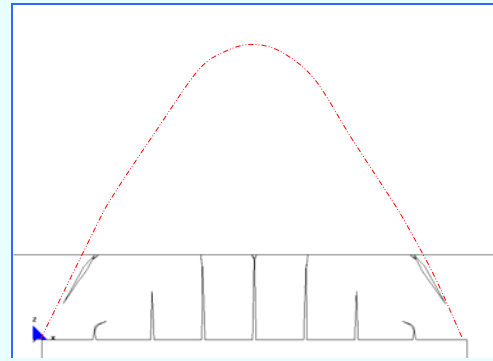
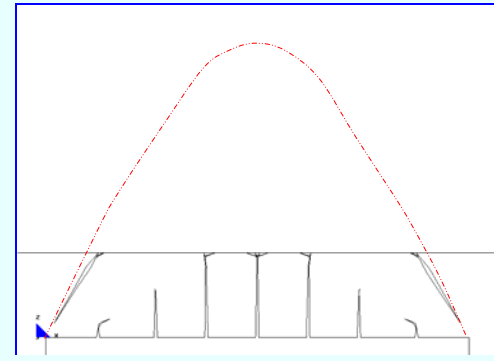
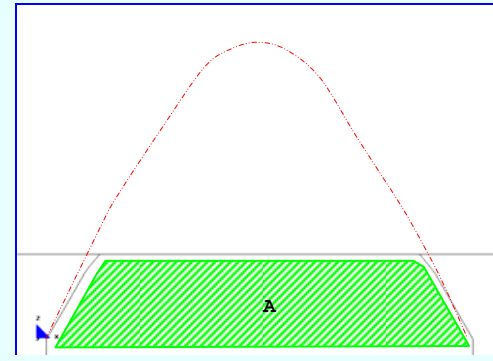
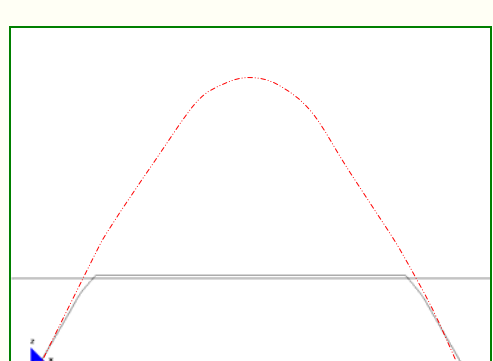
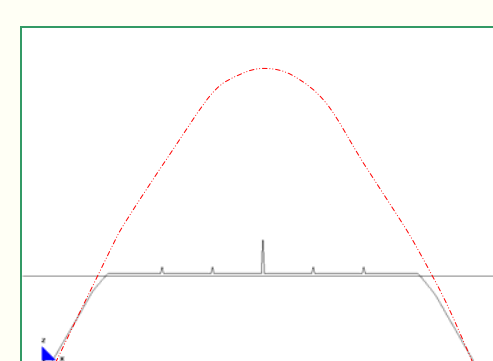
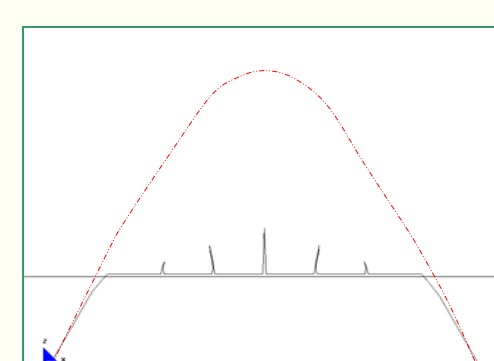
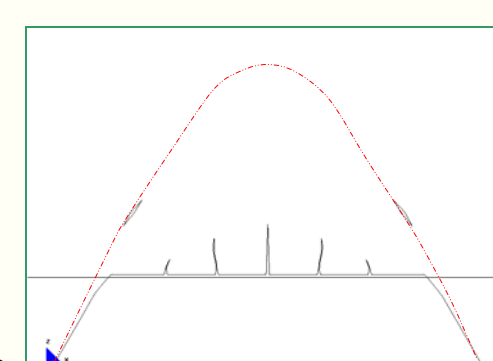
72. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-7 (M-7).

(CUADRO 11) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE DOS PLANTAS (M-7). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-18/CAPT-6)		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
<i>Pared sin fisuración.</i>	<i>Inicio del primer grupo de fisuras.</i>	<i>Desarrollo del primer grupo de fisuras.</i>
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
<i>Crecimiento del primer grupo de fisuras.</i>	<i>Desarrollo del primer grupo de fisuras.</i>	<i>Crecimiento del primer grupo de fisuras.</i>
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	
<i>del primer grupo de fisuras.</i>	<i>Momento en que se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza la estabilidad del conjunto. No se llega a desarrollar el arco de descarga.</i>	

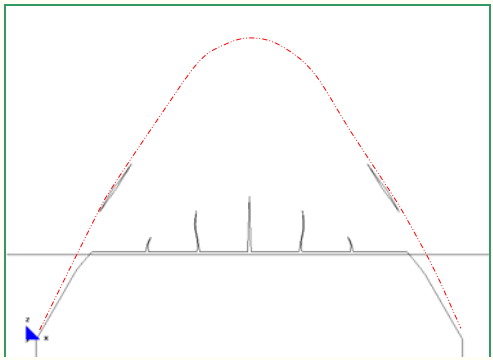
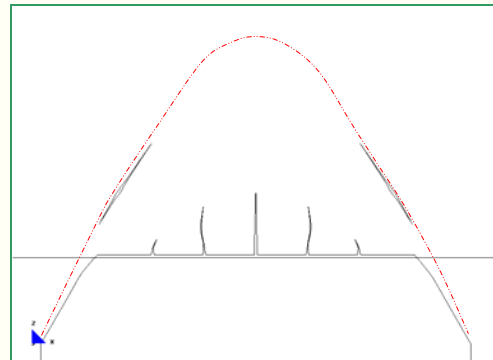
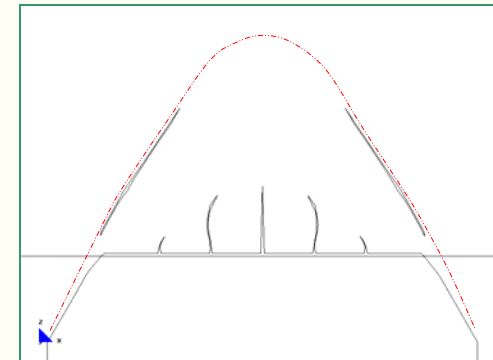
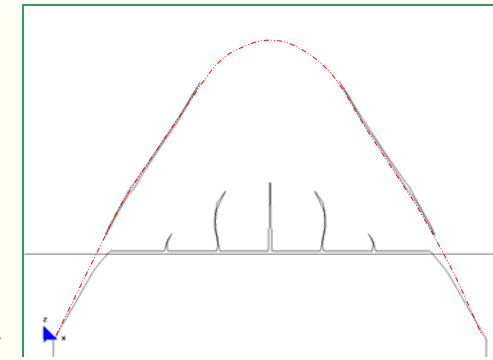
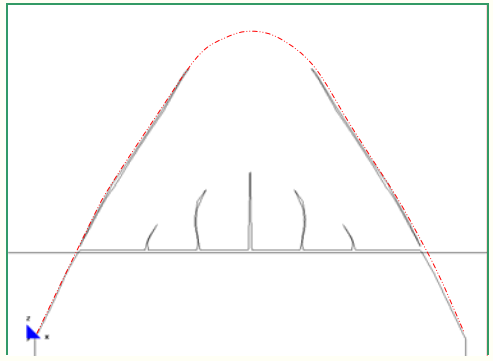
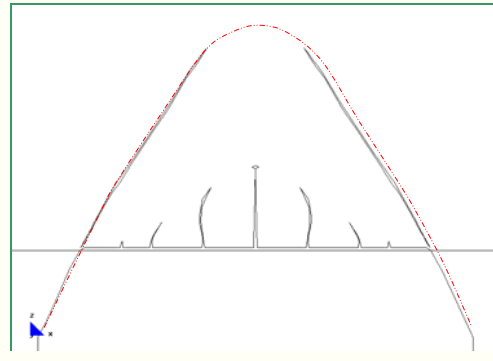
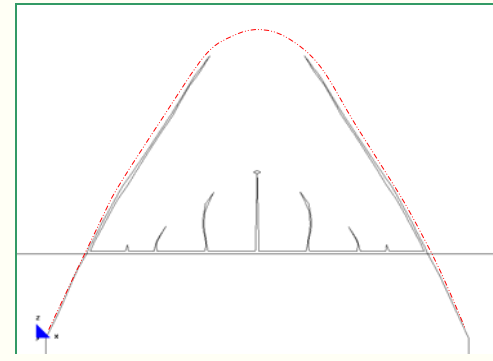
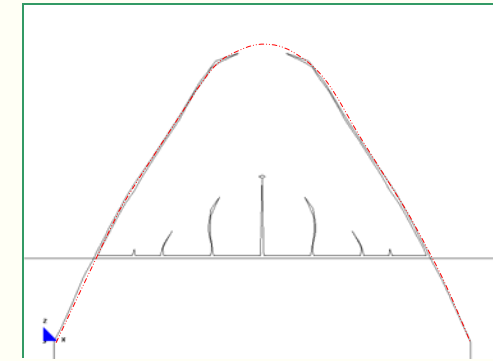
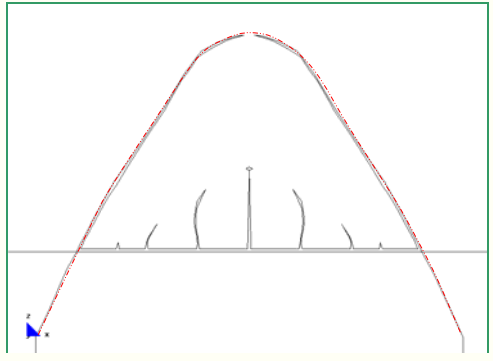
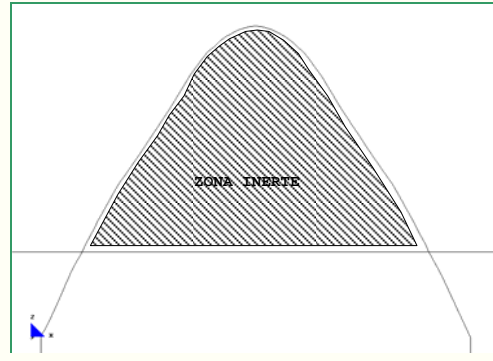
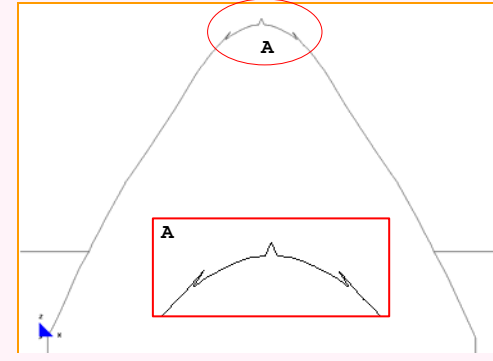
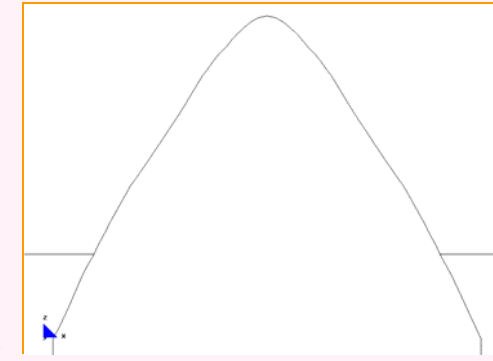
73. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-8 (M-8).

(CUADRO 12) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS (M-8). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-19/CAPT-6)		
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>Aumento de la longitud de las fisuras y cambio de sentido de las fisuras más pequeñas.</p>
 <p>E-4</p>	 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>
<p>Aumento y desviación de las tres fisuras centrales. Se detiene el crecimiento de las fisuras más pequeñas.</p>	<p>Aumento y desviación de las tres fisuras centrales.</p>	<p>Aumento de la longitud de las tres fisuras centrales, hasta llegar al nivel del forjado.</p>
 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>	 <p>E-9</p>
<p>Bifurcación de las tres fisuras centrales.</p>	<p>Con una carga equivalente de 5 plantas, en el peor de los casos: se llega a la pérdida del material en la zona "A", se detiene el crecimiento de las fisuras y se alcanza el equilibrio de la pared.</p>	<p>Al incrementar la carga a una equivalente de 8 plantas, inicio de la formación de las fisuras inclinadas que dan lugar al arco de descarga.</p>

74. Desarrollo del mecanismo de colapso del Modelo-9 (M-9).

(CUADRO 13) DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS (M-9). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-20/CAPT-6)			
 <p>E-1</p>	 <p>E-2</p>	 <p>E-3</p>	 <p>E-4</p>
<p>Pared sin fisuración.</p>	<p>Formación del primer grupo de fisuras en el apeo.</p>	<p>Aumento de la fisuración en el primer grupo de fisuras.</p>	<p>Aumento del primer grupo de fisuras e inicio de fisuras inclinadas que originan la formación del arco de descarga.</p>
 <p>E-5</p>	 <p>E-6</p>	 <p>E-7</p>	 <p>E-8</p>
<p>Crecimiento de fisuras existentes. Cambio de sentido de las discontinuidades pequeñas. Las fisuras inclinadas llegan a tocar el forjado.</p>	<p>Desarrollo de las tres fisuras centrales. Crecimiento y desviación de las fisuras inclinadas.</p>	<p>Desarrollo y desviación de las tres fisuras centrales y de las inclinadas.</p>	<p>Rotura completa de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Desprendimiento de la zona "A" de la pared que se localiza entre el apeo y el forjado, $h=0.50m$.</p>
 <p>E-9</p>	 <p>E-10</p>	 <p>E-11</p>	 <p>E-12</p>
<p>Pérdida total del contacto entre la parte superior de la pared y el zuncho.</p>	<p>Formación del tercer grupo de fisuras.</p>	<p>Crecimiento de las fisuras del tercer grupo.</p>	<p>Desarrollo de las fisuras existentes y formación de las fisuras inclinadas que forman el arco de descarga.</p>

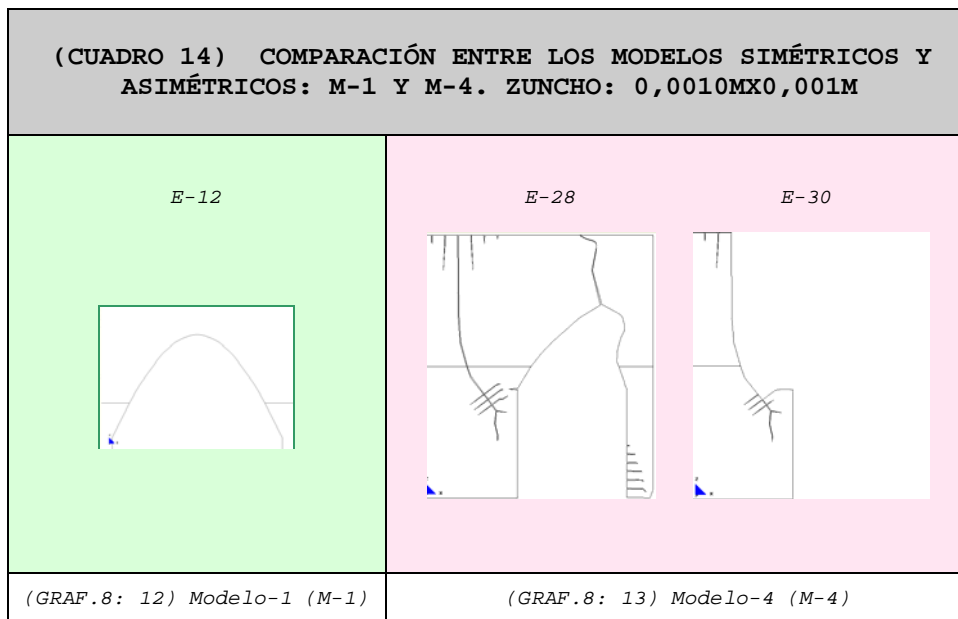
DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS (M-9). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-20/CAPT-6)

 <p>E-13</p>	 <p>E-14</p>	 <p>E-15</p>	 <p>E-16</p>
<p>Aumento de la longitud de las fisuras existente y desviación de las centrales.</p>	<p>Desarrollo de las tres fisuras centrales e inclinadas.</p>	<p>Crecimiento de las fisuras centrales e incremento de su inclinación.</p>	<p>Aumento de las fisuras inclinadas y de la fisura central del modelo.</p>
 <p>E-17</p>	 <p>E-18</p>	 <p>E-19</p>	 <p>E-20</p>
<p>Aumento más importante de las fisuras inclinadas y más pequeño en la central. Aumento del ancho del hueco.</p>	<p>Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas. Bifurcación en la fisura central. Inicio de la fisura inferior.</p>	<p>Aumento de la parte inferior de las fisuras inclinadas hasta llegar a separarse por completo.</p>	<p>Aumento acelerado de la parte superior de la fisura inclinada. Se detienen todas las fisuras adicionales.</p>
 <p>E-21</p>	 <p>E-22</p>	 <p>E-23</p>	 <p>E-24</p>
<p>Aumento de la parte superior de las fisuras inclinadas y cambio de sentido de las mismas (a una trayectoria horizontal), por incremento de la tensión de tracción vertical.</p>	<p>Formación completa del arco de descarga, con la existencia del zuncho de forjado. Mientras exista el zuncho la pared no cae, sino que se comporta como una zona inerte. Altura del arco: ht=1.83m (0,50m+1,33m).</p>	<p>El zuncho no llega a fallar, dada su elevada resistencia. Para llegar al final del proceso, se considera como hipótesis más desfavorable el fallo del mismo. Inicio de fisuras en la clave del arco de descarga en la zona "A".</p>	<p>Incremento de la altura del arco de descarga al no existir zuncho de forjado. Altura total del arco: ht=1.90m (0,50m+1,40m).</p>

8.1.1.10 Diferencia entre los modelos simétricos y asimétricos

**"DETERMINAR LAS DIFERENCIAS GENERALES DE COMPORTAMIENTO
ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS Y ASIMÉTRICOS.**

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen las etapas finales de los modelos 1 y 4.



75. El trazado del arco de descarga del modelo simétrico es muy claro y limpio mientras que en el modelo asimétrico ocurre lo contrario.

76. El mecanismo de colapso del modelo simétrico es más intuitivo en comparación el otro modelo.

77. La zona que se pierde de la pared en los modelos asimétricos es mayor que en el caso de las paredes simétricas.

78. El tiempo de colapso de los modelos asimétricos es mayor que en los modelos simétricos, debido a la presencia del fenómeno de engranaje⁵⁰ que tiene lugar en los modelos excéntricos.

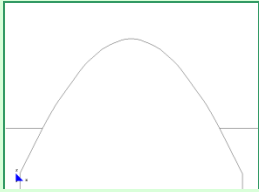

79. El fenómeno del engranaje no se produce en gran medida en el modelo simétrico, justamente por su simetría que origina una rotura idéntica en ambos lados de la pared y conduce con ello a que los elementos fisurados caigan por el efecto de la gravedad sin se lo impida ningún elemento lateral.

⁵⁰ Ver conclusión "60".

8.1.1.11 Diferencia entre los modelos M-1 y M-7, al considerar zunchos con dimensiones diferentes:

“DETERMINAR QUÉ DIFERENCIA EXISTE AL CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE DIMENSIONES DIFERENTES DE ZUNCHO EN LOS MODELOS SIMÉTRICOS CON HUECO ÚNICAMENTE EN LA PLANTA BAJA (FUTUROS MODELOS 1 Y 7)”.

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen las etapas finales de los modelos 1 y 7.

(CUADRO 15) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-7	
<p style="text-align: center;">Modelo con zunchos: 0,0010mx0,001m.</p> <p style="text-align: center;">E-12</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p style="text-align: center;">Modelo con zunchos 0,20mx0,20m.</p> <p style="text-align: center;">E-8</p> <div style="text-align: center;">  </div>
(GRAF.8: 14) Modelo-1 (M-1). Modelo	(GRAF.8: 15) Modelo-7 (M-7).

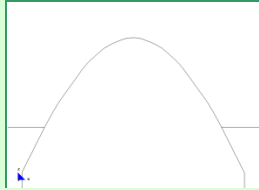
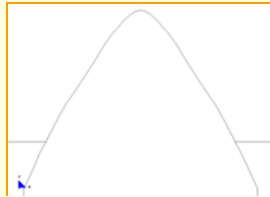
80. La influencia del zuncho en el comportamiento de las paredes de obra de fábrica es muy elevada, tal como se comentó anteriormente, su presencia impide que en el modelo-7 se forme el arco de descarga.

81. Al considerar zunchos con dimensiones mayores es necesario mayor carga para que el arco se llegue a formar en la pared y esto es lógico ya que como se comentó el zuncho impone importantes compresiones laterales a la pared confiriéndole mayor rigidez.

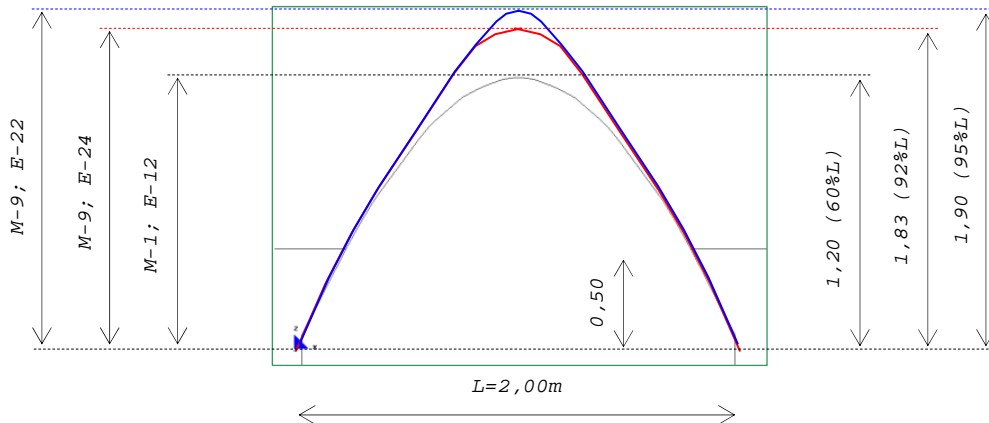
8.1.1.12 Diferencia entre los modelos M-1 y M-9, al considerar zunchos con dimensiones y cargas diferentes

“DETERMINAR QUÉ DIFERENCIA EXISTE AL CONSIDERAR LA INFLUENCIA DE DIFERENTES DIMENSIONES DE LOS ZUNCHOS Y DE LAS CARGAS (EN FUTUROS MODELOS 1 Y 9)”.

En el cuadro que se expone a continuación se incluyen las etapas finales de los modelos 1 y 9.

(CUADRO 16) COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-9	
<p style="text-align: center;"><i>Modelo con zunchos pequeños y carga equivalente a dos plantas.</i></p> <p style="text-align: center;">E-12</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Modelo con zunchos grandes y con una carga equivalente a diez plantas.</i></p> <p style="text-align: center;">E-24</p> 
(GRAF.8: 16) Modelo-1 (M-1). Modelo	(GRAF.8: 17) Modelo-9 (M-9).

82. En el gráfico que se presenta a continuación se hace el montaje de los arcos de descarga desarrollados en los modelos: en color gris se indica el arco del modelo-1, en color rojo se indica el primer arco que se forma en el modelo-9 y en color azul se presenta el arco definitivo del modelo-9.



(GRAF.8: 18) Montaje de los arcos desarrollado: uno del modelo-1 (M-1) y los dos del modelo-9 (M-9).

83. El arco que se obtiene del mecanismo de colapso es más puntiagudo a medida de la carga es mayor.

8.1.2 Conclusiones generales

1. La forma del hueco que compone el apeo tiene una gran importancia en el comportamiento general de la pared. Si se aproxima a la forma del arco ideal, la pared sufre menos tracciones y si se acerca más a la forma recta, estos esfuerzos se intensifican considerablemente. A pesar de ello, está claro que dada la facilidad del trazado y la ejecución del hueco recto, estos son los más utilizados en la obra de edificación.

2. El buen atado de las paredes es un factor muy relevante en el caso de ejecutar un apeo, dado que de este modo dotamos a la estructura de un arriostramiento lateral; este da como resultado la reducción considerable de los esfuerzos de tracción en la pared. Es por ello que en caso de no tener las garantías de esta unión se deberán tomar las medidas oportunas para aumentar su rigidez lateral.

3. El zuncho embebido en el forjado juega un papel fundamental en el comportamiento de las paredes, ya que introduce importantes compresiones laterales en el elemento estructural analizado. En este caso se obtiene como resultado una reducción notoria de las fuerzas de tracción, y como consecuencia la reducción del riesgo de colapso. Por ello, cuando no consideramos el zuncho, las paredes colapsan únicamente con una carga equivalente a 2 plantas; sin embargo, cuando existe el zuncho es necesario un peso equivalente a 8 plantas para se inicie la formación del arco de descarga que da lugar al proceso de colapso de la pared (en el caso de los modelos simétricos).

4. La flecha no es un factor restrictivo en el diseño de los apeos, independientemente de su ubicación en la pared, sino más bien lo son las tracciones que se producen en la zona del dintel al intentar deformar la pared por efecto del apeo.

5. No existe sobretensión a tracción de la fábrica en paredes de dos y tres plantas cuando la abertura del hueco es de 1,50m; sin embargo, cuando ésta es de 2,00m, sí se inicia el proceso de fisuración. Mientras que en las paredes con un número superior a tres plantas se comprueba que la fisuración se inicia con un vano de 1,50m.

6. Hay que tener en cuenta que la posición y dimensión del apeo también influye para que la pared tenga un comportamiento más o menos favorable. Por un lado, en paredes de dos y tres plantas es menos conveniente colocar el apeo en la planta baja, mientras que cuando la pared tiene un número superior de tres plantas es más desfavorable colocarlo en la primera planta. Por otro, no se produce fisuración cuando el apeo se localiza en cualquiera de las dos últimas plantas de los modelos (cuando su longitud es de 1,50m); sin embargo, si la abertura es de 2,50m, sí se supera la resistencia a tracción de la fábrica de un modo notorio.

7. La resistencia de la fábrica a tracción considerada de 1,00Kg/cm² es bastante acertada dados los resultados. Vemos que con este límite la fisuración se inicia cuando la pared es de dos plantas. Pero si consideramos como límite la resistencia a tracción un valor equivalente al 10% de la resistencia a compresión (3,00Kg/cm²), debemos tener una pared de 5 plantas y con un hueco de 3,50m, lo cual me parece excesivo.

8. El fallo a compresión en paredes pequeñas no es relevante; sin embargo, comienza a serlo cuando la pared es de 6 plantas y con una abertura de 4,50m. No obstante, cuando el proceso de fisuración se produce en la pared con apeos de 2,50m se desarrollan excesivas compresiones que superan su resistencia, incluso en la pared de dos plantas.

9. En el modelo simétrico sin hueco en la planta alta se forma en la pared un arco de descarga perfecto. No obstante, cuando se aumenta un hueco en la planta alta, el arco de descarga no se llega a formar por completo, mientras que, en el modelo con los dos huecos en la planta alta sí se forma el arco de descarga, aunque muy bajo, sin alcanzar el nivel, inferior de dichos huecos. En estos modelos la pérdida de pared es reducida en comparación con los asimétricos.

10. La forma descrita por el trazado del arco de descarga que se forma en el primer modelo simétrico no es exactamente una catenaria, sino que se puede constatar que dicha forma se aproxima más a una parábola. También se comprueba que su altura es equivalente al 60% del ancho de la abertura, lo cual está de acuerdo con lo indicado en "CTE".

11. Los mecanismos de colapso de los modelos asimétricos no son tan fáciles de predecir, aunque se puede constatar que son bastante prolongados; es decir, que el colapso no tienen lugar instantáneamente después que se produce la fisuración o incluso la rotura de la pared, sino cuando una parte de la pared se cae. En estos modelos la pérdida de pared final es muy grande en relación con los simétricos.

12. En las paredes asimétricas se inicia el proceso de fisuración aproximadamente en el centro de la clave de la abertura de la planta baja y posteriormente, se forman las fisuras inclinadas, las mismas que inician la formación del arco de descarga de la pared. Otro grupo de fisuras comunes se localizan en la parte superior izquierda de la pared, así como las localizadas en las esquinas de los huecos de la planta alta y en la base de las pilastras.

13. El colapso no se origina del mismo en los tres modelos asimétricos. Vemos que cuando el apeo se encuentra ubicado sólo en la planta baja, el colapso se produce cuando cae la zona derecha de la pared; sin embargo, cuando en la planta alta se aumenta un apeo, el colapso se produce cuando falla la pilastra. Y si en la planta alta se aumentan dos aberturas, el colapso se produce cuando cae la parte central de la pared.

14. En el modelo simétrico con una carga superior equivalente a 10 plantas y con la influencia del zuncho existen 4 momentos importantes: pérdida de la zona de la pared ubicada en la parte inferior de forjado, pérdida de la adherencia entre el zuncho y la parte superior de la pared, rotura completa del arco (zona inerte) sobre el forjado y rotura hipotética de zuncho seguida de la caída de la zona inerte y de la prolongación de la clave del arco original.

MJIG

CAPÍTULO-8

- 1.- CONCLUSIONES
- 2.- **PROPUESTAS DE FUTURAS
INVESTIGACIONES**

8.2 PROPUESTAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

Esta tesis no pretende ser una solución completa a un problema específico sino, como es el caso de todo trabajo de investigación, es una pequeña parte del amplio campo del estudio abordado y se puede considerar acabada en el momento en que se cumplan los objetivos generales y particulares planteados en el inicio del estudio, como es nuestro caso. Sin embargo, puede constituir una base de apoyo para el progreso del conocimiento en este campo.

En este estudio, al igual que en otros trabajos de investigación, ciertos aspectos se han dejado deliberadamente fuera del alcance de la misma, ya sea por limitar su desarrollo a un período razonable o por cuestiones de interés que han surgido a lo largo del estudio desarrollado. En este apartado de cierre del último capítulo se destaca una muestra de las propuestas de futuras investigaciones que se consideran más relevantes.

1. La metodología desarrollada para el proceso de fisuración de los modelos ha sido exclusivamente manual, de ahí surge la importancia de su implementación con medios informáticos, es decir, elaborar una subrutina que se pueda incluir en el programa de cálculo utilizado.

2. El tipo de cargas consideradas han sido sólo de tipo gravitatorias, de ello surge el interés de incluir en el análisis las cargas horizontales (como es el caso de la influencia del viento) y la combinación de unas con otras.

3. El material utilizado ha sido exclusivamente la fábrica de ladrillo, sin embargo sería de interés realizar el mismo proceso utilizando otro tipo de material, como es el hormigón u otro tipo de obra de fábrica.

4. En el estudio se ha limitado a la apertura de huecos, sin embargo sería muy interesante el análisis de otros apeos, como: de un pilar puntual, de una pared de carga muy solicitada, el apeo provisional de una fachada o pilar al tener que reforzar su cimentación, etc.

5. En los modelos se ha considerado únicamente paredes ubicadas en el centro de la planta y con forjado a lado y lado. Se estima importante realizar el estudio con otra tipología de pared, con ello aparecerán parámetros adicionales a tener en cuenta como son los momentos originados en la cabeza del muro al tener forjado de un solo lado.

6. Una propuesta mucho más ambiciosa sería llegar a introducir el edificio completo. Para ello sería conveniente tener implementada la rutina informática para la generación de las fisuras.

7. En nuestro trabajo no se ha llegado a dar la solución estructural de este primer tipo de apeo, por ello se estima conveniente el estudio del mismo, que puede llegar a considerar diferentes variables como es el caso de la posición de las traviesas, el uso o no de pilares o dados para apoyar las vigas, etc. En el mismo se podría considerar o no la influencia del proceso constructivo requerido para la ejecución del apeo.

8. A lo largo de todo el estudio se ha trabajado con un material con comportamiento elástico-lineal, sin embargo sería interesante realizar el análisis considerando un comportamiento no lineal del material.

9. La comparación de la forma catenária y parabólica en obras reales se ha tratado sin mucho detalle en esta tesis. Se considera conveniente un estudio más profundo de dicho tema dado el elevado nivel de discusión que se ha observado al respecto.

ÍNDICE DE TABLAS

(TABLA 1)	VALORACIONES DE LA FORMA	8-6
(TABLA 2)	VALORACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO	8-8
(TABLA 3)	VALORACIONES DE LA INFLUENCIA DEL ZUNCHO CON REFERENCIA A LA FORMA DE LOS HUECOS	8-10
(TABLA 4)	VALORACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS ZUNCHOS CON REFERENCIA A LAS CONDICIONES DE CONTORNO	8-11
(TABLA 5)	VALORACIONES DE LA INFLUENCIA DEL ZUNCHO CON REFERENCIA A LA FORMA DE LOS HUECOS	8-12
(TABLA 6)	VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS 120 MODELOS: DE 2, 3, 4, 5, 6 Y 10 PLANTAS, CON INFLUENCIA DEL ZUNCHO DE FORJADO	8-13

ÍNDICE DE CUADROS

(CUADRO 1)	RESULTADOS DE LOS TRES MODELOS (CUADRO-40/CAPT-6)	8-14
(CUADRO 2)	ARCOS DE DESCARGA DE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	8-15
(CUADRO 3)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA (M-1). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-10/CAPT-6)	8-17
(CUADRO 4)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y ALTA (M-2). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO- 11/CAPT-6)	8-18
(CUADRO 5)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO CON HUECO CENTRAL EN PLANTA BAJA Y DOS EN LA PLANTA ALTA (M-3). ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-12/CAPT-6)	8-19
(CUADRO 6)	ARCOS DE DESCARGA DE LOS MODELOS ASIMÉTRICOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M	8-20
(CUADRO 7)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA (M- 4): ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-13/CAPT-6)	8-22
(CUADRO 8)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y ALTA (M-5): ZUNCHO DE FORJADO: 0,001X0,001M (CUADRO-15/CAPT-6)	8-24
(CUADRO 9)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: HUECO EXCÉNTRICO EN PLANTA BAJA Y DOS HUECOS EN PLANTA ALTA (M-6). ZUNCHO DE FORJADO:0,001X0,001M (CUADRO-17/CAPT-6)	8-25
(CUADRO 10)	ARCOS DE DESCARGA DE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M	8-26
(CUADRO 11)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE DOS PLANTAS (M-7). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-18/CAPT-6)	8-28
(CUADRO 12)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS (M-8). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-19/CAPT-6)	8-29
(CUADRO 13)	DESARROLLO DEL ARCO DE DESCARGA: MODELO DE CINCO PLANTAS CONSIDERANDO UN PESO EQUIVALENTE A 10 PLANTAS (M-9). ZUNCHO DE FORJADO: 0,20X0,20M (CUADRO-20/CAPT-6)	8-30
(CUADRO 14)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS Y ASIMÉTRICOS: M-1 Y M-4. ZUNCHO: 0,0010MX0,001M	8-32
(CUADRO 15)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-7	8-33
(CUADRO 16)	COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SIMÉTRICOS: M-1 Y M-9	8-34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

(GRAF.8: 1) MODELO-1 (M-1).....	8-15
(GRAF.8: 2) MODELO-2 (M-2).....	8-15
(GRAF.8: 3) MODELO-3 (M-3).....	8-15
(GRAF.8: 4) MONTAJE DE LA CATENARIA Y PARÁBOLAS PERFECTAS SOBRE EL ARCO DE DESCARGA DEL (M-1).	8-16
(GRAF.8: 5) MODELO-4 (M-4). ETAPAS 28 Y 30.....	8-20
(GRAF.8: 6) MODELO-5 (M-5). ETAPAS 7 Y 10.....	8-20
(GRAF.8: 7) MODELO-6 (M-6). ETAPAS 7 Y 10.....	8-20
(GRAF.8: 8) MODELO-7 (M-7).....	8-26
(GRAF.8: 9) MODELO-8 (M-8). ETAPAS 8 Y 9.....	8-26
(GRAF.8: 10) MODELO-9 (M-9). ETAPAS 22 Y 24.....	8-26
(GRAF.8: 11) MONTAJE DE LOS DOS ARCOS DESARROLLADOS EN EL MODELO-9 (M-9).....	8-27
(GRAF.8: 12) MODELO-1 (M-1).....	8-32
(GRAF.8: 13) MODELO-4 (M-4).....	8-32
(GRAF.8: 14) MODELO-1 (M-1). MODELO.....	8-33
(GRAF.8: 15) MODELO-7 (M-7).....	8-33
(GRAF.8: 16) MODELO-1 (M-1). MODELO.....	8-34
(GRAF.8: 17) MODELO-9 (M-9).....	8-34
(GRAF.8: 18) MONTAJE DE LOS ARCOS DESARROLLADO: UNO DEL MODELO-1 (M-1) Y LOS DOS DEL MODELO-9 (M-9).	8-34

BIBLIOGRAFÍA

Y

SIMBOLOGÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://es.geocities.com/raquelvalver/todo.html> (último acceso: Diciembre de 2008).
2. Ali, S., y A. Page. «Finite element model for masonry subjected to concentrated loads.» *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 114, 8, 1988: 1761-1784.
3. Anthoine, A. «Derivation of the in-plane elastic characteristics of masonry through homogeneization theory.» *Journal of Solids Structures*, N°32, 1995: 137-163.
4. Anthoine, A. «Homogeneization of periodic masonry: plane stress, generalized plane strain or 3D modelling.» *Numerical Methods in Engineering, Vol.13*, 1997: 319-326.
5. ASCE. «State of the art report on: Finite element analysis of reinforced concrete.» *ASCE*, 1982.
6. Baker, I., J. Wiley, y Sons. *A treatise on masonry construction*. Londres, 1909.
7. Berto, L., A. Saetta, R. Scotta, y R. Vitaliani. «Failure mechanism of masonry prism loaded in axial compression: computational aspects.» *Materials and Structures-38*, 2005: 249-256.
8. Borst, R. *Non linear analysis of frictional materials*. Delft, The Netherlands: Ph. D. Thesis, 1986.
9. Brencich, A., y S. Lagomarsino. *A macroelement dynamic model for masonry shear walls*. Technical Report, Computer Methods in Structural, Editado por G.N. Pande, J. Middleton y B. Kralj, 1998.
10. BSB-Disign. *BSB Disign*. 2 de Abril de 2007-2008. <http://www.bsbdesign.com/news/index.php?pageID=24> (último acceso: 20 de Diciembre de 2008).
11. Caniza, Fernando. «The International Raoul Wallenberg Foundation.» *El Centro religioso memorial Fidel y María Moreno*. 12 de Junio de 2002. <http://www.raoulwallenberg.net/?es/prensa/centro-religioso-memorial.10010101.htm> (último acceso: Julio de 2008).
12. Cecchi, A., y K. Sab. «A multi-parameter homogenization study for modeling elastic masonry.» *European Journal of Mechanics A/Solids* 21, 2002: 249-268.
13. Cervera, R. M. Simulación numérica de patologías en presas de hormigón.
14. Charleson, A., y J. Cervera. *La estructura com arquitectura: Forma, detalles y simbolismo*. Reverté, 2007.
15. Chaves, E. W. V., y X. Oliver. «A three dimensional setting for strong discontinuities modelling in failure mechanics.» *Monográfico CIMNE N°73*, 2003.

16. Chetouane, B., F. Dubois, Vinches. M., y C. Bohatier. «NSCD discrete element method for modelling masonry structures.» *International Journal for Numerical Methods in engineering*, 2005: 64:65-94.
17. Chiostrini, S., y A. Vignoli. «Application of a numerical method to the study of masonry panels with carious geometry under seismic loads.» *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings. Computational Mechanics Publicacions*, 1989: 309-317.
18. Crespo, Isabel C. «Control gráfico de formas y superficies de transmisión.» 81-88. Barcelona: Tesis Doctoral, UPC, <http://www.tdx.cat/TDX-0317105-171559>, 2005.
19. CTE, Código Técnico de la Edificación. *DB SE-F Seguridad Estructural: Fábrica, Parte II, Libro-5*. Madrid: Imprenta Nacional del Boleín Oficial del Estado, 2006.
20. Dhansekar, M., y A. Page. «The influence of brick masonry infill properties on the behaviour of infilled frames.» *Proc. Instn. Civ. Engrs. Part-2*, 81, 1986: 593-605.
21. Director, B. «The Schiller Institute.» *The Long Life of the Catenary (From Brunelleschi to LaRouche)*. 2003. http://www.schillerinstitute.org/fid_02-06/031_long_life_catenary.html (último acceso: Octubre de 2008).
22. Drueding, Meghan. *Architect On Line*. 1 de Enero de 2008. <http://www.architectmagazine.com/industry-news.asp?sectionID=1013&articleID=643130> (último acceso: 20 de Diciembre de 2008).
23. Drysdale, R. G., y A. A. Hamid. «Behaviour of concrete masonry under axial compression.» *ACI Journal*, Vol-76, N°-6, 1979: 702-722.
24. Durán, M. F. «Estudio sobre las bóvedas de los puentes romanos.» *Nuevos Elementos de Ingeniería Romana, III Congreso de las Obras Públicas Romanas*. Astorga: Traianvs, 2006. 131-142.
25. EC-6. Eurocódigo 6, Proyecto de Estructuras de Fábrica. UNE-ENV-1996-1-1, 1997.
26. Erdogan, F., y G. C. Sih. «Crack estension in plate under plane loading and transverse shear.» *Journal of Basic Engineering*, 1963.
27. Fattal, S. G., y L.E. Cattaneo. *Structural performance of masonry walls under compression and flexure*. Washington D. C. 57pp: National Bureau of Standards, Building Science Series 73, 1976.
28. FL-90. *Muros resistentes de fábrica de ladrillo*. Madrid: Norma Básica de la Edificación, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1990.
29. Gómez, M. A. «Ciencia y Arte. "El rincón de la Ciencia".» *Gaudí y los arcos parabólicos*. Marzo de 2005. <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Arte/gaudi/gaudi.htm> (último acceso: Noviembre de 2008).
30. Gómez-Serrano, J. «Gaudí. La Búsqueda de la Forma.» *Arcos Catenáricos*. 29 de Septiembre de 2002.

- http://www.seacex.es/documentos/gaudi_arcos.pdf (último acceso: Diciembre de 2008).
31. Gpunto. «Arco catenario.» *Cienladrillo*. 27 de Agosto de 2007. <http://www.cienladrillos.com/2007/08/27-arco-catenario> (último acceso: Diciembre de 2006).
 32. Guerrero, A. *Barcelona Gallery*. <http://www.barcelonagallery.com/cas/menul-4.htm> (último acceso: Diciembre de 2008).
 33. Hamid, A. A., G. Ziab, y O. El Nawawy. «Modulus of elasticity of concrete masonry.» *Fourth North American Masonry Conference*. Los Angeles: Universidad de California, 1987. 7.
 34. Hendry, A. *Structural brickwork*. Macmillan, London, 1981.
 35. Hendry, A. W., B. P. Sinha, y S. R. Davies. *Design of masonry Structures*. London: E& FN Spon, 1997.
 36. Hendry, A.W. «Engineered design of masonry building: fifty years development in Europe.» *Prog. Struct. Engng. Mater*, 2002: 291-300.
 37. Huddain, M., S. Pu, y J. Underwood. «Strain energy release rate for a crack under combined mode I and mode II.» *Fracture Analysis, ASTM STP 560*, 1974: 2-28.
 38. Huerta, S. F. Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2004.
 39. -. *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca.1500-ca.1800*. Madrid: Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1990.
 40. -. *El proyecto de estructuras en la obra de Gaudí*. 16 de Diciembre de 2002. http://oa.upm.es/556/01/X-1541_PDF._Huerta_2003._Proyecto_de_estructuras_en_Gaudi.pdf (último acceso: Junio de 2008).
 41. Ibanez, R. T. «El Vientre de un Arquitecto (La búsqueda de la forma).» *Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Raúl Ibáñez y Marta Macho*. 2004. <http://www.divulgamat.net/weborriak/TestuakOnLine/paseoGeometria.asp> (último acceso: 2007).
 42. Ignatakis, V., E. Stavrakakis, y G. Penelis. «Analytical model for masonry using the finite element method.» *Structural Repair and Maintenance of Historical Building, Computational Mechanics Publications*, 1989: 511-523.
 43. Jimenez, J. A. S., J. Alpañés, y A. A. G. Serrano. *Geotecnia y Cimientos I y II*. Madrid: Rueda, 1981.
 44. Kong, C. S. *A universal approach for the analysis and design of masonry infilled frame structures*. Canada: Doctoral Thesis, The University of New Brunswick, Academic Unit of Civil Engineering, 1998.

45. Lenczner, D. «Creep in brickwork with and without damp proof courses.» *Proceeding of the British Ceramic Society* 21 (1973): 39-49.
46. López, J. E., y J. I. G. Casas. *Apeos y refuerzos alternativos. Manual de cálculo y construcción.* Madrid: Munilla-Lería, 2002.
47. López, J., S. Oller, y E. Oñate. «Cálculo del Comportamiento de la Mampostería Mediante Elementos Finitos.» 2.5-2.7. Barcelona: Publicaciones CIMNE, 1998.
48. López, J., S. Oller, y E. Oñate. «Descripción de la Mampostería.» En *Cálculo del Comportamiento de la Mampostería Mediante Elementos Finitos.*, de J. López, S. Oller y E. Oñate, 2.5 a 2.7. Barcelona, 1998.
49. Lotfi, H. R. *Finite element analysis of fracture of concrete and masonry structures.* Universidad de Colorado, Boulder: Ph. D. Thesis, Department of Civil Environmental and Architectural Engineering, 1994.
50. Lourenço, P. B. *Analysis of masonry structures with interface elements. Theory and applications.* Report N° 03-21-22-0-01, Delft, Netherlands: Delft University of Technology., 1994.
51. Macho, C. «La elipse y la parábola en la Física.» *Ciencia y Arte.* Marzo de 2005. <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/ Curiosid/rc-79/rc-79.html> (último acceso: Noviembre de 2008).
52. Marín, G. O., y F. C. Limiñana. «Masia Freixa Sala Muncunill estudi històric, anàlisi i comparatiu.» *Upcommons.upc.edu.* 2007. <https://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/4258> (último acceso: 2008).
53. Martínez, J. L. M. Determinación teórica y experimental de diagramas de interacción de esfuerzos en estructuras de fábrica y aplicación al análisis de construcciones históricas. Madrid: Tesis Doctoral, Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos-UPM, 2003.
54. Ministère, des Transports de France. *Les ponts en maçonnerie.* France: Direction des Routes, 1982.
55. Molins i Borrell, C. *Un model per a l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçonneria.* Barcelona: Tesis Doctoral, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports, UPC, Departament d'Enginyeria de la Construcció., 1996.
56. Moreno, R. G. Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis elástico no lineal. Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. Barcelona: Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica, ETSICCP, 2006.
57. Oliver, J. (1990). *Modelado de la fisuración en estructuras de hormigón.* Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1990.
58. Oliver, J., y J. R. Fernandez Roure. «Análisis no lineal de estructuras bidimensionales de hormigón por el método de los elementos finitos.» *II Symposium de Aplicaciones del Método de*

- los Elementos Finitos en Ingeniería*. Barcelona: Oñate E., Suarez B. y Miguel Canet., 1986. 447-463.
59. Oller, S. *Fractura Mecánica - Un enfoque Global*. Barcelona: CIMNE, 2001.
60. -. *Un modelo de daño plástico para materiales friccionales*. Barcelona: Tesis Doctoral, Univerdad Politécnica de Cataluña., 1988.
61. P.I.E.T-70. *Obras de fábrica*. Madrid: Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1970.
62. Page, A. W. «Finite Element Model for Masonry.» *Journal od the Structural Division ASCE ST8*, nº 101 (1978): 1278-1285.
63. Page, A. W. «The Biaxial Compressive Stregth of Brick Masonry.» *Proc. Instn. Civ. engrs.*, nº 2 (1981): 893-906.
64. Pietruszcak, S., y X. Niu. «A mathematical description of macroscopic behaviour of brick masonry.» *Journal of Solids Structures*, Nº29, 1992: 531-546.
65. Pujadas, Anna. «UPF - Universidad Pompeu Fabra.» *Período Neogótico*.
http://www.upf.edu/ari/bic/cast/peh/asignatures/webart/gaudi/castella/gd_cneo_txt.htm (último acceso: Julio de 2008).
66. Reyes, E. P., M. J. C. Casati, y J. C. R. Gálvez. «Estudio experimental de la fisuración de la fábrica de ladrillo bajo sollicitaciones de tracción y cortante en modelos reducidos.» *Materiales de Construcción*, Vol-58-291, 2008: 69-83.
67. Reyes, E., M.J. Casati, y J. C. Gálvez. «Rotura de probetas de fábrica de ladrillo a escala bajo tensiones normales y tangenciales.» *Anales de Mecánica de la Fractura*, Vol.2, 2003: 594-500.
68. Riddington, J. R., y M. Z. Ghazali. «Hypothesis for shear failure in masonry joints.» *Proc. Instn. Civ. Part-2*, 1990: 89-102.
69. Roca, P., C. Molins, y A. R. Marí. «Strength capacity of masonry wall structures by the equivalent frame method.» *Journal of Structural Engineering-ASCE*, 2005: 1601-1610.
70. Rolando, A. «Resistencia caracterítica a compresión de una fábrica de ladrillo en cunción de la reistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea.» *Materiales de construcción*, Vol.56, 2006: 283, 91-98.
71. Romera, L. E., S. Hernandez, y J. M. Reinoso. «Numerical characterization of the structural behaviour of the Basilica of Pilar in Zaragoza (Spain). Part 1: Global an local models.» *ScienceDirect: Adcances in Engineering Software-39*, 2008: 301-314.
72. Rosas, J. G. R., L. M. C. Villegas, y C. L. Esperante. «Los modelos numéricos frente al comportamiento de elementos de fábrica ensayados en laboratorio.» *Informe de la Construcción*, Vol-53, Nº474, 2001: 37-47.

-
73. Rots, J. G., P. Nauta, G. Kusters, y J. Blaauwendraad. «Smearred crack approach and fracture localization in concrete.» *Heron, Vol-30, Delft, Netherlands*, 1985.
 74. Samarashinge, W., A. Page, y A. Hendry. «A limite element model for the in-plane behaviour of brickwork.» *Proc. Instn. Civ. Engrs*, 71, 2, 1982: 171-178.
 75. Saouma, V. E., y A. R. Yngraffea. «Fracture mechanica analysis of discrete cracking.» *Internacional Association for Bridge and Structural Engineering. Colloquium on Advenced Mechanics of Reinforced Concrete, Delft*, 1981: 413-436.
 76. Sih, G. C. «Some basic problems in fracture mechanics and new concepts.» *Engineering Fracture Mechanics*, N°5, 1973.
 77. Sinha, B. P., A. H. P. Maurenbrecher, y A. W. Hendry. «Model and full-scale tests on a five-storey cross-wall structure under lateral loading.» *A. W. Proceeding of the Second International Brick Masonry Conference*. Reino Unido: Stoke-on-Trent, 1971.
 78. Soldevila, Alfons. *Geometría Adaptable*. Barcelona: Edicions Metro-book 02, 1999.
 79. Solé, E. *Associació Gaudí & Barcelona Club*. <http://www.gaudiclub.com/esp/index.asp> (último acceso: Diciembre de 2008).
 80. Tomazevic, M., y P. Weiss. «Seismic behavior of plain-and reinforced-masonry buildings.» *Journal of Structural Engineering ASCE*, 120, (2), 1994: 323-338.
 81. Truñó, A. *Construcción de bóvedas tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2004.
 82. Unesco. «Consejo Ejecutivo (París).» *Unesco (Organización de las Naciones Unidas)*. 8 de Octubre de 1993. <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000958/095829So.pdf> (último acceso: 19 de Diciembre de 2008).
 83. Wikipedia. *Wikipedia (La enciclopedia libre)*. <http://es.wikipedia.org> - <http://en.wikipedia.org>.

SIMBOLOGÍA

δ_{calc} = Deformación

$N_{\text{apoyo-der}}$

$N_{\text{apoyo-izq}}$

δ_{derecho} = Desplazamiento del lado derecho en el momento de aplicar.

N_{empuje} = Fuerza de empuje a aplicar modelo.

E = Etapa del modelo

γ = Densidad del material.

ν = Coeficiente de Poisson.

k = Constante relativa de la resistencia característica de compresión de la fábrica.

f_b = Resistencia normalizada de la pieza.

f_m = Resistencia del mortero.

f_k = Resistencia característica a compresión de la fábrica.

f_t = Resistencia característica a tracción de la fábrica.

γ_M = Coeficiente de minoración de la resistencia. Se considera una Categoría tipo C y un control tipo II (coeficiente más desfavorable).

f_d = Resistencia de cálculo de la fábrica.

E = Módulo de elasticidad secante instantáneo $1000 \frac{N}{mm^2}$.

$E_{\text{est lim ser}}$ = Para el análisis en estado límite de servicio se toma el valor de $0,6E$

G = Módulo de deformación transversal del material: Se toma el valor de $0,4E$

Q_b = Carga de presión del viento.

Q_s = Carga de succión del viento.

Pp= Peso propio de la estructura.

Cp= Cargas permanentes.

Su= Sobrecargas de uso.

N11= Fuerzas en el sentido de la dirección principal "11=x"

N22= Fuerzas en el sentido de la dirección principal "22=y"

Si= Vectores en el sentido de la dirección principal "11=x"

Sii= Vectores en el sentido de la dirección principal "22=y"

Nxx=Nx'= Fuerzas en el sentido del eje "xx=x'"

Nyy=Ny'= Fuerzas en el sentido del eje "yy=y'"

x'= Eje de referencia local.

y'= Eje de referencia local.

x= Eje de referencia de la dirección principal "11"

y= Eje de referencia de la dirección principal "22"