

# COMBINADOR<sup>®</sup>

## MANUAL DE USUARIO

*José Antonio Agudelo Zapata.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

**1ª EDICIÓN REVISADADA. MARZO 2014**

**Autor:**

*José Antonio Agudelo Zapata.*

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

**Revisado por:**

*David Boixader Cambroner*

*Ingeniero Industrial e Ingeniero Técnico Naval*

©2014



## INDICE

1. OBJETO DEL PROGRAMA .....	2
2. BASE TEÓRICA DEL PROGRAMA .....	2
2.1. CLASIFICACIÓN DE ACCIONES.....	2
2.2. VALORES CARACTERÍSTICO Y REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES .....	2
2.3. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES .....	3
2.4. COMBINACIONES DE LOS VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES.....	4
2.5. INCOMPATIBILIDADES ENTRE LAS ACCIONES.....	6
2.6. GRUPO DE CARGAS .....	7
3. USO DEL PROGRAMA .....	8
3.1. PROYECTO .....	8
3.2. INTRODUCIR ACCIONES.....	8
3.3. INTRODUCIR INCOMPATIBILIDADES .....	10
3.4. INTRODUCIR GRUPOS DE CARGA .....	12
3.5. CALCULAR COMBINACIONES .....	13
3.6. EXPORTAR A EXCEL LAS COMBINACIONES.....	15
3.7. EXPORTAR A SAP2000 LAS COMBINACIONES.....	15
3.8. GESTIÓN DE LICENCIA.....	15
4. BIBLIOGRAFÍA .....	16

### ANEXO 1. FACTORES DE SIMULTANEIDAD $\Psi_j$ EN DISTINTAS NORMATIVAS

### ANEXO 2. COEFICIENTES PARCIALES PARA LAS ACCIONES $v_j$ EN DISTINTAS NORMATIVAS

### ANEXO 3. GRUPOS DE CARGA



## 1. OBJETO DEL PROGRAMA

COMBINADOR® es un sencillo y potente programa que obtiene todas las combinaciones necesarias de acciones para los Estados Límites Últimos y de Servicio en el cálculo de estructuras siguiendo diversas normativas españolas y europeas.

## 2. BASE TEÓRICA DEL PROGRAMA

### 2.1. CLASIFICACIÓN DE ACCIONES

Las acciones a considerar en los proyectos de estructuras son establecidos por reglamentaciones específicas (en España la EHE-08<sup>1</sup>, EAE<sup>2</sup>, CTE<sup>3</sup>, IAP-11<sup>4</sup>, IAPF-07<sup>5</sup>... y en Europa el EC-1<sup>6</sup>). De manera genérica, las acciones se pueden clasificar en:

- Según su naturaleza:
  - Acciones directas (cargas)
  - Acciones indirectas (deformaciones indirectas)
- Según su variación en el tiempo:
  - Acciones permanentes (G)
  - Acciones permanentes de valor no constante (G\*)
  - Acciones variables (Q)
  - Acciones Accidentales de origen no sísmico (A)
  - Acciones Accidentales de origen sísmico (A<sub>E</sub>)

### 2.2. VALORES CARACTERÍSTICO Y REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES

El **valor característico** de una acción,  $F_k$ , puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal o por un valor correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un período de referencia, que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la acción. Estos valores característicos están definidos en los reglamentos de acciones ya comentados en el punto anterior.

<sup>1</sup> Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento.

<sup>2</sup> Instrucción de Acero Estructural. Ministerio de Fomento.

<sup>3</sup> Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la vivienda.

<sup>4</sup> Instrucción de Acciones a Considerar en Puentes de Carretera. Ministerio de Fomento.

<sup>5</sup> Instrucción de Acciones a Considerar en Puentes de Ferrocarril. Ministerio de Fomento.

<sup>6</sup> Eurocódigo 1: Acciones en Estructuras.



Por otro lado, el **valor representativo** de una acción es el valor utilizado para la comprobación de los Estados Límites y se obtiene afectando su valor característico,  $F_k$ , por un factor  $\Psi_i$ .

- Para las acciones permanentes (G y G\*), el valor representativo es el valor característico.
- Para las acciones variables (Q) pueden existir, de forma global, los siguientes valores representativos:
  - $\Psi_0 Q_k$  Valor de combinación, cuando actúa con alguna otra acción variable
  - $\Psi_1 Q_k$  Valor frecuente, cuando la acción es sobrepasada en sólo períodos de corta duración respecto de la vida útil de la estructura.
  - $\Psi_2 Q_k$  Valor cuasipermanente, cuando la acción es sobrepasada durante una gran parte de la vida útil de la estructura.
  - $\Psi_{2,sismo} Q_k$  Valor cuasipermanente en sismo, cuando la acción es sobrepasada durante la acción de un sismo.
- Para las acciones accidentales no sísmicas (A), el valor representativo es el valor característico.
- Para las acciones accidentales de origen sísmico ( $A_E$ ), el valor representativo es el valor característico, siempre que sea la acción sísmica en la dirección predominante. Las normativas sísmicas suelen imponer que la acción sísmica en una de las direcciones del espacio, se combine con un cierto porcentaje de las acciones sísmicas en las otras direcciones del espacio. En ese sentido, el programa considera un valor representativo de  $\Psi_3 A_E$  para el caso en que no sea la acción en la dirección principal.

El valor del factor  $\Psi_i$  lo proporcionan las normativas vigentes. En el **Anexo 1** de este manual se ha incorporado un resumen de los valores de  $\Psi_i$  en distintas normativas.

## 2.3. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Se define como valor de cálculo de una acción ( $F_d$ ), el obtenido como producto de un coeficiente parcial de seguridad por el valor representativo:

$$F_d = \gamma_f \psi_i F_k$$



Siendo  $\gamma_f$  el coeficiente parcial de seguridad de la acción considerada. Dicho valor lo proporcionan las normativas vigentes. En el **Anexo 2** de este manual se ha incorporado un resumen de los valores de  $\gamma_f$  en distintas normativas.

## 2.4. COMBINACIONES DE LOS VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Una combinación de acciones consiste en un conjunto de acciones compatibles que se consideran actuando simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación, en general, estará formada por las acciones permanentes, una acción variable dominante y una o varias acciones concomitantes.

Para las distintas situaciones a estudiar en un proyecto, se deben establecer las posibles combinaciones de las acciones, objeto del programa COMBINADOR®.

### 2.4.1. COMBINACIONES PARA LOS ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS

El programa realiza las combinaciones para los estados límites últimos con los siguientes criterios:

- **Situaciones permanentes, persistentes o transitorias:**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- **Situaciones accidentales:**

En el caso normal de suponer las acciones accidentales como incompatibles entre sí se tiene:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Sin embargo, puede ocurrir que la acción accidental esté definida como suma de varias acciones accidentales y por ello puede darse el caso de que varias acciones accidentales sean compatibles. Para tener en cuenta este hecho, el programa usa la siguiente expresión general en la que la anterior es solo el caso particular de que todas las acciones accidentales son incompatibles entre sí:



$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \sum_{j \geq 1} \gamma_{A,j} A_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Por defecto, el programa genera las acciones accidentales incompatibles entre sí, aunque este hecho puede ser corregido en el *cuadro de incompatibilidades de acciones*.

- **Situaciones sísmicas:**

Las normas actuales definen las combinaciones en situación sísmica de dos formas diferentes dependiendo si permiten la simultaneidad de varias acciones variables con la acción del sismo o no lo permiten. Por tanto se tiene:

- o Situaciones sísmicas sin permitir simultaneidad de cargas variables:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{A,1} A_{E,k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{A,i} \psi_{3,i} A_{E,k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{2,sismo,1} Q_{k,1}$$

- o Situaciones sísmicas permitiendo simultaneidad de cargas variables:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{A,1} A_{E,k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{A,i} \psi_{3,i} A_{E,k,i} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,sismo,i} Q_{k,i}$$

El concepto de  $\psi_3$  se introduce en el programa para poder hacer las combinaciones de diferentes direcciones de sismo. Normalmente las normativas obligan a considerar un acción sísmica en una dirección y la suma de un porcentaje de las demás direcciones (normalmente el 30% y por tanto  $\psi_3=0.3$ ).

En las ecuaciones anteriores:

$G_{k,j}$	valor representativo de cada acción permanente
$G_{k,i}^*$	valor representativo de cada acción permanente de valor no constante
$Q_{k,1}$	valor representativo de la acción variable dominante o determinante
$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$	valores representativos de las acciones variables concomitantes
$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$	valor representativo frecuente de la acción variable dominante o determinante



$\Psi_{2,i}Q_{k,i}$	valor representativo cuasipermanente de las acciones concominantes
$\Psi_{2sismo,1}Q_{k,i}$	valor representativo cuasipermanente en sismo de la acción variable
$A_{k,j}$	Valor representativo de cada acción accidental
$A_{E,k,1}$	Valor representativo de la acción sísmica determinante o dominante
$\Psi_{3,i}A_{E,k,i}$	Valor representativo de la acción sísmica concominante con la principal

## 2.4.2. COMBINACIONES PARA LOS ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

El programa realiza las combinaciones para los estados límites de servicio con los siguientes criterios:

- **Combinación característica, poco probable o rara:**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- **Combinación frecuente:**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- **Combinación casi-permanente:**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## 2.5. INCOMPATIBILIDADES ENTRE LAS ACCIONES

Se puede dar el caso de dos tipos de incompatibilidades entres cargas:

- Dos cargas son **incompatibles entre sí** cuando no se puede dar el caso que aparezcan en ninguna combinación las dos juntas, ya sean como acciones determinantes o concominantes. Este tipo de incompatibilidad puede ocurrir con cualquier tipo de carga.
- Una **carga dominante es incompatible con otra concominante** cuando no se puede dar el caso que aparezcan en ninguna combinación las dos juntas, siendo la primera dominante y la segunda concominante, sin embargo, puede ocurrir que aparezca la segunda como dominante y la primera concominante o que las dos sean concominantes de otra tercera.





Obviamente, este tipo de incompatibilidad solo puede ocurrir entre cargas variables.

## 2.6. GRUPO DE CARGAS

Algunas normas contemplan el uso de grupos de carga para definir la concomitancia entre cargas.

Todas las cargas que pertenezcan a un grupo de carga aparecerán juntas en las combinaciones siendo todas a la vez o dominantes o concominantes. Además, se le puede aplicar un factor  $\Psi_j$  a cada carga del grupo que será multiplicada por el factor  $\Psi_i$  de la propia carga.

En el **Anexo 3** de este manual se ha incorporado un resumen de grupos de carga de diferentes normativas.



## 3. USO DEL PROGRAMA

### 3.1. PROYECTO

El menú "Archivo" del programa contiene las opciones más comunes de gestión de archivos de la mayoría de los programas de Windows. Desde este menú se pueden crear nuevos proyectos, abrir los ya creados y guardar los que se estén ejecutando en cada momento.



La extensión de los proyectos realizados por el programa es \*.aco.

### 3.2. INTRODUCIR ACCIONES

Una vez abierto un nuevo proyecto, la introducción de las acciones se realiza en la pestaña "Cargas".

Cargas										
Incompatibilidades										
Generación de Combinaciones										
Nº de cargas permanentes a considerar: 0		y en E.L.U.				y en E.L.S.				
		Situación persistente o transitoria		Situación accidental o sísmica		Estado de servicio				
Nombre A. Permanente	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable				
Nº de cargas variables a considerar: 0		y en E.L.U.				y en E.L.S.		Factores de simultaneidad		
		Situación persistente o transitoria		Situación accidental o sísmica		Estado de servicio				
Nombre A. Variable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	ψ0	ψ1	ψ2	ψ2,sismo
Nº de cargas accidentales a considerar: 0		y en E.L.U.								
		Situación accidental								
Nombre A. Accidental	Efecto favorable	Efecto desfavorable								
Nº de cargas sísmicas a considerar: 0		y en E.L.U.						Factores de simultaneidad		
		Situación sísmica								
Nombre A. Sísmica	Efecto favorable	Efecto desfavorable					ψ3			
<input type="checkbox"/> Permitir simultaneidad de cargas variables										



Si queremos añadir cargas permanentes al proyecto tendremos que incrementar el contador de cargas permanentes. Automáticamente aparecerán cargas permanentes con coeficientes por defecto.

Nº de cargas permanentes a considerar: <input type="text" value="2"/>		γ en E.L.U.				γ en E.L.S.	
		Situación persistente o transitoria		Situación accidental o sísmica		Estado de servicio	
Nombre A. Permanente	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	
P1	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
P2	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tanto el nombre de la acción, como los coeficientes parciales,  $\gamma$ , pueden ser editables. En el Anexo 2 de este manual se recoge un resumen de los valores de  $\gamma$  según distintas normativas.

Igualmente, si queremos añadir cargas variables al proyecto tendremos que incrementar el contador de cargas de las cargas variables. Automáticamente aparecerán cargas variables con coeficientes por defecto.

Nº de cargas variables a considerar: <input type="text" value="2"/>		γ en E.L.U.				γ en E.L.S.		Factores de simultaneidad			
		Situación persistente o transitoria		Situación accidental o sísmica		Estado de servicio					
Nombre A. Variable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	Efecto Desfavorable	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_{2,sismo}$	
V1	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
V2	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tanto el nombre de la acción, los coeficientes parciales,  $\gamma$ , y los coeficientes de simultaneidad  $\Psi_i$  pueden ser editables. En el Anexo 1 de este manual se recoge un resumen de los valores de  $\Psi_i$  según distintas normativas y en el Anexo 2 los valores de  $\gamma$ .

De manera análoga, se definirán las acciones accidentales y sísmicas.



Nº de cargas accidentales a considerar: 2		γ en E.L.U.		Nº de cargas sísmicas a considerar: 2		γ en E.L.U.		Factores de simultaneidad	
		Situación accidental				Situación sísmica			
Nombre A. Accidental	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Nombre A. Sísmica	Efecto favorable	Efecto desfavorable	ψ3			
A1	1.00	1.00	S1	-1.00	1.00	0.30			
A2	1.00	1.00	S2	-1.00	1.00	0.30			

Permitir simultaneidad de cargas variables

En las acciones sísmicas se ha considerado por defecto los coeficientes parciales para en caso de efecto favorable es "-1,00" con el fin de tener en cuenta la acción sísmica en los dos sentidos de una misma dirección. Este hecho es totalmente editable.

A la hora de definir las cargas sísmicas, se da la opción de **permitir en las combinaciones sísmicas que existe simultaneidad de cargas o no**. Por defecto esta opción está deshabilitada (ver explicación de la diferencia en el punto 2.4.1 del presente manual).

Permitir simultaneidad de cargas variables

### 3.3. INTRODUCIR INCOMPATIBILIDADES

Una vez definidas las cargas, se pueden definir las incompatibilidades entre ellas en la pestaña "**Incompatibilidades**".

Cargas		Incompatibilidades		Generación de Combinaciones		Gestor de incompatibilidades entre cargas dominantes y de acompañamiento		
Gestor de compatibilidades		Número de incompatibilidades de una carga cuando otra sea dominante: 0		Dominante		No concomitante		
	P1	P2	V1	V2	A1	A2	S1	S2
P1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
P2			✓	✓	✓	✓	✓	✓
V1				✓	✓	✓	✓	✓
V2					✓	✓	✓	✓
A1						✗	✓	✓
A2							✓	✓
S1								✓
S2								

Compatibles  
 Incompatibles

Gestor de grupos de cargas  
 Número de grupos de carga: 0

Grupo	V1	V2
-------	----	----



Dentro de esta pestaña tenemos la sección de “**Gestor de Incompatibilidades**” la cual nos muestra un cuadro donde se relacionan cada par de cargas definidas anteriormente con un si las cargas son compatibles entre si, o con un si son totalmente incompatibles entre sí (ver punto 2.5 de este manual).

El programa **crea por defecto las acciones accidentales incompatibles entre sí.**

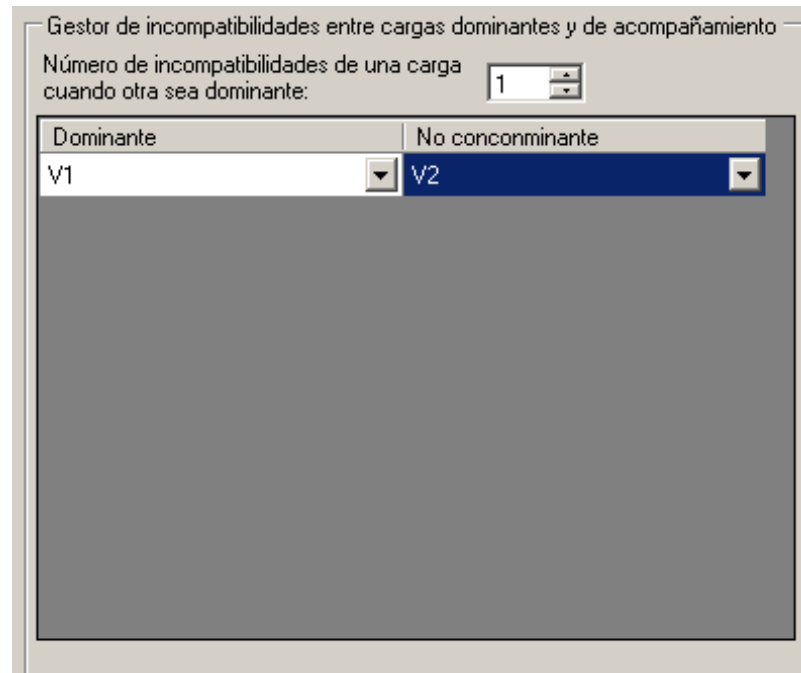
	P1	P2	V1	V2	A1	A2	S1	S2
▶ P1								
P2								
V1								
V2								
A1								
A2								
S1								
S2								

Compatibles  
 Incompatibles

Si se quiere cambiar el tipo de compatibilidad, bastará con pulsar con el ratón en el cuadro que une las dos combinaciones.

Es importante recordar que habitualmente las cargas permanentes suelen existir siempre (sus coeficientes parciales  $\gamma$  suelen ser mayores que cero), por lo que si se incompatibiliza una acción permanente con otra cualquiera, se corre el riesgo que la segunda carga desaparezca de todas las combinaciones.

Otra sección en esta pestaña es la de “**Gestor de incompatibilidades entre cargas dominantes y de acompañamiento**”.



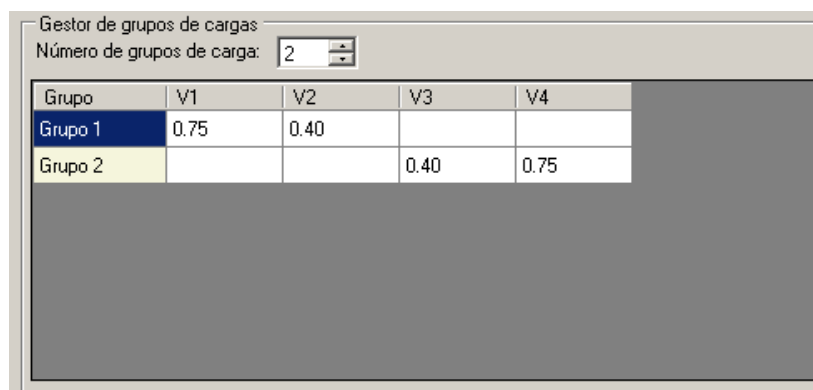
En dicha sección podemos definir casos en los que una carga dominante no pueda existir concomitando con otra (ver punto 2.5 de este manual). La elección de las cargas se podrá hacer sólo entre las cargas variables.

### 3.4. INTRODUCIR GRUPOS DE CARGA

Dentro de esta pestaña tenemos la sección “**Gestor de grupo de cargas**”.

En dicha sección se pueden definir tantos grupos de cargas (ver punto 2.6 de este manual) como se deseen.

En cada grupo se añadirá un factor de participación a las cargas involucradas. Si se deja vacío (o se pone el valor cero) se considera que esa carga no está dentro del grupo de cargas.





En el **Anexo 3** de este manual se han incorporado un resumen de grupos de carga de diferentes normativas.

### 3.5. CALCULAR COMBINACIONES

Una vez definidas las cargas y las incompatibilidades entre ellas, se puede proceder al cálculo de las combinaciones.

A la izquierda del proyecto está la sección “**Generar combinaciones**”.

Generar combinaciones

E.L.U.

Persistente

Accidental

Sísmica

E.L.S.

Poco probable, característica o rara

Frecuente

Cuasipermanente

Calcular

En esta sección se puede elegir los tipos de combinación que se desea que el programa efectúe (ver tipos de combinación en el punto 2.4 del presente manual).

Una vez seleccionados distintas combinaciones se podrá oprimir el botón “Calcular”. Entonces, automáticamente el programa efectuará las combinaciones solicitadas jugando con las cargas, incompatibilidades y grupos definidos (ver punto 2.4 del presente manual).

Este proceso de cálculo puede durar desde pocos segundos hasta varios minutos, dependiendo del número de cargas definidas y la potencia del ordenador.

Cuando el programa termina, muestra un mensaje informando del número de combinaciones generadas y abriendo la pestaña “Generación de combinaciones”.



Combinador de acciones - [Combinador]

Archivo Ver Ayuda

Generar combinaciones

E.L.U.

Persistente

Accidental

Sísmica

E.L.S.

Poco probable, característica o rara

Frecuente

Cuasipermanente

Calcular

Cargas Incompatibilidades Generación de Combinaciones

Nº	E.L.	Situación	P1	P2	V1	V2	V3	V4	A1	A2	S1	S2
1	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
3	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	ELU	Persistente	1.00	1.00	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	ELU	Persistente	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
19	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
21	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
23	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
25	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
27	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	ELU	Persistente	1.00	1.35	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
29	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	ELU	Persistente	1.00	1.35	1.50	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00

COMBINATORIA

Se han generado 64 combinaciones

Aceptar

En dicha pestaña se presenta una tabla en la que cada fila representa una combinación calculada.

Cada fila posee su número de combinación, si se trata de una combinación en Estado Límite Último o de Servicio, la situación (persistente, accidental, sísmica...) y los coeficientes resultantes de multiplicar los coeficientes parciales,  $\gamma$ , los de simultaneidad,  $\Psi$ , para cada carga.

Se puede volver a navegar en la definición de cargas o de incompatibilidades aunque en el momento que se realice algún cambio, los resultados obtenidos desaparecerán y se deberá de volver a calcular el proyecto para que los cambios surtan efecto.





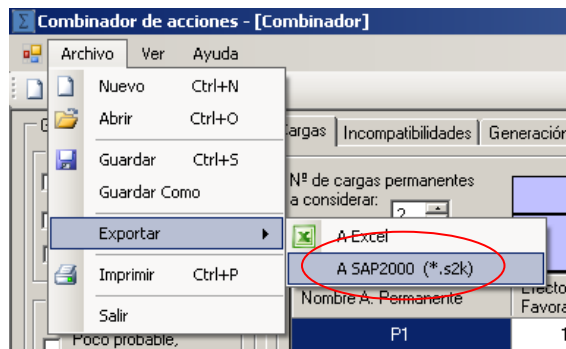
## 3.6. EXPORTAR A EXCEL LAS COMBINACIONES

Los resultados se pueden exportar a Excel pulsando en el botón con el icono de Excel en la barra de herramientas del programa o acudiendo al menú "Archivo" y seleccionar "Exportar" y "A Excel".



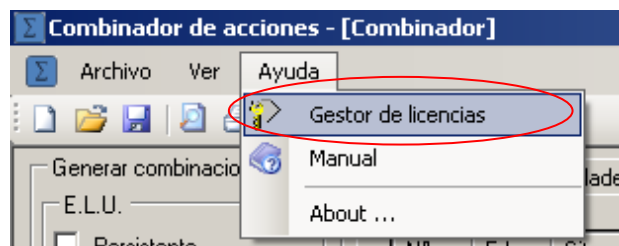
## 3.7. EXPORTAR A SAP2000 LAS COMBINACIONES

Los resultados se pueden exportar a SAP2000 acudiendo al menú "Archivo" y seleccionar "Exportar" y "A SAP2000 (\*.s2k)".



## 3.8. GESTIÓN DE LICENCIA

El programa tiene una licencia de evaluación de 15 días. Para obtener información de su periodo de prueba, compra de licencia o estado de la misma, vaya al "Gestor de licencias" en el menú de "Ayuda".





## 4. BIBLIOGRAFÍA

---

- Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE del 28/3/2006)
- Norma de construcción sismorresistente: puentes (NCSP-07). Real Decreto 637/2007, de 18 de mayo (BOE del 2/6/2007)
- Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de carretera (IAP-11). Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre (BOE del 29/10/2011)
- Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de ferrocarril (IAPF-07). Orden FOM/3671/2007, de 24 de septiembre (BOE del 17/12/2007)
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio (BOE del 22/8/2008)
- Eurocódigo 0: Bases de cálculo de estructuras UNE-EN 1990:2003
- Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras
  - UNE-EN 1991-1-1:2003 Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios
  - UNE-EN 1991-1-3:2004 Acciones generales: Cargas de nieve
  - UNE-EN 1991-1-4:2007 Acciones generales: Acciones del viento
  - UNE-EN 1991-1-5:2004 Acciones generales: Acciones térmicas
  - UNE-EN 1991-1-6:2010 Acciones generales: Acciones durante la ejecución
  - UNE-EN 1991-1-7:2010 Acciones generales: Acciones accidentales
  - UNE-EN 1991-2:2004 Cargas de tráfico en puentes



## ANEXO 1. FACTORES DE SIMULTANEIDAD $\Psi_i$ EN DISTINTAS NORMATIVAS

El presente anexo describe los coeficientes de simultaneidad  $\Psi_i$  en distintas normativas españolas y europeas.

- **EAE (Instrucción del Acero Estructural)**

Acción		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Psi_{2,sismo}$
Sobrecarga de uso en edificios	Zonas residenciales y domesticas	0,7	0,5	0,3	0,3
	Zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3	0,3
	Zonas de reunión	0,7	0,7	0,6	0,6
	Zonas comerciales	0,7	0,7	0,6	0,6
	Zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8	0,8
	Zonas de tráfico, peso vehículo $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6	0,6
	Zonas de tráfico, $30$ kN < peso vehículo $\leq 160$ kN	0,7	0,7	0,6	0,6
Cubiertas no accesibles	0,0	0,0	0,0	0,0	
Nieve	Para altitudes $> 1000$ m	0,7	0,5	0,2	0,2
	Para altitudes $\leq 1000$ m	0,5	0,2	0	0
Viento		0,6	0,2	0	0
Acción térmica		0,6	0,5	0	0



- CTE (código técnico de la edificación)

Acción		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_{2,sismo}$
Sobrecarga superficial de uso	Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3	0,3
	Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3	0,3
	Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6	0,6
	Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6	0,6
	Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6	0,6
	Cubiertas transitables (Categoría G)	(1)			
	Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0,7	0,7	0,6	0,6
Nieve	Para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2	0,2
	Para altitudes $\leq$ 1000 m	0,5	0,2	0	0
Viento		0,6	0,5	0	0
Temperatura		0,6	0,5	0	0
Acciones variables del terreno		0,7	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.



- **IAP-11 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera).**

Acción		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Psi_{2,sismo}$	
Sobrecarga de uso	Grupo 1, Cargas verticales	Vehículos pesados	0,75	0,75	0	0
		Sobrecarga uniforme	0,4	0,4	0	0,2
		Cargas en aceras	0,4	0,4	0	0
	Grupo2, Fuerzas horizontales	0	0	0	0	
	Grupo 3, Peatones	0	0	0	0	
	Grupo 4, Aglomeraciones	0	0	0	0	
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0	0	
Viento	$F_{wk}$	En situación persistente	0,6	0,2	0	0
		En construcción	0,8	0	0	0
		En pasarelas	0,3	0,2	0	0
Acción térmica	$T_k$	0,6	0,6	0,5	0,5	
Nieve	$Q_{SN,k}$	0,8	0	0	0	
Acción del agua	$W_k$	Empuje hidrostático	1,0	1,0	1,0	1,0
		Empuje hidráulico	1,0	1,0	1,0	1,0
Sobrecarga de construcción	$Q_c$	1,0	0	1,0	1,0	

- **IAPF-07 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril).**

Acción		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Psi_{2,sismo}$
Cargas de tráfico	Con una vía cargada	0,8	0,8	0	0
	Con dos vías cargadas simultáneamente	0,8	0,6	0	0
	Con tres o más vías cargadas simultáneamente	0,8	0,4	0	0
	Resto de acciones variables	0,6	0,5	0,2	0,2



## ANEXO 2. COEFICIENTES PARCIALES PARA LAS ACCIONES $\gamma_i$ EN DISTINTAS NORMATIVAS

- **EHE-08 (Instrucción del Hormigón Estructural)**

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.**

Tipo de acción	Situaciones Persistentes Y Transitorias		Situaciones Accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	1,00	1,35	1,00	1,00
Pretensado (G)	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	1,00	1,50	1,00	1,00
Variable (Q)	0,00	1,50	0,00	1,00
Accidental (A)	-	-	1,00	1,00

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites de Servicio.**

Tipo de Acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	1,00	1,00
Pretensado (G*)	Armadura pretesa	0,95
	Armadura postesa	0,90
Permanente de valor no constante (G*)	1,00	1,00
Variable (Q)	0,00	1,00



- **EAE (Instrucción del Acero Estructural)**

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.**

Tipo de acción	Situaciones Persistentes Y Transitorias		Situaciones Accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	1,00	1,35	1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	1,00	1,50	1,00	1,00
Variable (Q)	0,00	1,50	0,00	1,00
Accidental (A)	-	-	1,00	1,00

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites de Servicio.**

Tipo de Acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	1,00	1,00
Variable (Q)	0,00	1,00



- **CTE (Código técnico de edificación)**

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación del Estado Límites Último de Estabilidad**

Tipo de Acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	Peso propio, peso del terreno	0,90	1,10
	Empuje del terreno	0,80	1,35
	Presión del agua	0,95	1,05
Variable (Q)		0,00	1,50
Accidental (A)		1,00	1,00

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación del Estado Límites Último de Resistencia**

Tipo de Acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	Peso propio, peso del terreno	0,80	1,35
	Empuje del terreno	0,70	1,35
	Presión del agua	0,90	1,20
Variable (Q)		0,00	1,50
Accidental (A)		1,00	1,00

**Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación del Estado Límites de servicio**

Tipo de Acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	Peso propio, peso del terreno	1,00	1,00
	Empuje del terreno	1,00	1,00
	Presión del agua	1,00	1,00
Variable (Q)		0,00	1,00





- IAP-11 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera)

**Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación del Estado Límites Último de Equilibrio.**

Tipo de acción	Situaciones Persistentes Y Transitorias		Situaciones Accidentales		
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable	
Permanente (G) y (G*)	Peso propio	0,90 <sup>(1)</sup>	1,10 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00
	Carga muerta	0,90 <sup>(1)</sup>	1,10 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00
	Empuje del terreno	1,00	1,50	1,00	1,00
Variable(Q)	Sobrecarga de uso	0,00	1,35	0,00	1,00
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0,00	1,50	0,00	1,00
	Acciones climáticas	0,00	1,50	0,00	1,00
	Empuje hidrostático del agua	0,00	1,50	0,00	1,00
	Empuje hidráulico del agua	0,00	1,50	0,00	1,00
	Sobrecarga de construcción	0,00	1,35	0,00	1,00
Accidentales (A)	-	-	1,00	1,00	

- (1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.



## Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para los demás Estados Límites Últimos.

Tipo de acción		Situaciones Persistentes Y Transitorias		Situaciones Accidentales	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,00	1,35	1,00	1,00
	Carga muerta	1,00	1,35	1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P1	1,00	1,0/1,2 <sup>(1)</sup> /1,3 <sup>(2)</sup>	1,00	1,00
	Pretensado P2	1,00	1,35	1,00	1,00
	Otras presolicitaciones	1,00	1,00	1,00	1,00
	Reológicas	1,00	1,35	1,00	1,00
	Empuje del terreno	1,00	1,50	1,00	1,00
	Asientos	0,00	1,2/1,35 <sup>(3)</sup>	1,00	1,00
	Rozamientos de apoyos deslizantes	1,00	1,35	1,00	1,00
Variables (Q)	Sobrecarga de uso	0,00	1,35	0,00	1,00
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0,00	1,50	0,00	1,00
	Acciones climáticas	0,00	1,50	0,00	1,00
	Empuje hidrostático del agua	0,00	1,50	0,00	1,00
	Empuje hidráulico del agua	0,00	1,50	0,00	1,00
	Sobrecarga de construcción	0,00	1,35	0,00	1,00
Accidentales (A)		-	-	1,00	1,00

- (1) El coeficiente  $\gamma_G^* = 1,2$  será de aplicación al pretensado P1 en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tesar.
- (2) El coeficiente  $\gamma_G^* = 1,3$  se aplicará al pretensado P1 en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
- (3) El coeficiente  $\gamma_G^* = 1,35$  corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor  $\gamma_G^* = 1,2$  corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.



## Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para los Estados Límites de Servicio.

	Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,00	1,00
	Carga muerta	1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P1	0,90 <sup>(1)</sup>	1,1 <sup>(1)</sup>
	Pretensado P2	1,00	1,00
	Otras presolicitaciones	1,00	1,00
	Reológicas	1,00	1,00
	Empuje del terreno	1,00	1,00
	Asientos	0,00	1,00
	Rozamientos de apoyos deslizantes	1,00	1,00
Variables (Q)	Sobrecarga de uso	0,00	1,00
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0,00	1,00
	Acciones climáticas	0,00	1,00
	Empuje hidrostático del agua	0,00	1,00
	Empuje hidráulico del agua	0,00	1,00
	Sobrecarga de construcción	0,00	1,00

- (1) Para la acción del pretensado se tomarán los coeficientes que indique la EHE-08 o normativa que la sustituya. En la tabla figuran los valores que la EHE-08 recoge para el caso de estructuras postesas. En el caso de estructuras pretesas, los coeficientes parciales son 0,95 y 1,05 para efecto favorable y desfavorable, respectivamente.



- **IAPF-07 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril)**

**Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.**

Tipo de acción	Situaciones Persistentes Y Transitorias		Situaciones Accidentales		
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable	
Permanente (G)	1,00	1,35	1,00	1,00	
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P1	1,00	1,00	1,00	
	Pretensado P2	1,00	1,35	1,00	1,00
	Otra presolicitud	0,95	1,05	1,00	1,00
	Reológica	1,00	1,35	1,00	1,00
	Acción o asiento del terreno	1,00	1,50	1,00	1,00
Variable (Q)	0,00	1,50	0,00	1,00	
Accidental (A)	-	-	1,00	1,00	

**Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites de Servicio.**

Tipo de Acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente de valor constante (G)		1,00	1,00
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P1 Armaduras postesas	0,90	1,10
	Pretensado P1 Armaduras pretesas	0,95	1,05
	Pretensado P2	1,00	1,00
	Otra presolicitud	1,00	1,00
	Reológica	1,00	1,00
	Acción o asiento del terreno	1,00	1,00
Variable (Q)		0,00	1,00



## ANEXO 3. GRUPOS DE CARGA

- IAP-11 (Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera)

Grupos de cargas de tráfico. Concomitancia de las diferentes componentes de la sobrecarga de uso.

Grupos de carga	Plataforma					Aceras
	Cargas verticales			Fuerzas horizontales		Cargas verticales
	Vehículos pesados	Sobrecarga Uniforme	Aglomeración de personas	Frenado y arranque	Fuerza centrífuga y transversal	
Grupo 1 (cargas verticales)	1,00	1,00	-	-	-	0,50
Grupo 2 (Fuerzas horizontales)	0,75	0,40	-	1,00	1,00	-
Grupo 3 (Peatones)	-	-	-	-	-	1,00
Grupo 4 (Aglomeraciones)	-	-	1,00	-	-	1,00