

COMPORTAMIENTO FRENTE A LA EXPORTACIÓN DE INVERNADEROS MULTITÚNEL

J. Vázquez^{*p}

A. Carreño

J. Pérez

A. Callejón-Ferré

*Universidad de Almería, Departamento de Ingeniería Rural, Ctra. Sacramento s/n,
04120, La Cañada de San Urbano, Almería, Spain*

Abstract:

The greenhouses industry in Europe is increasing its export competitiveness to those countries with emerging economies. There is a tendency on the part of companies, to design a single model of the greenhouse according to UNE-EN 13031-1 valid for all cases.

It is intended to check what the case load in the greenhouses built in Europe following the UNE-EN 13031-1 are oversized to climatic conditions and crops.

As results are intended to reflect the loss of competitiveness associated with a single measure greenhouse exportable to adapt to any situation, concluding with the need to measure structures as the peculiarities of its location.

Keywords: *Construction, structure, multispan greenhouse*

Resumen:

La industria de invernaderos en Europa está aumentando su competitividad exportadora hacia aquellos países de economías emergentes. Existe una tendencia, por parte de los fabricantes, de diseñar un único modelo de invernadero según la norma UNE-EN 13031-1 válido para todos los casos.

Se pretende comprobar cuáles son los casos de carga en los que los invernaderos construidos en Europa siguiendo la norma UNE-EN 13031-1 quedan sobredimensionados para unas condiciones climáticas y de cultivo concretas.

Como resultados se pretende reflejar la pérdida de competitividad económica que conlleva dimensionar un único modelo de invernadero exportable para poder adaptarse a cualquier situación, concluyendo con la necesidad de dimensionar las estructuras según las peculiaridades particulares de su ubicación.

Palabras clave: *Construcción, estructuras, invernaderos multitúnel*

1. Introducción

La industria de invernaderos en Europa necesita aumentar su competitividad exportadora, especialmente hacia aquellos países de economías emergentes, donde los modelos de invernaderos comercializados y exportados por nuestras empresas suelen cumplir la normativa europea de construcción basadas en los eurocódigos, entrando en competencia con otros modelos construidos en países donde no es de aplicación dicha normativa, quedando por tanto nuestra industria en clara desventaja.

2. Objetivos

Se pretende comprobar cuáles son los casos de carga en los que los invernaderos construidos en Europa siguiendo la Norma UNE EN-13031-1 quedan sobredimensionados para unas condiciones climáticas y de cultivo concretas. Para tal fin, se propone la modelización de un invernadero de cubierta curva que será calculado en una misma ubicación en condiciones de carga normales y bajo la aplicación de cargas y criterios de cálculo designados por la norma europea de invernaderos.

Ya existe alguna literatura en la que se diseñan invernaderos multispan aplicando la Norma Europea (*Waijemberg et al, 1998*) y ensayos de colapso de la estructura de invernaderos sometidos a cargas de compresión perpendiculares al suelo (nieve o cargas de cultivo) sin aplicación de la Norma (*Castellano et al, 2004*).

3. Metodología

La comprobación se realizará con un análisis de tensiones que se llevará a cabo mediante el estudio del comportamiento estructural de un invernadero tipo multitúnel sometido a las acciones contempladas en la Norma de invernaderos UNE EN-13031-1, frente al comportamiento de un invernadero de similares características sometido a las acciones producidas por las mismas condiciones climáticas y de cultivo pero sin el cumplimiento de la Norma Europea. En ambos casos, la estructura ha sido ubicada en la Zona Litoral Mediterránea, en la provincia de Almería.

Para tal fin, se ha modelizado un invernadero de cubierta plástica tipo B10 en 3D con geometría estándar según figura 1 (luz: 8m, altura de pilares: 4,5m, altura de cenit: 6m; separación de pórticos: 5m; separación arcos flotantes intercalados: 5m). La superficie invernada es de 1.200 m² (25 x 48m).

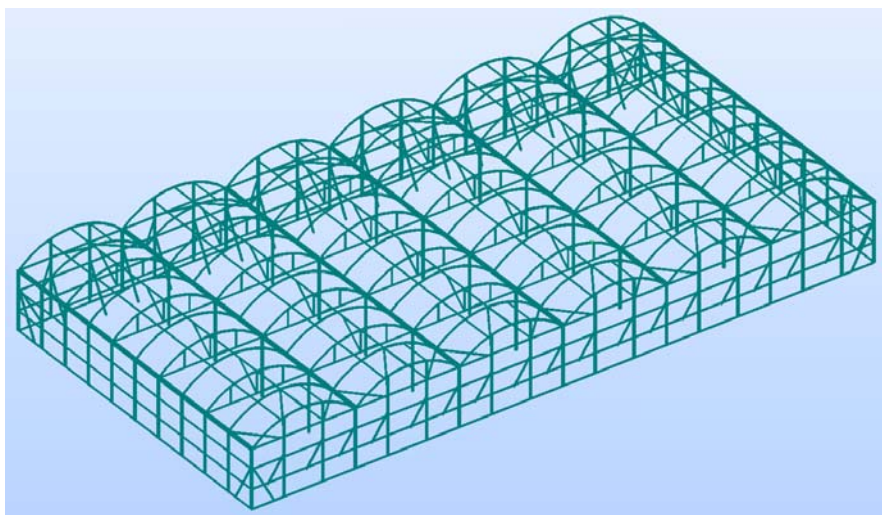


Figura 1. Vista en 3D del invernadero modelizado.

La modelización se ha efectuado teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- Todos los nudos de la estructura se consideran articulados, con libertad de giro en el espacio.
- Todos los pilares que componen la estructura se consideran empotrados en su base y articulados en cabeza.

- Los arcos se consideran doblemente articulados en sus apoyos, cabeza de pilares.
- La sección transversal de los arcos se considera constante, sin variación a lo largo de su desarrollo.
- La directriz de los arcos se consideran parabólicas.
- En el plano perpendicular a los arcos, se ha considerado el arriostramiento que originan elementos tales como correas, ya sean cenitales o laterales, tornapuntas y canalón.

La estima de cargas se ha efectuado barajando dos hipótesis de trabajo: cálculo estructural teniendo en cuenta las cargas medias que un invernadero soporta en nuestras latitudes de acuerdo a una serie de 15 años de datos climáticos registrados (hipótesis a0, base contractual) y cálculo teniendo en cuentas las cargas definidas por la Norma de invernaderos UNE EN-13031-1, con sus correspondientes hipótesis de combinación y coeficientes de mayoración.

Dado que se trata de un invernadero de clase B, únicamente se han considerado los estados límites últimos (ELU).

En todo caso, la metodología de cálculo empleada se basa en el método de los Elementos Finitos (FEM).

Las cargas consideradas han sido:

Acciones permanentes g_{k1} .

El valor característico del peso propio de los componentes estructurales es estimado de forma automática por el programa, según perfilaría tipo empleada por las marcas comerciales en la zona. Así presenta un valor en proyección horizontal de 62,2 N/m².

Acción del viento.

Los valores característicos de carga se han establecido bajo dos hipótesis diferenciadas:

A) Valor máximo de ráfaga de viento registrado durante estos últimos quince años por la estación climatológica ubicada en la Estación Experimental de Las Palmerillas (Almería). Como se puede observar en la tabla 1, la ráfaga máxima alcanzó un valor de 90Km/h, ejerciendo una presión dinámica superficial de 0,39KN/m².

Racha máxima del viento (Km/h)												
Campaña	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
91/92	50,8	45,4	47	48,6	79,9	65,2	61,6	60,1	49,7	48,6	65,2	
92/93	59	41	78	58	57	45	71	64	61	58	60	79,9
93/94	63	57,2	47	71,3	75,6	49,7	56,2	61,6	56,9	55,1	47,2	50
94/95	50	52	54	70	62	60	63	64	66	59	77	56,2
95/96	44	57										58
96/97	69	69	85	75	41	50	47	56	58	51	46	
97/98	25	39	27									44
98/99	12	21	22	21	24	32	41	46	44	46	37	
99/00	58	52	90	17	44	51	81	51	62	52	66	51
00/01	59,4	65,5	75,2	84,2	81,7	76,3	51,1	47,8	57,6	58,3	41	49,3
01/02	81,7	59,4	50,8	59	39,2	65,1	52,2	54	66,6	40,7	39,6	49,3

Tabla 1. Racha máxima de viento (Km/h) registrada por la Estación Experimental de "Las Palmerillas" (Almería).

B) Presión dinámica según la Norma Europea Experimental ENV-1991-2-4, adaptándola al caso particular de invernaderos con cubierta curva según el anexo B de la norma UNE EN 13031-1:2001.

En este último caso, los cálculos se han efectuado bajo las siguientes consideraciones:

- La estructura se ubica en terrenos de Categoría II.
- La estructura no se ubica en colinas escarpadas o aisladas.
- Tal y como indica la norma UNE EN-13031-1, no se ha considerado la fuerza de rozamiento.
- El invernadero se ha calculado bajo la consideración de que el conjunto de las ventanas cenitales que lo componen se encuentran cerradas.

La presión característica del viento se ha obtenido de la norma UNE 76209 IN "Acciones del viento en invernaderos comerciales". Así, para un invernadero situado en suelo de Categoría II, con un coeficiente topográfico de 1, zona eólica X y con una altura de referencia de 5,25m, se obtiene una velocidad de referencia de 27 m/s y una presión característica de 0,73 kN/m².

En ambas hipótesis, los valores de presión neta se han determinado con el empleo del método de cálculo simplificado usando los coeficientes de presión local e interna establecidos por la norma UNE EN 13031-1:2001.

Acción de nieve.

Al igual que la carga de viento, la acción de nieve se ha calculado por dos vías diferenciadas:

A. Carga de nieve en nuestras latitudes en el periodo climático considerado. En estos últimos 15 años, la Estación Climatológica de "Las Palmerillas" no ha registrado ninguna nevada, aún así, se ha considerado oportuno tener en cuenta una carga de 0,1 kN/m² atribuible a posibles granizadas.

B. Determinación de la carga de nieve según la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-3, atendiendo al caso particular de invernaderos curvos. El valor de la carga de nieve en el terreno para Almería, zona III, adopta un valor de 0,1583 kN/m² tras ser corregido por el coeficiente de forma y el coeficiente de variación.

En ambos casos, el estudio se ha efectuado bajo la consideración de la hipótesis de carga más desfavorable que dictamina la norma, distribución de carga no uniforme. Los valores característicos se han ajustado a la tipología del invernadero estudiado, B-10, atendiendo a lo prescrito en el anexo C de la UNE EN-13031-1.

Acción de los productos.

Se ha empleado como valor característico de los productos el especificado por la norma UNE EN-13031-1 para cosechas de tomates y pepinos, 0,15 kN/m².

En la siguiente tabla, tabla 2, se reflejan las dos hipótesis de cálculo estudiadas junto con las cargas consideradas en cada una de ellas.

Acción	Condiciones reales	UNE-13031-1
<i>Permanente</i>	Estimación automática por el programa atendiendo a perfilera tipo*	Estimación automática por el programa atendiendo a perfilera tipo*
<i>Viento</i>	Presión dinámica según ráfaga de viento máxima (90km/h) Presión neta atendiendo al método simplificado empleando coeficientes de presión local e interna dictaminados por UNE-13031-1	Según UNE-13031-1
<i>Nieve</i>	0,1kN/m ²	Según UNE-13031-1
<i>Productos (kN/m²)</i>	0,15	0,15

*En ambos casos la perfilera tipo empleada ha sido semejante

Tabla 2. Casos de carga estudiados.

El conjunto de las cargas definidas en condiciones reales han sido consideradas para determinar los esfuerzos en la que se ha dominado hipótesis a0, sin la aplicación de coeficientes de mayoración alguno. En la otra hipótesis de trabajo, se han considerado los coeficientes de combinación y ponderación que dictamina la norma UNE EN-13031-1. Así, se han obtenido las tres hipótesis restantes de trabajo a1, a2 y a3.

Dichas cargas se han dispuesto sobre los elementos estructurales modelizados, las correas, los arcos y canalones, considerando cuatro tipologías de carga diferenciadas: carga uniforme (peso propio, viento lateral), carga vertical con distribución triangular (nieve), carga normal a elementos de cubierta (viento) y cargas puntuales (cultivo).

De esta forma, se ha calculado el invernadero tipo obteniendo como resultados los esfuerzos a los que se somete todos y cada uno de los elementos estructurales modelizados en las diferentes hipótesis de trabajo barajadas. Dichos esfuerzos han sido combinados para cuantificar la tensión de Von Misses.

4. Resultados

TENSIONES MÁXIMAS VON MISSES POR ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS									
SOBREPRESIÓN									
Elemento	Arco	Barra de Cultivo	Pendolón	Canalón		Pilares		Pies de amigo	Perfil H
				Central	Extremo	Centrales	Esquineros		
a0									
Tensión (MN/m ²)	226,41	422,45	136,24	163,31	60,41	76,8	192,53	48,21	144,36
a1									
Tensión (MN/m ²)	293,62	462,76	183,86	159,88	107,72	112,86	362,76	82,49	262,39
a2									
Tensión (MN/m ²)	138,22	376,57	79,16	125,36	24,96	28,63	84,98	16,38	133,77
a3									
Tensión (MN/m ²)	285,82	463,7	181,94	119,96	104,15	109,12	364,43	90,85	262,17
Aumento tensión (%)	22,89	8,90	25,90	-2,15	43,92	31,95	47,17	46,93	44,98

Tabla 3. Tensiones máximas por elementos constructivos para hipótesis de sobrepresión.

TENSIONES MÁXIMAS VON MISSES POR ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS									
SUCCIÓN									
Elemento	Arco	Barra de Cultivo	Pendolón	Canalón		Pilares		Pies de amigo	Perfil H
				Central	Extremo	Centrales	Esquineros		
<i>a0</i>									
Tensión (MN/m ²)	361,00	357,48	323,53	195,76	87,07	60,07	132,88	57,03	281,83
<i>a1 / a3</i>									
Tensión (MN/m ²)	689,71	680,04	618,20	379,19	165,42	114,44	249,77	107,51	532,30
Aumento tensión (%)	47,66	47,43	47,67	48,37	47,36	47,51	46,80	46,95	47,05

Tabla 4. Tensiones máximas por elementos constructivos para hipótesis de succión.

El análisis tensional (tabla 3 y 4) desvela que la hipótesis de succión resulta salvo para los pilares esquineros más desfavorable que la hipótesis a sobrepresión, siendo por termino medio el aumento tensional que conlleva la norma del 47,40%. En pilares esquineros, el aumento es del 47,17%. Esto implica que los invernaderos comerciales que verifican el cumplimiento de la norma europea de invernaderos UNE EN-13031-1 implantados en la provincia de Almería, presentan su perfilaría incrementada prácticamente el doble de la magnitud precisa, para los datos climáticos de la zona considerados en un período de retorno de 15 años.

En el caso del canalón central, la tensión en la hipótesis a0 resulta más desfavorable que en las tres hipótesis que dictamina la norma, para viento a sobrepresión.

5. Conclusiones

Existe una gran dificultad para estandarizar un modelo de invernadero exportable por parte de las empresas europeas, debiendo particularizar el cálculo y la construcción de cada invernadero a las condiciones concretas del lugar donde va a ser instalado, evitando la tendencia de muchas empresas a diseñar y comercializar un único modelo de invernadero generalmente sobredimensionado para poder adaptarse a cualquier situación, pero con el inconveniente de la pérdida de competitividad que ello conlleva.

6. Referencias

Castellano S., Candura A., Scarascia-Mugnozza G. Greenhouse structures SLS analysis: experimental results and normative aspects. Greensys, International Conference on Sustainable Greenhouse System, 2004, Leuven, Belgium, Book of abstracts, p.691.

EN-13031-1 Greenhouses: design and construction- Part 1: comercial productions greenhouses. CEN, Brussels, 2003, pp 67.

ENV 1991-2-3 Eurocode 1, Basis of design and actions on structures, CEN, Brussels, 1995, pp 59.

Waaijemberg D., Briassoulis D., Tsirogiannis Y. Designing of plastic covered greenhouses following the new European Standard for greenhouses prEN 13031-1. AgEng International conference on agricultural engineering, 1998, Oslo, Norway, Book of abstracts, p.39.

Correspondencia

Ángel Carreño Ortega

University of Almeria – Department of Rural Engineering

Ctra. Sacramento s/n, 04120, La Cañada de San Urbano, Almería, Spain

Phone: +34 950 014098

Fax: +34 950 015491

E-mail: acarre@ual.es