

DISEÑO DE UN NUEVO CAPITEL PARA INVERNADEROS MULTITÚNEL

J. Vázquez^{1p}

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

With the development of a constructive process "elevating greenhouse" be reduced by 9.2% the workplace accidents due to work at height in greenhouse multitunnel. The procedure is based on the assembly of all elements structural, including plastic cover, on the floor and his subsequent elevation, this will reduce the number of hours of work at height.

Experimental results carried out at real field, show the need to adjust one of the key elements of the process, the capital. This is a piece that connects all the elements of cover (bows, lower chord, vertical brace, profiles H and gutter) resting on the pillar.

It has designed a new capital to solve the structural deficiencies of the capital base, designed to be compatible with the procedure constructive "elevating greenhouse".

Our purpose is to assess their suitability and potential for standardization as the European standard of greenhouses UNE-EN 13031-1 type in a greenhouse located on the Mediterranean coast, in the province of Almeria.

Keywords: *Construction, safety, greenhouse, capital*

Resumen

El procedimiento constructivo "Invernadero elevable" logra reducir en un 9,2% la siniestralidad laboral en invernaderos multitúnel debido al trabajo en altura. El procedimiento se fundamenta en el montaje del conjunto de elementos de cubierta incluso el film plástico en el suelo y su posterior elevación, de esta forma se reduce el número de horas de trabajo en altura.

De los ensayos constructivos efectuados a escala real, en campo, surgió la necesidad de reajustar una de las piezas clave del proceso, el capitel. Se trata de una pieza que enlazando el conjunto de los elementos de cubierta (arcos, tirantes, perfiles H y canalón) descansa sobre el pilar.

Se ha diseñado un nuevo capitel que solventa las deficiencias estructurales del capitel base diseñado, siendo compatible con el procedimiento constructivo "Invernadero elevable".

Nuestro propósito, es evaluar su idoneidad y posibilidades de normalización según la norma europea de invernaderos UNE-EN 13031-1 en un invernadero tipo situado en el litoral mediterráneo, en la provincia de Almería.

Palabras clave: *Construcción, seguridad, invernadero, capitel*

1. Introducción

El sector de la construcción de invernaderos es un sector bastante arcaico en el que la inadecuada cultura preventiva y los burdos procedimientos constructivos resultan ser las causas principales de su elevada siniestralidad laboral.

Miranda y Martínez (2005) desarrollan una investigación que trató de evaluar la siniestralidad de dicho sector, cifrando su Índice de Incidencia en 121. Dicho índice, resultó estar al mismo nivel que el índice del sector de la construcción en Almería, cuyos valores oscilaron entre 121 y 132 en función del año de referencia empleado.

Son muchos los autores que consideran el diseño como una herramienta clave para evitar o, en su caso, reducir riesgos (Behm, 2005; Gambatese, 2007). En esta línea, Carreño (2005) planteó la invención de un nuevo procedimiento constructivo para invernaderos industriales. El procedimiento, se basaba en el desarrollo de un sistema de elevación de la cubierta de los invernaderos, de forma que el ensamblado del conjunto de sus elementos se efectuara a nivel del suelo y, posteriormente, se elevaran empleando los pilares como guías de desplazamiento (Fig. 1).



Figura 1. Vista general de invernadero elevable.

Experimentalmente, se logró verificar la idoneidad del sistema, cifrando en un 40% la reducción de horas de trabajo en altura. Bajo el supuesto que la reducción de las horas de trabajo en altura, llevarían asociadas una reducción de los riesgos derivados en un porcentaje similar, Carreño (2005) concretó que la aplicación del procedimiento, lograría reducir la siniestralidad de la construcción de invernaderos en un 9,2%.

De los ensayos experimentales realizados, surgió la necesidad de reajustar una de las piezas clave del nuevo procedimiento, el capitel. Se trata de una pieza que enlazando el conjunto de los elementos de cubierta (arcos, tirantes, perfiles H y canalón) descansa sobre el pilar.

El capitel originario diseñado por Carreño introducía una gran novedad, se componía de dos piezas simétricas posteriormente ensambladas en altura. Ello posibilitaba la ascensión

independiente de los túneles y su posterior ensamblado en altura. Los ensayos de campo revelaron que el capitel base presentaba una elevada flexión que acarrearba la presencia de fisuras en la zona destinada a la recepción del arco así como un mal comportamiento frente a cargas a succión.

Por ello, nos planteamos como objetivo diseñar y dimensionar un nuevo capitel, compatible con el nuevo procedimiento de invernadero de cubierta elevable, evitando las deficiencias estructurales del capitel base.

2. Material y métodos.

El procedimiento comenzó con el estudio de las patologías estructurales del capitel base, concretando su estabilidad estructural y comportamiento frente a cargas a succión como sus carencias a mejorar. Resultó destacable la presencia de fisuras en la zona destinada a la recepción del arco, debido a la elevada flexión en el plano de trabajo que presentaba el capitel base.

Así planteamos el diseño de un nuevo capitel (Fig. 2) dotado con mayor desarrollo en el plano de trabajo, protuberancias y pliegues. Por otra parte, se modifica el sistema de enlace capitel-pilar para tratar de mitigar la flexión, adicionando una pestaña superior al capitel para mejorar la fijación capitel-pilar. Por otra parte, se trata de mejorar la transmisión de esfuerzos arco-pilar, evitando las fisuras, con el diseño de un conector. En definitiva se diseña un capitel partido de dimensiones genéricas 295mm de longitud, 274mm de altura y 44,5mm de anchura, con espesor 2mm.

Como material base de constitución y procedimiento constructivo, se decidió de partida emplear los tradicionales, acero S-235 y moldeo mediante estampación.

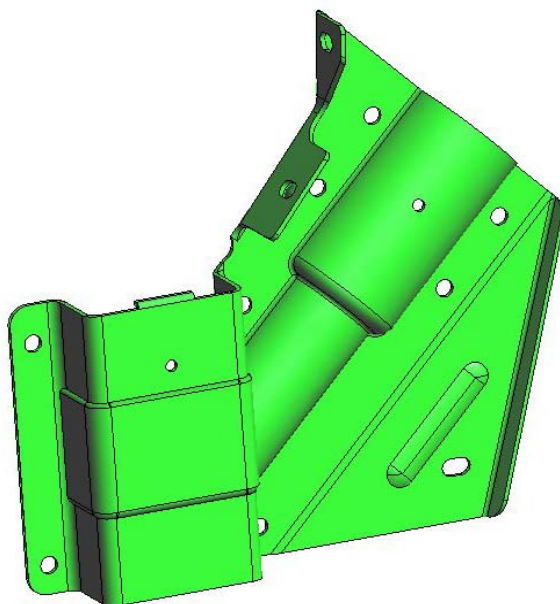


Figura 2. Nuevo capitel diseñado.

Una vez diseñado, la siguiente etapa fue de comprobación estructural. Dada la necesidad de concretar una zona para la estimación de las cargas de trabajo, nos decantamos por la provincia de Almería, pues se trata de la región española con mayor concentración de invernaderos (60% estatal).

Se ha calculado una estructura invernada multitúnel representativa del conjunto, así modelizamos, en concordancia con la norma UNE-EN 13031, una estructura invernada de cubierta plástica con 10 años de vida útil (B-10) ubicada en suelos de categoría II, Zona Eólica X y en ausencia de colinas aisladas o escarpaduras.

Dicha estructura fue sometida a las cargas reflejadas en la tabla 1, pudiendo de esta forma seleccionar el capitel sometido a los mayores esfuerzos.

Acción	Cargas consideradas
<i>Permanente</i>	Estimación automática por el programa atendiendo a perfilaría tipo 62,2 N/m ²
<i>Viento</i>	Según UNE EN-13031-1 y ENV 1991-2-3 Velocidad básica 27m/s; Presión neta atendiendo al método simplificado
<i>Nieve (kN/m²)</i>	Según UNE EN-13031-1 y ENV 1991-2-3 0,144
<i>Productos (kN/m²)</i>	0,15

Tabla 1. Cargas consideradas.

Una vez concretados el conjunto de los esfuerzos y momentos que los distintos elementos estructurales transmitían al capitel, se procedió con el análisis de las superficies de contacto entre elementos y la disposición de cargas en las paredes de los capiteles, pudiendo así obtener su distribución tensional y deformada para las diferentes hipótesis de carga.

En todo caso, el procedimiento de cálculo empleado se basó en el método de los Elementos Finitos (FEM).

3. Resultados

Tensiones de Von Mises

La Figura 3 muestra la distribución tensional de Von Mises del nuevo capitel diseñado para la hipótesis de carga más desfavorable, a1 de sobrepresión.

Las tensiones máximas se producen en las zonas de enlace de semi-capiteles, donde se dispone la tortillería. Resultan ser de 57,5 N/mm², holgadamente inferiores a las máximas admisibles por el acero empleado, S-235, 235 N/mm².

Se hace perceptible la elevada estabilidad del capitel diseñado frente a las cargas límite de trabajo.

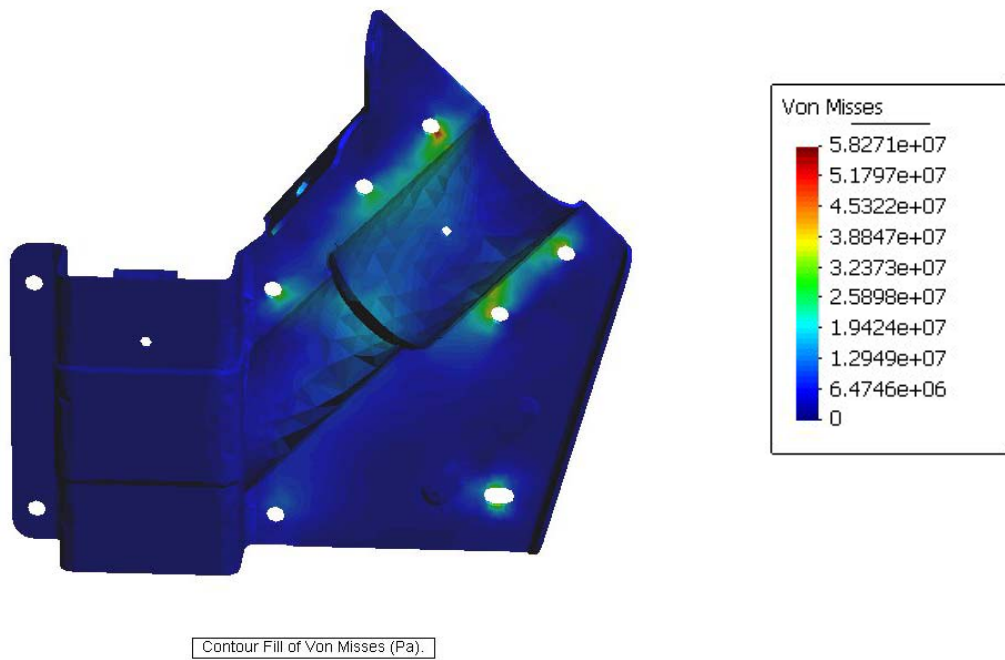


Figura 3. Tensiones de Von Misses del nuevo capitel diseñado.

Deformaciones producidas por las cargas máximas

La Figura 4 muestra los desplazamientos del capitel en la hipótesis de carga más desfavorable, a1 de sobrepresión.

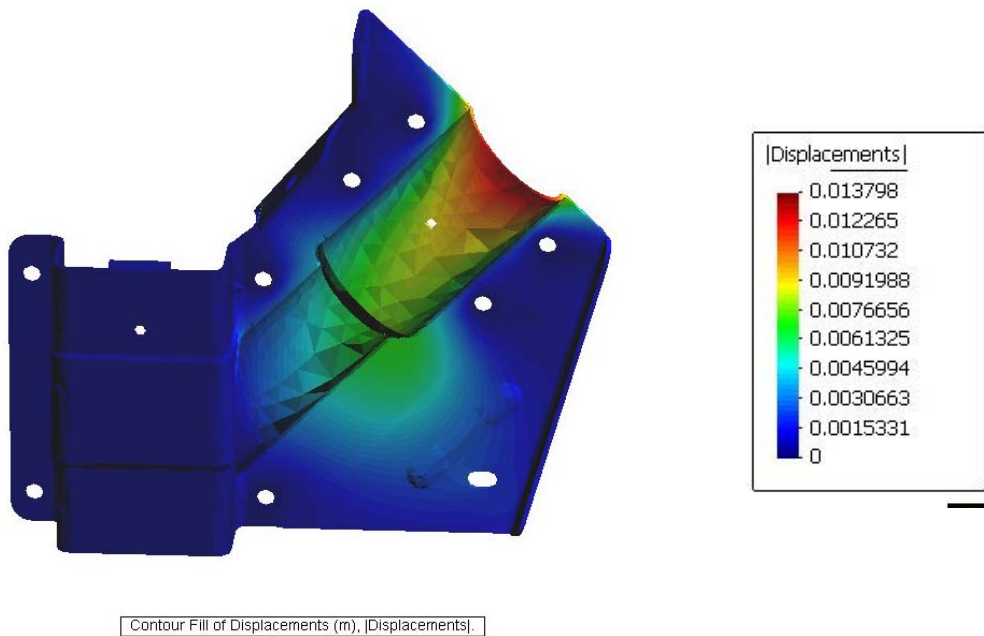


Figura 4. Desplazamientos en mm del nuevo capitel diseñado.

El desplazamiento máximo se alcanza en la zona de enlace del arco con el capitel, alcanzando un valor de 13,8mm, dicha deformación conlleva significativas flechas en cumbrera. No obstante consideramos la deformación asumible, dado que la norma de invernaderos no establece ninguna limitación en cuanto a Estados Límites de Servicio para invernaderos de cubierta plástica y dada la ausencia de fibras plastificadas.

4. Conclusiones

La investigación ha tratado de desarrollar un nuevo capitel compatible con el procedimiento constructivo de invernadero de cubierta elevable, mitigando las deficiencias estructurales del capitel base diseñado.

Los resultados obtenidos han demostrado que el desarrollo, dimensiones y material empleado para su constitución cumplen las exigencias mínimas de tensión y deformación establecidas por la norma de invernaderos.

A pesar que la norma no establece para estructuras de cubierta plástica limitaciones en cuanto a Estados Límites de Servicio, observamos que es el criterio más desfavorable a la hora del dimensionado de dicho elemento estructural.

5. Referencias

Behm M., "Linking construction fatalities to the design for construction safety concept", *Safety Science*, Vol. 43 nº 8, 2005, pp. 589-611. doi:10.1016/j.ssci.2005.04.002.

Carreño Ortega A., "Reducción de la siniestralidad laboral en la construcción de invernaderos tipo multitúnel mediante la implementación de un nuevo procedimiento constructivo". Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, Almería, 2005.

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

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

Gambatese J.A.; Behm M.; Rajendran S. "Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel". *Safety Science*, Vol. 46 nº 8, 2007, pp. 675-691. doi:10.1016/j.ssci.2007.06.010.

Miranda R.M.; Martínez D, "Estúdio sobre los riesgos laborales derivados de la construcción de invernaderos y de las medidas preventivas aplicables para reducir su incidência". Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería, Almería, Spain, 2005.

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