

Herramientas para el cálculo de las cargas de viento en pilares y cerramientos de naves.

L. López García¹ (P), J. A. López Perales, A. Moreno Valencia, P.J. Alcobendas Cobo.

Resumen:

En este trabajo los autores presentan una hoja de cálculo que obtiene los valores de la carga de viento, expresados en kN/m^2 , que actúan sobre los pilares de naves industriales de acero a dos aguas. En estas estructuras, la hoja de cálculo permite obtener las cargas de viento en pilares laterales y del hastial, realizando las combinaciones necesarias con las hipótesis de viento longitudinal y transversal.

Abstract:

In this work the authors present a new spreadsheet which calculates the wind loads, expressed as kN/m^2 , acting over the columns and cladding of steel-framed structures. In these structures, the spreadsheet allows to obtain the wind loads on windward columns (pressure) and on leeward columns (suction or pressure, depending on the inside pressure or suction). Furthermore, the spreadsheet supplies the wind loads on columns placed at the corners of the building. These pillars must be designed for higher wind suctions than the whole structure.

Palabras Clave: Cargas de viento, Pilares, Estructuras de acero.

Keywords: Wind loads, Columns, Steel-framed structures.

1. INTRODUCCIÓN

La entrada en vigor del CTE modifica el cálculo de las cargas de viento respecto a la NBE EA-88, fundamentalmente por el incremento sustancial que supone la repercusión de los fenómenos de presión y de succión interior en las edificaciones normales.

La cantidad de parámetros a considerar, la variabilidad de los coeficientes de mayoración utilizados y las divisiones eólicas consideradas en la nueva instrucción, obligan a calcular dichos valores mediante herramientas informáticas.

2. METODOLOGÍA

Se ha elaborado un archivo Excel compuesto por varias hojas de cálculo que, una vez introducidos los datos necesarios, determina los valores de las cargas de viento sobre los pilares laterales que forman parte de la estructura porticada (pilar frontal y pilar dorsal), así como de los pilares ubicados en las esquinas de la edificación. Siempre se presentan los valores obtenidos con las hipótesis extremas de presión y de succión interior, de acuerdo con los valores proporcionados en la tabla 3.5 del DB SE-AE.

Los valores se han calculado para todas las zonas eólicas y para una esbeltez $h/d \leq 1$, lo que en realidad hace que sea generalizable a todo tipo de naves.

Para la determinación del coeficiente de presión interior se han adoptado los valores extremos recogidos en la tabla 3.5 del DB SE-AE, correspondientes a todos los huecos abiertos y a todos los huecos cerrados de la zona de succión respecto al resto de huecos de la edificación. Así mismo, para calcular este coeficiente de presión interior se ha adoptado un coeficiente de exposición correspondiente a una altura de hueco de $2 \cdot h/3$, siendo h la altura del pilar, considerando la existencia de ventanas y la posibilidad de una puerta de mayores dimensiones.

¹ Dr. ingeniero agrónomo. Catedrático de Ingeniería Agroforestal. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (Universidad de Castilla-La Mancha). Ronda de Calatrava, 7. 13071 Ciudad Real. luis.lgarcia@uclm.es

3. RESULTADOS

Se han analizado pórticos intermedios de naves agroindustriales. Se proporcionan resultados sobre los pilares laterales intermedios, así como los pilares ubicados en las esquinas de la nave. La carga de viento que proporciona el pilar de esquina (siempre succión) es válida tanto para viento longitudinal como para viento transversal, difiriendo únicamente el sentido de la fuerza de succión.

La utilización de las hojas de cálculo ha permitido la elaboración de una serie de tablas ajustadas a las luces, pendientes, grados de exposición (o aspereza) y alturas de pilares más normales en naves agroindustriales. Así, se han establecido los siguientes valores: Luces: 15 y 30 m. Pendientes: 8 y 20% (4,57° y 11,31°). Grados de aspereza: II, III y IV. Alturas de pilares: 5 y 7 m.

Todos los valores obtenidos para las situaciones indicadas se encuentran en el Anejo en forma de tablas, las cuales pueden servir de referencia para cálculos en anteproyectos.

4. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos en las tablas, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- Salvo valores extremos de pendientes de cubierta y longitudes de la construcción, estos parámetros no tienen excesiva influencia en los valores de la carga de viento.
- Como se podía esperar, a menor grado de exposición (o de aspereza), mayor es la carga de viento. A mayor pendiente de cubierta, mayor carga para una misma luz. Sin embargo, para una misma pendiente, no siempre se corresponde que a mayor luz más carga de viento.
- El valor de la carga de viento transversal aumenta más en los pilares laterales (18-24%) que en los de esquina (1-3%) para diferentes alturas de pilar.
Así mismo, para viento en sentido longitudinal y respecto a la altura de pilares, la carga aumenta en torno al 10% tanto para los pilares laterales como para los pilares del hastial.
- Tanto si se consideran las presiones y succiones interiores o no, los pilares de esquina siempre están sometidos a succión (hacia el exterior de la nave), tanto para el supuesto de viento transversal como en el longitudinal.
- El valor de la carga de viento en los pilares de esquina son similares tanto si consideramos el sentido transversal como el longitudinal.
- Para el viento transversal los pilares frontales están siempre sometidos a presión y los dorsales a succión para el caso de no considerar las presiones y succiones interiores. En cambio, si se decide tener en cuenta la repercusión de estas presiones y succiones interiores, los pilares dorsales pueden estar sometidos a succión o presión.
- Para el viento longitudinal los pilares laterales siempre están sometidos a succión.
- Los valores que se obtienen con la CTE, en general son superiores a los calculados con la NBE AE-88, fundamentalmente debido a la consideración del coeficiente eólico de presión interior.
- Los valores absolutos que se obtienen considerando las presiones interiores son, para pilares frontales y dorsales, superiores al 50% de los que se obtienen al no considerar estas presiones interiores.

Tabla 11			Luz	30 m	Pendiente		8% (4,57°)		Zona		C	Cpi	S	
Grado de aspereza			II				III				IV			
Altura de pilares			5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m	
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	1,419	0,081	1,542	0,093	1,107	0,081	1,242	0,105	0,838	0,020	0,901	-0,055
		Dorsal	0,188	-1,150	0,195	-1,254	0,136	-0,890	0,139	-0,998	0,128	-0,690	0,114	-0,732
	Pilares del hastial	Esquina	-1,011	-2,349	-0,955	-2,405	-0,810	-1,836	-0,802	-1,939	-0,565	-1,383	-0,559	-1,405
		Intermedio	-0,427	-1,765	-0,464	-1,913	-0,349	-1,375	-0,400	-1,537	-0,228	-1,046	-0,272	1,117
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,427	-1,765	-0,464	-1,913	-0,349	-1,375	-0,400	-1,537	-0,228	-1,046	-0,272	1,117
	Pilares del hastial	Esquina	-1,013	-2,231	-0,950	-2,407	-0,811	-1,837	-0,804	-1,945	-0,566	-1,384	-0,560	-1,406
		Frontal	1,419	0,081	1,538	0,089	1,107	0,081	1,238	0,101	0,838	0,020	0,898	0,053
		Dorsal	0,188	-1,150	0,203	-1,246	0,136	-0,890	0,146	-0,991	0,128	-0,890	0,118	-0,727
Hipótesis			S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P

Tabla 12			Luz	30 m	Pendiente		20% (11,31°)		Zona		C	Cpi	S	
Grado de aspereza			II				III				IV			
Altura de pilares			5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m	
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	1,422	0,084	1,553	0,104	1,109	0,083	1,250	0,113	0,840	0,022	0,907	0,061
		Dorsal	0,183	-1,155	0,174	-1,275	0,132	-0,894	0,122	-1,015	0,125	-0,694	0,101	-0,745
	Pilares del hastial	Esquina	-0,962	-2,300	-0,880	-2,329	-0,971	-1,797	-0,741	-1,878	-0,537	-1,355	-0,515	-1,361
		Intermedio	-0,427	-1,765	-0,464	-1,913	-0,349	-1,345	-0,400	-1,537	-0,228	-1,046	-0,272	-1,117
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,427	-1,765	-0,464	-1,913	-0,349	-1,345	-0,400	-1,537	-0,228	-1,046	-0,272	-1,117
	Pilares del hastial	Esquina	-0,968	-2,307	-0,891	-2,340	-0,776	-1,802	-0,749	-1,886	-0,540	-1,358	-0,521	-1,367
		Frontal	1,419	0,081	1,578	0,089	1,107	0,081	1,238	0,101	0,838	0,020	0,898	0,053
		Dorsal	0,188	-1,150	0,203	-1,246	0,136	-0,890	0,146	-0,991	0,128	-0,690	0,118	-0,727
Hipótesis			S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P

Tabla 1a			Luz	15 m	Pendiente		8% (4,57°)		Zona		A	Cpi	N	
Grado de aspereza			II				III				IV			
Altura de pilares			5 m		7 m		5 m		7 m		5 m		7 m	
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,712		0,791		0,562		0,648		0,411		0,463	
		Dorsal	-0,331		-0,397		-0,261		-0,325		-0,191		-0,232	
	Pilares del hastial	Esquina	-1,279		-1,278		-1,009		-1,045		-0,739		-0,747	
		Intermedio	-0,795		-0,862		-0,627		-0,706		-0,459		-0,504	
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,795		-0,862		-0,627		-0,706		-0,459		-0,504	
	Pilares del hastial	Esquina	-1,280		-1,283		-1,010		-1,050		-0,739		-0,750	
		Frontal	0,696		0,755		0,549		0,617		0,402		0,441	
		Dorsal	-0,298		-0,323		-0,235		-0,265		-0,172		-0,189	

Tabla 2a			Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,720	0,800	0,568	0,655	0,416	0,468		
		Dorsal	-0,347	-0,414	-0,274	-0,339	-0,200	-0,242		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,259	-1,246	-0,993	-1,020	-0,727	-0,728		
		Intermedio	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,262	-1,283	-0,996	-1,050	-0,729	-0,750	
	Frontal		0,696	0,755	0,549	0,617	0,402	0,441		
	Dorsal		-0,298	-0,323	-0,235	-0,265	-0,172	-0,189		

Tabla 3a			Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	A	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,696	0,758	0,549	0,620	0,402	0,443		
		Dorsal	-0,298	-0,330	-0,235	-0,270	-0,172	-0,193		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,267	-1,259	-0,999	-1,030	-0,732	-0,736		
		Intermedio	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,268	-1,262	-1,000	-1,032	-0,732	-0,737	
	Frontal		0,696	0,755	0,549	0,617	0,402	0,441		
	Dorsal		-0,298	-0,323	-0,235	-0,265	-0,172	-0,189		

Tabla 4a			Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	A	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,698	0,767	0,551	0,627	0,403	0,448		
		Dorsal	-0,303	-0,347	-0,239	-0,284	-0,175	-0,203		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,227	-1,199	-0,968	-0,981	-0,709	-0,701		
		Intermedio	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,795	-0,862	-0,627	-0,706	-0,459	-0,504		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,233	-1,207	-0,972	-0,988	-0,712	-0,706	
	Frontal		0,696	0,755	0,549	0,617	0,402	0,441		
	Dorsal		-0,298	-0,323	-0,235	-0,265	-0,172	-0,189		

Tabla 5a			Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,763	0,848	0,602	0,694	0,441	0,496		
		Dorsal	-0,355	-0,426	-0,280	-0,348	-0,205	-0,249		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,371	-1,369	-1,081	-1,120	-0,792	-0,800		
		Intermedio	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,372	-1,374	-1,082	-1,125	-0,792	-0,803	
	Frontal		0,746	0,809	0,588	0,662	0,431	0,473		
	Dorsal		-0,320	-0,347	-0,252	-0,284	-0,185	-0,203		

Tabla 6a			Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	B	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,772	0,857	0,609	0,701	0,446	0,501		
		Dorsal	-0,372	-0,444	-0,293	-0,360	-0,215	-0,260		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,349	-1,335	-1,064	-1,093	-0,779	-0,680		
		Intermedio	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,353	-1,374	-1,067	-1,125	-0,781	-0,803	
	Frontal		0,746	0,809	0,588	0,662	0,431	0,473		
	Dorsal		-0,320	-0,347	-0,252	-0,284	-0,185	-0,203		

Tabla 7a			Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	B	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,748	0,812	0,588	0,664	0,431	0,475		
		Dorsal	-0,320	-0,354	-0,252	-0,289	-0,185	-0,207		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,358	-1,349	-1,071	-1,104	-0,784	-0,789		
		Intermedio	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,359	-1,352	-1,072	-1,106	-0,785	-0,790	
	Frontal		0,746	0,809	0,588	0,662	0,431	0,473		
	Dorsal		-0,320	-0,347	-0,252	-0,284	-0,185	-0,203		

Tabla 8a			Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	B	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,748	0,821	0,590	0,672	0,432	0,480		
		Dorsal	-0,324	-0,372	-0,256	-0,305	-0,187	-0,218		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,315	-1,284	-1,037	-1,051	-0,759	-0,751		
		Intermedio	0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	0,852	-0,924	-0,672	-0,756	-0,492	-0,540		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,321	-1,294	-1,042	-1,058	-0,763	-0,756	
	Frontal		0,746	0,809	0,588	0,662	0,431	0,473		
	Dorsal		-0,320	-0,347	-0,252	-0,284	-0,185	-0,203		

Tabla 9a			Luz	15 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	C	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,882	0,980	0,695	0,802	0,509	0,573		
		Dorsal	-0,410	-0,492	-0,323	-0,402	-0,237	-0,287		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,584	-1,582	-1,249	-1,294	-0,915	-0,925		
		Intermedio	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,569	-0,624		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,569	-0,624		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,585	-1,588	-1,250	-1,299	-0,915	-0,928	
	Frontal		0,861	0,934	0,679	0,764	0,497	0,546		
	Dorsal		-0,369	-0,400	-0,291	-0,328	-0,213	-0,234		

Tabla 10a			Luz	15 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	C	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,892	0,991	0,703	0,811	0,515	0,579		
		Dorsal	-0,429	-0,513	-0,339	-0,420	-0,248	-0,300		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,559	-1,543	-1,229	-1,263	-0,900	-0,902		
		Intermedio	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,564	-0,624		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,564	-0,624		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,563	-1,588	-1,233	-1,299	-0,903	-0,928	
	Frontal		0,861	0,934	0,679	0,764	0,497	0,546		
	Dorsal		-0,369	-0,400	-0,291	-0,328	-0,213	0,234		

Tabla 11a			Luz	30 m	Pendiente	8% (4,57°)	Zona	C	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,861	0,934	0,679	0,768	0,497	0,548		
		Dorsal	-0,369	-0,409	-0,291	-0,334	-0,213	-0,239		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,569	-1,559	-1,237	-1,286	-0,906	-0,911		
		Intermedio	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,969	-0,624		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,969	-0,624		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,570	-1,562	-1,239	-1,278	-0,907	-0,913	
	Frontal		0,861	0,934	0,679	0,764	0,497	0,546		
	Dorsal		-0,369	-0,400	-0,291	-0,328	-0,213	-0,234		

Tabla 12a			Luz	30 m	Pendiente	20% (11,31°)	Zona	C	Cpi	N
Grado de aspereza			II		III		IV			
Altura de pilares			5 m	7 m	5 m	7 m	5 m	7 m		
Viento transversal	Pilares laterales	Frontal	0,864	0,949	0,682	0,777	0,499	0,555		
		Dorsal	-0,375	-0,430	-0,296	-0,352	-0,216	-0,251		
	Pilares del hastial	Esquina	-1,520	-1,484	-1,199	-1,214	-0,878	-0,867		
		Intermedio	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,569	-0,624		
Viento longitudinal	Pilares laterales	Fro/Dor	-0,985	-1,068	-0,777	-0,874	-0,569	-0,624		
		Pilares del hastial	Esquina	-1,526	-1,495	-1,204	-1,223	-0,881	-0,874	
	Frontal		0,861	0,934	0,679	0,764	0,497	0,546		
	Dorsal		-0,369	-0,400	-0,291	-0,328	-0,213	-0,234		