DOCUMENTO TÉCNICO

JULIO 2026

ECUACIÓN Vmax

EL MÉTODO CORRECTO PARA CALCULAR EL VIENTO ADMISIBLE DURANTE EL IZAJE DE CARGAS CON GRÚAS



AUTOR

MILIVOJ JORDAS CRUZ CERDA

Documento técnico sobre control del viento en maniobras de izaje

ABSTRACTO

30–35
Km/hr
Rango habitual en procedimientos

11,1
Mtr/Seg
Viento admisible por tabla EN 13000

1,2
m^2/ton
Superficie máxima de ataque considerad

En minería, el rubro con los más altos niveles de seguridad en Chile es común tener en el izaje de cargas con grúas móviles una medida máxima admisible de viento, pre-establecida a través de un procedimiento (i.e. PR-DOG-01), la cual ronda entre los 30 a 35(Km/hr). Estos procedimientos se basan parcial o totalmente en la escala de "viento de Beaufort", creada por Sir Francis Beaufort, oficial naval e hidrógrafo irlandés en el año 1805, ya que al sobrepasar los 30-32(Km/Hr) se comienzan a observar desplazamientos o movimientos de partículas u objetos (Anexo N°1). Sin embargo, la intensidad del viento no es el único valor que se debiera considerar, ya que existen diversos parámetros y factores que juegan un rol importante durante esta actividad, tales como la aspereza del terreno, la altura de izado, la superficie expuesta al viento del componente a izar, el coeficiente de resistencia al viento de la carga y su peso. Al no considerar estos parámetros y factores, es probable que, en algunos casos, dependiendo además de la dirección del equipo en relación con el viento y la carga, se genere[1]:

Riesgos descritos al no considerar estos parámetros

1. Una desconexión del limitador de momentos de carga (LMB), lo que puede generar sobrecargas en la grúa.
2. Oscilaciones del componente izado.
3. Radios superiores a los calculados y configurados previamente por el operador de la grúa.
4. Golpes por o contra el objeto izado.
5. Volcamiento de la grúa.

! **LA SOBRECARGA ADICIONAL DEBIDO AL VIENTO LATERAL, NO ES INDICADA EN EL LIMITADOR DE MOMENTOS DE CARGA (LMB)**

Todas las tablas de cargas con grúas móviles se basan en la norma EN 13000, y en todos los manuales de estos equipos, se estipula claramente que el viento admisible durante el proceso de izaje es de 11,1(Mtrs/seg) o 39,6(Km/Hr), pero esto considerando una superficie máxima de ataque

[1] Para más detalles ver Anexo N°2 o visite https://assets-cdn.liebherr.com/versions/f4876369-8eb1-499e-a2e2-a95430bbe812/original/

ECUACIÓN Vmax

del viento (Aw) del componente a izar de 1,2(mtr²/ton), por lo que a una mayor Aw hay que recalcular el viento máximo admisible[2], siendo esto:

SUPERFICIE DE ATAQUE DEL VIENTO

$$Aw = Ap \times Cd$$

Aw	Superficie de ataque del viento.
Ap	Superficie de proyección del componente a izar.
Cd	Coeficiente de resistencia de la carga según su forma (Ver Anexo N°3).

En consecuencia, en los últimos años se desarrolló una ecuación que permite calcular de forma correcta, confiable y segura el viento máximo permisible al izar un componente, siempre y cuando se supere el Aw de 1,2(mtr²/ton).

Esto es:

$$Vmax = Vmax_TAB \times \sqrt{\frac{1{,}2(m^2/t) \times Mh}{Aw}}$$

Ecuación de viento máximo admisible según los parámetros definidos en el documento.

En donde:

Vmax	Viento máximo admisible durante un izaje.
Vmax_TAB	11,1 (Mtr/Seg) = Viento máximo admisible por tabla según norma EN13000.
Mh	Peso del componente a izar + aparejos + bloque + gancho.
Aw	Superficie de ataque del viento.

[2] Ver Anexo N°4

CONCLUSIÓN



CONTROLAR EL VIENTO ES CONTROLAR UNA VARIABLE CRÍTICA DEL IZAJE

CONCLUSIÓN DEL DOCUMENTO

La intensidad del viento es un parámetro relativamente predecible a mediana o gran escala, actualmente no dominable y específicamente variable en terreno, por lo que detener o no, una maniobra de izaje con relaciones de Vmax/Aw indeterminadas, puede acarrear incidentes y/o pérdidas de eficiencia productiva.

Vmax / Aw El documento plantea que la relación debe estar determinada para apoyar una decisión segura y eficiente.

ANEXO N°1

Escala Beaufort

ESCALA BEAUFORT				
ESCALA	VELOCIDAD DEL VIENTOS (NUDOS)	VELOCIDAD DEL VIENTO EN (KM/HR)	EFECTOS DEL VIENTO EN LA MAR	EFECTOS DEL VIENTO EN TIERRA
0	< 1	1	EL MAR TIENE LA APARIENCIA DE UN ESPEJO	HAY CALMA, EL HUMO ASCIENDE VERTICALMENTE.
1	1- 3	1 – 5	SE OBSERVAN PEQUEÑAS OLAS SIN ESPUMA	EL HUMO INDICA LA DIRECCION DEL VIENTO.
2	4- 6	6 – 11	SE OBSERVAN OLAS PEQUEÑAS CON CRESTAS DE APARIENCIA CRISTALINA QUE NO SE ROMPEN	SE MUEVEN LAS HOJAS DE LOS ARBOLES.
3	7-10	12 – 19	EL MAR PRESENTA OLAS LARGAS CON CRESTAS QUE EMPIEZAN A ROMPER, ADEMAS DE CRESTAS DE OLAS DISPERSAS CON ESPUMA	LAS COPAS DE LOS ARBOLES SE AGITAN Y LAS BANDERAS ONDULAN.
4	11-16	20 – 28	LAS OLAS PEQUEÑAS EMPIEZAN A ALARGARSE, Y SE OBSERVAN NUMEROSAS CRESTAS DE OLAS CON ESPUMA	ADEMAS DE QUE LAS COPAS DE LOS ARBOLES SE AGITAN, EL POLVO Y LOS PAPELES SE LEVANTAN.
5	17-21	29 – 38	SE FORMAN OLAS MODERADAS Y ALARGADAS. SE OBSERVAN MUCHAS CRESTAS DE OLAS CON ESPUMA Y DISPERSION DE GOTAS PEQUEÑAS DE AGUA.	SE OBSERVAN PEQUEÑOS MOVIMIENTOS EN LOS ARBOLES Y LA SUPERFICIE DE LOS LAGOS SE ONDULA.
6	22-27	39 – 49	COMIENZAN A FORMARSE OLAS GRANDES Y CRESTAS DE OLAS CON ESPUMA POR TODAS PARTES; ADEMAS DE QUE HAY UNA MAYOR DISPERSION DE GOTAS PEQUEÑAS DE AGUA, RESULTANDO PELIGROSA LA NAVEGACION PARA EMBARCACIONES MENORES	LAS RAMAS DE LOS ARBOLES SE MUEVEN Y RESULTA DIFICIL MANTENER ABIERTO UN PARAGUAS.
7	28-33	50 – 61	EL MAR SE AGITA Y SE DISPERSA ESPUMA BLANCA COMO RESULTADO DEL EFECTO DEL VIENTO Y DEL ROMPIMIENTO DE LAS OLAS, REDUCIENDOSE LA VISIBILIDAD.	LOS ARBOLES GRANDES SE MUEVEN Y ES DIFICIL CAMINAR CONTRA EL VIENTO.
8	34-40	62 – 74	SE OBSERVAN OLAS MODERADAMENTE ALTAS Y DE MAYOR LONGITUD, CUYOS BORDES DE SUS CRESTAS SE ROMPEN DENTRO DE UN REMOLINO; ADEMAS DE QUE LA ESPUMA SE MANTIENE EN SUSPENSION DE ACUERDO A LA DIRECCION DEL VIENTO.	LAS COPAS DE LOS ARBOLES SE QUIEBRAN, ADEMAS DE QUE LA CIRCULACION DE LAS PERSONAS SE DIFICULTA.
9	41-47	75 – 88	LA MAR EMPIEZA A RUGIR Y SE OBSERVAN OLAS ALTAS CON ESPESAS ESTELAS DE ESPUMA; DIFICULTANDOSE LA VISIBILIDAD POPR LA DISPERSION DE GOTAS PEQUEÑAS DE AGUA.	SE OBSERVAN DAÑOS EN LOS ARBOLES Y ES IMPOSIBLE CAMINAR CONTRA EL VIENTO.
10	48-55	89 – 102	LA MAR RUGE Y TOMA APARIENCIA BLANCA DEBIDO A LA ESPUMA QUE ES ARRASTRADA EN GRAN PROPORCION; FORMANDOSE OLAS MUY ALTAS CON CRESTAS SOBREPUESTAS EN FORMA DE PENACHO, MIENTRAS QUE AL ENROLLARSE PROVOCAN VISIBILIDAD REDUCIDA.	LOS ARBOLES SON ARRANCADOS Y LAS ESTRUCTURAS DE LAS CONSTRUCCIONES SUFREN DAÑOS.
11	56-63	103 – 117	SE FORMAN OLAS EXCEPCIONALMENTE ALTAS, PROVOCANDO EN EL MAR UNA APARIENCIA BLANCA QUE REDUCE LA VISIBILIDAD Y HACIENDOSE PELIGROSA LA NAVEGACION DE TAL MANERA QUE LOS BUQUES DE MEDIANO TONELAJE SE PIERDEN DE VISTA.	OCURREN DAÑOS SEVEROS EN LAS CONSTRUCCIONES, TEJADOS Y ARBOLES.
12	> 64	> 118	EL AIRE SE MEZCLA CON LA ESPUMA Y EL MAR ESTA COMPLETAMENTE BLANCO CON DISPERSION Y SUSPENSION DE PEQUEÑAS GOTAS DE AGUA; POR LO QUE LA VISIBILIDAD ES CASI NULA Y SE IMPOSIBILITA TODA NAVEGACION.	HAY DESTRUCCION TOTAL.

ANEXO N°2

Efectos de la carga lateral y del viento sobre la grúa y la carga

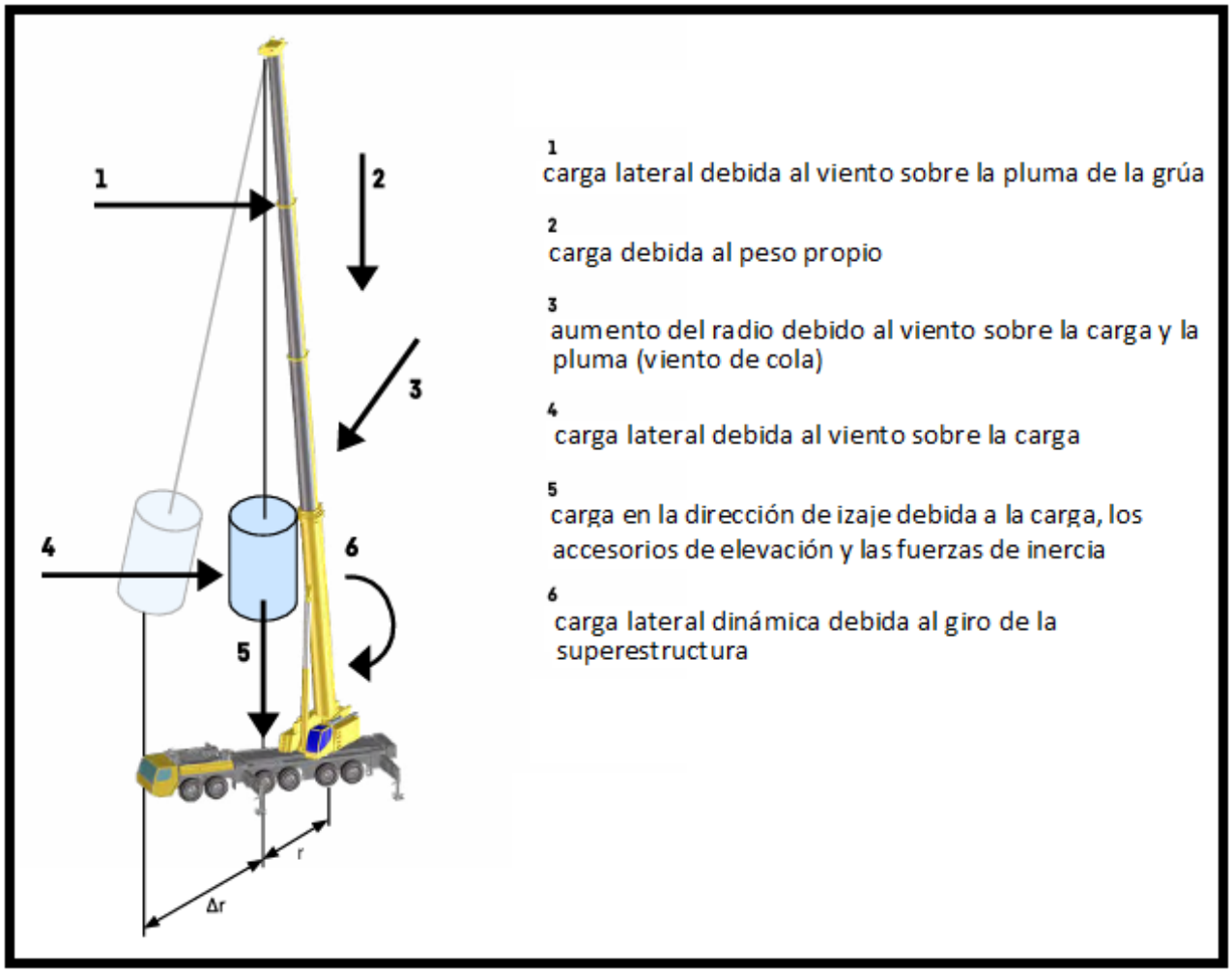


Imagen de https://assets-cdn.liebherr.com/versions/f4876369-8eb1-499e-a2e2-a95430bbe812/original/

ANEXO N°3

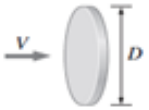
Coeficientes de resistencia de la carga según su forma

Cubo, $A = D^2$



$C_D = 1.05$

Disco circular delgado, $A = \pi D^2/4$



$C_D = 1.1$

Cono (para $\theta = 30°$), $A = \pi D^2/4$



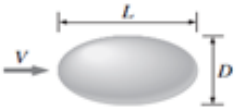
$C_D = 0.5$

Esfera, $A = \pi D^2/4$



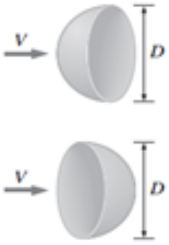
Laminar: $C_D = 0.5$
Turbulento: $C_D = 0.2$

Elipsoide, $A = \pi D^2/4$



	C_D	
L/D	Laminar	Turbulento
0.75	0.5	0.2
1	0.5	0.2
2	0.3	0.1
4	0.3	0.1
8	0.2	0.1

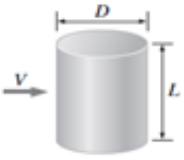
Hemisferio, $A = \pi D^2/4$



$C_D = 0.4$

$C_D = 1.2$

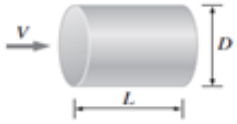
Cilindro corto, vertical, $A = LD$



L/D	C_D
1	0.6
2	0.7
5	0.8
10	0.9
40	1.0
∞	1.2

Los valores son para flujo laminar

Cilindro corto, horizontal, $A = \pi D^2/4$



L/D	C_D
0.5	1.1
1	0.9
2	0.9
4	0.9
8	1.0

ANEXO N°4

Permissible wind speed from the load chart book

4. 2. 2 Permissible wind speed from the load chart book

A calculated maximum permissible wind speed is given for every crane load chart in the **load chart book**. However, this is dependent on the length of the boom and the crane configuration. Standard values from EN 13000 have been used for the calculation (load reference value of 1.2 m² per ton).

If the **current wind speed** exceeds the **permissible wind speed** from the load chart then the crane operation must be halted and the boom set down if the permissible wind speed in accordance with the crane wind speed table is exceeded.

Example 1

	t	300.0	350.0	400.0	0.0	50.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0	400.0
	m	15.0	15.0	15.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	t	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0
	EST1	18x2	18x2	18x2	18x	11x2	14x2	15x2	17x2	18x2	18x2	18x2	18x2
	m/s	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0

Example 2



	t											
m	22.4	28.1	22.4	28.2	33.8	39.5	28.2	33.9	39.6	45.3	39.7	45.3
3.0												
3.5												
4.0												
4.5	116.5		122.5									
5.0	116.0		122.0									
6.0	115.2	87.4	121.1	111.0	102.0		91.2	108.9				
7.0	114.6	84.6	120.4	109.5	100.2		88.3	106.4	96.9		77.4	

Imagen de https://assets-cdn.liebherr.com/versions/f4876369-8eb1-499e-a2e2-a95430bbe812/original/