

Material de capacitación

Influencias del viento en la operación con grúas



LIEBHERR

Pie de imprenta:

4ª edición 2017

Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1

D-89582 Ehingen/Donau

www.liebherr.com

Schulungszentrum.LWE@liebherr.com

Todos los derechos reservados.



Cuando sopla el viento.

Donde trabajan personas se cometen errores. Precisamente en los trabajos con grúa, las condiciones del viento pueden representar un peligro potencial que no debe subestimarse. El operador de la grúa debe encargarse de que ésta no esté sometida a un viento que exceda los límites establecidos por el fabricante de grúas. Asimismo, deben adoptarse a tiempo las decisiones y medidas correctas para que la grúa no entre nunca en un estado inseguro debido al efecto del viento.

Si existe peligro, el operador de la grúa debe llevar a cabo las medidas establecidas por el contratista para cada caso. Por consiguiente, el conductor de la grúa decide in situ en caso de peligro si el viento es demasiado fuerte y si es necesario detener el trabajo. Por ello es importante recibir a tiempo la advertencia sobre la formación de una tormenta de duración prolongada sobre una gran superficie. Sin embargo, también son particularmente peligrosas las ráfagas huracanadas que se presentan localmente, como por ejemplo las que pueden aparecer asociadas a fuertes aguaceros y tormentas.

El presente material de capacitación tiene como objetivo informar tanto a conductores de grúa y planificadores de proyecto como a contratistas de grúas, y debe asimismo mostrar de forma ejemplar las diferentes opciones de acción en operaciones con grúa bajo la influencia del viento. Para empezar realizamos una introducción en los fundamentos de la carga de viento. A continuación mostramos cómo pueden determinarse cargas de viento y, finalmente, casos especiales de carga, como por ejemplo en el montaje de centrales de energía eólica. También le mostramos qué información es necesaria para ello.

Hemos concebido el presente material de modo que el lector pueda también aprender por sí mismo los temas más relevantes, dependiendo de sus conocimientos. Los ejemplos y planteamientos de problemas sirven como ejemplo ilustrativo y brindan la oportunidad de practicar. Además encontrará indicaciones y una valiosa ayuda para su trabajo diario con la grúa. El material de capacitación no pretende ser exhaustivo y no reemplaza las instrucciones de operación ni el libro de tablas de carga para la respectiva grúa Liebherr. Por nuestra parte solo podemos exhortar a que se actúe con precaución al trabajar con equipos grandes y aportar nuestra experiencia de más de 40 años como fabricante líder de grúas.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH



¿Cómo debe trabajarse con este documento?



Explicación de símbolos

Pregunta sobre la materia de estudio en la sección anterior. (Compare sus propias respuestas con la solución al final del documento)



Indicación/información importante sobre el tema actual.



Marca/indica una situación peligrosa correspondiente/respecto al tema actual.

Observaciones: Las columnas izquierda y derecha de cada página sirven para anotar observaciones propias sobre la materia de estudio. Esas notas propias deben servir, junto con las ya predefinidas, para la comprensión y la repetición.

Instrucciones de trabajo:

- En primer lugar lea con detenimiento el texto de un capítulo.
- Repita el contenido del respectivo capítulo con ayuda de las anotaciones al margen impresas y propias.
- Responda las preguntas hechas al final del capítulo (en lo posible sin consultar).
- Al final del documento encontrará las respuestas para las respectivas preguntas.
- Si continúa sin poder responder las preguntas sin consultar el texto, vuelva a estudiar el capítulo.
- A continuación pase a estudiar el capítulo siguiente.
- Compruebe al final del documento si alcanzó los objetivos de aprendizaje aquí mencionados.

Objetivos de aprendizaje:

Después de haber estudiado este documento, usted debe:

- conocer las diferentes influencias del viento en la operación de la grúa
- poder nombrar los términos especializados para el cálculo de la fuerza del viento
- poder calcular la carga de viento para un caso estándar de carga y para un caso especial de carga
- poder calcular la nueva velocidad de las ráfagas de viento máxima permitida



Índice de contenidos

1. Introducción y planteamiento de problema	7
1. 1 Influencia del viento sobre la grúa y la carga	8
1. 2 Ejercicios	11
2. Conocimientos básicos "Viento"	12
2. 1 Ráfagas de viento y aspereza	14
2. 2 Informaciones de viento y meteorológicas	17
2. 2. 1 Velocidad de las ráfagas de viento en función de la altura	18
2. 3 Ejercicios	19
3. Anexo – Diagrama de una central de energía eólica	20
4. Factores del cálculo de la fuerza del viento	22
4. 1 Consultar valores existentes	22
4. 1. 1 Peso de la carga (m_H).....	22
4. 1. 2 Superficie máxima de proyección (A_p)	22
4. 1. 3 Valor c_w	23
4. 1. 4 velocidad actual del viento (v_{act}).....	23
4. 2 Determinar o bien calcular valores no existentes.....	25
4. 2. 1 Superficie expuesta al viento (A_w)	25
4. 2. 2 Velocidad admisible del viento, del libro de tablas de carga	25
4. 2. 3 Presión dinámica (p)	26
4. 2. 4 Solicitación del viento (F_w).....	26
4. 3 Ejercicios	26
5. Determinación de la velocidad admisible del viento	27
5. 1 Método (1): Diagrama de fuerza del viento	27
5. 1. 1 Ejemplo para la determinación de la velocidad máxima admisible del viento para un caso especial de carga	28
5. 1. 2 Ejemplo para la determinación de la velocidad máxima admisible del viento para un caso estándar de carga.....	28
5. 2 Método (2): Fórmula.....	33
5. 2. 1 Ejemplo para el cálculo de la velocidad máxima admisible del viento para un caso estándar de carga.....	33
5. 2. 2 Ejemplo para el cálculo de la velocidad máxima admisible del viento para un caso especial de carga.....	33
5. 3 Ejercicios	34



Influencias del viento en la operación con grúas

6. Efectos del viento con la „grúa fuera de servicio“	36
6. 1 Procedimiento en caso de interrupción del trabajo con la grúa	37
6. 2 Aplicación de las tablas de viento	38
6. 2. 1 Ejemplo de grúas telescópicas:.....	38
6. 2. 2 Ejemplo de grúas con mástil en celosía:.....	41
7. Observación final	44
8. Anexo	45
8. 1 Grúas Liebherr en la energía eólica	45
8. 1. 1 Grúas móviles actuales (2016).....	45
8. 1. 2 Grúas telescópicas actuales sobre orugas (2016).....	47
8. 1. 3 Grúas actuales sobre orugas (2016).....	47
8. 1. 4 Grúas de mástil en celosía actuales (2016).....	50
8. 2 Soluciones de los ejercicios	51

Definición de términos

N	Newton (unidad para la fuerza)
C_w	Coefficiente de la resistencia del viento (coeficiente de la resistencia de la corriente)
A_p	Superficie de proyección de un cuerpo (m ²)
A_w	Superficie de ataque del viento (m ²)
v_{max}	Velocidad máxima permitida de ráfaga de viento en 3 segundos (m/s) en la máxima altura de elevación.
v_{max_TAB}	Velocidad máxima permitida de ráfaga de viento en 3 segundos (m/s) en la máxima altura de elevación indicados en la tabla de carga para los valores de carga.
v_{act}	Velocidad del viento según medición actual (m/s).
$v(z)$	Valor medio calculado en el intervalo de 3 segundos de la velocidad del viento en una altura z desde el suelo (m/s).
p	Presión dinámica (presión sobre un cuerpo causado por el flujo del viento en N/m ²).
F_w	Carga del viento (fuerza sobre un cuerpo por el flujo del viento)
m_H	Carga de elevación (t) (incluyendo elementos de aprehensión, pasteca y posiblemente parte del cable de elevación). La carga de elevación puede llegar solo al máximo del valor indicado en la tabla de cargas.



Toda descripción de la velocidad del viento incluida en este documento se refiere siempre a la velocidad de las ráfagas de viento, ya que esta siempre es superior a la velocidad normal del viento. En consecuencia, al efectuar el cálculo siempre debe emplearse como base la velocidad de las ráfagas de viento.



1. Introducción y planteamiento de problema

Con frecuencia, el viento y las ráfagas que se presenta constituyen un factor que se subestima en accidentes con una grúa móvil o sobre orugas. Al levantar cargas con grandes superficies expuestas al viento, como p. ej. aspas de rotores o rotores completos de centrales de energía eólica (WKA), ocurre que los valores estándar especificados en la EN 13000 (compárese con Anexo 7.3) y que son la base para el cálculo de la grúa, se exceden ostensiblemente.

Tales valores estándar son por ejemplo el así llamado **coeficiente de resistencia al viento** (c_w) o el valor para el cálculo de la así llamada **superficie de proyección** de una carga. Ambos valores juntos dan finalmente información sobre la verdadera **superficie expuesta al viento** ofrecida por una carga. Así, en el caso de cargas de gran superficie (casos especiales de carga), la velocidad del viento indicada en las tablas de carga puede no ser válida para el trabajo con la grúa. Para ese caso especial de carga debe determinarse una nueva velocidad del viento que en comparación sea menor que la velocidad de viento permitida originalmente.

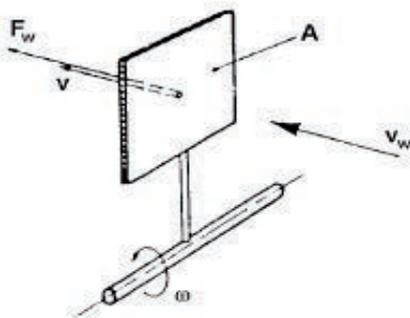


Imagen 1: Principio de resistencia

¿Qué papel juega el viento en el sobrepaso de estos valores estándar?

Al impactar sobre una superficie, el viento produce sobre esa superficie una fuerza (**fuerza de resistencia**) que actúa en la dirección del mismo.



Imagen 2: Principio de sustentación

En un ala o en un rotor actúa adicionalmente la así llamada **fuerza ascensional**. La superficie/ longitud sobre el lado superior de un ala es más grande que la del lado inferior. Por ello, el aire sobre el lado superior debe moverse más rápidamente que en el lado inferior. De esto resultan una presión negativa sobre el lado superior y una sobrepresión sobre el lado inferior. Debido a la fuerza ascensional producida de este modo, el ala es presionada hacia arriba.

La fuerza del viento actúa por tanto sobre una carga. Esto puede tener efecto de carga o de descarga. El disparador para ello es el así llamado **principio de resistencia** y el **principio de sustentación**.

Influencia del viento sobre la carga

Principio de resistencia

Principio de sustentación



1. 1 Influencia del viento sobre la grúa y la carga

De manera similar esto también es válido para la grúa:



Imagen 3: Viento por delante y por detrás



Imagen 4: Viento lateral



¡Peligro de accidente!

El viento por delante no reduce la carga sobre el gancho, el cable de elevación, las poleas del cable de elevación y el cabrestante, dado que la carga continúa actuando con su peso (compárese con el cap. 4.1.1). ¡En el caso de viento por delante, esos subgrupos pueden sobrecargarse por elevación de carga hasta la desconexión por limitación de momento de carga (LMB)! ¡Mediante la descarga del viento por delante, puede sobrecargarse toda la grúa con el atirantado del brazo extensible si previamente se la ha cargado hasta la desconexión de LMB! **¡Por ello, el conductor de la grúa debe conocer el peso de la carga y no debe sobrepasar la carga máxima!**

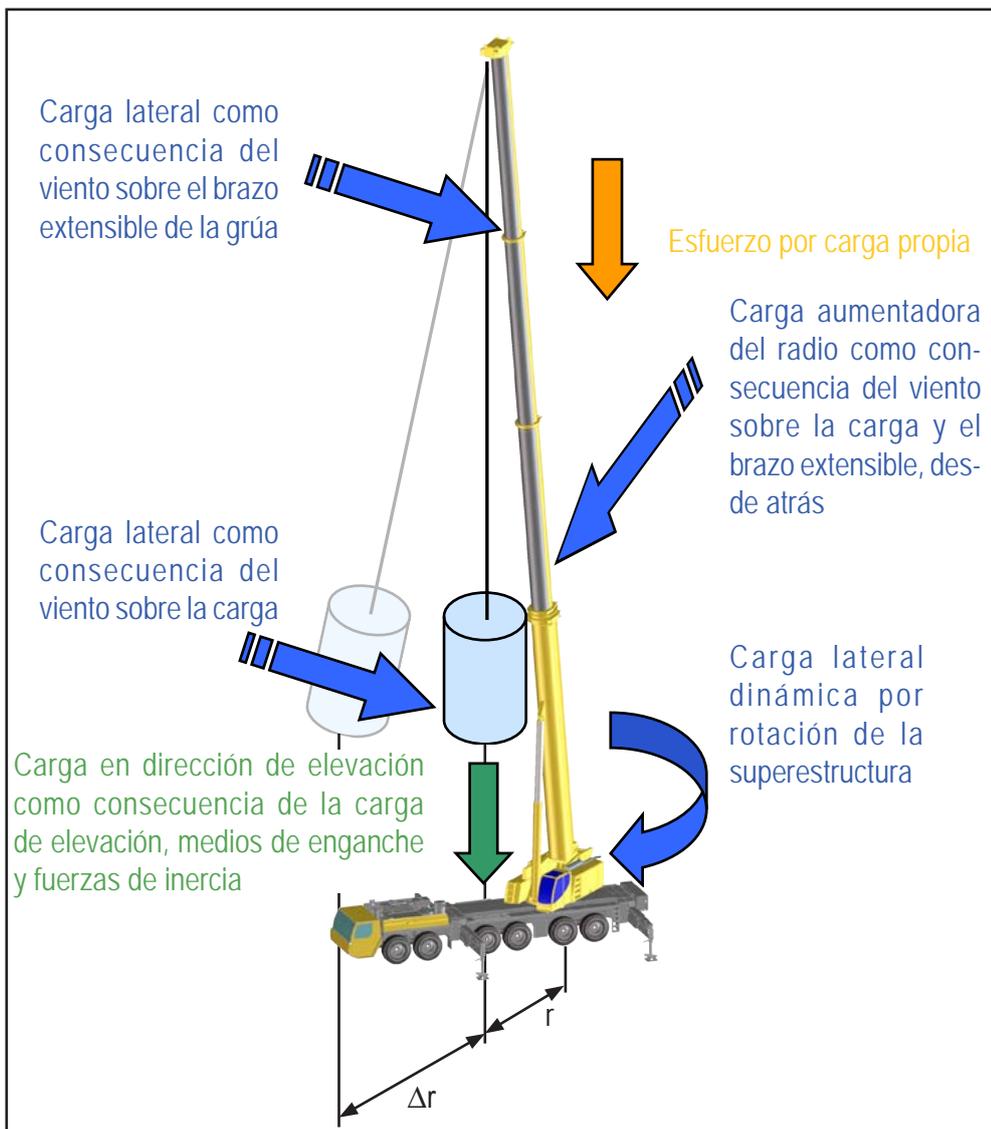


Influencias del viento en la operación con grúas

El viento de costado incidente en el brazo extensible de la grúa y en la carga es particularmente peligroso. El LMB no lo registra. Ello puede causar una sobrecarga de la grúa.

La sollicitación adicional causada por el viento de costado no es indicada por la limitación del momento de carga (LMB).

Viento lateral



Posibles cargas sobre la grúa

r = radio
 Δr = radio aumentado por la influencia del viento

Influencia del viento sobre la carga

Imagen 5: Cargas que pueden actuar sobre la grúa

Si incide viento sobre la carga, ésta se desvía en la dirección del viento. Ello supone que la fuerza de la carga ya no actúa verticalmente hacia abajo en el brazo extensible. La carga puede moverse alejándose (aumentando el radio) de la grúa, dependiendo ello de la fuerza del viento y de la superficie expuesta al viento.



Sumario sobre peligros debido al viento



	Viento por delante	Viento por detrás	Viento lateral
Brazo extensible	En el caso de viento por delante, el sistema de brazo extensible se descarga. La indicación de carga es demasiado baja. La desconexión LMB tiene lugar primeramente con una carga mayor que la carga máxima admisible.	En el caso de viento por detrás, el sistema de brazo extensible se carga adicionalmente. La indicación de carga es demasiado alta. El corte / La desconexión LMB se realiza con una carga inferior a la máxima carga permitida según la tabla de carga.	En el caso de viento lateral, el sistema de brazo extensible se carga lateralmente. La indicación de carga es casi igual que en el caso de "operación con grúa sin viento". La LMB no toma en consideración ningún viento de costado.
Carga	La forma y el peso propio de la carga juegan un papel importante en las influencias del viento. El viento hace oscilar la carga, por lo cual vibra el brazo extensible de la grúa. Debido a esta vibración (dinámica) del brazo extensible aumenta la sollicitación de la grúa. En el margen límite puede ocurrir que la desconexión LMB se conecte y desconecte permanentemente. En el caso de cargas especiales, como p. ej. con un rotor, el viento puede actuar reduciendo la carga debido a la forma constructiva del mismo.		

Factores imprevisibles

Una excelente técnica y calidad de las grúas, una dilatada experiencia profesional, una buena formación de los/las operadores/as de grúa y una ingeniería profesional de aplicación previa a los trabajos con grúa reducen considerablemente el riesgo de un accidente laboral. Sin embargo: los factores como p. ej. ráfagas de viento que se presentan abruptamente, son difíciles de calcular y para nada calculables previamente de forma exacta. Los conceptos de superficie expuesta al viento y superficie de proyección para el viento, valor c_w , ráfagas de viento, velocidad de viento, carga de viento o clases de aspereza se explican a continuación.

¿Qué significa esto para el trabajo con la grúa en el caso de viento?

Recalculo de la velocidad máxima permitida del viento

Durante la planificación de la operación se debe, especialmente en caso de cargas con un superficie de proyección y/o valores- c_w grandes, reducir la velocidad del viento máximo indicado en la tabla de cargas.

La persona encargada del trabajo con la grúa debe poseer conocimientos básicos en el campo de las influencias del viento en las operaciones con la misma. Asimismo, esta persona debería poder recalculer la reducción necesaria de las velocidades de viento admisibles en casos especiales de carga con cargas de gran superficie.

La máxima velocidad permitida del viento (v_{max}) y la velocidad máxima permitida del viento según la tabla de cargas (v_{max_TAB}) se refiere siempre a la velocidad de la ráfaga del viento durante 3 segundos que existe en la altura máxima de la elevación



1. 2 Ejercicios

Ejercicio 1

¿Qué tipos de vientos pueden actuar sobre el brazo extensible? (posibilidad de múltiples respuestas)

- Carga de viento
- Evaporación
- Viento por delante
- Energía de viento
- Viento por detrás
- Viento lateral



Ejercicio 2

¿Qué tipos de vientos tiene qué efectos sobre el LMB?

(Respuesta)

El corte / La desconexión LMB se realiza con una carga inferior a la máxima carga permitida según la tabla de carga.

(Respuesta)

La desconexión se produce cuando hay una carga mayor que la carga máxima admisible.

(Respuesta)

No se produce ninguna desconexión LMB.

Ejercicio 3

¿Qué efecto tiene el viento sobre la carga en la grúa? (posibilidad de múltiples respuestas)

- ninguna
- la carga puede oscilar
- la carga gira en el cable
- el radio de la carga se puede aumentar



¿Cómo se forma el viento?

2. Conocimientos básicos "Viento"

En este capítulo adquirirá los conocimientos básicos sobre la formación del viento y recibirá explicaciones iniciales sobre terminología especializada específica sobre vientos.

El viento es aire en movimiento. El movimiento se produce como corriente de compensación, como consecuencia de diferentes temperaturas del aire y de las diferencias de presión que resultan de ello entre áreas de alta y baja presión.

La fuerza que mueve los vientos es la radiación solar. Impacta con el suelo y su capa de aire con diferente intensidad: vertical en el ecuador y en los polos solo como rasante de luz. La tierra y las masas de aire en el ecuador se calientan, el aire se hace más ligero y asciende. Calor sobre los trópicos, frío en la región polar: Esto no puede quedar así, la naturaleza busca la compensación. Así el aire caliente fluye -en el borde superior de la troposfera - hacia donde es más frío.

En su camino hacia el norte, el aire pierde tanto calor que aumenta de peso y desciende frío al suelo. Así se establece un circuito: en la atmósfera superior, el aire caliente empuja hacia la región polar. En el suelo, el aire frío fluye volviendo a los trópicos, como aspirado por una aspiradora. El transporte de aire desde el ecuador nunca llega al polo: la rotación de la Tierra lo desvía muy lejos, hacia el lateral. También hace rotar las áreas de alta y baja presión.

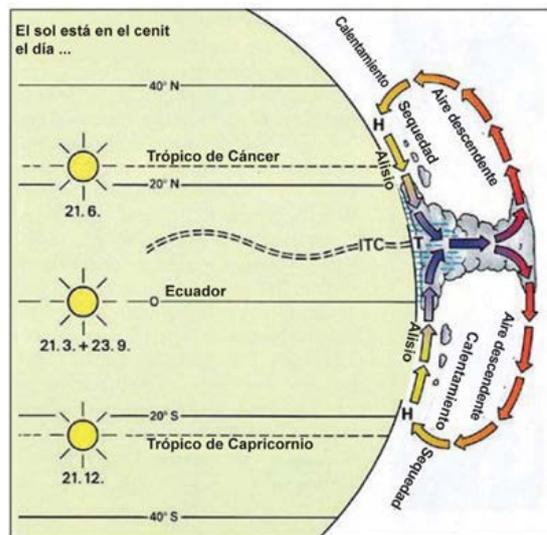


Imagen 6: La formación del viento

La mayor velocidad de viento registrada hasta ahora en Alemania fue de 335 km/h. Se la registró el 12 de junio de 1985 en la montaña Zugspitze. Numéricamente era análoga al valor Beaufort 23,1.

Beaufort (bft) es una unidad "arbitraria". Expresa el efecto que se siente debido al viento. Pero Beaufort (bft) está relacionado directamente con la velocidad de viento físicamente medible. El siguiente diagrama muestra la dependencia de la velocidad del viento y las fuerzas del mismo.

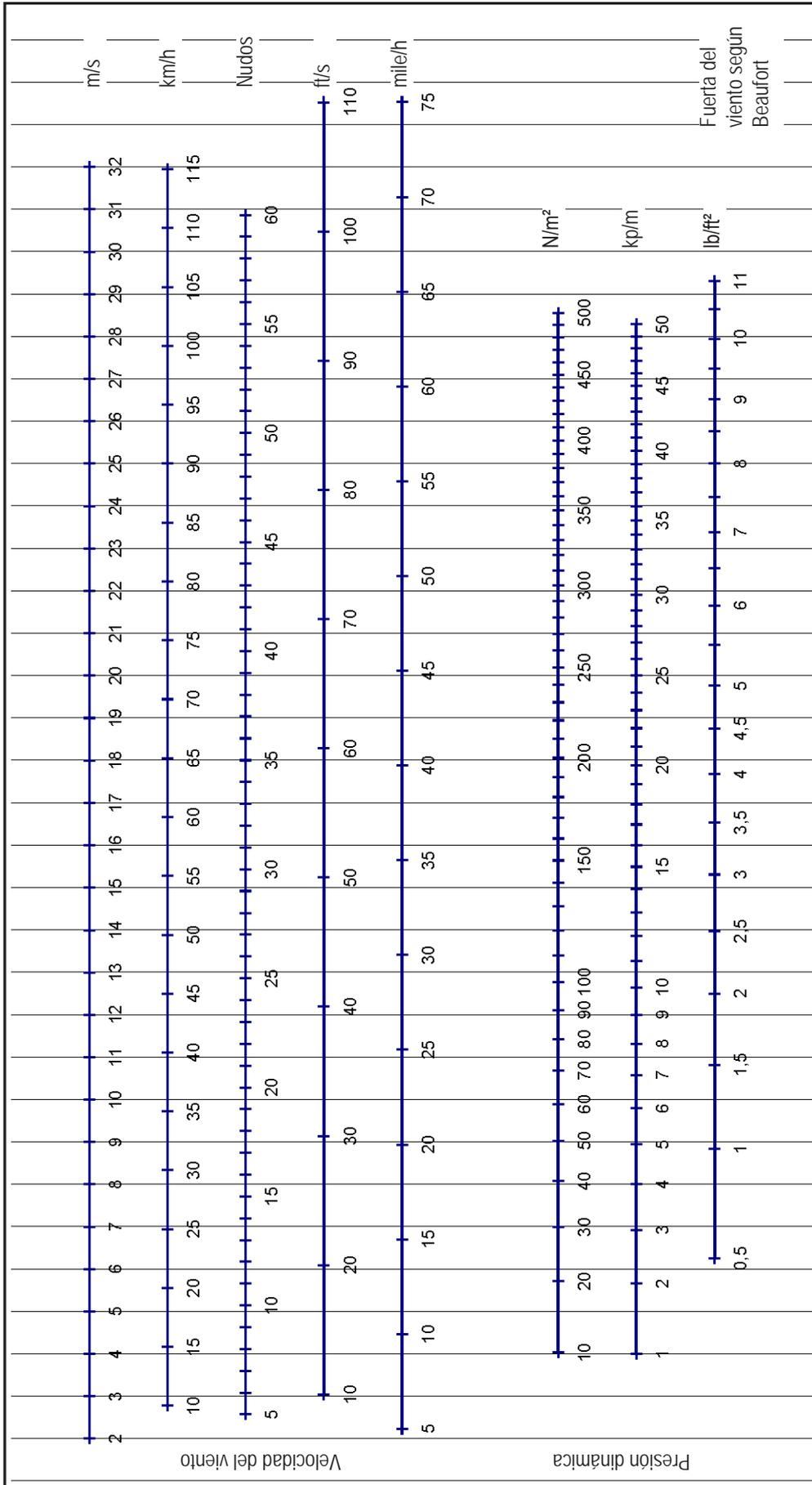


Imagen 7: Comparación fuerza y velocidad del viento

Diagrama de fuerza del viento



¿Qué es una ráfaga de viento?

2. 1 Ráfagas de viento y aspereza

Como **ráfaga** se denomina un golpe de viento fuerte que se activa en el marco de un viento o de un sistema de tormenta. Una y otra vez, las personas se sorprenden cuando en el informe meteorológico se habla, por ejemplo, de un viento de 33 km/h, porque se tiene la impresión de que el viento es mucho más fuerte.

En realidad, en el caso de la ráfaga se trata de un **golpe de viento** que se presenta de forma más intensa, independientemente de la velocidad promedio del viento. Así, una ráfaga de viento puede alcanzar 60 km/h o más, en tanto que el valor promedio se encuentra notablemente por debajo.

Las ráfagas de viento pueden ser por ello **muy peligrosas**, porque comienzan espontáneamente y no duran mucho. La duración no es el problema, sino el comienzo espontáneo de un movimiento mucho más intenso de aire de lo que permite esperar el viento restante. De este modo, las ráfagas de viento no sólo pueden ocasionar situaciones peligrosas en el tránsito callejero.



Imagen 8: Autobús volcado por una ráfaga de viento

Definición de una ráfaga de viento según EN 13000

La velocidad de ráfaga de una ráfaga de viento es el valor promedio de la velocidad del viento, la cual se mide en un intervalo de **3 segundos**. La velocidad de ráfaga es superior a la velocidad promedio del viento, la cual se determina a lo largo de un intervalo de 10 minutos.



Imagen 9: Diagrama para la determinación de ráfagas de viento

Existen condiciones externas que pueden aumentar o disminuir la velocidad de las ráfagas de viento:

- edificios
- cañadas y valles angostos
- superficies de agua lisas
- altura sobre el suelo



Influencias del viento en la operación con grúas

Muy por encima del suelo, a aprox. 1 km de altura, el viento ya casi no se ve influenciado por la estructura superficial de la Tierra. En las capas inferiores de aire de la atmósfera se reducen las velocidades por efecto de la fricción con el suelo. Se diferencia entre la **aspereza** del terreno, la influencia de obstáculos y la influencia de contornos de edificios, lo cual se denomina también "orografía" del terreno.

La velocidad del viento se frena tanto más, cuanto más pronunciada sea la aspereza del suelo. Por supuesto, los bosques y las grandes ciudades frenan el viento considerablemente, mientras que las pistas de despegue hormigonadas de los aeropuertos lo reducen sólo de forma insignificante. Las superficies de agua son aún más lisas. Por ello tienen una influencia más reducida sobre el viento, en tanto que el pasto alto, los arbustos y los matorrales frenan el viento de forma considerable.

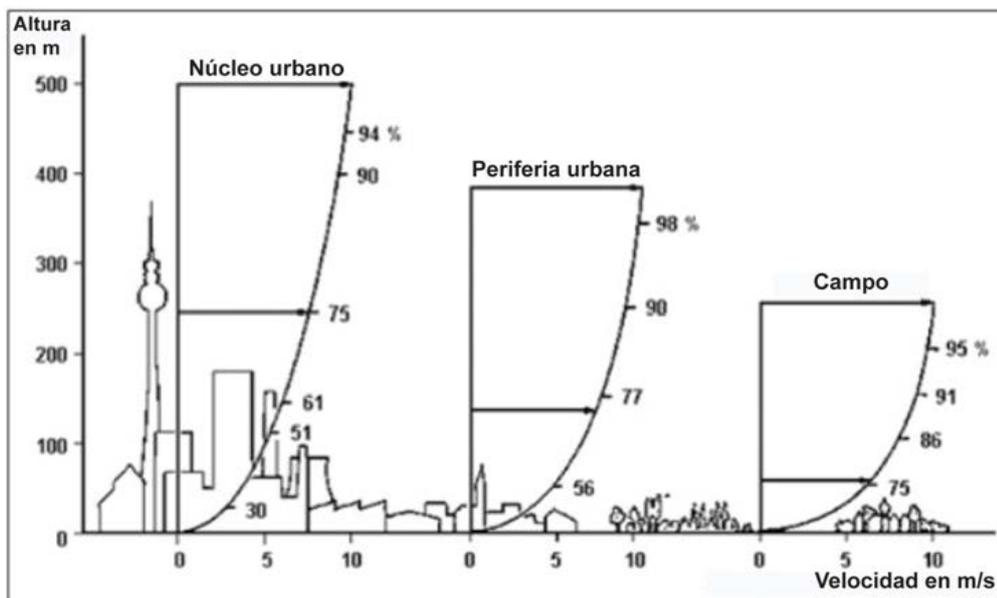


Imagen 10: Diagrama para las diferentes clases de aspereza

En la industria eólica, los técnicos remiten frecuentemente a clases de aspereza cuando se trata de la valoración de las condiciones del viento de un paisaje. Una elevada clase de aspereza de 3 a 4 se refiere a un paisaje con muchos árboles y edificios, en tanto que una superficie de mar está en la clase de aspereza 0. Las pistas de despegue hormigonadas en aeropuertos están en la clase de aspereza 0,5.

Comportamiento del viento a alturas elevadas

Velocidad del viento con diferentes clases de aspereza



Resumen de las clases de aspereza

Clase de aspereza	Tipos de superficies de terreno
0	Superficies de agua
0,5	Área abierta, superficies lisas (p. ej., pistas de aterrizaje).
1	Área abierta sin cercas ni vallados, eventualmente con edificios distribuidos de forma dispersa y colinas muy suaves.
1,5	Área con algunas casas y vallados de 8 m de altura distanciados en más de 1 km.
2	Área con algunas casas y vallados de 8 m de altura distanciados en aprox. 500 m.
2,5	Área con muchas casas, arbustos y plantas, o vallados de 8 m de altura distanciados en aprox. 250 m.
3	Pueblos, ciudades pequeñas, áreas con numerosos o altos vallados, bosques y terreno muy áspero e irregular.
3,5	Ciudades más grandes con edificios altos.
4	Ciudades grandes con edificios muy altos.

Tabla 1: Clases de aspereza



El fenómeno "efecto tobera"

En ciudades con edificios altos, la aspereza es de 4 (compárese con la tabla 2). Por ello, allí se tiene la impresión de que el viento no es tan fuerte. Sin embargo, en ciudades grandes con edificios altos también hay cañones urbanos grandes. El aire se comprime en el lado de viento de las casas y su velocidad se incrementa considerablemente mientras sopla a través del cañón urbano. Este fenómeno se denomina "**efecto tobera**". Si la velocidad normal del viento en un área abierta es, p. ej., de 6 m/s, en un túnel natural puede alcanzar 9 m/s.



Influencias del viento en la operación con grúas

2. 2 Informaciones de viento y meteorológicas

En la operación de la grúa y especialmente al levantar cargas de gran superficie es indispensable prestar atención a las influencias del viento.

El conductor de la grúa debe informarse antes de iniciar los trabajos de la previsión local de la velocidad del viento máxima esperada dada por **la agencia de meteorología competente**. Si se esperan velocidades del viento no permitidas, estará prohibido levantar la carga o izar la grúa.



Usted también podrá encontrar datos meteorológicos actuales a través de **internet** (p. ej. www.windfinder.com, en la pestaña "Super Forecast"). **Sin embargo, tenga en cuenta en esto que la velocidad de ráfaga está referida a una altura de 10 metros sobre el suelo, como en el ejemplo.**

Cambio de la unidad de [m/s] a [knt]

Lugar

Indicación de la fuerza de viento o ráfaga de viento en [m/s] o [knt]

Fecha

Windrichtung	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h
Windstärke (m/s)	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	2
Windböen (m/s)	5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2

Valores de viento de internet

Imagen 11: Captura de pantalla de la página www.windfinder.com

Si no se puede depositar la grúa en el lugar de uso durante la interrupción del trabajo, durante todo el período de uso deben inquirirse las velocidades del viento producidas. Las velocidades del viento alcanzadas no deben superar las velocidades de viento permitidas y que constan en las tablas de viento.





Velocidad del viento en función de la altura

2. 2. 1 Velocidad de las ráfagas de viento en función de la altura

El servicio meteorológico suele proporcionar la velocidad del viento determinada a lo largo de 10 minutos y/o la correspondiente velocidad de las ráfagas de viento referida habitualmente a una altura de 10 m. Dependiendo de cuál de las dos informaciones esté disponible, para la determinación de la velocidad de las ráfagas de viento en función de la altura hay que tomar en consideración otros factores. Estos constan en la tabla siguiente.

Si las velocidades de las ráfagas de viento proporcionadas por el servicio meteorológico son valores a una altura de 10 m, para el cálculo de la velocidad de las ráfagas de viento a la altura de trabajo correspondiente hay que tomar en consideración los factores en la columna marcada en azul.

No obstante, si solo se dispone de los valores de la velocidad del viento determinada a lo largo de 10 minutos, hay que emplear la columna marcada en amarillo. Mediante estos factores se puede calcular la velocidad de las ráfagas de viento a la altura de trabajo disponible.

Altura de trabajo	Factores para una velocidad del viento disponible determinada a lo largo de 10 minutos a una altura de 10 m	Factores para una velocidad de las ráfagas de viento disponible a una altura de 10 m
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tabla 2: Factores para la determinación de la velocidad de las ráfagas de viento en función de la altura en base a la velocidad del viento/velocidad de ráfaga a una altura de 10 m

Ejemplo
 $6,2 \text{ m/s} \times 1,272 = 7,89 \text{ m/s}$

Por ejemplo, usted obtiene del servicio meteorológico una velocidad de las ráfagas de viento de $6,2 \text{ m/s}$ a 10 metros sobre el suelo.

Por ejemplo, tiene una altura de trabajo máx. de 100 metros. En base al cálculo (véase a la izquierda), la velocidad de las ráfagas de viento a una altura de 100 m es de $7,89 \text{ m/s}$. Para una velocidad de las ráfagas de viento máxima admisible de 9 m/s de acuerdo con la tabla de cargas se puede efectuar el izado de la carga.



2. 3 Ejercicios

Ejercicio 4

Determine a partir de la tabla 1: Clases de aspereza; qué aspereza existe en las dos imágenes mostradas abajo.

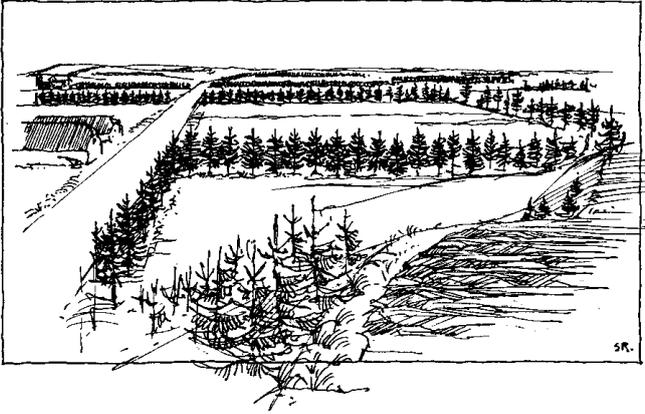


Imagen 12: ¡Determine la clase de aspereza!

Respuesta:

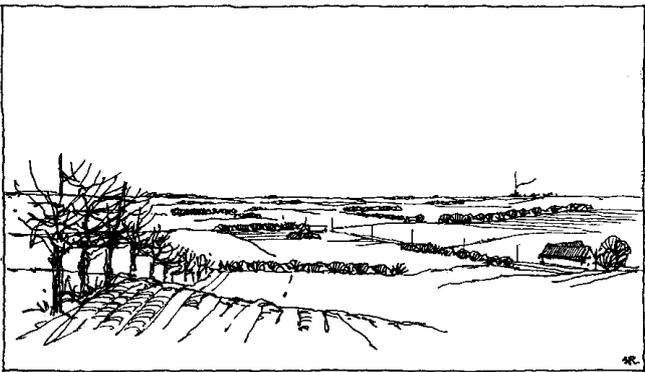


Imagen 13: ¡Determine la clase de aspereza!

Respuesta:

Ejercicio 5

¿Qué se entiende por "ráfaga de viento" según EN 13000?

- viento débil debido a una diferencia de presión de aire
- golpe de viento violento de corta duración
- golpe de viento violento mayor que la velocidad promedio del viento durante un intervalo de 3 segundos

Ejercicio 6

Determine con ayuda del „diagrama 11“ (página 17) y la „Tabla 2“ (página 18) qué velocidad de las ráfagas de viento domina en el aeropuerto de Hamburgo el 9 de julio a las 15 horas a una altura de 140 metros.

Respuesta:



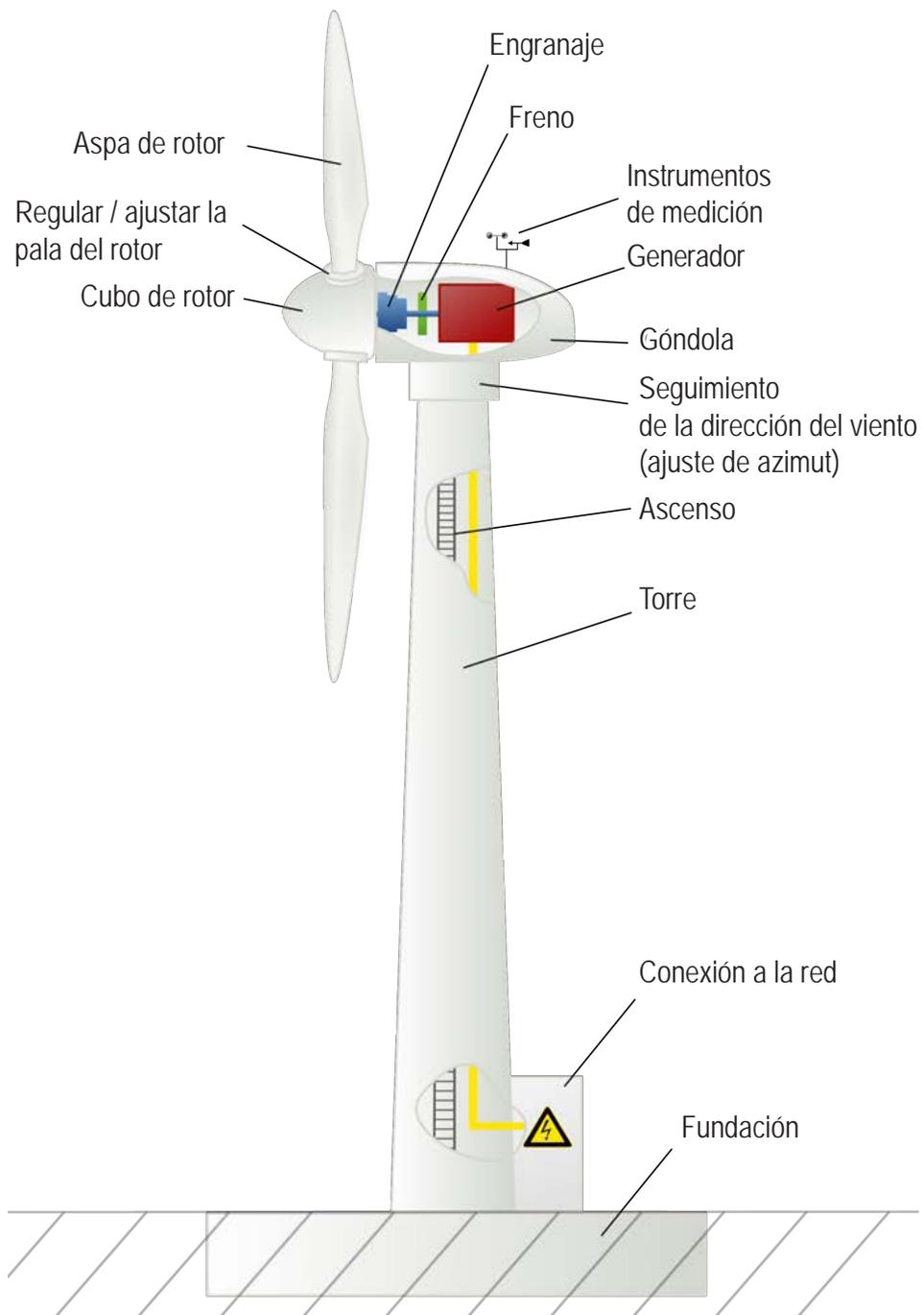


3. Anexo – Diagrama de una central de energía eólica

En este capítulo conocerá la disposición esquemática de una central de energía eólica. También le mostraremos cómo se comportan las velocidades de viento en diferentes altitudes.

El aprovechamiento de la energía eólica se conoce desde hace siglos, y se impulsa el desarrollo de **centrales de energía eólica** cada vez más potentes. La altura de las torres sobre las que los equipos operan aumenta cada vez más. Los nuevos equipos son de unas dimensiones impresionantes. A una altura de cubo de hasta 135 metros el rotor gira con un diámetro de 126 metros. En comparación: la envergadura del Airbus A380 es de apenas 80 metros.

Componentes de una central de energía eólica





Influencias del viento en la operación con grúas

Si se construyen centrales de energía eólica individuales o parques eólicos completos, esto sucede generalmente allí donde el viento sopla con más fuerza. Cada metro que pueden internarse más alto en la atmósfera implica un mejor rendimiento. Al considerar la **subdivisión vertical de la atmósfera** sólo su capa inferior es apropiada para un aprovechamiento de la energía eólica. Esto tiene que ver con la estructura de las capas de aire cercanas a la Tierra. A medida que aumenta la altura, la aspereza del terreno tiene menos influencia sobre la velocidad del viento. Por ello, el viento sopla más uniformemente a grandes alturas y esencialmente está afectado por menos turbulencias. Esta realidad es de gran ayuda para los fabricantes de centrales de energía eólica.

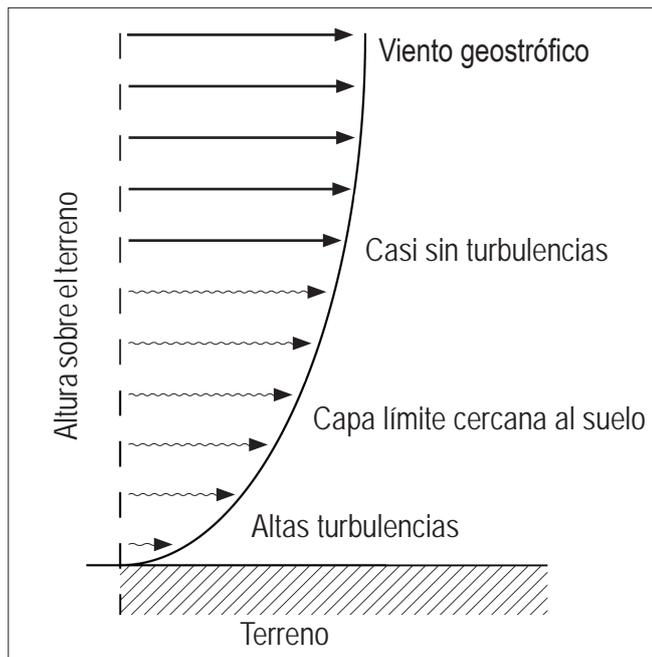


Imagen 14: Turbulencias en diferentes altitudes

Otro hecho indica que la velocidad del viento decrece cuanto más se acerca uno al suelo. Si se mira un equipo con una altura de cubo de 40 metros y un diámetro de rotor de 40 metros, se soplará contra la punta de una aspa de rotor con p. ej. 9,3 m/s cuando la misma se encuentre en la **posición más alta**. La velocidad del viento en la **posición más baja** en el aspa del rotor es de sólo 7,7 m/s. Esto significa que las fuerzas sobre el aspa de rotor (carga de cojinetes) en la posición más alta son mucho mayores que en la más baja.

Estructuras
de capas de aire

Dónde se
producen qué
turbulencias



4. Factores del cálculo de la fuerza del viento

En este capítulo aprenderá la terminología especializada y los fundamentos de cálculo que son necesarios para el cálculo de influencias de viento en la operación con grúa. También aprenderá a leer de un diagrama la velocidad admisible del viento.

Los siguientes factores son de importancia central en el cálculo de las cargas del viento:

- peso de la carga
- superficie máxima de proyección
- valor c_w
- velocidad máxima del viento
- superficie expuesta al viento
- presión dinámica

4. 1 Consultar valores existentes

Debe consultar los siguientes valores antes de realizar los trabajos con grúa:

- el **peso de la carga de elevación** (m_H) (compárese con el cap. 4.1.1)
- la **superficie máxima de proyección** (A_p) de la carga, (compárese con el cap. 4.1.2)
- el **coeficiente de resistencia** (valor c_w), (compárese con el cap. 4.1.3)
- la **velocidad de viento actual** (v_{act}) (compárese con el cap. 4.1.4)

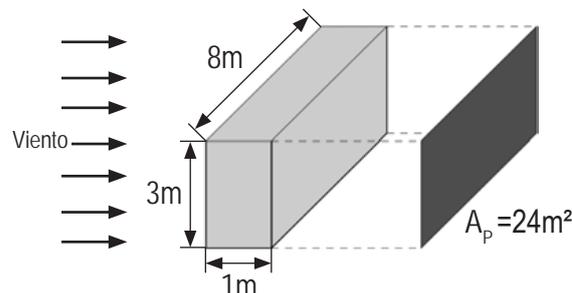
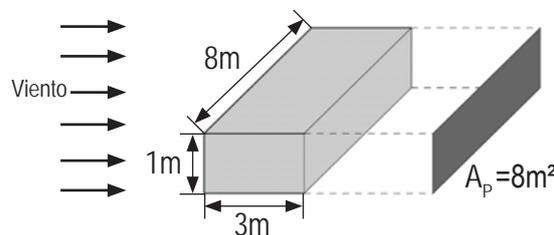
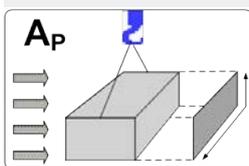
4. 1. 1 Peso de la carga (m_H)

El peso de la carga de elevación a elevar (carga más gancho) se mide en kilogramos (kg) o toneladas (t). El conductor de la grúa puede leer el peso de la carga en el albarán o bien directamente en la carga, o lo puede consultar con el fabricante. Una carga, de la cual se desconoce el peso, el valor c_w y la superficie de proyección, no debe levantarse.

Definición Peso de la carga de elevación

4. 1. 2 Superficie máxima de proyección (A_p)

Si un cuerpo se ilumina con una fuente de luz, éste proyecta una sombra. Esta sombra es la **superficie de proyección** A_p del cuerpo. Si en lugar de iluminar el cuerpo con luz lo azota el viento, se forma la misma sombra (superficie de proyección). Según la dirección del viento, la sombra puede ser más grande o más pequeña. Obtendrá del fabricante de la carga la superficie máxima de proyección.



Basándose en el ejemplo que está a la izquierda se desea aclarar que un objeto puede tener diferentes superficies de proyección. Por ello debe asumirse siempre la superficie máxima de proyección de una carga o de un cuerpo.

Cuanto más grande es la superficie de proyección, más grande es la superficie expuesta al viento.



Influencias del viento en la operación con grúas

4. 1. 3 Valor c_w

Si el aire sopla contra un cuerpo o fluye alrededor del mismo, esto causa que el aire se frene. El cuerpo constituye un obstáculo para el aire (resistencia al flujo). Dependiendo de la forma del cuerpo, varía la resistencia al flujo. Para describir la forma del cuerpo se define el **coeficiente de resistencia**.

El coeficiente de resistencia (valor c_w) de un cuerpo indica cuán grande es para el aire el obstáculo que causa el cuerpo. Obtendrá el valor c_w del fabricante de la carga.

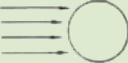
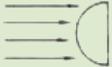
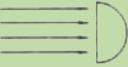
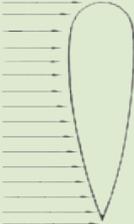
Cuerpo	Coeficiente de resistencia c_w
Placa/paralelepípedo 	1,1 a 2,0
Cilindro 	0,6 a 1,0
Esfera 	0,3 a 0,4
Semiesfera (delante) 	0,2 a 0,3
Semiesfera (detrás) 	0,8 a 1,2
Rotor de una central de energía eólica 	aprox. 1,6

Tabla 3: Valores c_w de cuerpos usuales

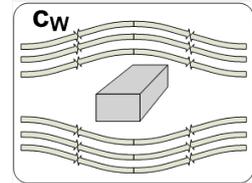
4. 1. 4 velocidad actual del viento (v_{act})

La **velocidad actual del viento** se indica en [m/s] o [km/h]. Antes de iniciar el trabajo, debe consultar en la oficina meteorológica competente (p. ej. www.wetterfinder.com) la velocidad del viento esperada. ¡Si cabe esperar velocidades de viento inadmisibles, la carga no debe levantarse!

También puede efectuar la lectura de la velocidad actual del viento con ayuda del **transmisor de viento** en el sistema de ordenador LICCON.

El valor actual del anemómetro de la grúa no debe usarse como fundamento de cálculo único para el izado de la carga. Antes de iniciar el izado de la carga debe consultarse siempre al servicio meteorológico competente o en Internet la velocidad prevista/actual de las ráfagas de viento o del viento para el período de tiempo durante el cual se realizará el izado de la carga.

Definición Coeficiente de resistencia



¿De dónde obtengo la velocidad actual del viento?





Transmisor de viento (anemómetro)

En una grúa se pueden acoplar hasta **dos anemómetros**. La advertencia por viento se realiza en el diagrama de servicio del sistema de ordenador LICCON. Si el valor actual de la velocidad del viento supera el valor máximo indicado, el símbolo „Advertencia por viento“ se pone intermitente y suena la alarma acústica >>BOCINA CORTA<<. Sin embargo, no se produce ninguna desconexión de los movimientos de la grúa. Hay que finalizar lo antes posible el izado de la carga y, en su caso, hay que depositar la pluma. En este caso hay que observar las velocidades del viento permitidas de la tabla del viento o de la tabla de izado y depositado.

El **valor superior** en el símbolo "Advertencia de viento" del cuadro de operación indica el valor del transmisor de viento en la punta fija.

El **valor inferior** en el símbolo "Advertencia de viento" del cuadro de operación indica el valor del transmisor de viento en el brazo extensible principal.

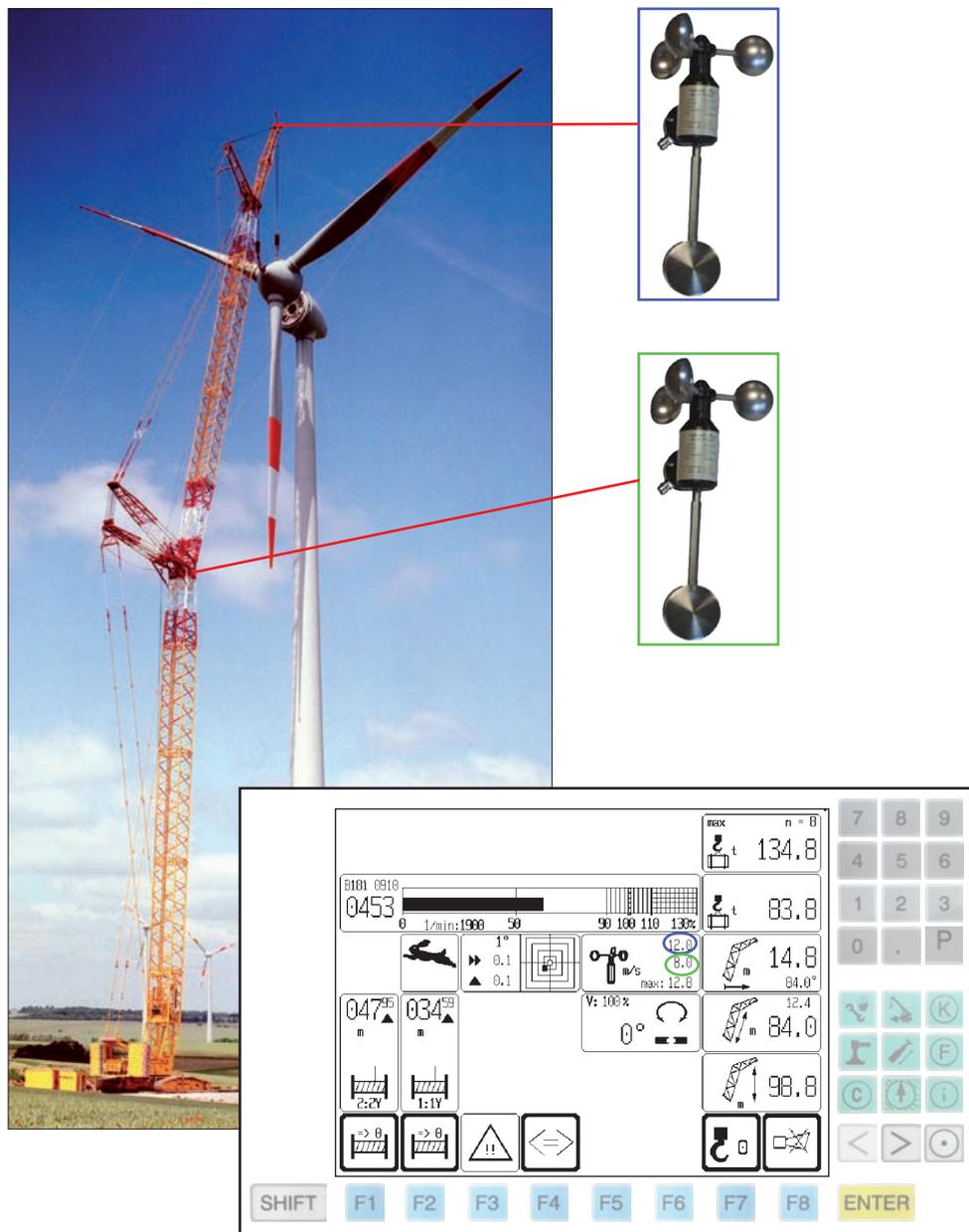


Imagen 15: Posición de montaje de los transmisores de viento y cuadro de operación LICOON



Definición Presión dinámica

4. 2. 3 Presión dinámica (p)

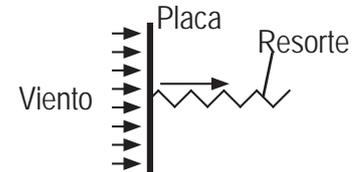
Si el aire impacta contra una placa soportada por resorte (véase el gráfico a la derecha), ésta se rodea con aire. Una parte del aire se acumula sobre la superficie de la placa. Esta acumulación tiene como consecuencia un aumento de presión que aprieta la placa contra el resorte. Esta presión se llama **presión dinámica**.

Si la velocidad del viento (v) aumenta al doblo, la presión dinámica aumenta al cuádruple.

Densidad del aire:
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Fórmula Presión dinámica (p):

$$p = F_w : A_w \quad \text{o} \quad p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$$



Definición Fuerza

4. 2. 4 Solicitación del viento (F_w)

Para impeler una rueda eólica se necesita viento fuerte. Esto es que la **presión dinámica** del viento debe ser tan grande que el rotor comience a girar. Cuanto más grande sea la superficie del rotor expuesta al viento, más pequeña debe ser la presión dinámica del viento para impelerlo.

Fórmula Solicitación del viento (F_w):

$$F_w = A_w \cdot p$$

4. 3 Ejercicios



Ejercicio 7

Debe reemplazar con su grúa un vidrio de ventana en una fachada de vidrio. El vidrio de ventana tiene una superficie de proyección de 2,6 m² y un valor c_w de 1,2. Calcule la superficie expuesta al viento.

Respuesta:

$$A_w = \quad \text{m}^2$$

Ejercicio 8 (¡Complete los espacios en el texto!)

Si la velocidad del viento excede la velocidad del viento de la tabla de carga, la operación con grúa debe y el brazo extensible debe en el caso de que se la velocidad admisible del viento según la tabla de viento de la grúa.

Ejercicio 9

Determine a partir del „diagrama 16“ (página 25) qué velocidad del viento permitida es admisible con una configuración de tramos telescópicos de 92-/46+/46+/46+/0.

Respuesta:



5. Determinación de la velocidad admisible del viento

Con las siguientes posibilidades puede determinarse la velocidad máxima admisible del viento:

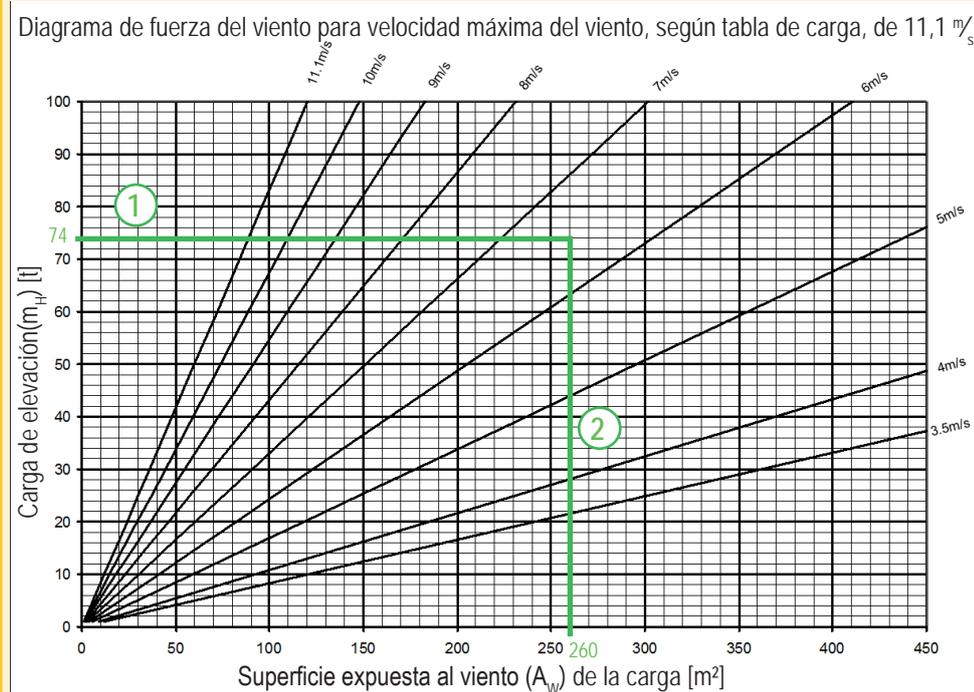
- Método (1): Diagrama de fuerza del viento (compárese con el cap. 5.1)
- Método (2): Fórmula (compárese con el cap. 5.2)
- Método (3): La determinación de la velocidad máxima permitida del viento de las tablas de carga antiguas (diagrama 1 y 2) no se debe utilizar más.

5. 1 Método (1): Diagrama de fuerza del viento

Este modelo para calcular la velocidad del viento permitido es parte del libro de tabla de cargas. En este capítulo les queremos informar sobre este método.

Si la **superficie expuesta al viento** de la carga es **mayor que 1,2 m² por t de carga**, entonces las velocidades del viento máximas admisibles de la tabla de cargas ya **no** son útiles.

Compare en ese caso la velocidad máxima admisible del viento de la tabla de carga con la velocidad del viento en el **diagrama de fuerza del viento**. Estos dos valores deben coincidir, dado que de lo contrario usted estará leyendo una velocidad de viento incorrecta en el diagrama de fuerza del viento. En este caso, ello puede ocasionar un accidente.



Para determinar la velocidad del viento máxima admisible con ayuda de un diagrama de la fuerza del viento, primero hay que marcar en horizontal la carga a izar m_H (carga + medio de retención) (véase la línea 1).

En el siguiente paso hay que marcar en vertical la superficie expuesta al viento A_W (superficie de proyección x valor c_w) (véase la línea 2).

En el punto de intersección puede leerse la velocidad del viento máxima permitida.



Ejemplo 1

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \text{ m}^2/\text{t}$$



5. 1. 1 Ejemplo para la determinación de la velocidad máxima admisible del viento para un caso especial de carga

La carga a elevar pesa 65 t, tiene un valor c_w de 1,4 y, con una superficie de proyección de 200 m², una superficie expuesta al viento de 280 m². Si la superficie expuesta al viento se divide por la carga se obtiene un valor de 4,31 m² por t. Este valor excede la superficie máxima, que está expuesta al viento, de la carga de 1,2 m² por t. Para la configuración de equipamiento requerida es admisible una velocidad máxima del viento 11,1 m/s según la tabla de carga.

En base al diagrama de fuerza del viento 11,1 m/s (véase la figura 22, página 32) debe determinarse ahora la velocidad máxima admisible del viento.

La velocidad máxima admisible del viento para la carga es 5,9 m/s.

La velocidad del viento máxima permitida determinada de 5,9 m/s no se acepta en el sistema informático LICCON. Si se supera la velocidad del viento máxima permitida determinada de 5,9 m/s no se produce ninguna advertencia. Por estos motivos el mismo gruista debe observar los valores de la velocidad del viento indicado por el sistema LICCON. Si se alcanza la velocidad del viento máxima permitida determinada, éste deberá cancelar el izado de la carga.

5. 1. 2 Ejemplo para la determinación de la velocidad máxima admisible del viento para un caso estándar de carga

Ejemplo 2

Superficie expuesta al viento:
 $1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$

Una carga pesa 85 t, tiene un valor c_w de 1,2 y una superficie de proyección de 50 m². Con un valor c_w de 1,2 y una superficie de proyección de 50 m² resulta una superficie expuesta al viento de 60 m². Si la superficie expuesta al viento se divide por la carga, se obtiene un valor de 0,71 m² por t. La tabla de carga tiene en este ejemplo una velocidad máxima del viento de 9 m/s. Por este motivo debe utilizarse el diagrama de fuerza del viento con 9 m/s.

Esto significa que la carga puede levantarse hasta una velocidad máxima del viento de 9 m/s, como se indica en la tabla de carga.

Ejercicio 10

Para determinar la velocidad del viento máxima permitida, anote los valores del ejemplo 5.1.1 en el respectivo diagrama de la fuerza del viento en las páginas siguientes.

Ejercicio 11

Para determinar la velocidad del viento máxima permitida, anote los valores del ejemplo 5.1.2 en el respectivo diagrama de la fuerza del viento en las páginas siguientes.

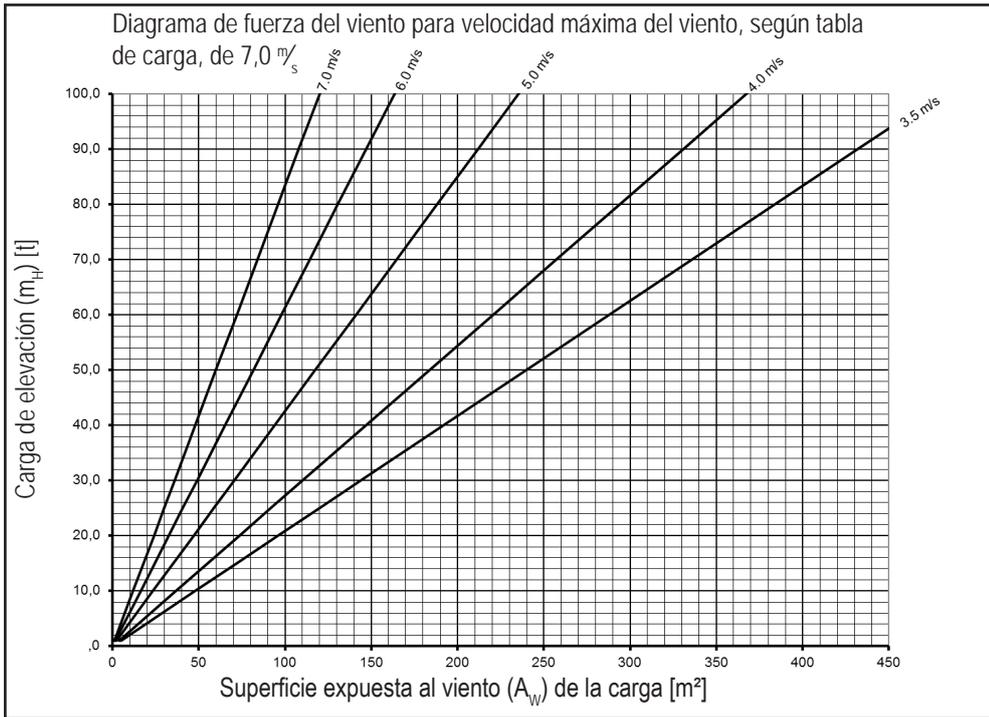


Diagrama de fuerza de viento 7,0 m/s

Imagen 17: Diagrama de fuerza del viento 7,0 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 7,0 m/s)

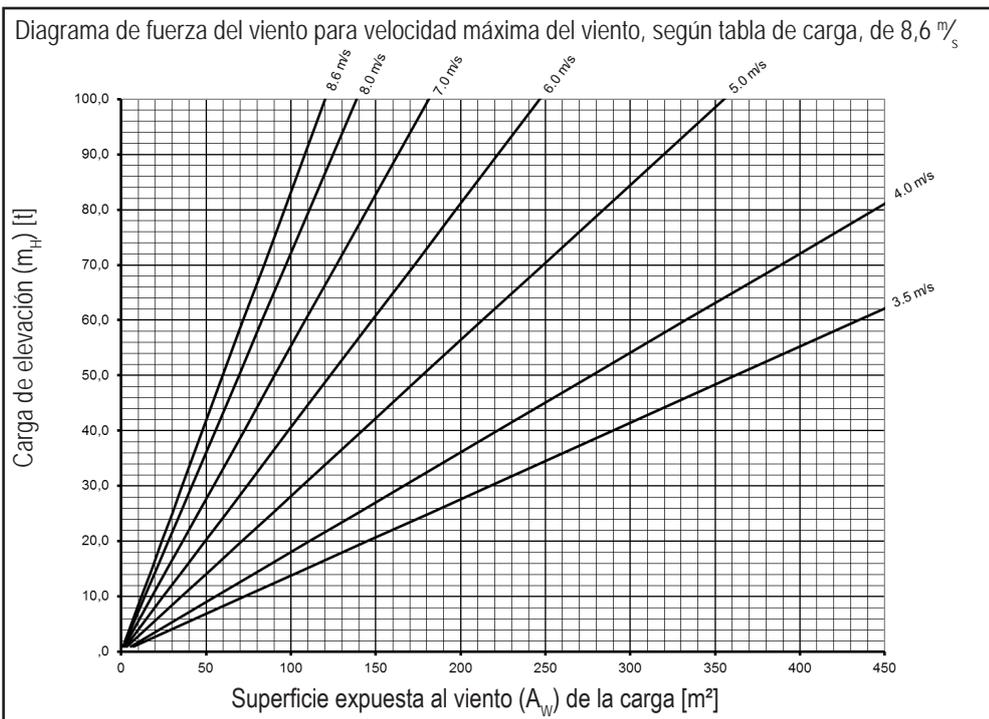


Diagrama de fuerza de viento 8,6 m/s

Imagen 18: Diagrama de fuerza del viento 8,6 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 8,6 m/s)



Diagrama de fuerza del viento
9,0 m/s

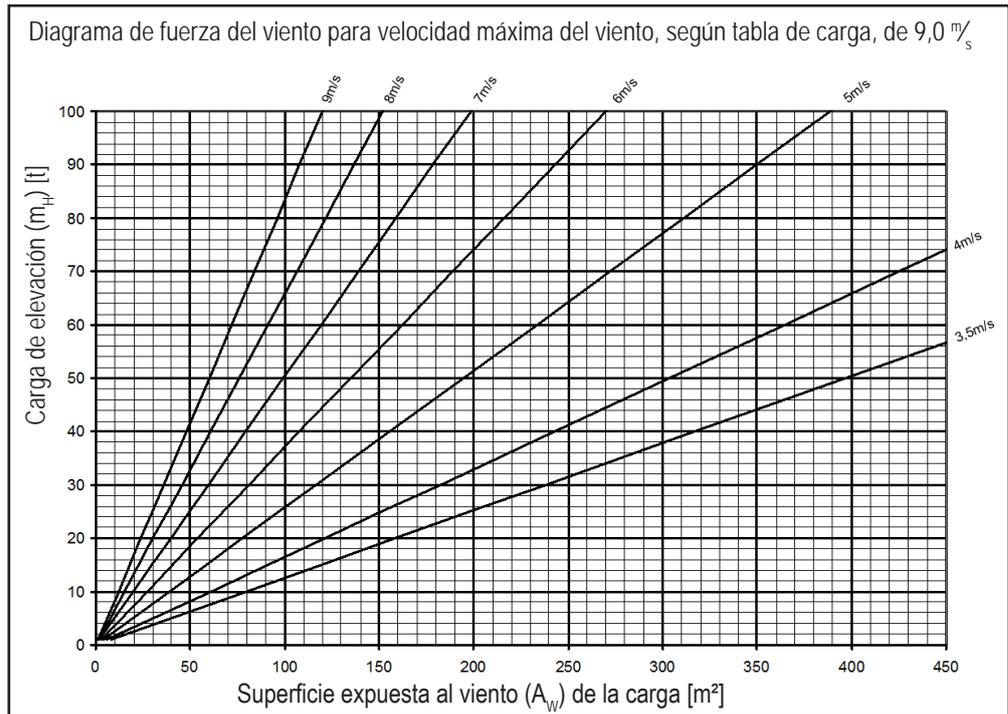


Imagen 19: Diagrama de fuerza del viento 9,0 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 9,0 m/s)

Diagrama de fuerza del viento
9,9 m/s

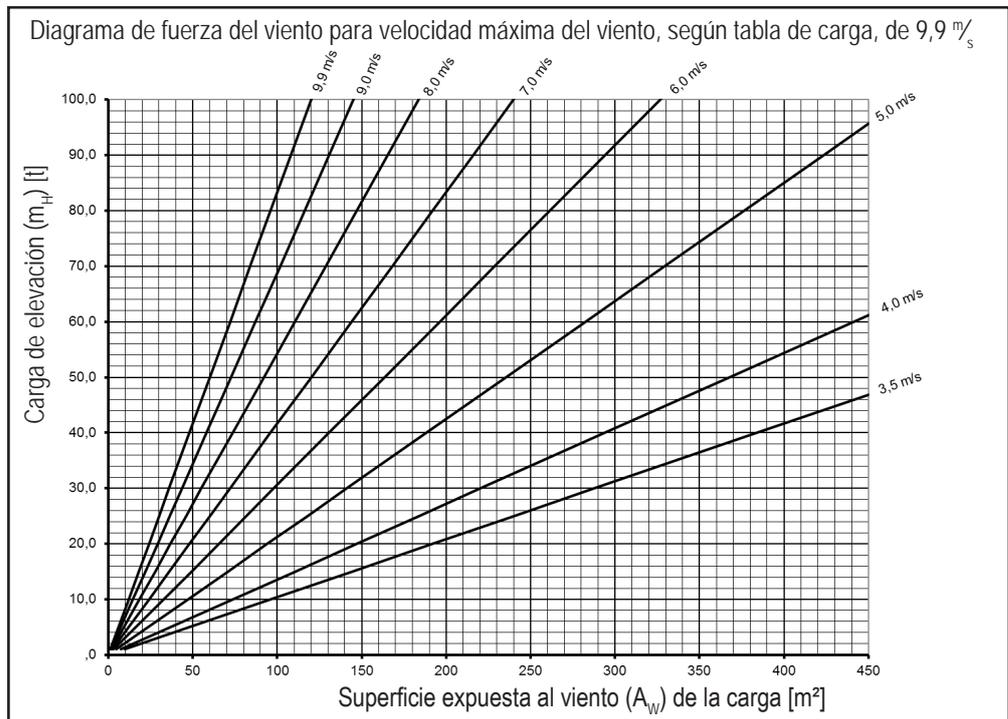


Imagen 20: Diagrama de fuerza del viento 9,9 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 9,9 m/s)

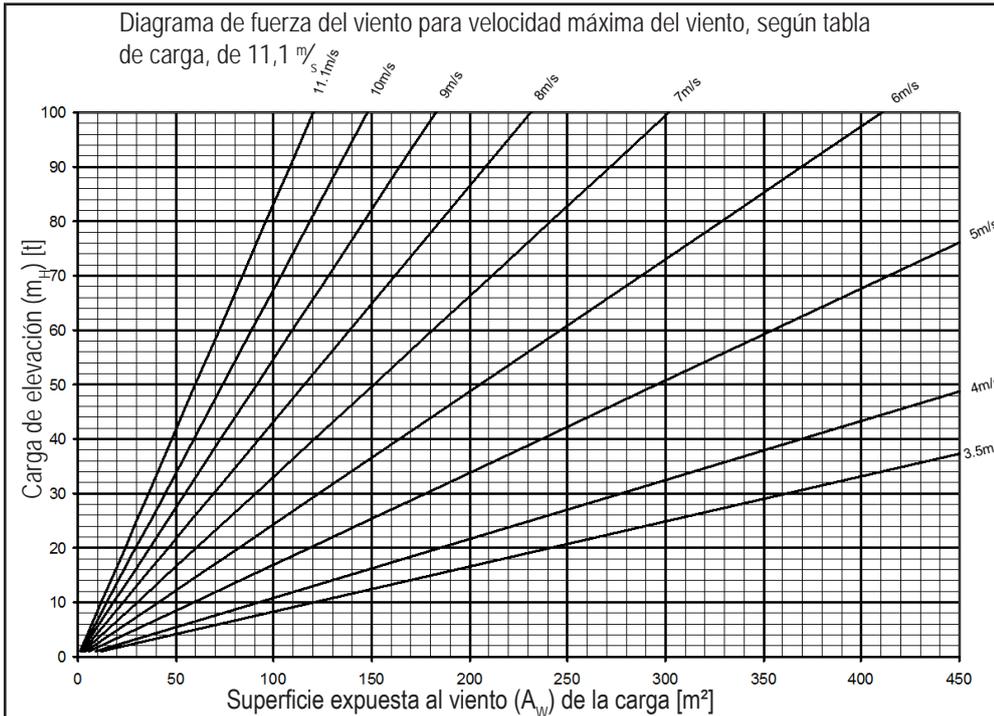


Diagrama de fuerza de viento 11,1 m/s

Imagen 21: Diagrama de fuerza del viento 11,1 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 11,1 m/s)

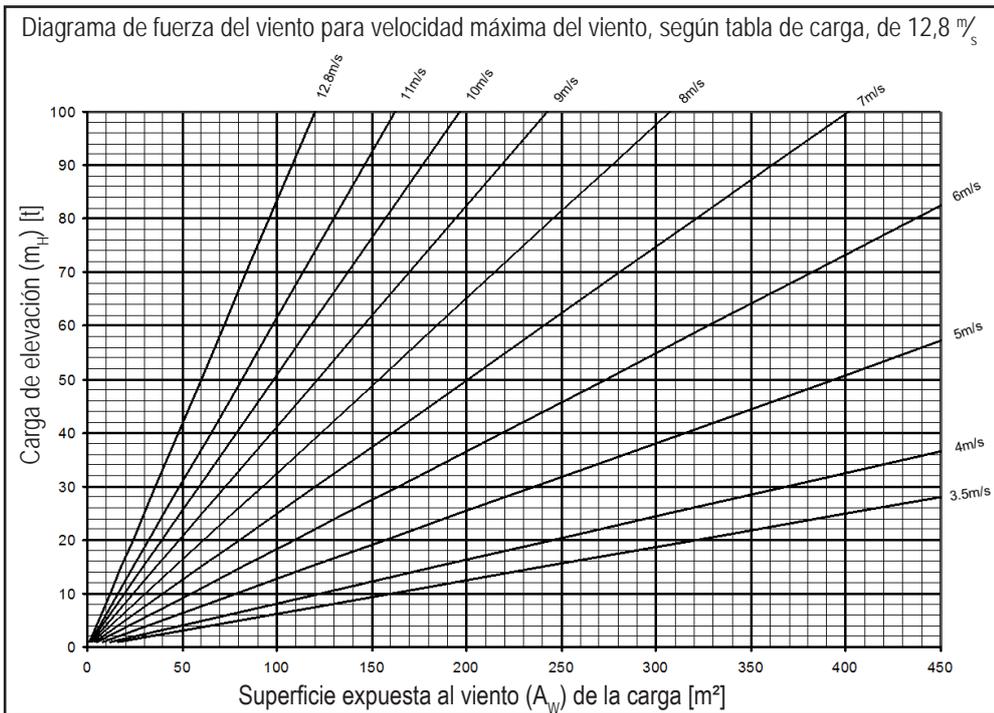


Diagrama de fuerza del viento 12,8 m/s

Imagen 22: Diagrama de fuerza del viento 12,8 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 12,8 m/s)



Diagrama de fuerza del viento del viento 14,3 m/s

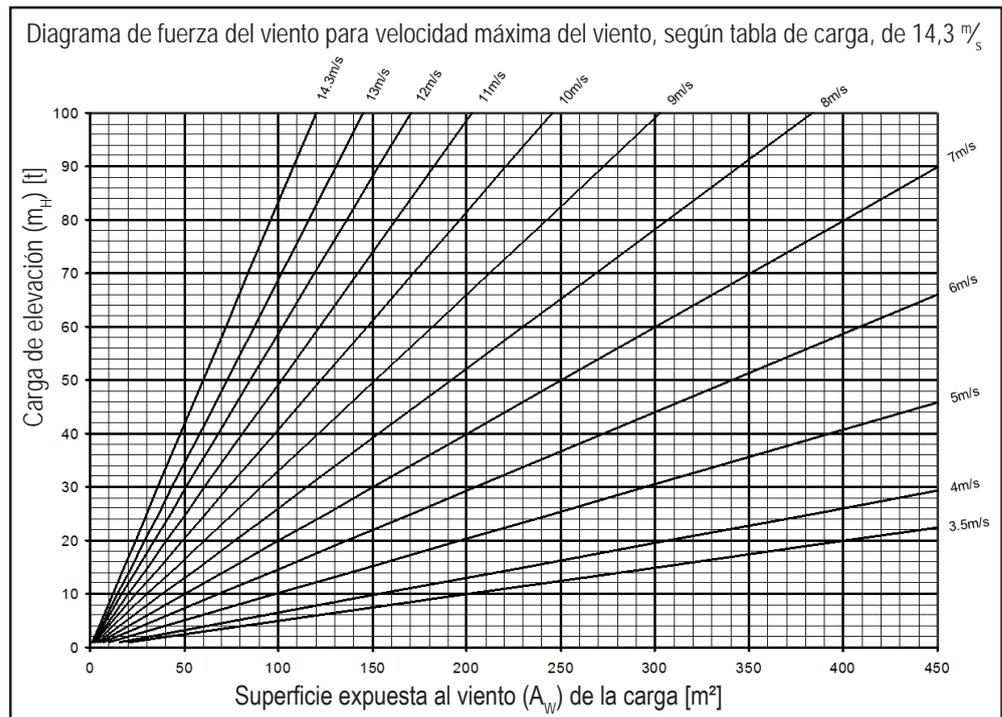


Imagen 23: Diagrama de fuerza del viento 14,3 m/s (sólo válido para tablas con velocidad máxima del viento de 14,3 m/s)



Influencias del viento en la operación con grúas

5. 2 Método (2): Fórmula

La velocidad admisible del viento puede calcularse con una única fórmula. Para ello deben determinarse previamente los siguientes datos:

- la carga de elevación (m_H) (incl. medios de enganche, garrucha de gancho y eventual porción del cable de elevación)
- la superficie expuesta al viento (A_W)
- la velocidad máxima del viento según la tabla de carga

Fórmula para el cálculo de la velocidad admisible del viento:

$$V_{\max} = V_{\max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

El valor $1,2 \frac{m^2}{t}$ dentro de la raíz corresponde a una constante según la norma EN 13000 y no al valor c_W . Este valor no debe modificarse.

5. 2. 1 Ejemplo para el cálculo de la velocidad máxima admisible del viento para un caso especial de carga

La carga a elevar pesa **65 t**, tiene un valor c_W de **1,4** y, con una superficie de proyección de **200 m²**, una superficie expuesta al viento de **280 m²**. Para la configuración de equipamiento requerida es admisible una velocidad máxima del viento de $11,1 \frac{m}{s}$ según la tabla de carga.

$$V_{\max} = 11,1 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 65 t}{280 m^2}}$$

$$V_{\max} = 5,86 \frac{m}{s}$$

La velocidad del viento de la tabla de carga se reduce de $11,1 \frac{m}{s}$ a $5,86 \frac{m}{s}$. Está permitido levantar la carga hasta una velocidad máxima del viento de $5,86 \frac{m}{s}$.

La velocidad del viento máxima permitida determinada de $5,86 \frac{m}{s}$ no se acepta en el sistema informático LICCON. Si se supera la velocidad del viento máxima permitida determinada de $5,86 \frac{m}{s}$ no se produce ninguna advertencia. Por estos motivos el mismo gruista debe observar los valores de la velocidad del viento indicado por el sistema LICCON. Si se alcanza la velocidad del viento máxima permitida determinada, éste deberá cancelar el izado de la carga.

Ejemplo 1

Superficie expuesta al viento:
 $1,4 \cdot 200 m^2 =$
280 m²



5. 2. 2 Ejemplo para el cálculo de la velocidad máxima admisible del viento para un caso estándar de carga

Una carga pesa **85 t**, tiene un valor c_W de **1,2** y una superficie de proyección de **50 m²**. Con un valor c_W de 1,2 y una superficie de proyección de $50 m^2$ resulta una superficie expuesta al viento de $60 m^2$. La tabla de carga tiene en este ejemplo una velocidad máxima del viento de $9 \frac{m}{s}$.

$$V_{\max} = 9 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 85 t}{60 m^2}}$$

$$V_{\max} = 11,73 \frac{m}{s}$$

Si el resultado de v_{\max} es mayor que v_{\max_TAB} , la carga puede elevarse hasta la velocidad máxima del viento indicada de la tabla de carga, en este caso $9 \frac{m}{s}$.

Ejemplo 2

Superficie expuesta al viento:
 $1,2 \cdot 50 m^2 =$
60 m²





5. 3 Ejercicios

Ejercicio 12

Con un LTM 1150-6.1 (CÓDIGO 0050), debe levantar a 21 m de altura y con un alcance de brazo extensible de 6 m una carga de 47 t con una superficie expuesta al viento de 235 m². La grúa está apoyada con una base de soporte de 9,30 m x 8,30 m. El contrapeso es de 46,8 t.

Determine la teleconfiguración correcta a partir del extracto del libro de tablas de carga (véase abajo). Averigüe también la velocidad admisible del viento para esa elevación mediante el diagrama pertinente de fuerza del viento (compárese con el cap. 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



Imagen 24: Extracto del libro de tablas de carga del LTM 1150-6.1



Influencias del viento en la operación con grúas

Ejercicio 13

Con un LTM 11200-9.1 (CÓDIGO 0016), debe levantar a 42 m de altura y con un alcance de brazo extensible de 18 m una carga de 45 t con una superficie expuesta al viento de 112 m². La grúa está apoyada con una base de soporte de 13 m x 13 m. El contrapeso es de 22 t.

Determine la teleconfiguración correcta a partir del extracto del libro de tablas de carga (véase abajo). Averigüe también la velocidad admisible del viento para esa elevación mediante el diagrama pertinente de fuerza del viento (compárese con el cap. 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0						
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019

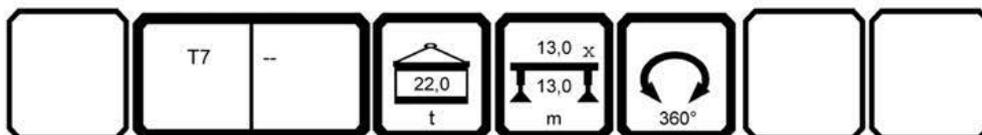


Imagen 25: Extracto del libro de tablas de carga del LTM 11200-9.1



6. Efectos del viento con la „grúa fuera de servicio“

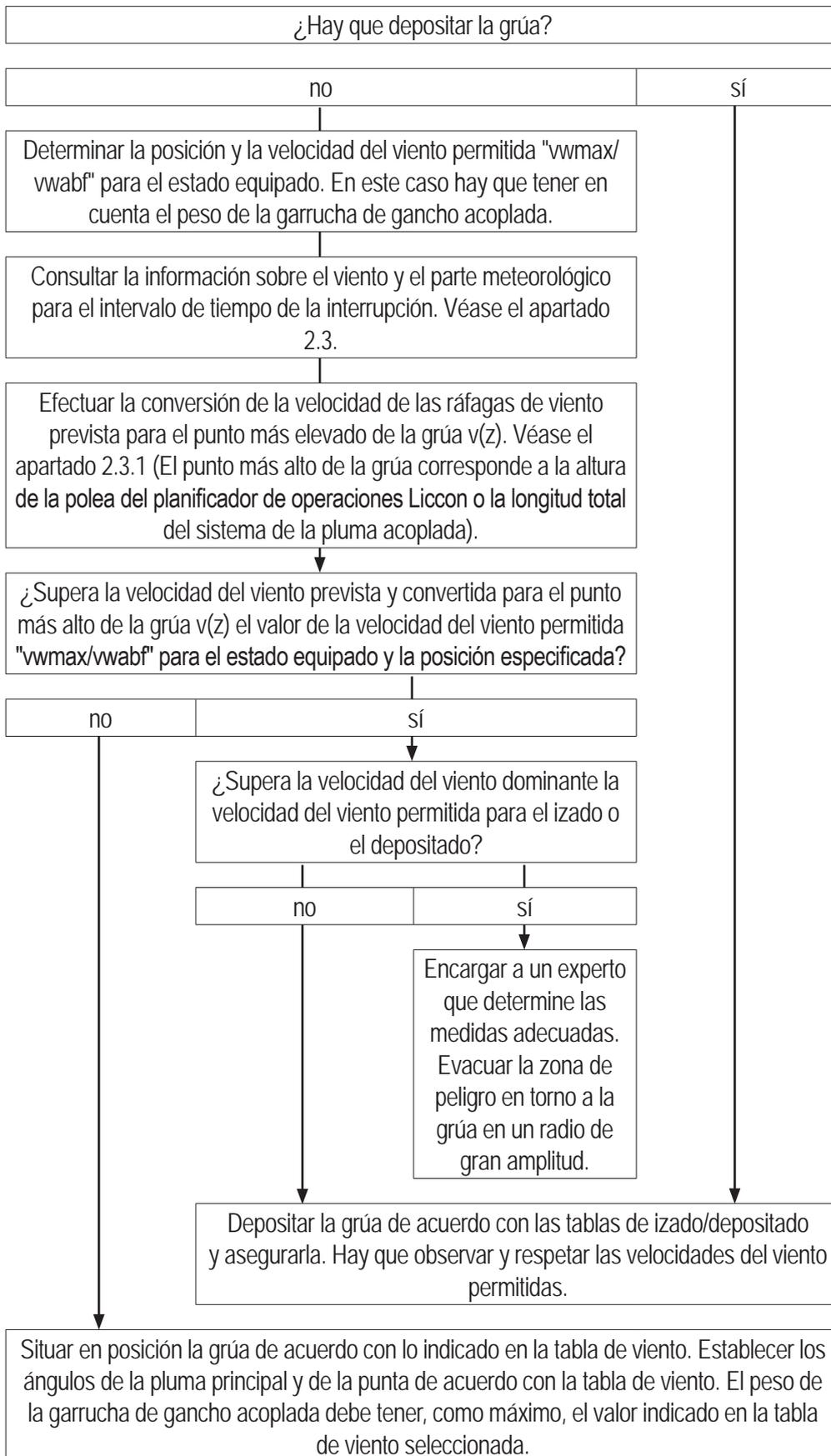
Además de la amenaza que supone el viento durante el funcionamiento de la grúa, hay que indicar el peligro de un accidente de la grúa debido al efecto del viento con la grúa fuera de servicio o sin carga. Pese a su estructura de filigrana, las grúas móviles y grúas sobre orugas también presentan grandes superficies expuestas al viento, incluso sin carga. Las propias plumas en celosía pueden ofrecer unas superficies expuestas al viento de varios cientos de metros cuadrados. Unas longitudes de pluma muy grandes y una base de apoyo compacta hacen que exista un gran peligro potencial si se supera la velocidad del viento permitida.

Lo más gráfico es la imagen de una grúa volcando del todo. Pero también es posible que con viento desde delante vuelquen la punta de mástil en celosía basculable y la pluma principal hacia atrás. Además, con viento lateral el freno del mecanismo de giro se vea sometido a un esfuerzo excesivo, lo que puede causar un giro no intencionado de la grúa.

Tal como se describe en el manual de instrucciones de Liebherr-Werk Ehingen GmbH, siempre hay que depositar la pluma de la grúa cuando la grúa quede sin vigilancia durante una interrupción de los trabajos con la grúa. Si ello no fuera posible por la falta de espacio suficiente en la obra, la grúa deberá llevarse a la posición prescrita por el fabricante. No obstante, esta posición solo es segura hasta la velocidad del viento indicada. Para determinar la posición y la velocidad del viento máxima permitida, todas las grúas con mástil en celosía de Liebherr y todas las grúas telescópicas de Liebherr que se puedan equipar con una punta de mástil en celosía basculable, deben disponer de tablas de viento. Toda esta información se puede obtener de dichas tablas de viento. Si no se dispusiera de tablas de velocidad del viento para un estado de equipamiento, deberá emplearse el valor para la velocidad del viento máxima permitida de la tabla de cargas.



6. 1 Procedimiento en caso de interrupción del trabajo con la grúa





6. 2 Aplicación de las tablas de viento

6. 2. 1 Ejemplo de grúas telescópicas:

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Base de apoyo: 12 m x 12 m

Contrapeso: 184 t

Pluma telescópica: T-49.1 (92/92/92)

Punta de mástil en celosía basculable: N-59.5

Peso de garrucha de gancho: 1,5 t

Respetar el modo de servicio, el contrapeso y la base de apoyo indicados en la descripción de la tabla.

No debe superarse el peso de la garrucha de gancho indicado en la tabla.



TYVEN - Contrapeso de 64.0t a 204.0t - base de apoyo: 12.0m * 12.0m

Nota

- ▶ TYVEN - Pluma telescópica arriostrada con arriostramiento TY, extensión en celosía y punta en celosía basculable
- ▶ 5m extensión en celosía
- ▶ Posición del caballete-Y 45°
- ▶ Contrapeso de 64.0t a 204.0t
- ▶ Punto de arriostramiento del arriostramiento de la pluma telescópica en la excéntrica
- ▶ El ángulo de los caballetes Y debe ajustarse según la tabla de cargas
- ▶ Las velocidades de viento indicadas son válidas para el estado arriostrado, siempre que la pluma deba arriostrarse
- ▶ No se podrán arriostrar los estados extendidos, si no existe ninguna tabla de cargas en el estado arriostrado
- ▶ Con la pluma telescópica T-16.3 más corta y el caballete NA con 3 barras, el ángulo máximo de la punta en celosía basculable es de 58°
- ▶ Las puntas en celosía basculables a partir de 80.5m no pueden moverse telescópicamente y deberán depositarse
- ▶ Base de apoyo de 12.0m * 12.0m



Influencias del viento en la operación con grúas

Velocidad de las ráfagas de viento máx. permitida para equipar la grúa
 Velocidad de ráfaga máx. permitida en el punto más alto para giro de la grúa
 Velocidad de ráfaga máx. permitida en el punto más alto de la grúa
 Contrapeso
 Peso de garrucha de gancho máx. permitido
 Radio del cabezal de poleas
 Ángulo de punta de mástil en celosía
 Ángulo de pluma principal
 Punta de mástil en celosía
 Adaptador
 Pluma telescópica

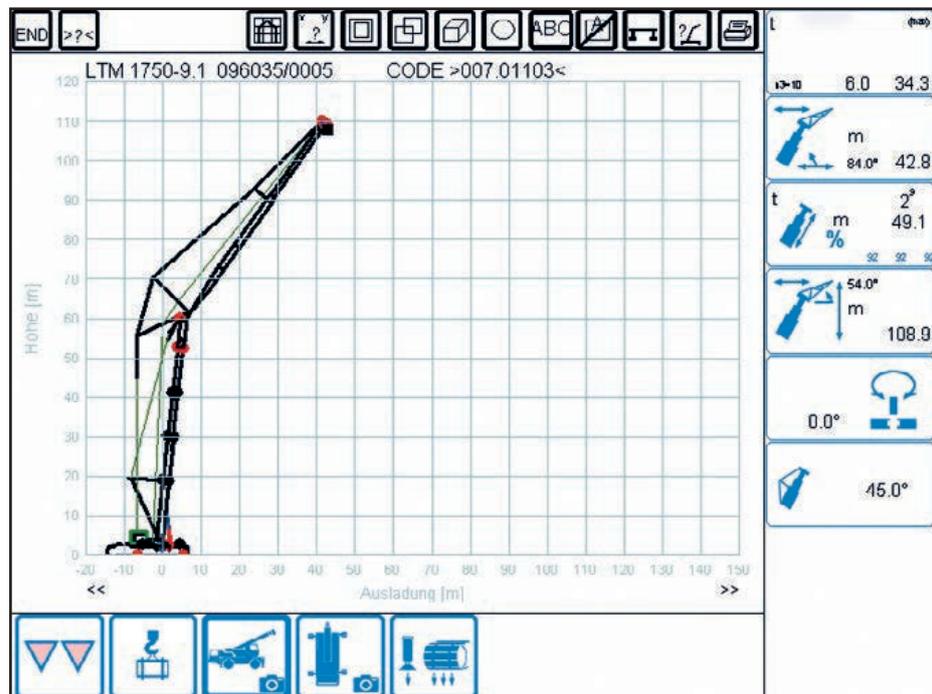
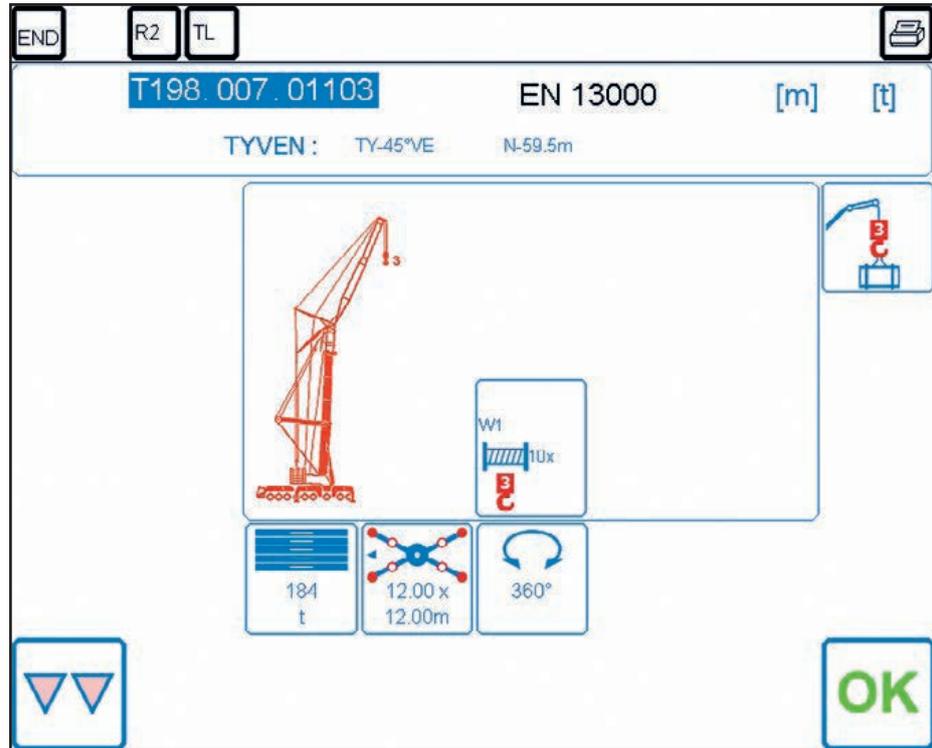
Velocidades del viento permitidas											WAB-TAB198-007-001-00		
H A	A	H I	W H A	W H I	R A D	H K F L	O W B	V W M A X	V W A B F	V W R S T			
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[m/s]	[m/s]	[m/s]			
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9			
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9			
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9			
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9			
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9			
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9			
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9			
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9			
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9			

Mediante el repliegue telescópico de la pluma telescópica de T-49.1 (92/92/92) a T-16.3 (0/0/0), la velocidad del viento permitida aumenta desde 14,3 m/s hasta 16,8 m/s.



¿Qué velocidad de ráfaga es admisible a una altura de 10 m para T-49.1 (92/92/92)?

Determinación de la altura de la polea mediante el planificador de operaciones:





Altura de la polea: 108,9 m

Determinación de la altura en toda la longitud del sistema: $49.1 + 9 + 59.5 = 117,6$ m

La velocidad de las ráfagas de viento prevista es de 11 m/s a una altura de 10 m. Mediante la conversión mediante la tabla en 2.3.1 se determina una velocidad de ráfaga de 14,2 m/s a una altura de 120 m, lo que significa que hay que depositar la grúa.

Mediante el repliegue telescópico de la pluma, la velocidad de las ráfagas de viento permitida aumenta a 16,8 m/s, lo que supone un claro incremento de la seguridad y siempre hay que efectuar interrupciones más prolongadas.

6. 2. 2 Ejemplo de grúas con mástil en celosía:

LR 11000 - SDWB

Pluma principal: S-54 m

Punta de mástil en celosía basculable: W-114 m

Pluma Derrick: D-36 m

Lastre de Eq.gir. (OW): 210 t

Lastre central: 50 t

Peso de garrucha de gancho: 14 t

Si no hay ninguna tabla con lastre de Derrick pero hay equipado un modo de servicio con Derrick, deben emplearse las tablas sin lastre de Derrick. El lastre de Derrick debe depositarse en el suelo.

Ejemplo:

Equipado con tabla a emplear

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2 - SDW - hay que depositar la guía del lastre



Sistema SDWB

Nota

- ▶ Peso del motón de gancho 18t
- ▶ Lastre Derrick 0t
- ▶ Lastre de la plataforma giratoria 210t
- ▶ Lastre central 50t
- ▶ Radio Derrick 12m
- ▶ Cantidad de mecanismos giratorios: 3

Velocidad de las ráfagas de viento máx. permitida para equipar la grúa
 Velocidad de ráfaga máx. permitida en el punto más alto para giro de la grúa
 Velocidad de ráfaga máx. permitida en el punto más alto de la grúa
 Radio de Derrick
 Lastre central
 Contrapeso
 Peso de garrucha de gancho máx. permitido
 Radio del cabezal de poleas
 Ángulo de punta de mástil en celosía
 Ángulo de pluma principal
 Punta de mástil en celosía
 Derrick
 Pluma principal

wab_235_008_00001_00_000

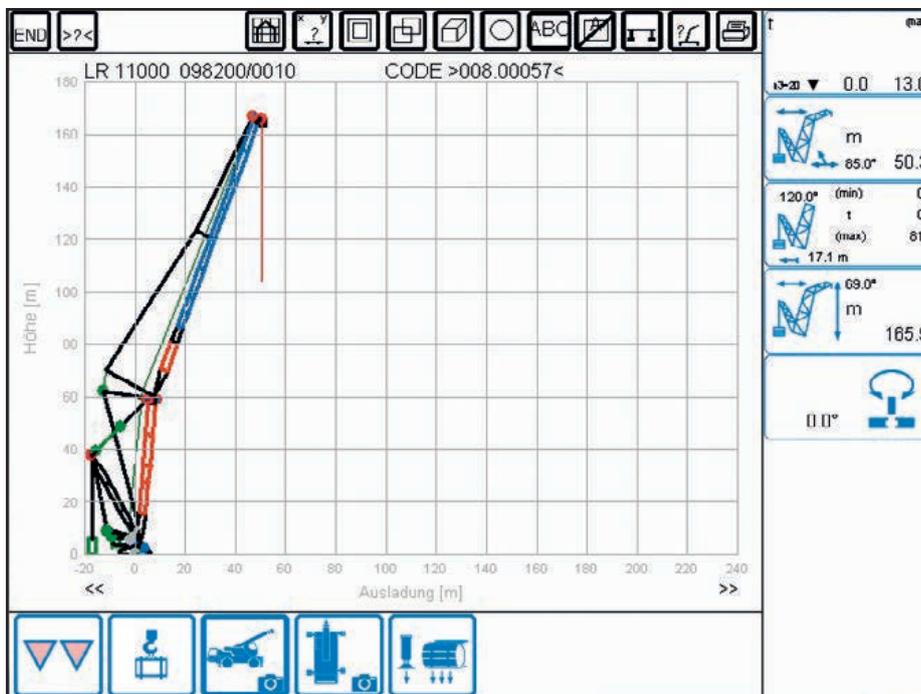
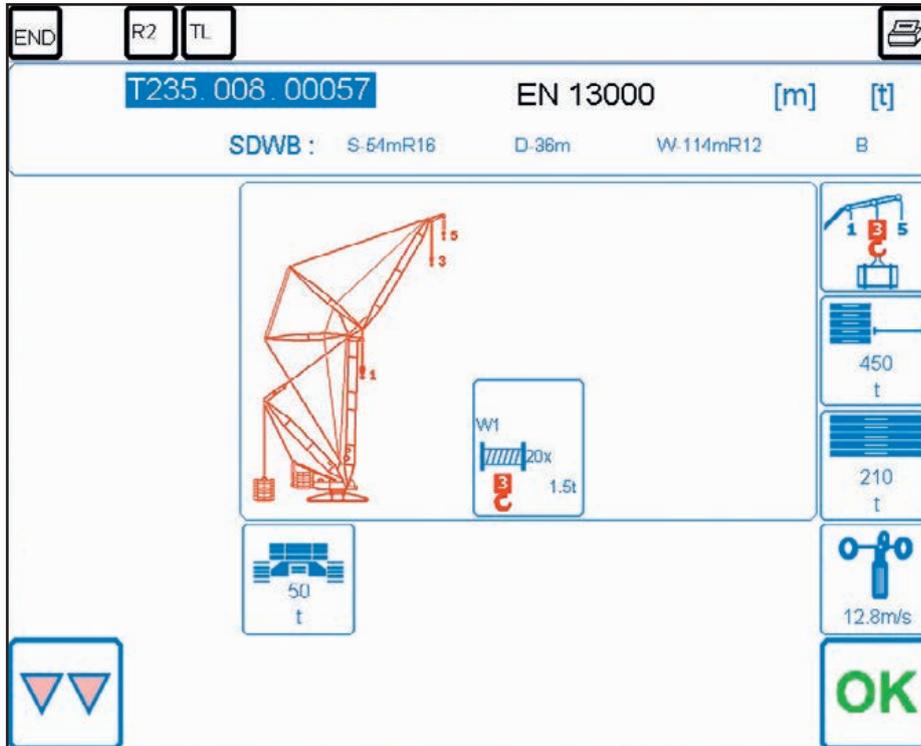
H A	D	H I	W A	W I	R A D	H K F L	O W B	Z B L	D R A D	V W A B	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



Influencias del viento en la operación con grúas

¿Qué velocidad de ráfaga es admisible a una altura de 10 m?

Determinación de la altura de la polea mediante el planificador de operaciones



Altura de la polea: 165,9 m

Determinación de la altura en toda la longitud del sistema: $54 \text{ m} + 114 \text{ m} = 168 \text{ m}$

La velocidad de las ráfagas de viento prevista es de 11 m/s a una altura de 10 m. Mediante la conversión mediante la tabla en 2.3.1 se determina una velocidad de las ráfagas de viento de 14,9 m/s a una altura de 170 m, lo que significa que hay que depositar la grúa. Es admisible un valor de 16,7 m/s.



7. Observación final

El boom eólico de los últimos años ha generado muchas innovaciones en los fabricantes de grúas. Nunca antes se han utilizado tantas maquinas grandes para responder a la demanda de los parques eólicos y las tecnologías derivadas en la actualidad.

En el montaje de una central moderna de energía eólica debe prestarse siempre atención a que el tamaño de la grúa se determine según el peso de la sala de máquinas y según la superficie del rotor expuesta al viento dependiendo de la altura del cubo. En el caso de trabajos de reparación y trabajos de mantenimiento, esto también debe tenerse en cuenta.

La influencia del viento sobre la grúa y la carga pasó a estar más en el foco de atención de las empresas operadoras de grúas en el montaje de centrales de energía eólica, dado que en este caso se utilizan grúas en lugares en lo cuales debe esperarse viento más intenso.

"El doble en velocidad de viento significa el cuádruple en sollicitación del viento para el brazo extensible y la grúa". Eso es lo que dice la regla.

Para que el riesgo de accidente esté mejor estimado y de este modo puedan evitarse accidentes en el trabajo con la grúa hemos informado ampliamente con las notas presentes sobre el tema "Influencias del viento en la operación con grúas". Además, las empleadas y empleados competentes de **LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH** están a disposición del lector para cualquier pregunta.



8. Anexo

8. 1 Grúas Liebherr en la energía eólica

8. 1. 1 Grúas móviles actuales (2016)



Datos técnicos LTM 1350-6.1	
Carga máxima	350 t a 3 m
Brazo telescópico	70 m
Altura máx. de elevación	134 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 450 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 4 cilindros turbodiésel 180 kW
Propulsión, dirección	12 x 8 x 12
Velocidad de traslación	80 km/h
Peso	72 t (6 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	< 1 MW*

LTM 1350-6.1



Datos técnicos LTM 1400-7.1	
Carga máxima	400 t a 3 m
Brazo telescópico	60 m
Altura máx. de elevación	130 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 450 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 240 kW
Propulsión, dirección	14 x 8 x 14
Velocidad de traslación	80 km/h
Peso	84 t (7 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	< 1,5 MW*

LTM 1400-7.1



Datos técnicos LTM 1450-8.1	
Carga máxima	450 t a 3 m
Brazo telescópico	85 m
Altura máx. de elevación	131 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 505 kW
Motor de grúa Potencia	Concepto de 1 motor
Propulsión, dirección	16 x 8 x 16
Velocidad de traslación	85 km/h
Peso	96 t (8 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	< 1,5 MW*

LTM 1450-8.1

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



LTM 1500-8.1



Datos técnicos LTM 1500-8.1	
Carga máxima	500 t a 3 m
Brazo telescópico	50/84 m
Altura máx. de elevación	142 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 500 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 240 kW
Propulsión, dirección	16 x 8 x 12
Velocidad de traslación	80 km/h
Peso	96 t (8 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	< 2 MW*

LTM 1750-9.1



Datos técnicos LTM 1750-9.1	
Carga máxima	750 t a 3 m
Brazo telescópico	52 m
Altura máx. de elevación	154 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 505 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 300 kW
Propulsión, dirección	18 x 8 x 18
Velocidad de traslación	80 km/h
Peso	108 t (9 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	2 MW*

LTM 11200-9.1



Datos técnicos LTM 11200-9.1	
Carga máxima	1.200 t a 2,5 m
Brazo telescópico	100 m
Altura máx. de elevación	188 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 500 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 270 kW
Propulsión, dirección	18 x 8 x 18
Velocidad de traslación	75 km/h
Peso	108 t (9 x 12 t de carga sobre eje)
Tamaño de central de energía eólica	2 - 3 MW*

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



Influencias del viento en la operación con grúas

8. 1. 2 Grúas telescópicas actuales sobre orugas (2016)

Datos técnicos LTR 11200	
Carga máxima	1.200 t a 3 m
Presión sobre el terreno	~ 14 t/m ²
Altura máx. de elevación	189 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 270 kW
Capacidad adm. de ascenso	17,6 %
Peso total	~ 380 t
Velocidad de traslación	máx. 1,8 km/h
Lastre total	202 t
Tamaño de central de energía eólica	2 - 3 MW*



LTR 11200

8. 1. 3 Grúas actuales sobre orugas (2016)

Datos técnicos LR 1350	
Carga máxima	350 t a 6 m
Alcance máx. de brazo extensible	110 m
Altura máx. de elevación	152 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 270 kW
Anchura entre orugas	8,4 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 125 t
Lastre central	máx. 38 t
Lastre Derrick	máx. 210 t x R 15 m
Tamaño de central de energía eólica	< 1,5 MW*



LR 1350

Datos técnicos LR 1400/2	
Carga máxima	400 t a 4,5 m
Alcance máx. de brazo extensible	120 m
Altura máx. de elevación	164 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 270 kW
Anchura entre orugas	8,7 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 155 t
Lastre central	máx. 43 t
Lastre Derrick	máx. 260 t x R 15 m
Tamaño de central de energía eólica	< 2 MW*



LR 1400

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



LR 1500



Datos técnicos LR 1500	
Carga máxima	500 t a 11 m
Alcance máx. de brazo extensible	144 m
Altura máx. de elevación	165 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 350 kW
Anchura entre orugas	9,1 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 170 t
Lastre central	máx. 40 t
Lastre Derrick	máx. 280 t x R 16 m
Tamaño de central de energía eólica	2 MW*

LR 1600/2



Datos técnicos LR 1600/2	
Carga máxima	600 t a 11 m
Alcance máx. de brazo extensible	152 m
Altura máx. de elevación	187 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 400 kW
Anchura entre orugas	9,9 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 190 t
Lastre central	máx. 65 t
Lastre Derrick	máx. 350 t x R 18 m
Tamaño de central de energía eólica	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W



Datos técnicos LR 1600/2-W	
Carga máxima	600 t a 11 m
Alcance máx. de brazo extensible	144 m
Altura máx. de elevación	166 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 400 kW
Anchura entre orugas	5,8 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 190 t
Lastre Derrick	máx. 350 t x R 18 m
Tamaño de central de energía eólica	2 - 3 MW*

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



Influencias del viento en la operación con grúas

Datos técnicos LR 1750/2

Carga máxima	750 t a 7 m
Alcance máx. de brazo extensible	156 m
Altura máx. de elevación	191 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 455 kW
Anchura entre orugas	10,3 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 245 t
Lastre central	máx. 95 t
Lastre Derrick	máx. 400 t x R 20 m
Tamaño de central de energía eólica	3 MW*



LR 1750/2

Datos técnicos LR 11000

Carga máxima	1000 t a 11 m
Alcance máx. de brazo extensible	180 m
Altura máx. de elevación	224 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 500 kW
Anchura entre orugas	11,2 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 250 t
Lastre central	máx. 90 t
Lastre Derrick	máx. 450 t x R 20 m
Tamaño de central de energía eólica	3 - 5 MW*



LR 11000

Datos técnicos LR 11350

Carga máxima	1350 t a 12 m
Alcance máx. de brazo extensible	128 m
Altura máx. de elevación	196 m
Motor de traslación/motor de grúa Potencia	Liebherr 6 cilindros turbodiésel 641 kW
Anchura entre orugas	11 m
Lastre de plataforma giratoria	máx. 340 t
Lastre central	máx. 30 t
Lastre Derrick	máx. 600 t x R 25 m
Tamaño de central de energía eólica	5 - 6 MW*



LR 11350

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



LG 1750

8. 1. 4 Grúas de mástil en celosía actuales (2016)



Datos técnicos LG 1750	
Carga máxima	750 t a 7 m
Alcance máx. de brazo extensible	136 m
Altura máx. de elevación	193 m
Motor de desplazamiento Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 505 kW
Motor de grúa Potencia	Liebherr 8 cilindros turbodiésel 455 kW
Propulsión, dirección	16 x 8 x 16
Velocidad de traslación	80 km/h
Lastre total	650 t
Tamaño de central de energía eólica	3 - 5 MW*

* Los tamaños indicados de centrales de energía eólica son sólo ejemplos. ¡El tamaño correcto de la grúa debe determinarse por medio de una ingeniería detallada de aplicación considerando la carga por el viento!



8. 2 Soluciones de los ejercicios

Solución del ejercicio 1:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Carga de viento | <input type="checkbox"/> Energía de viento |
| <input type="checkbox"/> Evaporación | <input checked="" type="checkbox"/> Viento por detrás |
| <input checked="" type="checkbox"/> Viento por delante | <input checked="" type="checkbox"/> Viento lateral |

Solución del ejercicio 2:

Viento por detrás: El corte / La desconexión LMB se realiza con una carga inferior a la máxima carga permitida según la tabla de carga.

Viento por delante: La desconexión se produce cuando hay una carga mayor que la máxima carga admisible.

Viento lateral: No se produce ninguna desconexión LMB.

Solución del ejercicio 3:

- ninguna
- la carga puede oscilar
- la carga gira en el cable
- el radio de la carga se puede aumentar

Solución del ejercicio 4:

- En la figura 12 se ven bosques y terreno irregular, lo cual corresponde a la clase de aspereza **3**.
- En la figura 13 se ve un paisaje con algunas casas y algunos árboles con espacios libres, lo cual corresponde a la clase de aspereza **2**.

Solución del ejercicio 5:

- viento débil debido a una diferencia de presión de aire
- golpe de viento violento de corta duración
- golpe de viento violento mayor que la velocidad promedio del viento durante un intervalo de 3 segundos

Solución al ejercicio 6:

Velocidad de las ráfagas de viento determinada de acuerdo con el diagrama 11: **4 m/s**
Factor para una altura de 140 m con velocidad de las ráfagas de viento disponible: **1,319**

$$4 \text{ m/s} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ m/s}}}$$



Solución del ejercicio 7:

$$2,6 \text{ m}^2 \times 1,2 = \underline{3,12 \text{ m}^2}$$

Solución del ejercicio 8:

Si la velocidad **actual** del viento excede la velocidad **admisible** del viento de la tabla de carga, debe **detenerse** la operación con grúa y **depositarse** el brazo extensible en el caso de que se **exceda** la velocidad **admisible** del viento según la tabla de vientos de la grúa.

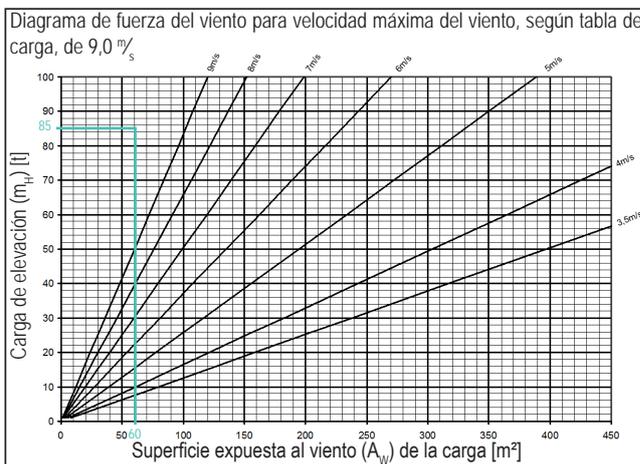
Solución del ejercicio 9:

11,1 m/s

Solución del ejercicio 10:



Solución del ejercicio 11:



Solución del ejercicio 12:

Una posible teleconfiguración correcta consistiría en empernar los telescopios 4 y 5 a 46 %. Según el diagrama de fuerza del viento 12,8 m/s, la velocidad admisible del viento es **6,2 m/s**.

Solución del ejercicio 13:

Una posible teleconfiguración correcta consistiría en empernar el telescopio 4 a 100 % y los telescopios 5 - 7 a 50 %. Según el diagrama de fuerza del viento 11,1 m/s, la velocidad admisible del viento es **7,7 m/s**.



Source: @Westermeerwind

Socio en la industria eólica

Liebherr es un socio importante para la industria eólica. Se utilizan máquinas de movimiento de tierra, grúas Offshore y grúas móviles y sobre orugas de Liebherr para la construcción de parques eólicos y aerogeneradores. Componentes individuales

de Liebherr, como por ejemplo la tracción y los motores se utilizan directamente en las plantas y máquinas – herramientas de Liebherr desempeñan un papel cada vez más importante en la fabricación de productos para la industria eólica.



Máquinas de movimiento de tierra y Mezcladoras

Máquinas de movimiento de tierra Liebherr han dado buenos resultados en la construcción de parques eólicos. Para la cimentación de aerogeneradores se utilizan hormigoneras móviles de Liebherr, para la construcción de torres de hormigón armado se utilizan plantas específicas.

Grúas Offshore

Liebherr también ofrece soluciones convincentes para el montaje de aerogeneradores en el mar. Cumple todos los requisitos: unidades de tracción con motor diesel o eléctrico, grúas a prueba de explosiones o grúas para zonas de protección así como grúas para trabajos con temperaturas entre +40 °C y -50 °C.

Componentes

Liebherr es el único fabricante de todo el mundo que no sólo puede suministrar componentes individuales, sino también, con coronas giratorias, accionamientos de giro, motores eléctricos y cilindros hidráulicos, el sistema completo para el ajuste electromecánico e hidráulico de la pala del rotor y el azimut en instalaciones eólicas.

Máquinas-herramienta y técnica de automatización

Las máquinas talladoras de engranajes de Liebherr contribuyen de forma decisiva a que los componentes dentados de las instalaciones eólicas, por ejemplo en las cajas de engranajes principales, satisfagan grandes requisitos de calidad. La técnica de automatización de Liebherr permite lograr una gran productividad en la fabricación de palas de rotor.

www.liebherr.com