



Codex Ingeniería

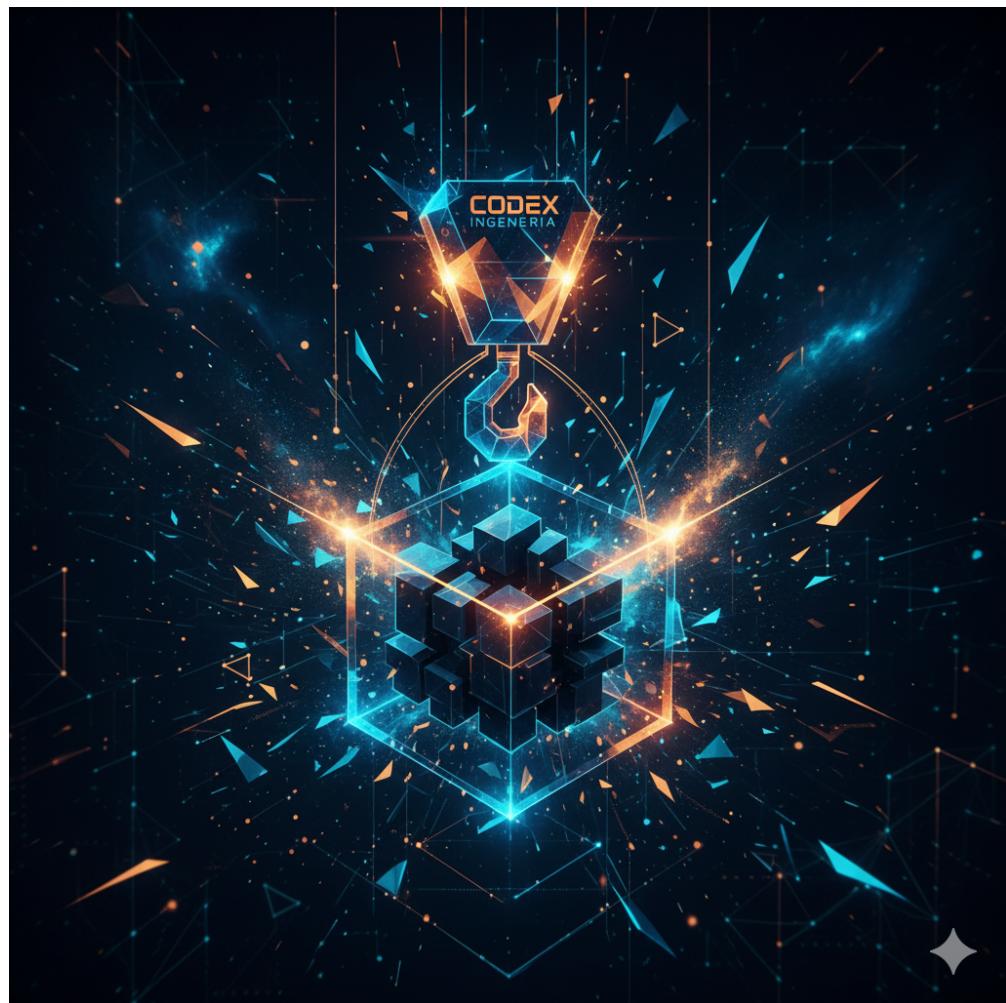
Base Común para Maniobras de Izaje y Operaciones de Carga

PROGRAMA AUTOINSTRUCTIVO OPERACIONES DE LEVANTE 2026

Ing. Rodrigo Rivera Arancibia

Versión 2026 | Codex Ingeniería | www.codexingenieria.cl |
contacto@codexingenieria.cl

Bienvenido estudiante!!!



CAPÍTULO 0

Presentación del Programa de Formación: Aplicar Procedimientos de Operaciones de Levante

0.1 Propósito del Programa

El presente programa tiene como finalidad entregar a los participantes los conocimientos y criterios fundamentales para ejecutar maniobras de levante de forma segura, controlada y conforme a los estándares técnicos y normativos vigentes.

Su estructura auto instructiva permite que el alumno pueda avanzar de manera independiente, requiriendo un apoyo docente reducido pero enfocado en aclarar dudas operativas puntuales y reforzar las prácticas más relevantes.

Este documento constituye la **base común** para todas las operaciones de izaje, independiente del tipo de maquinaria utilizada.

0.2 Alcance del Programa

El contenido de este programa aplica transversalmente a actividades de:

- Izaje de cargas mediante equipos autopropulsados.
- Maniobras con elementos de izaje flexibles y rígidos.
- Sustentación, traslado y posicionamiento de cargas suspendidas.
- Control de estabilidad, evaluación de riesgos y técnicas de estrobado.

El programa establece los principios esenciales sobre:

- Normativa vigente (ASME, OSHA, Ley 18.290, DS 132).
- Inspección y uso de eslingas, grilletes y accesorios.
- Cálculo de tensiones, ángulos y cubicación.
- Control de carga y factores que afectan la estabilidad.
- Planificación, documentación y responsabilidades.

Posteriormente, el alumno podrá complementar su formación mediante **anexos especializados por tipo de equipo**, tales como:

- Grúas móviles telescópicas.
- Camiones pluma articulados.

- Plataformas de trabajo en altura (manlift).
- Grúas horquilla (forklift).
- Equipos especiales y maniobras complejas.

Estos anexos permiten adaptar el aprendizaje a la maquinaria que cada operador utilizará realmente en terreno.

0.3 Perfil de Participantes

Este programa está orientado a:

- Riggers y aparejadores.
- Operadores de camión pluma y de grúa móvil.
- Supervisores de levante, prevencionistas de riesgos y jefes de cuadrilla.
- Trabajadores que interactúan con cargas suspendidas o maniobras críticas.
- Técnicos y profesionales que deban planificar, aprobar o supervisar izajes.

No se requieren conocimientos matemáticos avanzados; sin embargo, se espera que el participante aplique correctamente las fórmulas, tablas y ejemplos presentados en el programa.

0.4 Competencias Esperadas

Al finalizar el programa, el participante estará en condiciones de:

1. **Identificar el marco legal aplicable** a las operaciones de levante, comprendiendo los roles, obligaciones y responsabilidades.
 2. **Seleccionar, inspeccionar y evaluar el estado de los elementos de izaje**, reconociendo criterios de rechazo normados.
 3. **Realizar cálculos operativos básicos**, tales como peso, cubicación, tensiones por ángulos y determinación del centro de gravedad.
 4. **Aplicar técnicas correctas de estrobado**, considerando el comportamiento dinámico de la carga.
 5. **Controlar una maniobra de izaje** aplicando principios de estabilidad, comunicaciones claras y buenas prácticas.
 6. **Planificar un trabajo de izaje**, incluyendo documentación preventiva, plan de izaje y análisis de riesgos.
 7. Comprender cuándo una operación debe ser detenida por insegura, aplicando criterio profesional.
-

0.5 Requisitos Previos

Para cursar este programa se requiere:

- Saber leer y escribir.
- Salud acorde al rol que desempeñe el participante.
- Conocimiento básico en seguridad industrial.
- Disposición a aplicar procedimientos de manera disciplinada.
- Block para apuntes y calculadora científica con funciones trigonométricas (no smartphone)

Para los anexos de especialización (grúa móvil, pluma, manlift, forklift), se aplicarán requisitos técnicos adicionales según la maquinaria específica.

0.6 Advertencia Normativa

Este programa **no reemplaza** la lectura y aplicación de la normativa vigente ni de los manuales de operación de cada fabricante.

Toda maniobra debe ejecutarse considerando:

- **ASME B30** (series aplicables).
- **OSHA 29 CFR 1926**.
- **Ley 18.290** (Tránsito).
- **Reglamento de Seguridad Minera, DS 132**.
- Estándares específicos de cada industria o faena.
- Procedimientos internos de la empresa.
- Indicaciones del fabricante del equipo.

El propósito de este capítulo es entregar un marco conceptual sólido para las actividades de izaje, reforzando la importancia de la planificación, la trazabilidad y el autocontrol operativo como pilares de una operación segura.

CAPÍTULO I

Entorno Legal, Documentación y Responsabilidades en Operaciones de Levante

1.1 Introducción

Toda operación de levante implica riesgos elevados asociados a cargas suspendidas, estabilidad de equipos, interacción de personal y condiciones externas de operación. Por ello, antes de iniciar cualquier maniobra es fundamental comprender el marco normativo que regula estas actividades, los documentos obligatorios que deben gestionarse y las responsabilidades de cada rol involucrado.

Este capítulo establece los fundamentos legales que rigen el izaje seguro en Chile e incorpora lineamientos internacionales ampliamente aceptados en la industria minera, portuaria, energética y de construcción.

1.2 Marco Normativo Aplicable

Las operaciones de levante se encuentran reguladas por un conjunto de normas, leyes y reglamentos que establecen obligaciones para los operadores, las empresas y todos quienes intervienen en estas tareas.

Las normas internacionales como **ASME B30.5** existen para establecer criterios técnicos uniformes y comprobados para el diseño, inspección y operación segura de grúas. Estas normas recopilan décadas de investigación, experiencias operativas y análisis de incidentes a nivel mundial, transformándose en un estándar que permite reducir riesgos, asegurar la integridad estructural de los equipos y garantizar que las maniobras se realicen dentro de parámetros controlados. Su cumplimiento no es optativo desde una perspectiva profesional, ya que representan el conocimiento consolidado de la ingeniería aplicada al izaje seguro.

La **Ley de Tránsito N.º 18.290**, por su parte, regula la conducción y operación de vehículos autopropulsados, incluyendo camiones pluma, grúas y maquinaria móvil. Esta ley es obligatoria y establece requisitos de licencias, señalización, responsabilidades del conductor y normas de circulación. Operar una grúa sin respetar esta ley expone al trabajador y a la empresa a sanciones, responsabilidad civil y penal, y aumenta significativamente la probabilidad de incidentes graves. La conducción segura es la primera barrera de control antes de cualquier maniobra de izaje.

El **Reglamento de Seguridad Minera (DS 132)** aporta las directrices específicas para trabajar en entornos industriales y mineros, donde las operaciones de levante pueden involucrar condiciones extremas, infraestructura crítica y riesgos inherentes de alto impacto. Este reglamento exige capacitación formal, procedimientos escritos, controles críticos y una

supervisión rigurosa, asegurando que cada operación se realice bajo un sistema estructurado y con personal competente.

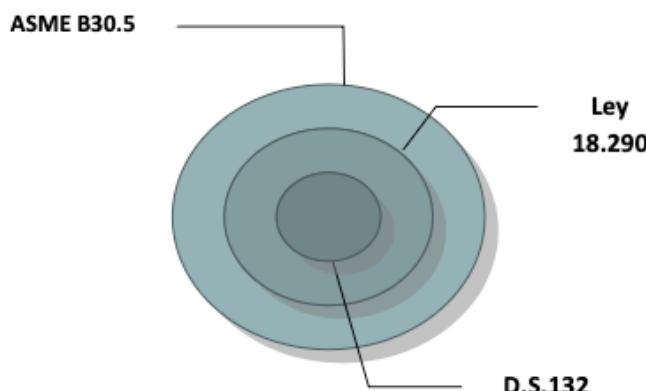
En conjunto, ASME B30.5, la Ley de Tránsito y el DS 132 forman un marco complementario que protege la vida de las personas, la continuidad operacional y la reputación profesional de quienes ejecutan maniobras de izaje. Su cumplimiento refleja no solo la obligación legal del operador, sino su compromiso ético con la seguridad, la disciplina técnica y la excelencia en el oficio. Un operador o rigger que respeta estos tres pilares demuestra profesionalismo, criterio y respeto por el trabajo bien hecho, reconociendo que cada maniobra requiere responsabilidad, preparación y una actitud consciente frente a los riesgos.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°1

Antes de proceder con cualquier actividad, debemos tener claridad si existe algún aspecto legal que pueda impedir la ejecución de esta. Es por eso que se plantea y supone importante considerar la revisión de documentos de referencia que nos permiten alinear cualquier duda que surja en un momento dado y que disminuya el sentido profesional de lo que se está planificando.

Dado que vivimos en un mundo donde nuestras acciones derivan en consecuencias no siempre satisfactorias y que lo que estamos a punto de aprender es una de las actividades que se considera de alto riesgo y con un potencial de daño superior a la normal es que vamos a citar ciertos documentos que serán pilares en este programa.

Definiremos tres estatutos principales para esta aplicación, como se verán en el diagrama n°1, estos serán: ASME B30.5, Ley Nacional de la república de Chile 18.290 y Reglamento de Seguridad Minera conocido también como el Decreto Supremo 132. (D.S.132)



En la esfera mayor se encuentra el ASME B30.5 conocido como el Reglamento de Seguridad para Grúas Móviles, definido por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) en el propósito de establecer códigos de operación con aceptación mundial, que evidentemente es la pauta más importante para ejecutar maniobras de elevación de cargas ya que son usados por profesionales de todo el mundo y van aplicado directamente a la actividad que convoca este manual.

Es importante aclarar que a medida que vayamos profundizando al centro del diagrama, las modificaciones de las restricciones solo pueden ir en el resguardo de la seguridad, por ejemplo si una instrucción exige que se mantenga una distancia segura de 3 metros de un

tendido eléctrico, la decisión segura sería aumentar la distancia y podría establecer como nueva norma 4 metros

mejorando la seguridad. Esto lo llamaremos “trabajar con margen de seguridad favorable”.

En la segunda esfera se encuentra la Ley Chilena de Transito n°18.290 y se considera importante porque define el uso de las licencias, como además el uso de vehículos auto propulsados que transiten por caminos, calles y demás vías públicas rurales y urbanas como también caminos vecinales y particulares de todo el territorio nacional. Muchos de los artículos entregados en esta ley aplican a quienes realicen la conducción de estos vehículos.

Por último, en la esfera central nos encontramos con el Decreto Supremo 132 o Reglamento de seguridad Minera. Se utiliza, en esta ocasión, al ser la industria de la extracción, unos de los usuarios más recurrentes en la utilización de equipos de levante de carga y que mantienen identificados los riesgos de continuidades operacionales e incorporadas a sus estándares de control de fatalidad. Es especialmente la Industria de Cobre, la que cuenta con la mayor cantidad de controles críticos para el uso de operación segura de manejo de carga con grúas y equipos de izaje. Y es principalmente en esta Industria donde se contextualiza el contenido de las materias que estamos a punto de analizar.

Iremos indicando los artículos más importantes de cada uno de estos 3 preceptos que presentamos en el título anterior, sin embargo, lo que se expone en este manual no excluye de responsabilidad a los usuarios a leer y profundizar cada uno de ellos, ya que el propósito de este capítulo es presentar un resumen y lo que el autor considera importante para lograr el objetivo del programa.

Al final de este listado, se encuentra la guía OSHA 29CFR que es un estándar internacional de construcción, que define también controles importantes que debemos seguir pero que también se desprende del ASME B30.5.

1.2.1 ASME B30.5 – Grúas Móviles (Referencia Técnica Internacional)

ASME B30.5 es considerada la principal referencia técnica mundial para el uso, inspección y operación de grúas móviles. Establece:

REQUISITOS CLAVE:

- **Estabilidad:**
Los márgenes de estabilidad no deben superar el 85%. Factores como viento, presión de neumáticos, inclinación del terreno y longitud de pluma afectan la capacidad de carga.
- **Tablas de carga:**
Deben encontrarse visibles para el operador dentro de la cabina.

- **Estado del equipo:**
Nivelación, combustible mínimo al 50%, inspecciones previas.
- **Cableado:**
Al menos dos vueltas completas en el tambor; diámetro del tambor ≥ 15 veces el diámetro del cable.
- **Indicadores mínimos:**
 - Indicador de ángulo de pluma.
 - Estabilizadores con señal de posición.
 - Sistema anti-dos bloques.
 - Limitador de momento de carga para equipos > 3 toneladas.
- **Inspecciones:**
 - Diaria (antes del turno).
 - Periódica.
 - Pruebas operativas.
- **Operador certificado y competente.**
- **Prácticas operativas:** distancia a líneas eléctricas, comunicación clara, control de balanceo.

ASME B30.5 es el estándar técnico central que respalda las prácticas profesionales presentadas en este programa.

1.2.2 Ley Chilena de Tránsito N° 18.290 (Aplicación Nacional)

Esta ley regula el uso de vehículos autopropulsados, incluyendo grúas móviles, camiones pluma y equipos con desplazamiento propio.

ASPECTOS RELEVANTES:

- **Licencias obligatorias:**
 - Clase A-4: transporte de carga sobre 3.500 kg.
 - Clase D: maquinaria automotriz como grúas, cargadores y similares.
- Prohibición de conducir sin la licencia correspondiente.
- Responsabilidad civil y penal del conductor ante incidentes.
- Reglas respecto a pesos máximos permitidos.
- Neumáticos en buen estado.
- Uso obligatorio de cinturón de seguridad.
- Prohibición de operar bajo influencia de alcohol o drogas.

1.2.3 Reglamento de Seguridad Minera – DS 132 (Control Operacional y Capacitación)

El DS 132 establece obligaciones para proteger la vida de las personas y asegurar la continuidad de las operaciones en faenas mineras. A continuación se numeran los artículos mas importantes:

PUNTOS ESENCIALES:

- **Art. 25:**
La empresa debe contar con reglamentos y procedimientos específicos para operaciones críticas, incluyendo maniobras de izaje.
- **Art. 28:**
Capacitación obligatoria, registro de asistencia y contenidos.
- **Art. 32:**
Entrega, uso y control de EPP.
- **Art. 39:**
Revisión de equipos antes del inicio del turno.
- **Art. 42:**
Solo puede operar maquinaria quien cumpla requisitos:
 - Saber leer y escribir.
 - Aprobación de examen teórico, práctico y sicosensotécnico.
- **Art. 51:**
Planes de mantención obligatorios para sistemas hidráulicos, transmisión, eléctricos, alarmas, rodado, frenos y mecanismos críticos.

El incumplimiento de estos artículos es causal directa de sanciones y detención de faenas.

1.2.4 OSHA 29 CFR 1926 (Estándar Internacional Complementario)

OSHA entrega lineamientos específicos para construcción y manipulación de cargas.

REQUISITOS RELEVANTES:

- Uso obligatorio de ganchos con pestillo de cierre.
- El rigger debe ser **calificado**, no solo “entrenado”.
- Señalero competente según tipo de señales utilizadas.
- Protección de eslingas sintéticas contra bordes agudos.
- Control de áreas de atrapamiento por giro de la superestructura.
- Autoridad del operador para detener el trabajo si identifica condiciones inseguras.
- Inspección continua de cables por persona competente.

OSHA refuerza criterios preventivos ya descritos en ASME B30.

1.3 Documentación Requerida Antes de un Izaje

La ejecución segura de una maniobra comienza mucho antes de que la grúa se ponga en movimiento. Realizar un **análisis de riesgos previo**, elaborar un **plan de izaje**, obtener los **permisos documentales** para ingresar a áreas operativas y completar un **checklist riguroso del equipo** no son simples trámites administrativos, sino herramientas esenciales para anticipar peligros, coordinar al equipo y confirmar que las condiciones técnicas del entorno y de la maquinaria son adecuadas para operar.

Esta documentación, además de ordenar el trabajo y establecer controles críticos, **sirve como respaldo y protección directa para el operador**, dejando evidencia de que actuó conforme a los procedimientos, verificó el estado del equipo y tomó decisiones basadas en criterios profesionales. Cuando estas prácticas se ejecutan con seriedad y no como un paso formal más, se convierten en barreras reales contra incidentes graves y reflejan un compromiso auténtico con la seguridad, la responsabilidad técnica y la calidad en cada maniobra de levante.

Antes de ejecutar una maniobra, deben presentarse y validarse los siguientes documentos:

1. CHECK LIST DIARIO DEL EQUIPO

- Obligatorio según DS 132.
- Verifica condiciones mecánicas, hidráulicas, neumáticas, eléctricas y estructurales.
- Debe ser firmado y fechado.

2. PERMISO DE TRABAJO O PERMISO DE INGRESO A ÁREA OPERATIVA

- Estándar en todas las compañías mineras y portuarias.
- Autoriza el ingreso y ejecución del trabajo en un área con riesgos críticos.

3. ANÁLISIS DE RIESGOS

Conocido como:

- HCR (Hoja de Control de Riesgos), o
- ART (Análisis de Riesgos del Trabajo).

Debe identificar peligros, controles críticos, roles responsables y condiciones de cancelación.

4. PLAN DE IZAJE

Documento fundamental que incluye:

- Descripción del trabajo.
- Capacidad del equipo.

- Peso real o estimado de la carga.
- Eslingas y accesorios seleccionados.
- Ángulos, vectores y cálculos asociados.
- Riesgos de interferencia.
- Roles asignados.

Un trabajo bien planificado reduce errores y aumenta significativamente el control operacional.

1.4 Responsabilidades en las Operaciones de Levante

Una maniobra de izaje es un trabajo colaborativo donde cada rol cumple una función indispensable para asegurar que la operación sea ejecutada con precisión y sin incidentes. El operador controla el equipo y ejecuta los movimientos técnicos; el rigger selecciona, inspecciona y monta los elementos de izaje; el señalero establece la comunicación segura y guía los movimientos; y el supervisor valida la planificación, la documentación y las condiciones del entorno.

Ninguno de estos roles puede sustituir al otro, y la interacción fluida entre ellos es lo que permite que una maniobra se realice de manera coordinada, estable y controlada. Cuando cada individuo comprende su responsabilidad y actúa con profesionalismo, la operación se convierte en un proceso seguro y eficiente; cuando uno solo falla, el riesgo aumenta para todos. La calidad del izaje no depende del operador únicamente, sino del equipo completo, donde cada persona es clave para el éxito de la maniobra.

OPERADOR

- Respetar las tablas de carga.
- Detener la operación ante cualquier condición insegura.
- Mantener control total del equipo.
- Cumplir inspecciones diarias.
- Conocer y aplicar el manual del fabricante.

RIGGER O APAREJADOR

- Seleccionar correctamente los elementos de izaje.
- Realizar estrobado seguro.
- Proteger eslingas de cantos vivos.
- Mantener comunicación clara con el operador.
- Ajustar la carga al centro de gravedad.

SEÑALERO

- Dominar los tipos de señales (manuales, radiales o audibles).
- Mantener contacto visual constante.
- Coordinar movimientos, detener maniobras inseguras.

SUPERVISOR

- Verificar el plan de izaje.
- Controlar que el personal use EPP adecuado.
- Validar documentación y aptitudes del equipo de trabajo.
- Asegurar que existan barreras y demarcación de áreas prohibidas.

EMPRESA CONTRATISTA Y MANDANTE

- Entregar capacitación obligatoria.
 - Proveer equipos en condiciones seguras.
 - Mantener trazabilidad de inspecciones y mantenciones.
 - Garantizar que el trabajo se ejecute con procedimientos vigentes.
-

1.5 Prohibiciones Críticas en Maniobras de Izaje

Son prohibiciones absolutas:

- Pasar bajo una carga suspendida.
- Izar cargas desconocidas en peso.
- Utilizar eslingas sin etiqueta legible.
- Usar accesorios dañados, deformados o sin certificación.
- Superar la carga límite de trabajo del equipo o de la eslinga.
- Operar bajo sustancias prohibidas.
- Izar sobre personas o equipos activos.
- Trabajar sin señalero cuando es requerido.
- Acortar eslingas mediante nudos.
- Realizar maniobras con ángulos inferiores a 30° sin reducción de capacidad.

Estas prácticas son responsables de la mayoría de incidentes graves y fatales en la industria.

1.6 Reflexión Final del Capítulo

La gestión segura de una maniobra de izaje no depende exclusivamente del operador o del equipo, sino de un **sistema completo de control**, donde se integran:

- Normas técnicas internacionales,
- Leyes y reglamentos nacionales,
- Documentación preventiva,
- Competencia del personal,
- Cultura de seguridad.

El conocimiento adecuado de este marco es el primer paso para garantizar maniobras seguras, estables y profesionalmente ejecutadas.

NOTAS DEL AUTOR: BOLETÍN 2

En el fondo de un accidente, incidente o fatalidad, siempre se establece un equipo investigador que buscará evitar la probabilidad de que el hecho se repita. Esta investigación verifica que se hayan considerado todos los controles necesarios y busca detectar la brecha que lo permitió. De esta forma se tomarán las medidas punitivas, que pueden ir en su grado mínimo con la desvinculación del responsable, hasta el presidio de este. La documentación previa, los antecedentes que se reúnan y los testimonios de los involucrados serán los elementos que determinen las responsabilidades en la situación no deseada es por eso que este capítulo se esfuerza en dar especial importancia y crear conciencia que el potencial de daño que ocurra por un descuido o falta de planificación tiene consecuencias mayores, no solo para el involucrado, sino que también para el equipo de trabajo, la organización y en el caso de un fatal, a una familia completa.

"LO HE ESTADO HACIENDO ASÍ DURANTE VEINTE AÑOS..."

Más trabajadores son accidentados en la industria moviendo materiales que llevando a cabo cualquier otra función. En las operaciones diarias, trabajadores maniobran, transportan y almacenan materiales. También lo pueden hacer a mano, con equipo manual para mover cargas o equipos motorizados.

TALLER 1

Realice una búsqueda de, al menos, 3 videos o testimonios sobre accidentes de grúas. Para cada caso, identifique la posible causa raíz del accidente y emita un juicio fundamentado sobre en quién recae la responsabilidad.

CAPÍTULO II

Elementos de Izaje, Criterios de Rechazo y Principios de Maniobras

2.1 Introducción

Los elementos de izaje constituyen el vínculo directo entre la carga y el gancho del equipo. Por esta razón, su selección, inspección y uso adecuado son determinantes para la seguridad de cualquier maniobra. Un error en la elección del accesorio o su uso fuera de especificación puede generar cortes, sobrecargas, pérdida de estabilidad o caída de la carga.

Este capítulo aborda los distintos tipos de elementos de izaje, sus características, criterios de rechazo y los principios básicos que deben aplicarse antes de ejecutar cualquier maniobra.

2.2 Elementos de Izaje

¿QUÉ ES UN IZAJE AÉREO?

La norma ASTM A906, establece que, es el proceso de izaje que pondría una carga libremente suspendida en una posición en que al dejarla caer, presenta la posibilidad de daños corporales de bienes.

Los elementos de izaje pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Elementos flexibles:** eslingas sintéticas, estrobo de cable y eslingas de cadena.
- **Elementos rígidos o accesorios metálicos:** grilletes, ganchos, cáncamos, argollas maestras, pastecas, tensores y otros.

Cada uno tiene propiedades específicas, capacidades y limitaciones que deben conocerse para seleccionar el elemento adecuado según el tipo de carga, el ambiente, los ángulos de trabajo y la forma del estrobado.

¿Por qué las maniobras de izaje deben estar en buen estado? La respuesta parece evidente: para evitar que la carga caiga. Sin embargo, la reflexión es más profunda. Con el tiempo, el hábito de revisar eslingas, grilletes y accesorios se vuelve tan rutinario que puede generar una falsa sensación de seguridad, y no todas las fallas son visibles a simple vista.

Una eslinga puede dañarse entre un levante y otro, un grillete puede deformarse bajo carga sin mostrar señales externas inmediatas, y un gancho puede estar cerca de su límite sin que el operador lo perciba. Por eso es imprescindible que cada revisión sea consciente y meticulosa, entendiendo que la integridad del sistema puede cambiar en cuestión de minutos.

Mantener los elementos de izaje en buen estado no solo previene fallas técnicas: protege vidas, asegura estabilidad operacional y reafirma el compromiso profesional de tratar cada maniobra como una actividad crítica donde no existe margen para la complacencia.

Es por eso que a los actores principales en la aplicación de las operaciones de levante se establecen ciertas responsabilidades a Usuarios y Fabricantes, estas son:

Responsabilidad del fabricante

Entregar información de identificación:

Nombre, capacidad, trazabilidad

Entregar rendimiento del producto

Carga límite de trabajo, ductilidad, propiedades de fatiga, propiedades de impacto.

Responsabilidades del usuario

Inspección frecuente, periódica e inicial. Inspeccionar la maniobra de izaje, desarrollar plan de levante, conectar adecuadamente los elementos de izaje. Conocer la carga límite de trabajo, peso de la carga y capacidad del equipo.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°3

CARGA LÍMITE DE TRABAJO

ASME B30.9 y ASME B30.26: Es la máxima carga permitida por el fabricante la eslinga.

CARGA LÍMITE DE TRABAJO = LÍMITE DE RUPTURA / FACTOR DE DISEÑO

Dónde:

Carga Límite de Trabajo o (WLL) por sus siglas en inglés de **Work Load Limit**, es la carga que un cable nuevo o usado puede manejar bajo condiciones de uso dado, asumiendo un factor de diseño.

Factor de Diseño: Establecido por la norma ASME B30.9

Límite de Ruptura: Es la carga que se registró al momento de realizar la prueba destructiva.

Ejemplo: Un fabricante desarrolla una eslinga con ciertas características de resistencia a la tensión.

En el banco de pruebas se aplica una fuerza de progresiva, de forma gradual hasta que el elemento colapse en su resistencia. Si la eslinga alcanza su límite de ruptura a los 14.000 kg. Y su factor de seguridad es de 5:1, entonces:

$$\text{Carga límite de trabajo} = \frac{14.000}{5}$$

Carga Límite de Trabajo: 2.800 Kg.

La carga máxima es determinada por pruebas del producto en tensión controlada, en línea bajo condiciones normales.

Factor de diseños comúnmente establecidos (pueden cambiar según los avances en las investigaciones):

Estrobo 5:1

Cadenas 4:1

Eslinges 5:1

Grilletes 5:1

Los estándares ASME tienen como finalidad proteger y minimizar los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores y para ello proveer la protección para la vida, lesiones incapacitantes y el cuidado a la propiedad pública/privada prescribiendo los requerimientos de seguridad.

2.3 Eslinges Sintéticas (Planas o Tubulares)

La eslinga plana de fibra sintética, es probablemente la maniobra de izaje más utilizada por su versatilidad y bajo peso, sin embargo, cuenta con una debilidad muy importante, y es su baja resistencia a los factores exógenos y por sobre todo a la presencia de vértices afilados o los conocidos “cantos vivos”. El cuidado en el almacenamiento y su revisión en todo momento es importantísimo para el resguardo de esta maniobra, ya que además son susceptibles a daños por partículas incandescentes, ataque químico e incluso deterioro por radiación ultra violeta.

2.3.1 PARTES PRINCIPALES

- **Ojos u ojales:** puntos de conexión.
- **Cuerpo:** parte resistente, compuesta por capas.
- **Etiqueta:** elemento crítico que indica capacidad, largo, normas aplicables y trazabilidad.

2.3.2 CAPACIDADES

La etiqueta indica:

- **Capacidad axial.**
- **Capacidad en cesto.**
- **Capacidad en lazo.**

La capacidad **nominativa** siempre se refiere a la capacidad axial.

2.3.3 LIMITACIONES

Las eslingas sintéticas son vulnerables a:

- Cantos vivos y esquinas filosas.
- Abrasión.
- Productos químicos.
- Partículas incandescentes.
- Radiación UV.
- Aplastamiento por la carga.

2.3.4 CRITERIOS DE RECHAZO

Una eslinga debe ser dada de baja cuando:

- La **etiqueta no es legible** o está ausente.
- Presenta cortes, desgarros o fibras expuestas.
- Muestra abrasión severa o quemaduras.
- Tiene contaminación química.
- Deformación por aplastamiento.
- Cambios de color por degradación UV.

Regla esencial:

Ningún accesorio debe superar **la mitad del ancho del ojo** para evitar deformaciones en la costura.

EJERCICIO N°2
Para un ejemplo práctico para levantar un peso patrón de 5.000 kg. Con una distancia máxima entre “tomas” de 2.500 mm. Solicitaremos con sus respectivos grilletes, 4 eslingas planas de 3.900 kg., de 3 metros de largo. Con esta configuración obtendremos

buenas capacidades para levantar la carga de manera segura. ¿Puede explicar por qué y Cuál fue el criterio que utilizó el especialista para seleccionar las maniobras?

CARGA LÍMITE DE TRABAJO (WLL) PARA ESLINGAS FACTOR DE DISEÑO 5:1													
ASME B30.9		ESLINGAS PLANA OJO - OJO DE POLIESTER EN TONELADAS METRICAS FACTOR DE SEGURIDAD 5:1											
		AXIAL ↑				LAZO ⚡				CESTO ↑			
Ancho		Capas				Capas				Capas			
mm.	pulg.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
25	1	0,70	1,40	2,00	2,5	0,6	1,1	1,6	2,0	1,5	2,8	3,9	5,0
50	2	1,4	2,8	3,9	5,0	1,1	2,2	3,1	4,0	2,8	5,6	7,8	10,0
75	3	2,1	4,0	5,7	7,5	1,7	3,2	4,6	6,0	4,3	8,0	11,5	14,9
100	4	2,8	5,0	7,1	9,3	2,2	4,0	5,7	7,4	5,6	10,0	14,2	18,5
125	5	3,5	6,2	8,9	11,6	2,8	5,0	7,1	9,3	7,1	12,4	17,8	23,1
150	6	4,2	7,5	10,7	13,9	3,4	6,0	8,5	11,1	8,4	15,0	21,4	27,8
200	8	5,3	10,3	15,1	20,0	4,3	8,3	12,1	16,0	10,7	20,6	30,3	40,0
250	10	6,7	12,9	18,9	24,9	5,3	10,3	15,1	19,9	13,3	25,8	37,8	49,8
300	12	8,0	15,5	22,7	29,9	6,4	12,4	18,1	23,9	16,0	30,9	45,4	59,8
ESTOS VALORES NO ESTÁN CONTEMPLADOS EN LA NORMA ASME B30,9													

La etiqueta mostrará dos configuraciones más, que son en “lazo” y “cesto”. Pero nominativamente la llamaremos por su capacidad en amarre axial. El largo es igualmente importante debido a que el ángulo en la horizontal del amarre aumentará significativamente en la tensión de esta y la separación de los puntos de amarre, llegando a su límite de ruptura, si no se tiene el especial cuidado. Esta condición se presenta en todas las demás eslingas (cadena, estrobo, etc.). En el cuerpo de la eslinga se identificará dos factores que determinan su capacidad, una es el ancho, que será comprendido en la unidad de medida pulgada y el número de capas que componen el cuerpo de la eslinga sintética. En algunas marcas se establece una relación algebraica para determinar la capacidad axial, en el caso de que no se encuentre la etiqueta se puede utilizar para ejercicios autorizados por una entidad competente. Esta es:

Nº de capas X ancho de la eslinga en pulgadas X 700 (adimensional) = capacidad axial de eslinga

Ejemplo:

Si una eslinga tiene de 4" de ancho y cuenta con 3 capas en su cuerpo, entonces la fórmula sería:

$$\text{Capacidad Axial de Eslinga} = 4 \times 3 \times 700$$

El resultado se lee en kilogramos

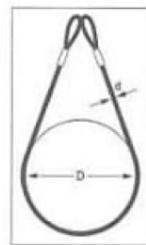
$$\text{Capacidad Axial de Eslinga} = 8400 \text{ kg.}$$

2.4 Estrobo Metálicos (Cables de Acero)

Los estrobos metálicos están diseñados para resistir ambientes hostiles, temperaturas elevadas y zonas con riesgo de abrasión.

Conocidos solo como estrobo, es un elemento de izaje de construcción metálica, compuesto por torones (conjunto de alambres enrollados en un núcleo) que se enrollan alrededor de un alma metálica o de fibra sintética. Al igual que el elemento anterior, cuenta con un cuerpo y en la mayoría de las ocasiones con dos ojales conformados por la unión de los extremos del estrobo a un casquete.

Este elemento tiene ciertas aplicaciones en ambientes donde se presentan altas temperaturas o exposición a partículas incandescentes, ya que cuentan con gran resistencia a este tipo de condiciones, la forma de identificarla es la misma que en el elemento anterior, pero a diferencia de la eslinga plana, esta será el diámetro en pulgadas y su capacidad axial. También cuentan con dos configuraciones seguras adicionales que son en Cesto y en Lazo, pero hay que mantener cuidado con los ángulos cerrados, porque podrían causar deformación permanente en el estrobo, haciéndolo inútil para la siguiente aplicación.



2.4.1 CONSTRUCCIÓN

- Torones enrollados alrededor de un alma (metálica o sintética).
- Ojales conformados mediante casquete o mediante prensas (grapas).

2.4.2 CONSIDERACIÓN CRÍTICA: RELACIÓN D/d

Para evitar daño permanente:

- D = radio de curvatura o diámetro del accesorio.
- d = diámetro del estrobo.

Condición mínima:

El radio de curvatura debe ser 25 veces mayor que el diámetro del cable para que no se cause daño por deformación permanente en el estrobo.

D ≥ 25 × d

Si este criterio no se respeta, se deforman los torones y disminuye la vida útil del estrobo.

2.4.3 LIMITACIONES

- Susceptible a deformación permanente si el ángulo de lazo es < 120°.
- Posibilidad de daños internos no visibles.

2.4.4 CRITERIOS DE RECHAZO

- Alambres rotos o tendencia de rotura.
- Aplastamiento evidente.
- Deformaciones (torceduras, destrenzado).
- Corrosión significativa.
- Daños por arco eléctrico.
- Reducción del diámetro nominal > 5%.
- Desprendimiento del casquete.
- Falta de trazabilidad.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°4

En el caso de la configuración en lazo, se debe mantener un ángulo mínimo de 120° en el vértice del punto donde se cierra el amarre.

Su aplicación es recomendable para cargas que exponen cantos afilados, que puedan amenazar con cortes, a las eslingas planas de fibra sintética. Aunque existen diferentes terminales de ojales para cada configuración, siendo la opción ojo-ojo, la más común, también es común encontrar en estas con o sin guarda cabos. Este componente es una guarda que se sitúa en el diámetro interno del ojo, protegiendo al estrobo de la relación D/d explicada en el párrafo anterior. El inconveniente que se puede producir es que, al disminuir en una fracción el diámetro del ojo, este puede no entregar el espacio suficiente para instalar un accesorio.

Existe la posibilidad de armar un estrobo estableciendo el largo a voluntad y realizando el cierre para el ojal con unos accesorios llamados prensas o grapas, que permite además la instalación de guarda cabos. La forma de instalar las prensas, viene determinada por el fabricante, indicando en sus tablas la cantidad de grapas necesarias que puede ser desde 3 a 5, en un tramo y un torque determinado. Para realizar este armado hay que referirse a las tablas de cada fabricante y obedecer al pie de la letra de sus indicaciones.

¿Cómo determinar la capacidad de un cable conociendo su diámetro?

Ejemplo, para un cable de diámetro 7/8", hay que llevar el valor de fracción a decimal, por lo tanto la resultante de 7/8 es igual a 0.875, posteriormente se eleva dicho valor al cuadrado. 0.875 al cuadrado da como resultado 0.765, este valor se multiplica por la constante 9.72 Ton., proveniente del valor nominal de un estrobo de 1" de diámetro.

La carga límite de trabajo será dada por la ecuación:

$$WLL = 0.765 * 9.72 \text{ ton.} = 7.44 \text{ Ton.}$$

Por lo tanto el límite de ruptura debería ser de 37.2 ton. A un factor de seguridad de 5:1

2.5 Eslinges de Cadena

Utilizadas para cargas pesadas y ambientes abrasivos, son eslingas conformadas por líneas de eslabones, generalmente vienen de a cuatro ramales o piernas, unidas a una argolla maestra que se sitúa en el gancho del equipo. Son muy resistentes, generalmente traen ganchos en sus terminales y sus aplicaciones son muy específicas. En ocasiones se prefieren en montajes ya que existe una configuración de ganchos "J" que se ajustan a los eslabones, permitiendo ecualizar la carga para variar su postura o centro de gravedad.

Aunque son resistentes, son impredecibles cuando han sido mal utilizados, ya que es difícil detectar grietas o deformaciones entre sus eslabones, es por esto, que se recomienda realizar inspecciones periódicas y registrarlas con trazabilidad, ya que una forma de detectar el mal uso de la maniobra es observar la diferencia en su largo, para determinar que se ha presentado el estiramiento de sus empalmes.

Es un elemento robusto, sin embargo no es la preferida entre los usuarios, debido a la deficiencia que presenta este elemento al ser el más pesado de transportar y manipular, en ocasiones incluso, es el responsable de accidentes relacionados con las manos debido a pellizcos, atrapamientos, o incluso golpes. Es importante mantener mucha atención al manipular este elemento.

Al instalar las cadenas siempre se dan unos leves estirones haciendo tensión en la carga, sin despegar esta, para que los eslabones se acomoden libremente. En ocasiones, la cadena se acomoda sola acompañada de un golpe seco, esta es señal que puede estar torcida y podría provocar daño en alguno de los eslabones. Como dijimos antes, es muy difícil detectar fisuras en los eslabones, por lo que el cuidado en la instalación viene siendo uno de los controles en el buen estado del elemento y el aumento de su vida útil.

Como insistimos anteriormente, la inspección debe realizarse antes y después de cada uso y se recomienda que sea dada de baja si el estiramiento en cualquiera de sus ramales, supere su largo en más de un 5%.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS

- Construcción mediante eslabones metálicos.
- Pueden venir en configuraciones de 1, 2, 3 o 4 ramales.
- Ajustables mediante ganchos “J” o acortadores.

2.5.2 VENTAJAS

- Altísima resistencia.
- No se afectan por temperatura moderada.
- Excelente comportamiento ante bordes agudos.

2.5.3 LIMITACIONES

- Son pesadas y difíciles de manipular.
- Alto riesgo de atrapamiento de manos.
- Difícil detectar fisuras internas.
- Su elongación permanente indica sobrecarga severa.

2.5.4 CRITERIOS DE RECHAZO

- Estiramiento $> 5\%$ en cualquier ramal.
- Eslabones torcidos, deformados o fisurados.
- Ganchos sin pestillo o con grietas.
- Desgaste excesivo por abrasión.
- Pérdida de calibración o trazabilidad.

2.6 Grilletes

Se ha encontrado que el correcto templado y revenido del acero es el mejor tratamiento térmico para desarrollar totalmente sus propiedades. El producto templado y revenido se deformará antes de su falla definitiva, y por ende dará aviso. El templado es un proceso de enfriamiento rápido en agua o aceite después de haber sido calentado, para formar una estructura dura pero dúctil. En el proceso de revenido se recalienta la pieza por un tiempo determinado. El producto obtiene la dureza deseada mientras se incrementa su ductilidad.

La resistencia a la tensión determina la real carga del límite de trabajo permitido. La ductilidad permite que el producto se deforme cuando es sobre cargado.

Existen tres tipo de grilletes en la industria, según su aplicación, estos son: grilletes de perno recto, de perno roscado y perno con tuerca chaveta.

Grilletes de perno recto son usados únicamente cuando las cargas son aplicadas en línea. No pueden ser usados para unir eslingas y B30.26 no reconoce a este grillete como equipo de izaje.

Los grilletes de perno roscado son usados para aplicaciones de levantar y poner. Siempre asegúrese que el perno está bien apretado antes de cada izaje y que el perno no girará durante su uso. Pueden ser usados a toda su carga límite de trabajo y juntar varios ramales de eslinga.

Pueden ser también cargados de lado a una reducción de su capacidad.

Grilletes de perno, tuerca y chaveta son recomendados para instalaciones permanentes o para períodos prolongados y en donde la carga puede deslizarse por el perno. Pueden ser usados a toda su carga límite de trabajo y juntar varios ramales de eslinga. Pueden ser también cargados de lado a una reducción de su capacidad.

Accesorios fundamentales para conectar eslingas con el gancho del equipo.

2.6.1 TIPOS

- **Perno recto (no recomendado para izaje).**
- **Perno roscado (uso general).**
- **Perno + tuerca + chaveta (instalaciones permanentes).**



2.6.2 REGLAS ESENCIALES

- El perno debe estar completamente apretado.
- No sobresaturar el grillete con eslingas insuficientemente dimensionadas.
- Grillete puede ser cargado lateralmente, pero **con reducción de capacidad**.

2.6.3 CRITERIOS DE RECHAZO

- Rosca barrida.
- Estructura deformada.
- Fisuras por impacto.

- Pérdida de galvanizado por corrosión severa.
- Perno incompatible con el cuerpo del grillete.

NOTAS DEL AUTOR -

Las pruebas de fatiga determinan la habilidad del material a soportar aplicaciones repetitivas de carga. Un método aceptado de probar accesorios a la fatiga es sobre cargarlos 1,5 veces a la carga límite de trabajo durante 20.000 ciclos, sin falla. Esta prueba de estándar es aceptada como indicativa de ciclo de vida indefinida cuando se emplea dentro de la carga límite de trabajo en circunstancias normales (no cíclicas). La propiedad del acero cuando es cargado rápidamente es conocida como resistencia al impacto o a la dureza.

Grilletes, tensores, cáncamos, ojillos, argolla, eslabones, destorcedores y pastecas para maniobras tendrán suficiente ductilidad para deformar permanentemente antes de perder la habilidad de soportar la carga a las temperaturas que será usadas. Grapas para cable de acero y terminales de cuña tendrán la suficiente resistencia para que falle el cable antes que la grapa.

Almacenaje

Almacene en un área donde no será expuesto a daños, acción corrosiva o calor extremo. La resistencia puede ser afectada por ambientes químicamente activos como ácidos, cáusticos o vapores.

Temperatura

Accesorios con materiales no-ferrosos o rodamientos lubricados no deben ser sometidos a temperaturas elevadas. Accesorios galvanizados, electro-galvanizados o pintados pueden sufrir degradación del acabado de la superficie. Exposiciones prolongadas a elevadas temperaturas causará escoriaciones y reducción de sus capacidades.

Consulte al fabricante cuando:

1. Grilletes, argollas, eslabones, destorcedores, tensores, ojillos o grapas para cable son usadas sobre los 204°C o por debajo de los -40°C.
2. Cáncamos giratorios usados arriba de los 204°C o por debajo de los -29°C y cáncamos de carbono usados arriba de 135°C o debajo de -1°C.
3. Terminales de cuña usados arriba de 204°C o abajo de los -20°C
4. Pastecas de maniobras usadas arriba de los 204° o abajo de los -4°.

¡!!No hay pérdida de resistencia durante uso por debajo de los 204°C y sobre de los - 40°C!!!

2.7 Ganchos de Izaje

Regulados por ASME B30.10.

2.7.1 REGLAS

- Deben estar provistos de seguro de cierre positivo.
- La carga debe asentarse en la **base del gancho**, nunca en la punta.
- Evitar cargas dinámicas y golpes bruscos.
- Prohibido someter al gancho a cargas hacia atrás o fuera del eje principal.

2.7.2 CRITERIOS DE RECHAZO

- Apertura excesiva de la garganta.
- Deformación plástica.
- Grietas visibles.
- Pérdida del seguro.
- Señal evidente de sobrecarga.

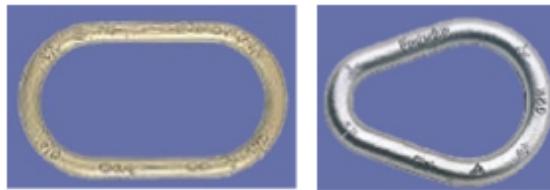
2.8 Accesorios

Existen variedades de accesorios que un operador, rigger o supervisor de levante debe conocer, estos varían según aplicaciones e incluso necesidades específicas, siendo los mas importantes y los que abordaremos en este apartado: Argollas, eslabones, tensores, cáncamos, terminales de cable y yugos de izaje.

Argollas y eslabones

Obviamente los ganchos y grilletes no son los únicos accesorios usados para izajes aéreos. Muchos otros tipos de accesorios son usados, incluyendo: argollas, eslabones, eslabones maestros y tensores. Estos son dimensionados por el diámetro nominal del material. Todos los eslabones maestros son de aleación. Las argollas pera son disponibles en carbono y

aleación. Las argollas solamente en carbono. Las cargas límites de trabajo están basados en tensiones sencillas en línea o con eslingas múltiples con un ángulo incluido menor a 120°.



Indicadores de ángulos forjados a 45° en cada extremo del eslabón, son utilizados para aproximar rápidamente el ángulo incluido entre dos eslingas. El eslabón , la argolla o anillo serán de correcto tamaño y forma para asegurarse que se asienta correctamente en el gancho o dispositivo de izaje.

Eslinges múltiples o accesorios agrupados en una argolla o eslabón no deberán exceder los 120° en el ángulo incluido. Los eslabones maestros están disponibles con argolla sencilla o con sub argollas, recomendadas para eslingas de 3 o cuatro ramales. Las sub argollas son recomendadas al otorgar una mejor alineación de las eslingas y ecualizan mejor la carga, mientras que las argollas peras son usadas para agrupar eslingas múltiples.

Tensores

Tensores con ojo y quijada son adecuados para ser usados en izajes aéreos, los tensores son designados por el diámetro de las roscas y no tienen una capacidad de carga impresa. La carga límite de trabajo está basada en cargas en línea. Estos son usados para ajustar la longitud de las eslingas múltiples.



Cáncamos

Deben ser asegurados para evitar rotación, cáncamos sin tope en contacto con la carga solamente se usarán en línea y solo cáncamos con tope se usarán para izajes laterales.



Notas importantes:

1. Siempre asegúrese de que las roscas y la perforación receptora están limpios
2. Nunca maquine, esmerile o corte el ojo de un cáncamo.

3. Nunca use cáncamos estándares para cargas angulares.
4. Nunca corté el vástago para asentar el tope en la carga.
5. Siempre ajuste la perforación con ayuda de roldanas para asentar el tope.
6. Atornille completamente el cáncamo a la carga.
7. Apriete firme al cáncamo a la carga.

Cuando se emplean cáncamos al final de una eslinga múltiple, la carga en las eslingas su en los cáncamos se verá incrementada a medida que el ángulo horizontal disminuye. Al mismo tiempo, la carga límite de trabajo del cáncamo es reducida debido a la carga angular. Los cáncamos giratorios no pierden capacidad de levante por ser cargados correctamente a un ángulo. Estos cáncamos deben ser apretados con torquímetro según las especificaciones del fabricante.

A menudo los cáncamos giratorios son una mejor opción de unión a la carga. Al estar bien instalados, el aro del cáncamo giratorio gira y se alinea libremente con la eslinga. La carga límite de trabajo es determinada por la carga que se aprecia en cada eslinga. Las capacidades de los cáncamos giratorios no requieren ser disminuida por la carga angular.

Terminales de cable

El cable de acero es una herramienta muy útil, sin embargo, para usar el cable de acero, debemos fijarle un accesorio en el extremo. Cada terminación de cable se fija de una forma especial y puede afectar la resistencia del cable. La resistencia del cable de acero es medida por un concepto de eficiencia. Las capacidades de eficiencia de las terminaciones son basadas en la carga de ruptura del catálogo del fabricante del cable de acero. Las grapas tienen una eficiencia del 80% cuando los diámetros son menores a 1" y de 90 % cuando el diámetro del cable es superior a 1".

La eficiencia del terminal, es la fuerza disponible del cable de acero como resultado de la terminación y la clasificación de la eficiencia para el terminal del cable de acero se basa en la carga de ruptura de este. Un 80% de eficiencia, significa que el 80% de la carga de ruptura indicada en el catálogo del fabricante debe ser utilizada, cuando se ha hecho correctamente la instalación. Por lo tanto, la resistencia del cable de acero es determinada por la eficiencia del terminal y no la capacidad del cable de acero. El uso en el elevadores, izaje de personal y en andamios ver ANSI A17.1 y ANSI A10.4, estos estándares, no recomiendan el uso de grapas con tornillo "U".

Terminales de cuña

Como se indica en el manual, los terminales de cuña, tienen una eficiencia del 80% basada en la resistencia del catálogo del fabricante.

Resistencia del catálogo ASME B30.5-2004 Grúas móviles, sección 5-1.7.1(d) establece: "El factor de diseño especificado en párrafos 5-1.7.1 (a) hasta la (c) que serán el total de la carga de ruptura mínima de todos los cables del sistema dividido por la carga impuesta en el sistema de cables soportando los pesos estáticos de la estructura y la carga de la grúa".

Los requerimientos básicos para una terminación correcta, son: Línea de carga en línea con el perno, longitud de cable correcta (en cables de 8 a 10 torones), por lo menos 6 diámetros. Asegure la cola y no la una a la línea de carga. Al finalizar, aplique una primera carga para asentar la cuña.

Yugos de izaje

Los **yugos de izaje** son dispositivos estructurales diseñados para distribuir, equilibrar y controlar las cargas durante una maniobra de levante. Su función principal es permitir que uno o varios puntos de izaje trabajen de forma coordinada, reduciendo tensiones innecesarias en los elementos de estrobado y evitando esfuerzos indeseados sobre la carga. Gracias a su geometría, un yugo puede modificar la trayectoria de los vectores de carga, generar separación entre puntos de enganche, mantener la nivelación de componentes voluminosos y, en términos generales, mejorar la estabilidad del sistema completo de izaje.

Existen diversos tipos de yugos—fijos, regulables, en H, en T, telescopicos, multipunto—cada uno orientado a responder a necesidades específicas de montaje, transporte o posicionamiento de equipos industriales. Su correcta selección no solo optimiza la eficiencia de la maniobra, sino que también mitiga riesgos, especialmente en componentes frágiles, piezas de gran longitud o cargas con centros de gravedad complejos.

Al ser un **dispositivo fabricado**, todo yugo de izaje debe contar con su **memoria de cálculo estructural**, que demuestre su capacidad resistente, sus coeficientes de seguridad, los materiales empleados, los métodos de unión (soldadura, pernos, pasadores), y el cumplimiento de las normas aplicables. Esta memoria también especifica las configuraciones de uso permitidas, el límite de carga admisible (WLL), la carga máxima de prueba, y las restricciones de operación. Su ausencia o pérdida compromete la trazabilidad del equipo y puede poner en riesgo al operador y a todo el sistema de levante.

En resumen, un yugo de izaje no es simplemente un accesorio más, sino un elemento crítico cuya ingeniería determina la confiabilidad de la maniobra. Su uso responsable implica no solo inspeccionar su estado físico, sino también validar su documentación técnica y asegurarse de que su aplicación esté dentro del diseño para el cual fue fabricado.

2.9 Principios Operativos de Maniobras (ASME B30.9)

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°5

ASME B30.9, estipula procedimientos críticos que el maniobrista competente deberá seguir para asegurar que las eslingas correctas sean seleccionadas y usadas. También aborda asuntos relacionados con advertencias que dicen relación con la fabricación, acoplamiento, uso, inspección y manutención de eslingas usadas para izar cargas que son utilizadas en conjunto con equipamientos descritos en otros volúmenes.

Eslinges de cadena fabricadas en acero, eslingas de cable de malla metálica, cable de fibra sintética, eslingas sintéticas como aquellas hiladas en fibra sintética dentro de forros protectores son abordados en el presente curso. Eslinges fabricadas en otros materiales o métodos de fabricación diferentes que a aquellos detallados en este curso deberán ser usados solamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la eslinga o por una persona calificada.

Prácticas operativas

Las maniobras que aparentan estar dañadas, no serán usadas.

Las maniobras serán seleccionadas teniendo las características para el tipo de carga, enganche y medio ambiente.

Las maniobras de levante no serán excedidas.

Las maniobras y/o accesorios serán de la forma y tamaño adecuado para asegurarse que asiente bien en el gancho del equipo.

¿La carga está bajo control?

Un buen control de la carga comienza con aparejar sobre el centro de gravedad. Aparejar al centro de gravedad requiere que el gancho de izaje principal sea colocado por sobre el centro de gravedad. Hecho esto, las eslingas deberán ser conectadas firmemente a la carga para que rodeen y capturen el centro de gravedad.

Una carga correctamente aparejada a su centro de gravedad se izará de forma nivelada, no se ladeará ni caerá. Si la carga no está aparejada a su centro de gravedad, la carga se desplazará a medida que es levantada. El centro de gravedad se desplazará hasta que se encuentre debajo del gancho.

2.8.1 SELECCIÓN ADECUADA

La maniobra debe ser seleccionada considerando:

- Tipo de carga.
- Peso y forma geométrica.

- Centro de gravedad.
- Ángulos de trabajo.
- Ambiente operacional.
- Compatibilidad entre accesorios.

2.8.2 REGLAS DE BUENA PRÁCTICA

- No usar una eslinga dañada.
- No exceder la capacidad del accesorio.
- No introducir partes del cuerpo entre la eslinga y la carga.
- No pasar bajo una carga suspendida.
- No arrastrar eslingas desde debajo de la carga.
- No acortar eslingas con nudos.
- Usar líneas guía cuando sea necesario.
- Izar siempre sobre el centro de gravedad.
- Controlar balanceo y rotación.
- Mantener comunicaciones claras con el operador.

2.9 Control de la Carga

2.9.1 CENTRO DE GRAVEDAD

El **centro de gravedad (CG)** es el punto donde se concentra el peso total de un objeto, es decir, el lugar en el que podemos imaginar que toda la masa está equilibrada. Cuando un cuerpo se izará, este punto determina cómo se comportará la carga al ser levantada: si el estrobado no está alineado con el centro de gravedad, la carga tenderá a girar, inclinarse o desplazarse de manera inesperada, generando tensiones desiguales en las eslingas y perdiendo estabilidad.

En términos prácticos, el CG es el “punto de equilibrio” real de la carga. Todo operador y rigger debe identificarlo y estrobar en función de su ubicación. Una vez que el gancho queda alineado sobre el centro de gravedad, el levantamiento se vuelve estable, predecible y seguro.

Comprender y respetar el centro de gravedad es uno de los principios más importantes en cualquier maniobra de izaje.

2.9.2 LÍNEAS GUÍA

- Recomendadas siempre que exista riesgo de giro.
- Permiten control fino del movimiento.
- Evitan la exposición directa del rigger a la trayectoria de la carga.

2.10 Errores Comunes que Provocan Incidentes

- Seleccionar una eslinga según “costumbre” y no por cálculo.
- Utilizar grilletes de perno recto en cargas móviles.
- Estrobar sin proteger las eslingas de bordes agudos.
- No considerar los ángulos del triángulo de izaje.
- Subestimar el peso real de la carga.
- Usar cadenas deformadas “porque aún sirven”.
- Izar sin señalero en zonas de interferencia.
- Hacer maniobras rápidas o con movimientos bruscos.
- No revisar el largo de los ramales para detectar estiramiento.

Las investigaciones de accidentes demuestran que estas prácticas se repiten de forma sistemática y pueden prevenirse mediante formación adecuada.

2.11 Síntesis del Capítulo

Este capítulo establece los fundamentos técnicos que permitirán seleccionar e inspeccionar correctamente los elementos de izaje. Antes de iniciar cualquier maniobra, el equipo debe:

1. Verificar el estado y trazabilidad del accesorio.
2. Confirmar que la capacidad asignada es adecuada para la carga y el ángulo.
3. Proteger la eslinga de los cantos vivos y deformaciones.
4. Mantener el control operativo respetando las prácticas ASME B30.9.

Dominar estos principios es esencial para garantizar maniobras estables, seguras y eficientes.

CAPÍTULO III

Cálculos Aplicados al Izaje: Metrología, Cubicación, Trigonometría, Tensiones y Centro de Gravedad

3.1 Introducción

Toda operación de izaje depende de dos elementos críticos: **el conocimiento del peso real de la carga y la determinación de las tensiones que se generan en los elementos de izaje**. Errores en estos cálculos son la causa más frecuente de sobrecargas, cortes de eslingas, deformación de estrobo y pérdida de estabilidad en la grúa.

Este capítulo permite al participante comprender y aplicar los cálculos esenciales para planificar y ejecutar maniobras seguras.

3.2 Metrología Básica Aplicada al Izaje

Antes de planificar cualquier maniobra de izaje es indispensable contar con mediciones precisas y valores confiables. No se puede calcular el peso de una carga, definir el ángulo de trabajo, seleccionar las eslingas adecuadas ni determinar las tensiones reales si primero no se domina la forma correcta de medir y convertir unidades.

En este contexto, la metrología se convierte en la base técnica de todo cálculo asociado al levantamiento de cargas. La metrología es la ciencia de las mediciones. En izaje, permite::

- medir dimensiones,
- transformar unidades,
- calcular áreas, volúmenes y pesos,
- aplicar densidades,
- y asegurar que los valores usados en un plan de izaje sean coherentes.

3.2.1 UNIDADES DE USO FRECUENTE

Existen dos sistemas internacionales de medida ampliamente utilizados en las operaciones de izaje y en la industria en general: el **Sistema Internacional de Unidades (SI)** y el **Sistema Angloamericano o Imperial**. Ambos cumplen la misma función —cuantificar magnitudes físicas— pero utilizan unidades diferentes, lo que obliga al operador y al rigger a reconocerlos y evitar mezclarlos en un mismo cálculo.

El **Sistema Internacional (SI)** es el estándar más difundido en el mundo y es el que se utiliza formalmente en Chile. Emplea unidades como el metro (m) para longitud, el kilogramo (kg) para masa, el metro cúbico (m^3) para volumen y el newton (N) o la tonelada (ton) para fuerza y peso. Este sistema es coherente, decimal y facilita la conversión entre unidades.

El **Sistema Angloamericano o Imperial**, muy utilizado en Estados Unidos y presente en normas técnicas como ASME B30 y OSHA, emplea unidades como la pulgada ("), el pie (ft), la libra (lb) y la tonelada corta (US ton). Aunque más complejo en términos de conversión, sigue siendo un sistema obligatorio de dominar, puesto que gran parte de la documentación técnica de grúas, estrobo y accesorios de izaje está expresada en él.

Comprender ambos sistemas y saber convertir entre ellos es esencial para evitar errores de cálculo que pueden llevar a sobrecargas, selección incorrecta de accesorios o fallas en la planificación del izaje. En operaciones críticas, la diferencia entre pulgadas y milímetros, libras y kilogramos, o pies y metros puede determinar si una maniobra es segura o se transforma en un riesgo.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°6

El Sistema Internacional de Medidas, es el nombre que recibe el sistema de unidades que se usa en todos los países y es la forma actual del sistema métrico decimal. Fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesos y Medidas, una de las principales características, que constituye la gran ventaja del Sistema Internacional, es que sus unidades están basadas en fenómenos físicos fundamentales.

La única excepción es la unidad de la magnitud masa, el kilogramo, que está definida como «la masa del prototipo internacional del kilogramo», el cilindro de platino e iridio almacenado en una caja fuerte de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas. Desde noviembre del año 2018 en Versalles, los 60 Estados miembros han votado de forma unánime a favor de redefinir el kilogramo: a partir del año que viene, la unidad de masa no será un objeto físico, sino un valor derivado de una constante de la naturaleza.

Actualmente: “un kilo es la masa correspondiente a un valor fijo de la constante de Planck, medida a través de una balanza de Kibble”.

Sistema Métrico:

- Longitud: mm, cm, m
- Área: m²
- Volumen: m³
- Masa: kg, ton

Sistema Internacional (normas ASME / OSHA):

- Longitud: pulgadas (“), pies (ft)
- Fuerza: libras (lb)
- Masa: ton (US ton)

3.2.2 REGLA ESENCIAL

No mezclar sistemas de unidades dentro del mismo cálculo.

3.3 Cálculo de Áreas y Volúmenes (Cubicación)

Para determinar la masa real de un componente, el primer paso no debería ser tomar la calculadora, sino **buscar la información oficial**: documentos de aduana, fichas técnicas del

fabricante o la placa de identificación del propio equipo. Es la forma más precisa y confiable de conocer el peso sin margen de error. Pero cuando esos datos no existen —y suele ocurrir más seguido de lo que uno quisiera— comienza una tarea casi detectivesca: estimar el peso a partir de **figuras geométricas**. De pronto, una viga se convierte en un prisma, un estanque en un cilindro y una brida en un disco; y aplicando volúmenes, áreas y densidades, podemos llegar a una buena aproximación. Esta combinación entre rigor técnico y creatividad geométrica permite tomar decisiones informadas cuando la documentación no está disponible, evitando improvisaciones que podrían comprometer el izaje.

Para obtener el peso de un objeto necesitamos conocer:

1. **Su volumen (m³)**
2. **La densidad del material (ton/m³ o kg/m³)**

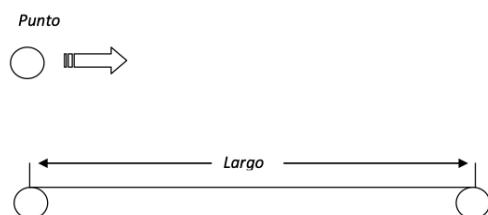
Luego se aplica:

$$\textbf{Peso} = \textbf{Volumen} \times \textbf{Densidad}$$

3.3.1 Cuerpos rectangulares

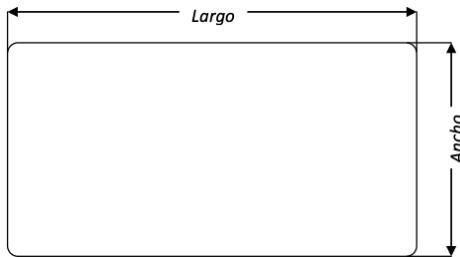
Cuando realizamos cálculos en izaje es fundamental **mantener un solo sistema de unidades**. Mezclar pulgadas con metros, o libras con kilogramos, conduce rápidamente a errores graves que pueden afectar la capacidad de la maniobra, la selección de accesorios o incluso la estabilidad de la grúa. Por eso, antes de iniciar cualquier ejercicio técnico, se debe confirmar que todas las magnitudes se expresan en el mismo sistema, ya sea en unidades simples (m, kg) o derivadas (m², m³).

Para comprender cómo obtenemos dimensiones y volúmenes, partamos desde lo más básico. Si tomamos un punto en el espacio y lo estiramos una distancia determinada, obtenemos una **línea**, es decir, una primera dimensión. En izaje solemos trabajar en el sistema métrico, por lo que el resultado se expresará en metros.



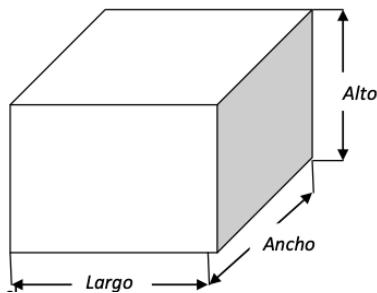
Si esa línea la extendemos en una segunda dirección, generamos un **área**, compuesta por un largo y un ancho. Por ejemplo, una superficie de 2 m por 1,2 m se calcula multiplicando sus lados:

$$2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 2,4 \text{ m}^2, \text{ donde el exponente surge de multiplicar metro por metro.}$$



Si ese mismo rectángulo lo proyectamos hacia arriba, agregando una altura, obtenemos un **volumen**. Aplicando el mismo criterio dimensional:

2,4 m² × 1,5 m = 3,6 m³, que representa un cuerpo tridimensional.

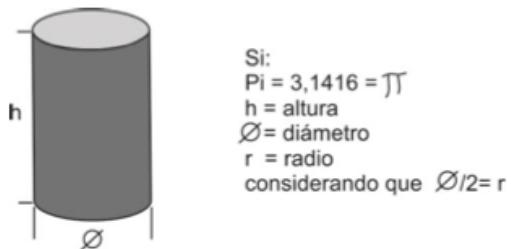


Esta lógica también aplica a cuerpos cilíndricos. Para obtener el área de una circunferencia usamos:

$$A = \pi \times r^2,$$

donde r es el radio. Si el radio es 0,5 m, entonces:

$$0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^2, \text{ multiplicado por } \pi \text{ para obtener el área circular.}$$



Comprender estas operaciones básicas permite calcular volúmenes, transformarlos en peso mediante densidad y finalmente tomar decisiones seguras al planificar un izaje.

Ejercicio:

$$\text{Largo} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 2 \times 1,2 \times 1,5 = \mathbf{3,6 \text{ m}^3}$$

3.3.2 Cuerpos cilíndricos

Para cilindros (tubos, estanques, ejes, piques):

Área de la base:

$$A = \pi \times r^2$$

Volumen:

$$V = A \times \text{altura}$$

Ejercicio:

$$r = 0,5 \text{ m}$$

$$A = 3,1416 \times (0,5)^2 = 0,785 \text{ m}^2$$

$$\text{Si altura} = 2 \text{ m} \rightarrow V = 1,57 \text{ m}^3$$

3.3.3 Densidades típicas de uso más frecuente

- Acero: **7,85 ton/m³**
- Cobre: **8,96 ton/m³**
- Aluminio: **2,64 ton/m³**
- Concreto: **2,40 ton/m³**
- Agua: **1,00 ton/m³**
- Arena: **1,92 ton/m³**
- Madera: **0,85 ton/m³**

3.4 Peso por metro lineal

Común en vigas, perfiles, tuberías y planchas.

Ejemplo:

Un perfil pesa 32,7 kg/m.

Si mide 6,1 m:

$$32,7 \times 6,1 = \mathbf{199,47 \text{ kg}}$$

3.5 Principios de Trigonometría Aplicada al Izaje

La trigonometría es una herramienta esencial en las maniobras de izaje porque permite comprender cómo se comportan las eslingas, cómo se distribuye la carga y cómo afecta la geometría al esfuerzo real que soportan los accesorios. Los ángulos más importantes son **60°** y **45° medidos desde la horizontal**, ya que representan zonas de trabajo seguras y eficientes. A **60°**, el esfuerzo sobre cada eslinga se mantiene cercano al peso real distribuido entre los ramales, lo que permite una operación estable con tensiones moderadas. A **45°**, la tensión aumenta significativamente, pues la eslinga tiene que trabajar más para levantar la misma carga, incrementando el factor L/H (longitud sobre altura). A medida que el ángulo **disminuye por debajo de 45°**, la carga sobre cada eslinga crece de forma exponencial, llegando a duplicarse o incluso triplicarse cuando los ángulos se acercan al límite de 30°, lo que convierte la maniobra en una condición crítica donde los accesorios pueden quedar sobrecargados.

La trigonometría también permite calcular el **radio de operación de la grúa**, algo fundamental para planificar la ruta de movimiento de la carga. Conociendo la altura, el ángulo de pluma y la geometría del sitio, es posible proyectar el recorrido exacto del gancho y asegurar que no existan interferencias. En resumen, dominar estos conceptos no solo ayuda a entender cómo se distribuye la carga, sino que permite planificar maniobras seguras, evitar sobrecargas y anticipar el comportamiento dinámico de la grúa y de la carga durante el izaje.

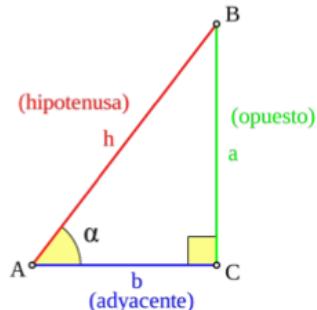
3.5.1 TRIÁNGULO RECTÁNGULO

La trigonometría trata esencialmente de la relación que existe entre los lados de un triángulo y sus ángulos interiores. La suma de los ángulos interiores de un triángulo siempre medirán 180°, mientras que la suma de los ángulos exteriores medirán 360°. Un triángulo rectángulo es aquel que uno de sus ángulos es recto, eso quiere decir que el valor del ángulo será de 90°. Otro triángulo reconocible en las actividades de izaje, es el triángulo equilátero en el cual todos sus lados son iguales, en consecuencia sus ángulos también, y para que esto ocurra, el valor de cada

ángulo debe ser de 60°.

Una forma de calcular los lados de un triángulo es con el teorema de Pitágoras, que nos dice que:

$$c^2 = a^2 + b^2$$



$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{Cos } \alpha = \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{Tan } \alpha = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cat. Adyacente}}$$

Las eslingas forman triángulos, donde encontramos relaciones entre:

- **Hipotenusa (longitud de la eslinga)**
- **Altura (distancia vertical)**
- **Ángulo horizontal**

Las funciones principales utilizadas son:

- **Seno:**
 $\text{sen}(\theta) = \text{cateto opuesto} / \text{hipotenusa}$
- **Coseno:**
 $\cos(\theta) = \text{cateto adyacente} / \text{hipotenusa}$
- **Tangente:**
 $\tan(\theta) = \text{cateto opuesto} / \text{cateto adyacente}$

3.5.2 Ángulo de Izaje

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°7

TRIÁNGULO DE IZAJE:

Entendiendo los principios del triángulo de izaje ayudará a los aparejadores a responder muchas preguntas claves. El ángulo incluido debe ser revisado para verificar una conexión correcta con el ancho de izaje o argolla maestra. Los ángulos horizontales determinan las cargas colocadas en cada ramal de la eslinga. Los ángulos de las eslingas serán iguales solo si las eslingas son de igual longitud y el centro de gravedad está en el medio de los puntos de izaje.

ASME B30.9 aborda el ángulo horizontal de la eslinga como referencia. El ángulo horizontal de la eslinga es el más fácil de visualizar y medir. Algunos libros de aparejamiento y padrones europeos se refieren al ángulo vertical. El ángulo de la eslinga vertical es igual a 90° menos que el ángulo de eslinga horizontal.



A medida que el ángulo horizontal disminuye, fuerzas horizontales significativas se desarrollan.

Estas fuerzas horizontales aumentan la carga en las eslingas, que tienden a prensar la carga, y pueden causar que la carga pueda colapsar.

Cuando dos eslingas se aparejan verticalmente, las eslingas soportan una carga basada en una proporción de la carga. Si el centro de gravedad está localizado en el medio de los puntos de izaje, cada eslinga soportará el 50% de la carga total.

Cuando el triángulo de izaje se forma, no solo levantan la carga, sino que, también la comprimen, este factor de compresión de la carga aumenta a medida que el triángulo de izaje se torna más plano. Como resultado, en la medida que el ángulo horizontal se torna menor, las eslingas y accesorios conectados a la carga trabajan más, aumentando la tensión en estos. En la medida que el ángulo horizontal se acerca a los 30° , este factor aumenta significativamente. Nunca permita configuraciones con ángulos menores a 30° .

ASME B30.9 considera **el ángulo horizontal** como referencia.

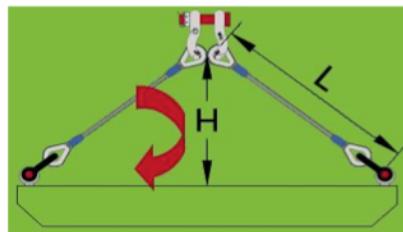
Ángulo horizontal bajo = carga muy alta en eslingas.

Ángulo horizontal ideal: $\geq 45^\circ$.

Ángulo **mínimo aceptable**: 30° (con reducción severa de capacidad).

3.6 Tensiones en las Eslingas (Factor L/H)

El **factor L/H** es la relación entre la **longitud de la eslinga (L)** y la **altura efectiva del izaje (H)** dentro del triángulo de trabajo. Este valor determina cuánto se incrementa la tensión real sobre cada eslinga durante una maniobra. Cuando la eslinga está casi vertical, la altura es alta y el factor L/H es bajo, por lo que la tensión se mantiene cercana al peso real.



Sin embargo, a medida que el ángulo se hace más plano, la altura disminuye y el factor L/H aumenta, generando una tensión mucho mayor que el peso nominal de la carga. Esto significa que **a menor ángulo, mayor tensión**, pudiendo incluso duplicarse o triplicarse si las eslingas trabajan por debajo de 45° desde la horizontal. Conocer y controlar este factor es esencial para evitar sobrecargas y seleccionar correctamente los accesorios de izaje. Este cálculo es crítico. Las tensiones aumentan cuando:

- la eslinga es más larga,
- la altura es menor,
- o el ángulo se hace más plano.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°8

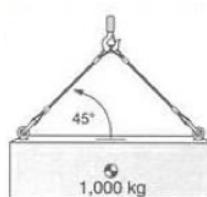
El largo y alto de una eslinga se puede medir en cualquier punto a lo largo de una eslinga siempre que ambos se midan desde el mismo punto.

El resultado de esta división puede ser usado para determinar el ángulo horizontal de la eslinga. Una vez establecido el ángulo de la eslinga, se podrá consultar el cuadro de eslingas apropiado para así seleccionar las eslingas más adecuadas.

La fórmula para determinar las tensiones en cada brazo es:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{Peso Total de la Carga} * (L/H)}{2}$$

En el caso que el ángulo sea conocido o sea posible determinar por otros medios entregamos una tabla asociado el valor de (L/H) según el ángulo, siendo los ángulos más favorables los que se encuentran entre 60° y 45° .



Sling Angle (degrees)	Load Angle Factor
65°	1.104
60°	1.155
55°	1.221
50°	1.305
45°	1.414
40°	1.555
35°	1.742
30°	2.000

Un ángulo muy amplio puede presentar maniobras muy largas, que finalmente entorpecerán el trabajo, en cambio un ángulo muy bajo generará vectores de fuerza que aumentarán la tensión en las eslingas.

3.6.1 FÓRMULA PRINCIPAL

$$\text{Tensión por eslinga} = (\text{Peso total} \times (L/H)) / 2$$

Donde:

- L = longitud de la eslinga
- H = altura del triángulo de izaje

L/H es el factor multiplicador.

Ejemplo práctico:

Peso = 5 ton

$L = 3 \text{ m}$

$H = 2 \text{ m}$

$$L/H = 3 \div 2 = 1,5$$

$$\text{Tensión} = (5 \times 1,5) \div 2 = 3,75 \text{ ton por eslinga}$$

Si la WLL del estrobo es de 3 ton → **incorrecto.**

3.7 Tensiones en Estrobo por Ángulo (Método con Seno)

FÓRMULA:

Tensión por eslinga =

$$\text{Peso total} / (2 \times \text{sen}(\theta))$$

Ejemplo:

Peso total = 5 ton

Ángulo entre eslinga y horizontal = 60°

$$\text{sen}(60^\circ) = 0,866$$

$$\text{Tensión} = 5 / (2 \times 0,866) = 2,88 \text{ ton por eslinga}$$

Seguro si la WLL ≥ 3 ton.

3.8 Cálculo de Capacidad de un Estrobo de Cable (Método Rápido)

Para determinar la capacidad que tendrá un par de estrobo a cierto ángulo en la horizontal se debe tomar la capacidad del estrobo y multiplicarla por dos veces el seno del ángulo horizontal de las eslingas.

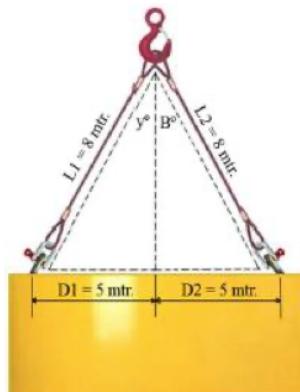
Ejemplo para un estrobo de 7/8" con una capacidad de 7.44 ton. A 60°

$$7.44 * 2 \operatorname{sen}(60^\circ) = 12.88 \text{ ton.}$$

Luego hay que encontrar el ángulo formado entre la línea imaginaria bajo el gancho y el punto de conexión, de por ejemplo, un estrobo de diámetro 3/4" y capacidad axial de 4320 kg. Según la

fórmula:

La función coseno de este ángulo se multiplica por la capacidad por tabla del estrobo y así obtendremos la capacidad real. Esta sería para un estrobo de 3/4", 3372 kilogramos.



Para diámetro en pulgadas:

1. Convertir a decimal.
2. Elevar al cuadrado.
3. Multiplicar por **9,72 ton** (valor base de referencia).

Ejemplo:

$$\text{Estrobo} = 7/8" \rightarrow 0,875$$

$$0,875^2 = 0,765$$

$$0,765 \times 9,72 = \mathbf{7,44 \text{ ton límite de trabajo}}$$

Con un factor 5:1 → ruptura $\approx 37,2$ ton.

3.9 Centro de Gravedad (CG)

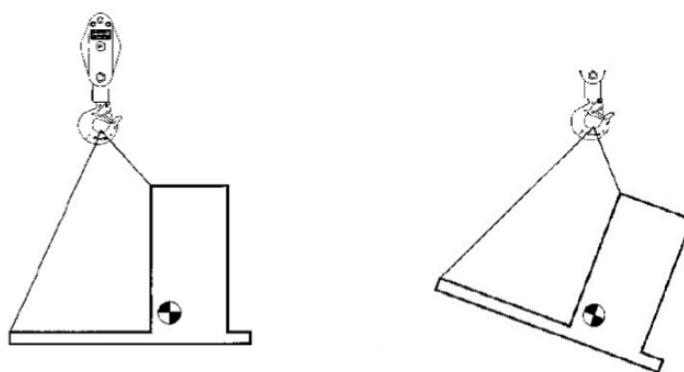
El centro de gravedad es el punto imaginario de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo. En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

El CG es el punto donde se concentra la masa de un cuerpo. Si una carga no está aparejada sobre el CG, la carga:

- Se ladea,
- Se gira,
- Se desplaza repentinamente,
- O genera tensiones inesperadas.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro de la esfera, la cual no pertenece al cuerpo.

Centro de gravedad de un cuerpo depende de la forma del cuerpo y de cómo está distribuida su masa.



En la figura anterior, el cuerpo de forma irregular mantiene una posición de reposo, esta carga al ser levantada con dos maniobras, cambia su posición en función de su centro de gravedad, situándose justo por debajo del gancho que la sostiene.

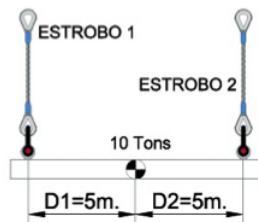
REGLA FUNDAMENTAL:

El gancho principal debe quedar **directamente sobre el centro de gravedad**.

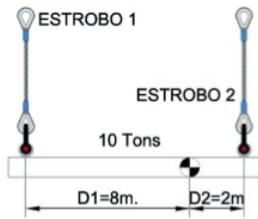
3.9.1 Centro de Gravedad con dos eslingas simétricas

Si el CG está al centro → ambas eslingas cargan por igual (50% cada una).

Cuando se usan eslingas múltiples, calcular la carga en cada eslinga requiere más trabajo. La situación más simple es la de dos eslingas verticales. La carga se compartirá de forma igual si el centro de gravedad esa en el medio de los puntos de izaje.

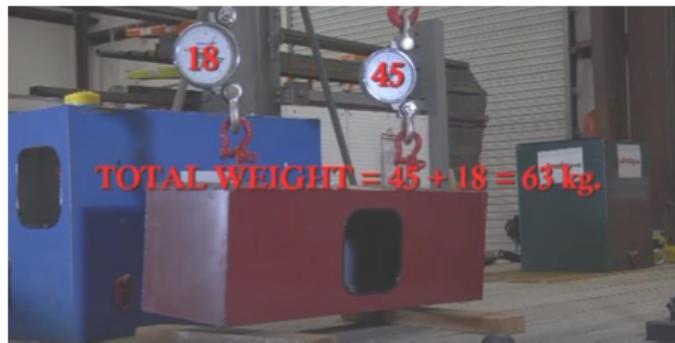


Cuando el centro de gravedad no está igualmente espaciado entre los puntos de izaje, las eslingas y accesorios no compartirán una proporción equitativa de la carga. La eslinga conectada más cercana al centro de gravedad soportará una mayor proporción de la carga.



3.9.2 Cuando el CG está desplazado

Usando dos celdas de carga en un método muy efectivo para determinar el centro de gravedad desplazado de su punto medio. El centro de gravedad es el punto de balance del cuerpo y si este se encuentra desplazado la carga se repartirá hacia la eslinga que se encuentra más cercana a esta, por lo tanto debemos procurar que tenga la suficiente capacidad para soportar la tensión que se producirá. En el siguiente ejercicio, la celda de carga que se encuentra a la izquierda indicará una carga de 18 kg. Mientras que la celda que se encuentra a la derecha tendrá una lectura de 45 kg., por lo tanto la suma total de las cargas es de 63 kg.



Ejemplo con dos celdas de carga:

Celda izquierda: 18 kg

Celda derecha: 45 kg

Total: 63 kg

Distancia entre puntos de izaje: 0,6 m



El centro de gravedad de la carga se encontrará desplazado hacia la derecha del punto medio de la carga, donde se identifica el lado más pesado, para determinar con exactitud la posición se divide la lectura de las celdas siendo el dividendo la lectura de mayor valor y el divisor el peso total de la carga o la sumatoria de las lecturas de las celdas.

$$\frac{\text{Lectura mayor celda de carga}}{\text{Suma de las celdas (peso total de la carga)}} = \frac{45}{63} = 0,71$$

$$\text{Factor} = 45 \div 63 = 0,71$$

Obteniendo este valor se establece una relación entre peso y distancia con el valor obtenido y el factor de la lectura total de la distancia, el producto de este ejercicio nos entrega la distancia exacta del centro de gravedad medida desde el punto de conexión de la carga desde el lado mas liviano, es de ir desde la izquierda de nuestro sistema.

Distancia del CG desde el punto más liviano:

$$0,71 \times 0,6 = 0,43 \text{ m}$$

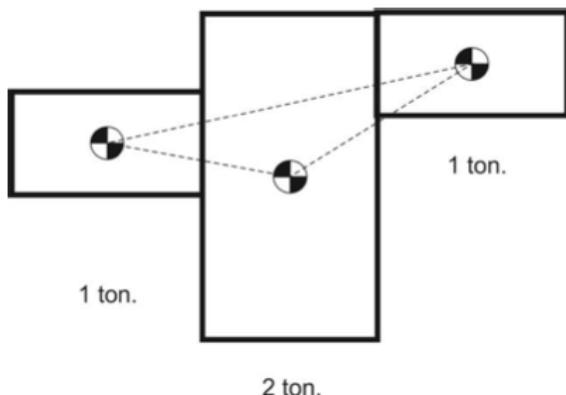
Es posible calcular la ubicación del centro de gravedad de un volumen complejo quebrándolo en secciones menores. El peso y centro de gravedad de cada sección se puede determinar y ser usados para determinar el peso y centro de gravedad de la carga completa.

El centro de gravedad se encontrará dentro del área delineada por las líneas uniendo el centro de gravedad de cada sección.

3.9.3 Cargas complejas – CG Desplazado

Es posible calcular la ubicación del centro de gravedad de un volumen complejo quebrándolo en secciones menores. El peso y centro de gravedad de cada sección se puede determinar y ser usados para determinar el peso y centro de gravedad de la carga completa.

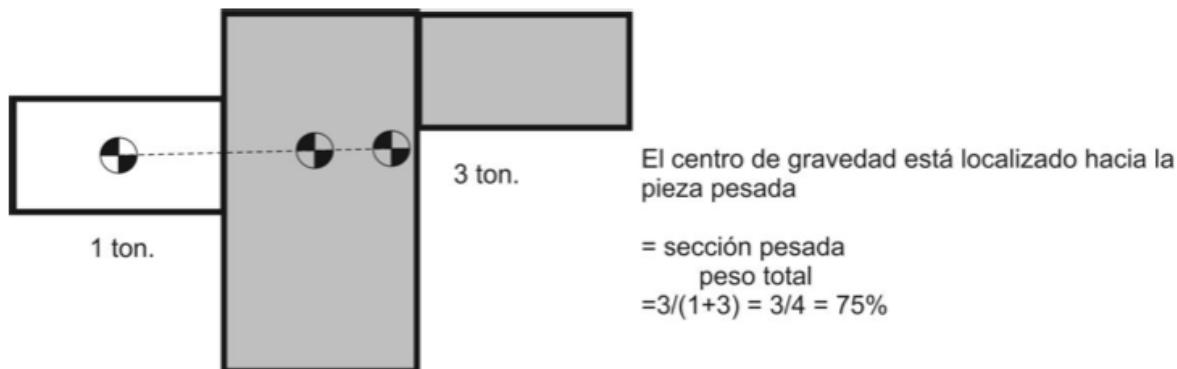
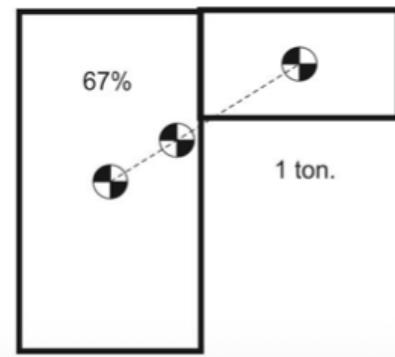
El centro de gravedad se encontrará dentro del área delineada por las líneas uniendo el centro de gravedad de cada sección.



El centro de gravedad está localizado hacia la pieza mas pesada.

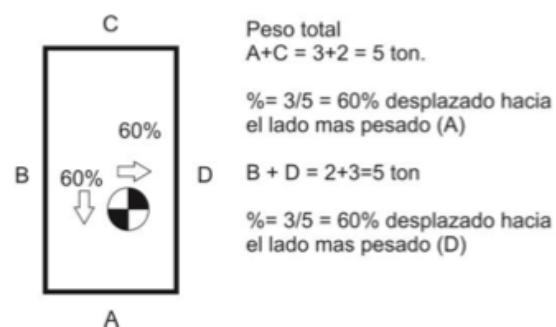
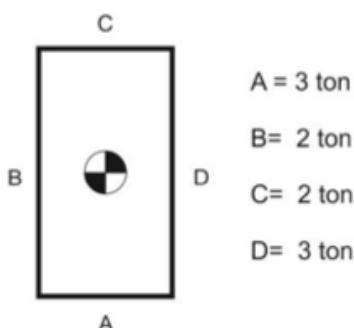
$$= \frac{\text{Sección pesada}}{\text{peso total}}$$

$$2/(2+1) = 2/3 = 67\%$$



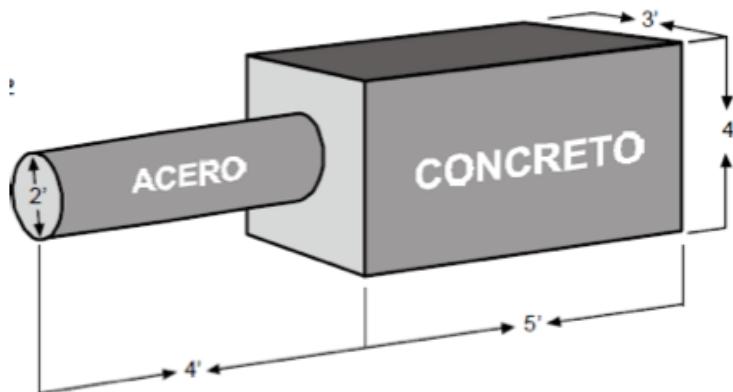
Es posible determinar sistemáticamente el centro de gravedad de un volumen de forma compleja, usando un dinamómetro para pesar cada lado de la carga. Los pesos son registrados y los resultados son usados para localizar el lugar del centro de gravedad.

El punto de apoyo debe estar directamente abajo del punto de izaje. El peso total de la carga es la suma de los pesos de los extremos opuestos. El centro de gravedad está localizado más cerca del lado más pesado proporcional al peso del lado correspondiente



3.9.4 Cargas complejas – Distinto material [CG Combinado]

También podremos ubicar el centro de gravedad de una pieza compleja compuesta de dos materiales, con la ayuda de un eje de coordenadas cartesianas. Ejemplo: La siguiente figura está compuesta de un eje de acero unido mediante flange a un cubo concreto. Eso quiere decir que el eje de acero no penetra en el cubo.



Para comenzar debemos cubicar cada una de las piezas por separado y con sus respectivos pesos específicos obtendremos el peso total de la pieza a levantar.

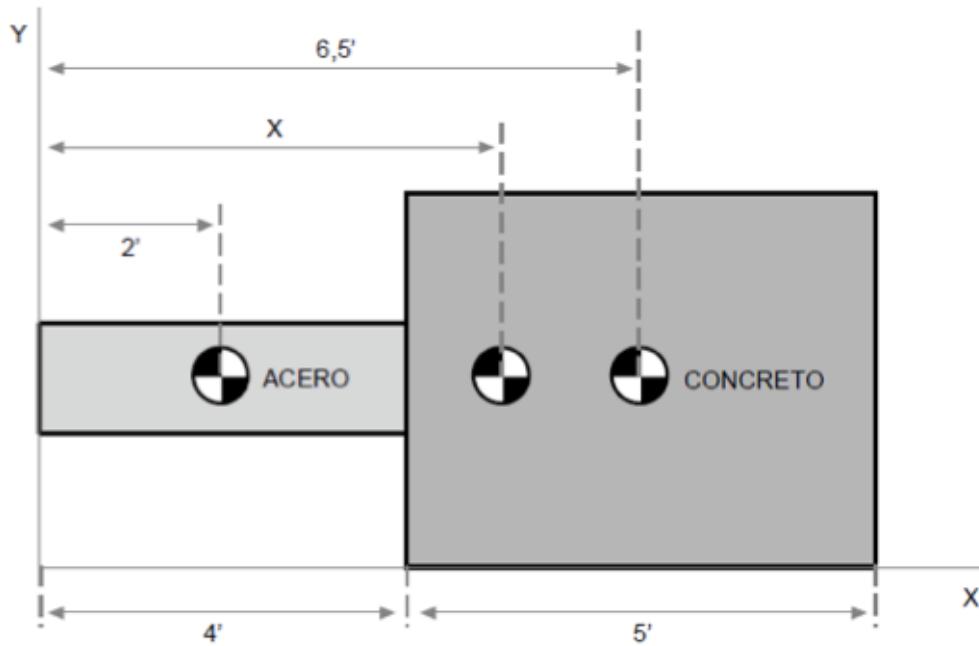
Paso 1. El peso total es obtenido mediante la multiplicación de los Volúmenes (Largo x Ancho x Alto).

Paso 2. Determinar el peso de ambas secciones
 Acero $1 \text{ ft} \times 3.1416 = 3.1416 \times 4 \rightarrow 12.8 \text{ ft}^3$
 Concreto $5 \text{ ft} \times 4 \text{ ft} \times 3 \text{ ft} \rightarrow 60 \text{ ft}^3$

Paso 3. Multiplicar los Volúmenes por el peso específico según anexo 1
 Acero $12.8 \times 490 \rightarrow 6.272 \text{ lb}$
 Concreto $60 \times 150 \rightarrow 9000 \text{ lb}$

Paso 4 Sumar pesos
 $6.272 + 9000 \rightarrow 15.272 \text{ lb}$

Usando los valores obtenidos, se calcula el CG combinado.



De la figura anterior se encuentra lo siguiente:

Paso 1. Acero = 6.272 lb y el Concreto = 9000 lb

Paso 2. Calcular los momentos de carga desde el lado izquierdo (eje Y)

Sección	Peso (lb)	Distancia "X" (ft)	Momento (lb x ft)
Acero	6.272	2	12.544
Concreto	9.000	6.5	58.500
	15.272		71.044

El momento es la combinación del peso aplicada (multiplicado) a la distancia dada y se expresa comúnmente en kg-mt o lb-ft.

El centro de gravedad compuesto es igual al momento total dividido por el peso total.

Paso 3. $X = \frac{71.044}{15.272} \rightarrow 4.65 \text{ ft}$

Por lo tanto el C.G. compuesto de la carga de la fig. es de 4,65 ft. Desde el lado izquierdo.

Cuando el cuerpo tiene varias secciones de distinto material:

1. Se calcula el **peso de cada sección**.
2. Se identifica el **CG individual** de cada parte.
3. Se arma un sistema cartesiano.

4. Se calcula el **CG combinado** considerando proporciones.

Este método se usa para equipos electromecánicos, estructuras mixtas, bombas, vigas compuestas y estanques con accesorios.

3.10 Errores frecuentes en cálculo y cómo evitarlos

- Usar aproximadamente “a ojo” el peso.
- No considerar densidad real del material.
- Medir mal una altura y afectar el ángulo.
- Omitir cantos vivos en cálculos.
- Asumir que todas las eslingas en múltiples ramales cargan igual.
- No verificar estiramiento en cadenas.
- No aplicar la tabla del fabricante.

Una pequeña variación en el ángulo puede duplicar la tensión.

3.11 Síntesis del Capítulo

Este capítulo entrega las herramientas matemáticas mínimas para:

- Determinar peso,
- Aplicar factores de seguridad,
- Calcular tensiones,
- Definir ángulos seguros,
- Y anticipar el comportamiento real de la carga.

Dominar estos cálculos es indispensable para ejecutar maniobras estables y prevenir sobrecargas críticas.

CAPÍTULO IV

Maniobras de Izaje, Técnicas de Estrobado y Control Operacional

4.1 Introducción

Las maniobras de izaje requieren la aplicación conjunta de conocimientos técnicos, análisis de riesgos, selección correcta de elementos y comunicaciones precisas entre el equipo de trabajo.

Un estrobado mal ejecutado, un ángulo incorrecto o una maniobra mal coordinada puede generar:

- caída de la carga,
- atrapamiento de personal,
- daño a equipos,
- pérdida de estabilidad del equipo principal.

Este capítulo entrega las técnicas, prácticas y procedimientos operativos necesarios para realizar maniobras seguras y eficientes.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°9

ASME B30.26 Requiere que la selección de accesorios sea basada bajo el siguiente criterio:

1. Adecuación al tipo de carga y la condición de trabajo

El accesorio debe ser apropiado para:

- Tipo de carga
- Forma de enganche
- Ángulo de carga
- Medio ambiente (temperatura, químicos, abrasión, etc.)

2. Uso conforme a la información del fabricante

Cada elemento solo puede utilizarse dentro de los límites, capacidades y configuraciones especificadas en su manual o ficha técnica.

3. No exceder la Carga Límite de Trabajo (WLL)

La maniobra jamás debe superar la capacidad nominal del accesorio, considerando además los efectos del ángulo y la distribución de carga.

4. Prohibición de usar elementos dañados

Cualquier accesorio que presente desgaste, deformación, corrosión, grietas, pérdida de identificación o daño visible **no puede utilizarse** hasta que sea evaluado y aprobado por personal competente.

4.2 Reglas Fundamentales Antes de Estrobar e Izar

1. **Confirmar el peso real de la carga.**
2. **Verificar la capacidad del equipo** (tabla del fabricante).
3. **Determinar el centro de gravedad** y su ubicación real.
4. **Seleccionar el estrobado adecuado** según forma y tipo de carga.
5. **Proteger eslingas en bordes vivos o superficies abrasivas.**
6. **Asignar roles claros:** operador – rigger – señalero – supervisor.
7. **Validar documentación:** checklist, ART, permiso de trabajo, plan de izaje.
8. **Definir un área segura:**
 - Demarcación.
 - No ingresar bajo la carga.
 - Control de accesos.
9. **Realizar prueba de tensión:** levantar solo algunos centímetros.

4.3 Técnicas de Estrobado

El estrobado adecuado permite garantizar estabilidad y control.

El Método en el cual se apareja una eslinga o la sujeción de una carga se denomina “Amarre”.

El peso y la forma de la carga determinarán en gran medida que tipo de eslinga y amarre se utilizará. Hay tres tipos de amarres básicos, tales como el amarre vertical, cesto y ahorulado. Con cada amarre se pueden realizar varias configuraciones.

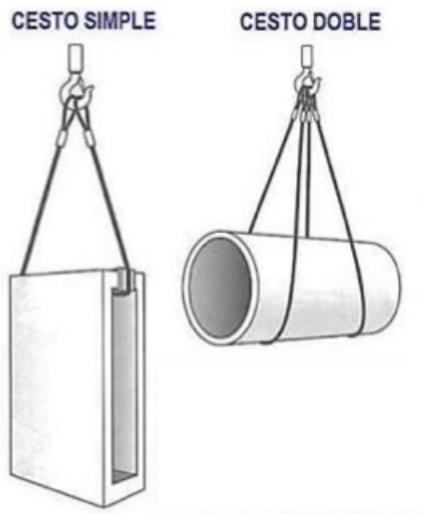
La capacidad nominal de cada uno de los amarres, que se realizan con las eslingas, será diferente. Es de suma importancia que estas capacidades nominales no se sobrepongan.

A continuación se presentan las configuraciones más utilizadas.

4.3.1 Estrobado en Cesto (Basket Hitch)

Un amarre tipo cesto está configurado enrollando o pasando una eslinga alrededor de una carga y los ojales fijados a un dispositivo de elevación, tal como un gancho.

Debido a que la carga puede desplazarse o incluso caerse de la eslinga, un amarre de cesto simple no debe ser utilizado para levantar cargas que son difíciles de equilibrar.



Cuando se utilice un amarre de doble cesto, los ramales de la eslinga deben permanecer suficientemente separados para equilibrar la carga, pero no tan separadas como para crear ángulos bajos. La eslinga con bajo ángulo se desliza hacia adentro, causando que la carga se caiga.

CARACTERÍSTICAS:

- Máxima capacidad de carga.
- La carga queda apoyada en el cuerpo de la eslinga.
- Recomendado para cuerpos rectangulares, vigas, bloques y cargas homogéneas.

VENTAJAS:

- Duplica la capacidad axial de la eslinga.
- Alta estabilidad.

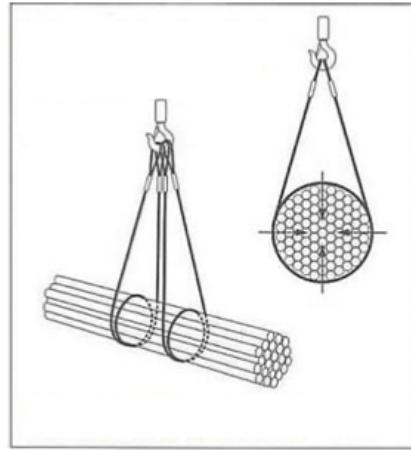
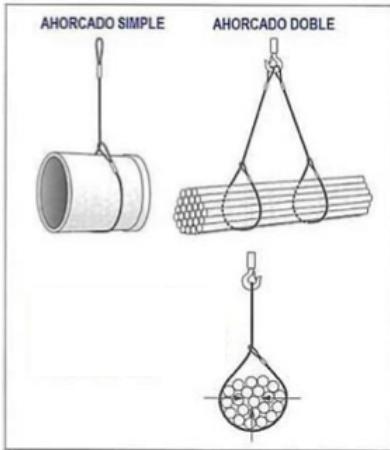
LIMITACIONES:

- No debe usarse si existe riesgo de deslizamiento.
- Requiere equilibrio natural de la carga.

4.3.2 Estrobado en Lazo o Simple (Choker Hitch)

Este amarre se logra haciendo pasar una eslinga alrededor de la carga y a través de un ojal o accesorio en el extremo donde se conecta luego a un gancho de elevación. Este tipo de enganche se encuentra entre los más utilizados debido a su efecto de sujeción de la carga. Al usar este enganche, asegúrese de que el punto de estrangulamiento esté en el cuerpo de la eslinga y no en un empalme o un accesorio.

Una doble cesta con un doble lazo va completamente alrededor de la carga, este amarre hace contacto completo alrededor de la carga, es ideal para levantar material suelto. Además, el efecto de agarre ayuda a evitar que la eslinga se deslice hacia el interior.



CARACTERÍSTICAS:

- La eslinga rodea la carga y queda ajustada por sí misma.

VENTAJAS:

- Mayor control del giro.
- Útil para tuberías, perfiles y elementos cilíndricos.

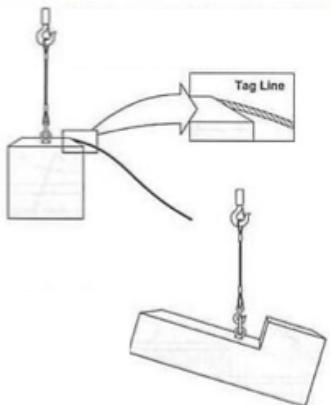
LIMITACIONES:

- Reduce la capacidad nominal entre un 20–40%.
- No se recomienda con eslingas sintéticas sobre bordes agudos.
- No usar en cargas que puedan deteriorar la eslinga.

4.3.3 Estrobado Directo (Vertical Hitch)

Una eslinga en amarre vertical se considera cuando un extremo está unido a la carga y el otro extremo está unido al dispositivo de elevación o mecanismo con el ángulo de carga inferior a 5°.

UN AMARRE VERTICAL NO SE DEBE USAR PARA LA ELEVACIÓN DE MATERIAL SUELTO O CARGAS QUE SON DIFÍCILES DE EQUILIBRAR.



Debido a que un amarre vertical es más susceptible a la rotación, considere el uso de una línea de viento para proporcionar el control de la de la carga.

Las cargas que son difíciles de equilibrar no deben ser levantadas con un solo amarre vertical.

Este tipo de amarre se utiliza mejor con un grillete o cáncamo.

CARACTERÍSTICAS:

- La carga se toma desde un solo punto directamente al gancho.

VENTAJAS:

- Simplicidad operacional.
- Buena para cargas con punto de izaje certificado.

LIMITACIONES:

- Sin control lateral.
- Puede producir giro no deseado.
- Recomendada solo cuando la carga tiene punto de izaje diseñado.

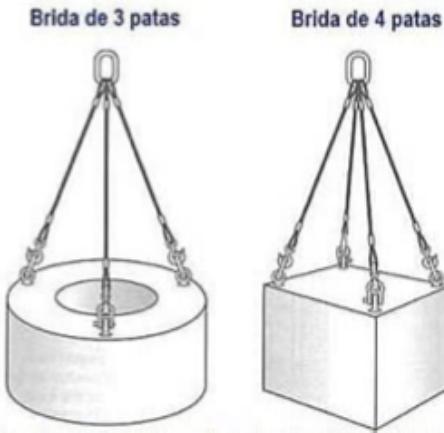
4.3.4 Estrobado de Mas de tres Puntos)

Un amarre tipo brida está compuesto por dos o más patas individuales conectados a un gancho de elevación, unidas por en un eslabón de conexión.

Este amarre proporciona una buena estabilidad de la carga, cuando el peso de la carga se distribuye entre piernas y el gancho de izaje se ubica sobre el centro de gravedad de la carga.

A menos que todos los ramales de las eslingas sean de la misma longitud y equidistantes alrededor del centro de gravedad de la carga, la tensión de las eslingas en una brida de 3 o 4 patas no pueden ser iguales.

En algunas situaciones en las que se mueven las cargas de elevación y con las eslingas en amarre tipo brida de 3 o 4 ramales, 2 ramales podrán terminar llevando la carga, mientras que los otros actúan para equilibrarlo. En tales casos, la capacidad de dos ramales de la eslinga debe ser suficientemente grande para soportar la carga.



CARACTERÍSTICAS:

- Se distribuye el peso en dos ramales.
- Fundamental determinar ángulo y altura.

VENTAJAS:

- Mayor estabilidad.
- Menores tensiones si el ángulo es $\geq 60^\circ$.

LIMITACIONES:

- Ángulos bajos generan alta tensión.
- Requiere conocer la ubicación del CG.

4.4 Izaje Controlado: Aplicación Práctica

4.4.1 Alineación del Gancho sobre el Centro de Gravedad

Antes de levantar:

- El gancho debe estar **exactamente sobre el CG**.
- La carga debe tensarse lentamente.

- Si la carga comienza a girar → el CG está desplazado.
 - Se debe reajustar el estrobado antes de seguir elevando.
-

4.4.2 Prueba de Tensión

Se debe ejecutar una elevación de 5 a 10 cm para validar:

- distribución real de las tensiones,
- estabilidad,
- integridad del estrobado,
- comunicación operador–rigger–señalero.

Esta prueba permite cancelar la maniobra antes de comprometer la carga completa.

4.4.3 Control de Balanceo y Giro

El balanceo es generado por:

- ráfagas de viento,
- movimientos bruscos,
- desplazamiento lateral de la pluma,
- aceleración o detención repentina del malacate.

TÉCNICAS PARA CONTROLARLO:

- Usar **líneas guía** en cargas susceptibles a giro.
 - Movimientos suaves y progresivos.
 - No operar en vientos mayores a las especificaciones del fabricante.
 - Mantener comunicación constante.
-

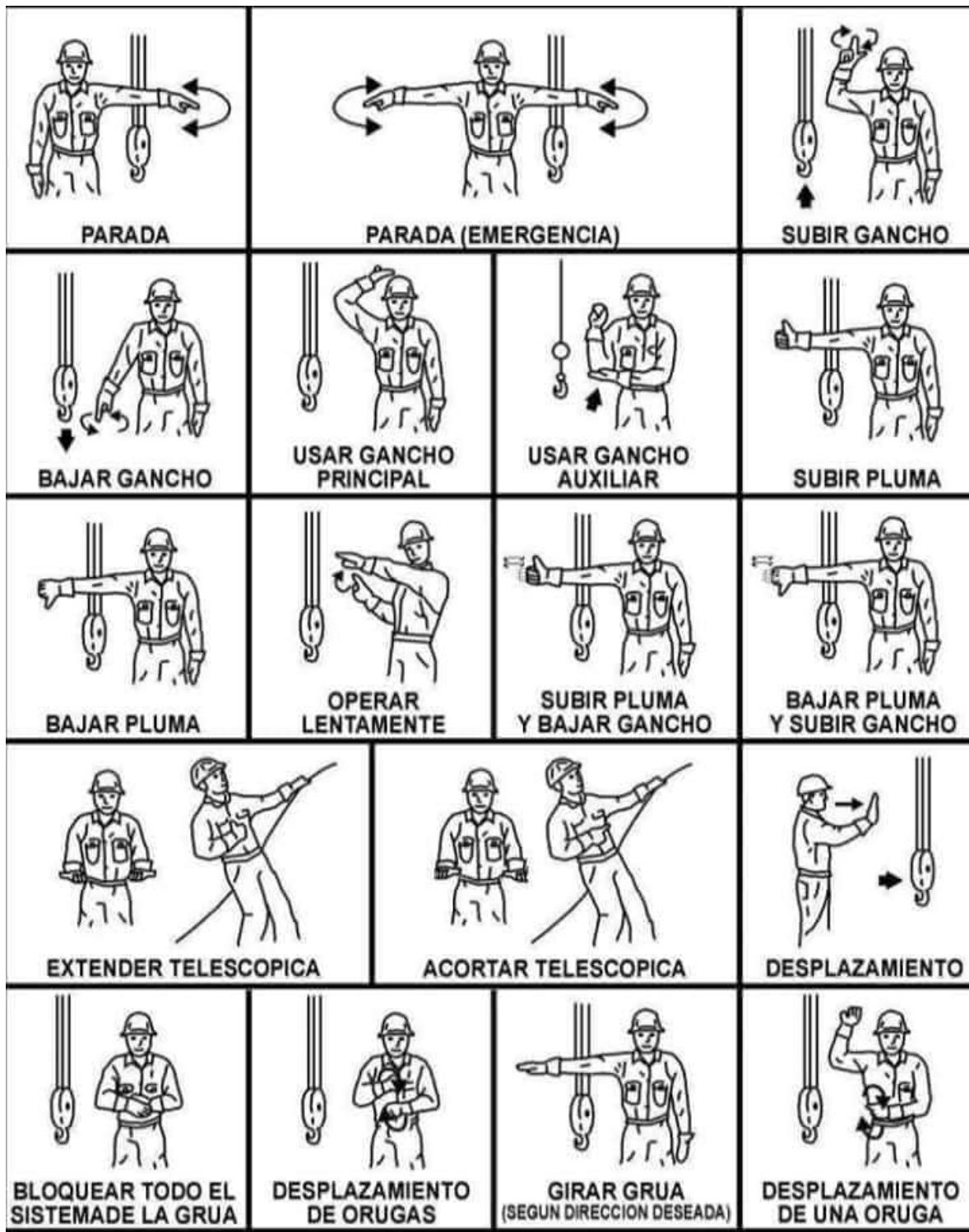
4.5 Comunicaciones y Señales Operativas

4.5.1 Tipos de Comunicación

- **Señales manuales** (estándar internacional).
- **Radios VHF** (cuando no hay visibilidad directa).
- **Señales audibles** (campana, sirena, bocina).

REGLA GENERAL:

El operador solo recibe instrucciones del señalero autorizado.



4.5.2 Señales Manuales Fundamentales

1. Subir carga.
2. Bajar carga.
3. Detención inmediata.
4. Giro izquierda/derecha.
5. Izaje lento.
6. Enganchar / desenganchar.
7. Emergencia.

En caso de discrepancia, se ejecuta siempre la **señal de detención**.

4.6 Procedimiento Operativo de Maniobras de Izaje

4.6.1 Antes del Izaje

1. Revisar documentación (checklist, ART, plan).
 2. Validar condiciones del terreno.
 3. Verificar interferencia de líneas aéreas y subterráneas.
 4. Inspeccionar eslingas y accesorios.
 5. Confirmar roles asignados.
 6. Revisar rutas de tránsito.
 7. Establecer zona de exclusión.
 8. Proteger eslingas en bordes vivos.
-

4.6.2 Durante el Izaje

1. Ejecutar prueba de tensión.
 2. Subir de forma lenta y controlada.
 3. Mantener la carga nivelada.
 4. Señalero debe mantener visibilidad permanente.
 5. Evitar traslación con carga suspendida salvo autorización expresa.
 6. Controlar balanceo y rotación.
 7. Detener ante cualquier condición insegura.
-

4.6.3 Después del Izaje

1. Depositar carga en un punto estable y firme.
2. Descargar tensión del estrobado.

3. Retirar eslingas en forma segura.
 4. Inspeccionar si hubo daños o deformaciones.
 5. Actualizar registros si corresponde (inspección, observaciones).
 6. Levantar el informe final en caso de maniobras críticas.
-

4.7 Maniobras con Riesgo Elevado (Izajes Críticos)

Un izaje se considera **crítico** cuando:

- la carga supera el **75% de la capacidad** del equipo;
- se realiza sobre personas o equipos esenciales;
- el terreno no es estable;
- existen líneas eléctricas cercanas;
- el peso real es desconocido;
- el centro de gravedad está desplazado;
- se usan varios equipos simultáneamente;
- el clima supera límites seguros.

EN IZAJES CRÍTICOS:

- Se requiere plan de izaje **firmado y aprobado**.
 - Supervisión directa del mandante.
 - Operador calificado con experiencia.
 - Señalero exclusivo.
 - Monitoreo de viento.
 - Prohibición absoluta de personal bajo la carga.
-

4.8 Errores Operacionales que Deben Evitarse

- Estrobar sin analizar forma y peso.
 - Utilizar eslingas sin etiqueta o dañadas.
 - Reducir capacidad por ángulos bajos sin calcular tensiones.
 - Izar con ráfagas de viento fuera de límites.
 - No revisar que el gancho esté sobre el CG.
 - Omisión de la prueba de tensión.
 - Uso de comunicación no autorizada.
 - Operar sin zona de exclusión.
 - Realizar movimientos bruscos.
-

4.9 Síntesis del Capítulo

Este capítulo permite al participante aplicar en terreno:

- selección correcta del estrobado,
- técnicas de maniobra,
- control operacional,
- gestión de comunicaciones,
- verificación del CG,
- análisis de tensiones,
- ejecución segura.

La habilidad para ejecutar maniobras controladas es un indicador clave de competencia en izaje.

Un operador o rigger profesional no solo conoce las normas: **domina las técnicas y toma decisiones seguras en tiempo real.**

CAPÍTULO V.

Inspección, Configuración y Operación Segura de Grúas**

5.1 Introducción

Las operaciones con grúas constituyen uno de los trabajos de mayor riesgo dentro de la industria minera, portuaria, energética e industrial. Una falla operacional o de juicio puede traducirse en colapso estructural, pérdida de estabilidad, daños severos a la propiedad, o lesiones graves a personas.

Este capítulo establece los **criterios básicos, transversales y universales** para todo tipo de grúa móvil, telescopica, articulada o montada sobre camión.

Los detalles específicos para cada tipo de equipo serán tratados en anexos especializados.

5.2 Inspección Previa al Uso (Checklist Diario)

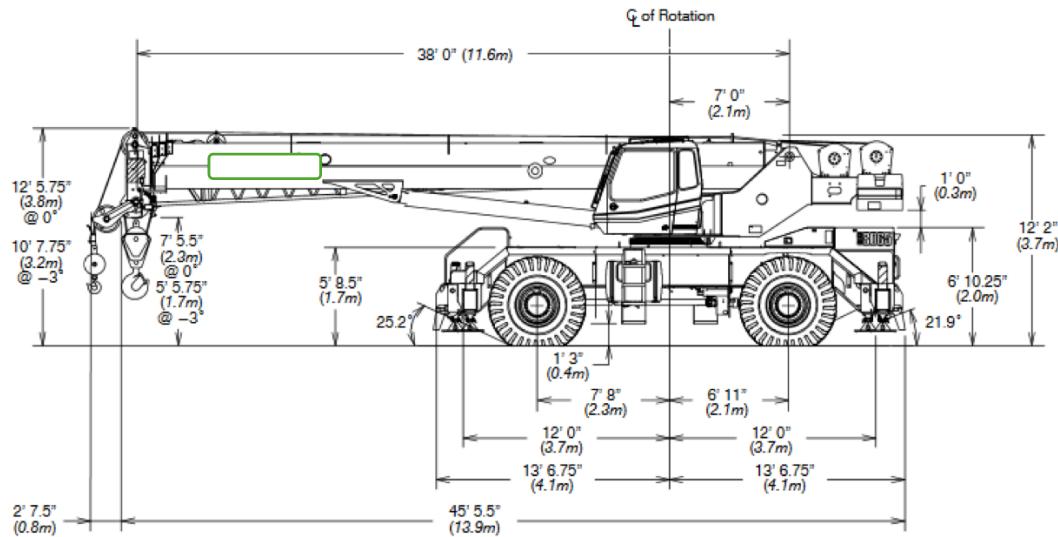
En obras públicas de construcción y en operaciones de elevación y transporte "in situ" donde se precisa un aparato por un corto espacio de tiempo es muy utilizado el vehículo grúa. Un vehículo, caracterizado por poseer un chasis especialmente resistente, aloja en su parte posterior un aparato constituido básicamente por una pluma, fija o extensible. En un vehículo grúa existen los siguientes movimientos.

- Movimiento de vehículo convencional por medio de neumáticos.
- Movimiento de extensión de pluma.

- Movimiento de elevación de pluma.
- Movimiento de giro de la estructura giratoria.
- Movimiento de elevación de la carga.
- Movimiento de extensión de contrapeso.
- Movimiento de extensión de vigas estabilizadoras.
- Movimiento de extensión de cilindros verticales de apoyo.

Cuando el vehículo alcanza la posición de trabajo, se extienden los cilindros estabilizadores que aumentan el equilibrio de la máquina quedando suspendida en estos puntos de apoyo y con los cuatro neumáticos elevados del suelo. En este momento, pueden comenzar las operaciones de elevación y transporte por medio de la extensión y elevación de la pluma, giro de la estructura giratoria, y elevación de la carga. Los cuatro movimientos son accionados desde la cabina de la superestructura. Donde también se alojan:

- El primer tramo de pluma, y el resto, interiormente, si la pluma es telescópica.
- Dos cilindros horizontales de extensión de contrapeso (opcionalmente)
- Uno o dos cilindros que conectan la propia estructura giratoria con el primer tramo de la pluma.
- El mecanismo de elevación de la carga. Un tambor comanda un ramal de cable que recorre varias poleas de un aparejo dispuesto en el extremo de la pluma y de otros tantos dispuestos sobre el gancho. En algunos casos existe un tambor auxiliar para trabajar con pluma y plumín.
- El mecanismo de giro de la estructura
- Por último, se dispone del mecanismo de extensión de pluma.



La inspección debe realizarse **al inicio de la jornada** y cada vez que se cambie de operador o se modifiquen las condiciones del sitio, esta es una directriz Obligatoria según D.S. 132 y normas ASME B30.5 / B30.10.

5.2.1 Estructura y Componentes Principales

- Estado de la pluma: grietas visibles, deformaciones, corrosión, fijaciones sueltas.
- Estado del chasis o carro portante.
- Pernos estructurales y pasadores en posición y sin desgaste.
- Cabina limpia, libre de objetos sueltos, vidrios sin obstrucciones.

5.2.2 Sistema Hidráulico

- Revisar fugas en cilindros de despliegue, articulación o telescopado.
- Mangüeras sin cortes ni ampollamientos o desgaste por fricción.
- Presiones dentro del rango del fabricante.

5.2.3 Sistema Mecánico

- Anclajes, articulaciones y rodamientos sin juego excesivo.
- Rotación suave sin ruidos metálicos anormales.
- Nivelación del bastidor.

5.2.4 Estabilizadores (Outriggers)

- Almohadillas o pads en buen estado y acordes a la carga esperada.

- Sensores de extensión funcionando.
- Superficie firme y compacta, libre de hundimientos.

5.2.5 Sistema de Izaje y Cable

- No menos de **dos vueltas completas** en el tambor (ASME B30.5).
- Cable sin torceduras, aplastamientos, roturas, corrosión, núcleos expuestos.
- Gancho con seguro operativo y sin deformaciones.

5.2.6 Sistemas Electrónicos y de Seguridad

- Indicador de momento (LMI/RCL) operativo.
- Sensor Anti-dos-bloques (A2B) funcional.
- Indicador de ángulo de pluma.
- Alarmas acústicas y luces de advertencia operativas.

5.3 Condiciones del Terreno y Evaluación del Sitio

Antes de posicionar la grúa se debe evaluar:

5.3.1 CAPACIDAD DEL TERRENO

- Compactación y resistencia.
- Presencia de rellenos, perforaciones, cámaras subterráneas o tuberías.
- Pendientes superiores a lo indicado por el fabricante.

5.3.2 OBSTÁCULOS

- Líneas eléctricas (cumpliendo distancias OSHA/ASME).
- Estructuras, tuberías, pasarelas o ductos.
- Tráfico vehicular o de personas.

5.3.3 CONDICIONES AMBIENTALES

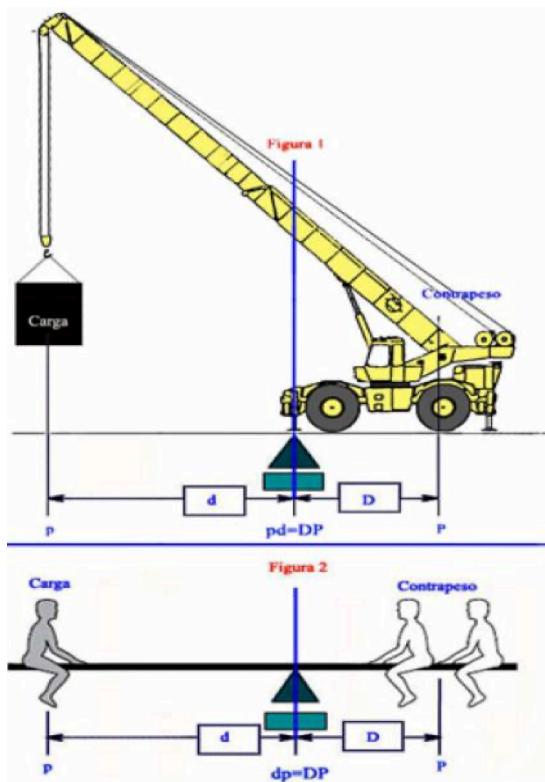
- Velocidad del viento y rachas.
- Lluvia, arena, barro o visibilidad reducida.

5.4 Estabilización y Nivelación

Una grúa mal nivelada pierde capacidad de carga y aumenta su riesgo de vuelco. Un vehículo de elevación tiene uno o varios puntos de equilibrio. La grúa pluma posee cuatro puntos de equilibrio ubicados en los lados del polígono formado por los puntos de apoyo de los estabilizadores sobre el suelo o en los puntos de soporte de las ruedas sobre el suelo al trabajar sobre neumáticos.



Los principios de estabilidad en una grúa son similares a los de un balancín en sentido de que el peso de la carga y su distancia del eje del equilibrio determinan los requisitos de compensación.

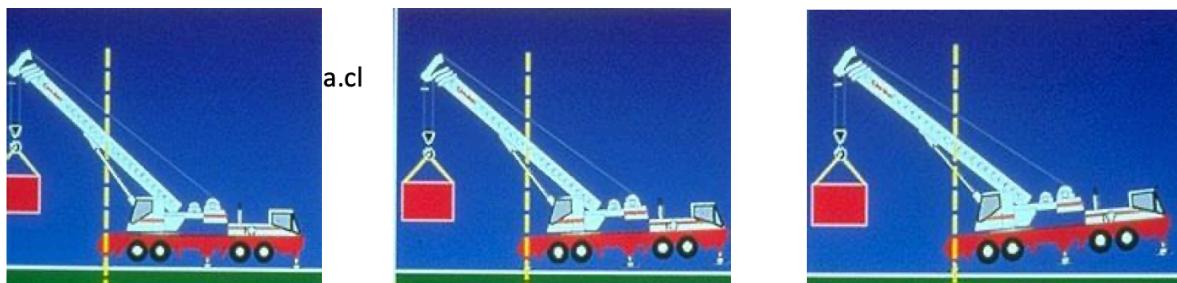


PRINCIPIOS BÁSICOS:

- Debe mantenerse dentro de un rango máximo de **1° de inclinación** o según fabricante.
- Extender los estabilizadores completamente, salvo instructivo distinto del fabricante.
- Usar pads adecuados al suelo y a la presión de contacto.
- Nunca apoyar estabilizadores en elementos metálicos sueltos o piedras puntuales.

Si nos aproximamos a una condición de equilibrio, las fuerzas dinámicas necesarias para detener, bajar o inclinar una carga pueden provocar un vuelco peligroso de la grúa. El peso de la grúa situado hacia atrás del eje de equilibrio no varía, por lo que la compensación siempre será un valor fijo. El peso de parte de la pluma, variará al desplazar su CG hacia atrás y adelante en función del largo y ángulo de la pluma. Directamente en la distancia radial desde el centro de la tornamesa y la línea imaginaria bajo el gancho de carga.

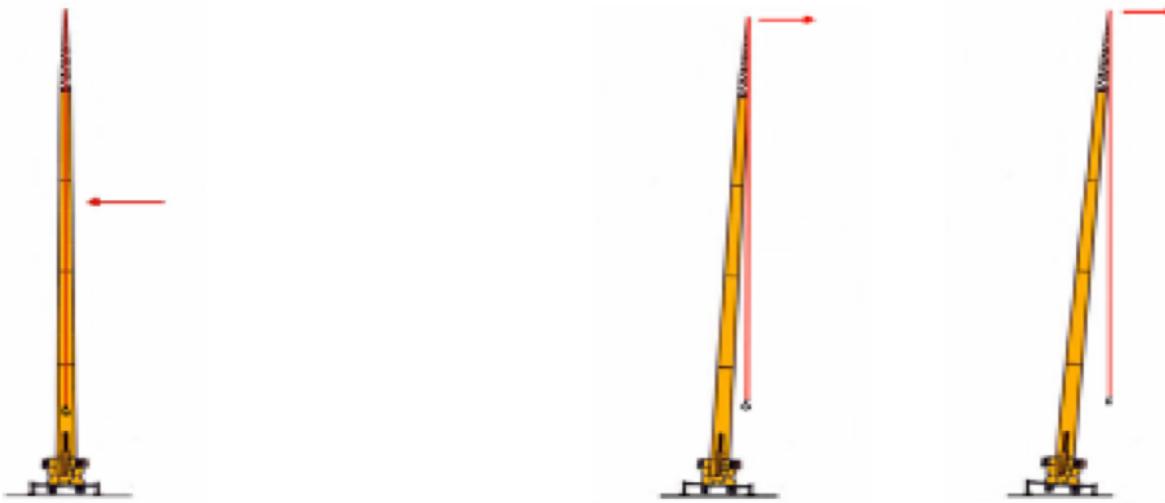
El operador deberá controlar estas variables y asegurarse de que el peso total hacia adelante del eje de equilibrio multiplicado por la ubicación del CG mas las otras fuerzas dinámicas de funcionamiento, nunca superen la compensación de la grúa.



Efectos en la Nivelación de la Grúa

Todas las tablas de capacidad están basadas en grúas perfectamente niveladas en todas las direcciones. Esto se aplica a grúas montadas sobre orugas, sobre vigas extensibles y sobre neumáticos, tanto estáticas como en movimiento llevando cargas.

Uno de los efectos más severos de sobreesfuerzo en la pluma se produce al trabajar fuera de nivel.



Esto se debe a que al elevar cargas con pérdida de la línea longitudinal entre la pluma y el aparejo del gancho de levante sobre un costado de la grúa, la pérdida de capacidad es rápidamente incrementada a medida que el desnivel aumenta.

5.5 Configuración según Tabla de Carga

as capacidades de carga son parámetros entregados por el fabricante, los cuales determinan las capacidades máximas de levante dentro de los límites de la resistencia estructural y estabilidad de la máquina. Las capacidades de elevación están basadas en las Normas tales como ANSI, ASME, SAE etc., las cuales certifican dichas capacidades. Las tablas de capacidad deben estar ubicadas siempre al alcance del operador, de preferencia en la cabina. Las capacidades de levante de una grúa se aplican únicamente si el vehículo está sobre un terreno nivelado y se cumplen las condiciones de seguridad estipuladas por el fabricante.

Es muy importante tener en cuenta que estas capacidades se ve reducidas y que la grúa es menos estable cuando:

- El equipo está defectuoso.
- Las condiciones ambientales son adversas.

Tablas de carga

Las cargas especificadas en las cartillas o tablas de capacidad de la maquina no deben ser sobrepasadas bajo ninguna circunstancia. Todas las cargas especificadas en las cartillas o tablas de capacidades son testeadas y cumplen con los requerimientos mínimos de SAE J1063 OCT80 (ESTRUCTURA DE PLUMAS DE GRÚAS) modo de prueba, y no exceden el 85%

de la inclinación de la carga sobre los estabilizadores o carga de vuelco (tipping load) según lo determinado por el código de pruebas de estabilidad de grúas SAE J765 O CT80.

Las cargas especificadas en las cartillas o tablas de capacidad no incluyen el peso de la catalina (hook block), eslingas y dispositivos de levantamiento auxiliares por lo cual sus pesos deben ser sumados al peso neto de la carga para determinar el peso total a levantar.

Capacidades de Carga Nominal en Kilogramos					Pluma en Modo "B"	
Radio de Carga (m)	11.58m			13.7m		
	24°	360°	Sobre Parte Delantera	24°	360°	Sobre Parte Delantera
2.5	69.5	60 000	60 000			
3	68.0	54 800	54 800	71.5	24 000	24 000
3.5	65.0	50 650	50 650	69.5	24 000	24 000
4	62.5	46 900	46 900	67.0	24 000	24 000
4.5	59.5	42 250	42 250	65.0	24 000	24 000
5	56.5	37 800	37 800	62.5	24 000	24 000
6	49.5	31 000	31 000	57.5	24 000	24 000
7	42.5	26 050	26 050	52.0	24 000	24 000
8	33.5	22 300	22 300	46.0	22 600	22 600
9	20.5	19 050	19 300	39.5	19 450	19 650
10				31.5	15 750	16 750
Ang. Min. Pluma/Cap.	0.0	10 800	10 800	0.0	8 200	8 200
Radio (m)	9.5			11.6		
Radio de Carga (m)	16.8m			19.8m		
	24°	360°	Sobre Parte Delantera	24°	360°	Sobre Parte Delantera
3	75.0	24 000	24 000			
3.5	73.5	24 000	24 000			
4	72.0	24 000	24 000	75.0	24 000	24 000
4.5	70.0	24 000	24 000	73.5	24 000	24 000
5	68.0	24 000	24 000	72.0	24 000	24 000
6	64.5	24 000	24 000	69.0	24 000	24 000
7	60.5	24 000	24 000	66.0	24 000	24 000
8	56.0	22 850	22 850	62.5	23 000	23 000
9	51.5	19 700	19 900	59.0	19 850	20 050
10	47.0	16 050	17 000	55.5	16 200	17 150
12	35.5	11 350	12 050	47.5	11 500	12 200
14	19.0	8 400	9 000	38.5	8 550	9 150
16				26.5	6 600	7 100
Ang. Min. Pluma/Cap.	0.0	5 850	5 850	0.0	4 300	4 300
Radio (m)	14.6			17.7		

1.- todas las capacidades sobre la línea negra están basadas en la fuerza estructural de la extensión de la pluma. Los valores por debajo de la citada línea, representan limitación por estabilidad.

2.- Se pueden utilizar la extensión de la pluma de 10 mt. Para el servicio de las grúas de levantamiento con uno o dos cables. La longitud de la extensión de 17 mt. Se pueden utilizar para una sola línea de elevación solamente.

3.- Los radios indicados corresponden a una pluma completamente extendida con la extensión de la pluma instalada. Para los largos de la pluma principal no extendida completamente, las cargas especificadas están determinadas por el ángulo de la pluma. Ver solamente la columna que indica el largo y el ángulo de compensación de la extensión de la pluma para los cuales la maquina está fabricada. Para los ángulos de pluma no indicados, se debe optar por la capacidad junto al radio menor.

4.- ADVERTENCIA: El manejo de esta máquina con cargas más pesadas que las capacidades indicadas esta estrictamente prohibido. La inclinación de la maquina con la extensión de la pluma puede ocurrir súbitamente sin señal alguna.

5.- El ángulo de la pluma es el ángulo superior o inferior al ángulo horizontal del eje longitudinal de la sección base de la pluma después de haber elevado la carga especificada.

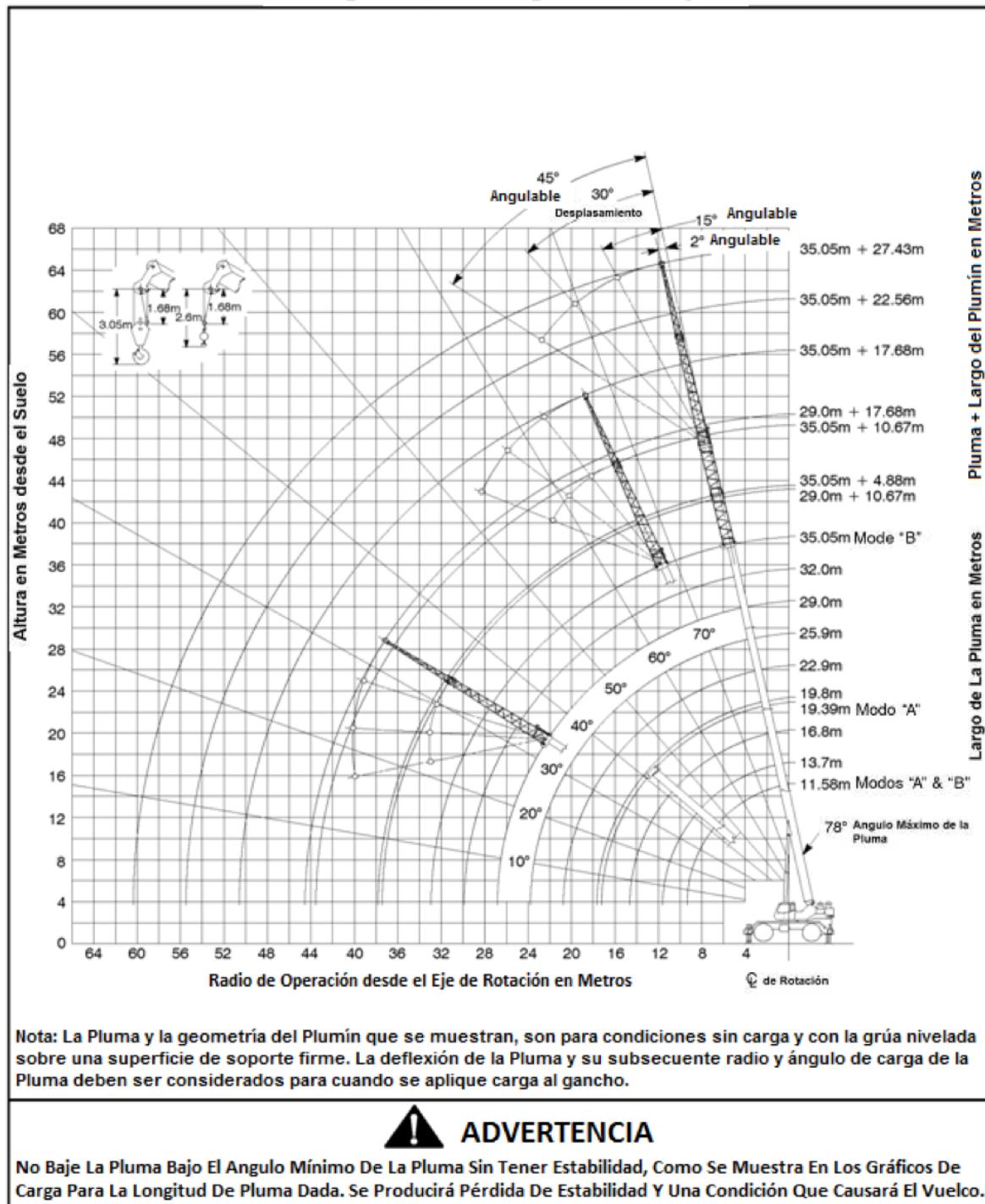
Cuando se usa una cantidad de ramales en el gancho elevador mayor que el mínimo requerido, el peso del cable adicional debe ser considerado parte de la carga que será manipulada.



Diagrama de Carga

En el diagrama de carga se pueden consultar los denominados puntos de cambio. Simultáneamente se pueden detectar también la altura de izaje máxima correspondiente mediante la representación bidimensional.

El propio diagrama de carga no sustituye en ningún caso la tabla de carga valida. Este únicamente aporta una vista rápida general.



EJERCICIO

Examinaremos la pregunta: ¿"Son adecuadas las capacidades de carga"?; el saber el peso es esencial para saber la respuesta a esta pregunta.

El peso de la carga debe incluir todo aquello que es sostenido por el gancho de carga.

Cargas dinámicas aumentarán el peso efectivo de la carga. Súbitas aceleraciones y desaceleraciones también aumentarán el peso de los dispositivos de izaje.

La tabla de carga es **ley absoluta**.

CONSIDERACIONES CLAVE:

- Configuración: pluma, extensión, ángulo, radio, contrapesos.
- Si el LMI indica sobrecarga, **detener inmediatamente**.
- El operador debe ser capaz de **calcular manualmente** la capacidad si el sistema electrónico falla (OSHA 29CFR).

5.6 Operación Segura

Montaje

1- Se debe nivelar la maquina sobre una superficie de soporte firme. Según el tipo de superficie del soporte, puede ser necesario colocar soportes estructurales debajo de las patas de anclaje o los neumáticos para distribuir la carga sobre una superficie de mayor tamaño.

2- Para operar el anclaje, antes de manejar la pluma o levantar la carga, los anclajes deben estar extendidos correctamente con los neumáticos levantados hasta que estén libres del peso de la grúa.

3- Si la maquina está equipada con un estabilizador delantero este debe montarse con la instrucciones en la guía de operación y seguridad.

4- Si la maquina esta equipada con un contrapeso removible y/o extensible, el contrapeso adecuado deberá estar instalado y completamente extendido antes o durante la operación.

5- Si el fabricante aprueba el uso de una grúa para levantamiento sobre neumáticos, los neumáticos deben estar inflados hasta la presión recomendada antes de levantar la carga sobre los mismos.

6- Con ciertas combinaciones de plumas y poleas, es posible que las capacidades máximas no sean alcanzadas con los cables de largo común.

7- A menos que sea aprobado por el fabricante de la grúa, no se desplace con la pluma y su extensión levantada, a menos que se indique de otra manera. Ver la guía de operación y seguridad para información de viaje a un lugar de la obra.

Manejo

1- Las cargas especificadas teniendo en cuenta el radio de operación especificado no deben excederse. No incline la máquina para determinar las cargas permitidas. Para operar los cucharones de mordaza y los cucharones para hormigón, el peso del cucharón y su carga no debe sobrepasar el 80% de las capacidades especificadas de levantamiento.

2- Todas las cargas especificadas se han sometido a pruebas y cumple con los requerimientos de la norma SAEJ1063- Estructuras de plumas voladizas- Método de prueba y no exceden el 85% de la carga de volteo sobre los anclajes completamente extendidos.

3- Las cargas especificadas incluyen el peso de los ganchos, de las eslingas y aparatos auxiliares de levantamiento, cuyos pesos deben ser reducidos de la clasificación indicada para obtener la carga neta levantada. En caso de que se utilice una mayor desmultiplicación con su correspondiente polea, se considerar el peso extra del cable como parte de la carga manejada.

4- Las especificaciones de carga están basadas en las cargas libremente suspendidas. No se debe tratar de mover sobre el suelo una carga en sentido horizontal en ninguna dirección.

5- La velocidad de viento máxima de servicio es de 32 km/h. Se recomienda que cuando la velocidad de viento sea superior a 32 km/h, las cargas nominales y las longitudes de pluma deben reducirse de manera apropiada. Para las maquinas que no están en servicio, la pluma principal debe replegarse y bajarse con el freno de giro puesto en velocidades de más de 48 km/h.

6- Las cargas especificadas son solamente para el servicio de las grúas de levantamiento.

7- No opere la grúa a un radio o largo de la pluma que no esté indicado en le tabla. De lo contrario, la maquina puede volcarse aun cuando no tenga ninguna carga en el gancho.

8- No levante personas con esta máquina a menos que se cumplan con los requisitos de los reglamentos nacionales, estatales y locales y los códigos de seguridad correspondiente.

9- Mantenga los mecanismo de operación a un mínimo de 107 cm debajo del cabezal.

10- Para considerar la desviación, el ángulo de la pluma sin carga debe ser superior al ángulo de la pluma una vez cargada.

El Operador de Grúa, debe trabajar estrechamente con un Rigger calificado.

Ambas partes, además del supervisor, tienen áreas de responsabilidad que se interponen y, por lo tanto, deben comunicarse para asegurar que cada elevación se realice en forma segura. Aunque las elevaciones pueden fluctuar desde lo que se percibe como simple, tal como descargar paquetes de barras de refuerzo, a elevaciones guiadas más complejas, todas deben tener una cosa en común PLANIFICACIÓN.

Desafortunadamente, cuando el levante parece ser menos complejo, el nivel de planificación disminuye considerablemente.

Es extremadamente importante que el operador, el Rigger, el supervisor y el personal de terreno, planifiquen previamente los trabajos a realizar, con el fin de coordinar todas las maniobras de levante y traslado de cargas.

Volviendo al plan de izaje original, ahora examinaremos la pregunta: ¿"Son adecuadas las capacidades de carga"?, el saber el peso es esencial para saber la respuesta a esta pregunta.

El peso de la carga debe incluir todo aquello que es sostenido por el gancho de carga.

Cargas dinámicas aumentarán el peso efectivo de la carga. Súbitas aceleraciones y desaceleraciones también aumentarán el peso de los dispositivos de izaje.

NOTAS DEL AUTOR – BOLETÍN N°10
Clasificación del levante
Todas las actividades de levante tienen ciertos riesgos y peligros asociados; por lo tanto, ninguna actividad de levante debería tratarse a la ligera.
Para ayudar a decidir el tipo y grado de planificación requerida, la persona responsable del levante debería clasificarlo dentro de los siguientes tipos.
<ul style="list-style-type: none">• Levantes básicos• Levantes de producción• Levantes críticos
Levantes básicos: son aquellos que no se clasifican como levantes críticos o de producción, estos son generalmente:
<ul style="list-style-type: none">• Menos del 75% de la capacidad de un tecle o monorriel• Menos del 50% de la capacidad de la grúa• Menos de 50% de la capacidad de carga de un camión• Levantes que no involucren a un segundo equipo de levante
Levantes de producción: Se refiere a los levantes rutinarios donde las cargas, centro de gravedad y dimensiones son conocidas y generalmente cuentan con sus propias maniobras de izaje y son movidas de forma repetitiva.

Levante críticos: Son aquellos levantes que involucran a mas de una grúa o si ocurriera una colisión o vuelco, provocara como consecuencia lesiones graves o muerte, daño a la producción o contaminación al medio ambiente. Por consiguiente, se considerará crítico si:

- El izaje involucra el levante de personas
- Izaje sobre una planta de producción en movimiento
- Levante en proximidad de líneas eléctricas energizadas
- Levante que requiera cuidado excepcional con el tamaño, lugares estrechos, condiciones ambientales extremas, vulnerable comunicación
- Levante que involucre a mas de una grúa
- Levante que sobrepase el 50% de la capacidad de la grúa por tabla

5.6.1 Principios Fundamentales

- Levantar lentamente hasta tensar la maniobra.
- Verificar que la carga esté correctamente aparejada y centrada en el C.G.
- No permitir personal bajo carga suspendida.
- No realizar movimientos combinados (giro + izaje + telescopado) sin plena visibilidad y control.
- Mantener comunicación constante con el rigger/señalero.

5.6.2 Movimientos del Equipo

- **Izaje:** progresivo, sin sacudidas ni impactos.
- **Giro:** suave, evitando aceleraciones bruscas.
- **Telescopado:** sólo bajo carga si lo permite el fabricante.
- **Desplazamiento con carga:** prohibido salvo autorización explícita del fabricante y plan de izaje especial.

5.7 Riesgos Críticos Asociados

- Vuelco por pérdida de estabilidad.
- Colapso estructural de pluma.
- Caída de la carga por falla en eslingas.
- Electrocución por proximidad a líneas energizadas.
- Golpe a terceros por giro o contrapeso.
- Efecto péndulo o oscilación inducida por viento.

5.8 Señalización y Comunicaciones

Obligatorio:

- Señalero único designado.
- Lenguaje ASME estándar o señales de la empresa.
- Comunicación radial cuando la visibilidad está limitada.
- Frenado instantáneo ante señales contradictorias.

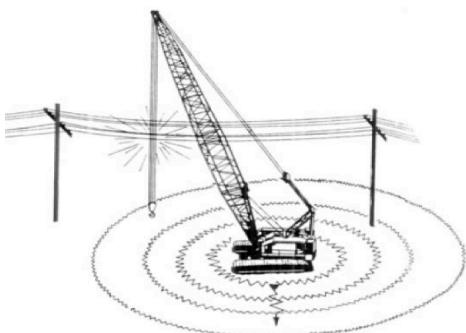
5.9 Criterios de Detención Inmediata

El operador debe detener y negarse a continuar si:

- Pierde visión directa del punto crítico.
- Se pierde comunicación con rigger.
- Se detecta inestabilidad del suelo o equipo.
- El LMI presenta advertencia o falla.
- Se aproxima tormenta eléctrica o ráfagas superiores a lo permitido.

5.10 Líneas eléctricas energizadas

Este volumen reconoce que las grúas móviles que operan donde pueden electrizarse por líneas de alta tensión es una práctica sumamente arriesgada. Es aconsejable realizar el trabajo previniendo que ninguna parte de la grúa entre en contacto con las líneas eléctricas, o que esta se convierta en una vía conductiva.



Las grúas no deben ser usadas para izar materiales guardados bajo líneas electricidad a menos que cualquier combinación de pluma, carga, línea de carga, o accesorio de maquina no pueda

entrar en la zona prohibida. No se recomienda que grúas móviles operen donde pueden electrizarse con líneas eléctricas a menos que se des energice para realizar el trabajo.

Toda línea de tensión debe considerarse energizada a menos que la persona a quien pertenezca dicha línea o la autoridad responsable del servicio verifique que no es una línea energizada. Los operadores no deben confiar en los recubrimientos de los cables para su protección. Las siguientes son cuatro condiciones a considerar cuando se está operando una grúa móvil cerca de líneas de alta tensión eléctrica:

- (a) Líneas des energizadas y puesta a tierra
- (b) Líneas energizadas, grúas que operan con extensión de la pluma menos de la longitud total
- (c) Líneas energizadas, izaje con grúa en zona prohibida
- (d) Grúa en transitó sin carga, y con la pluma baja

Esta es la condición preferida bajo la cual las operaciones se deben realizar. El riesgo de lesión o muerte debido a electrocución ha sido quitado. Los siguientes pasos deben ser tomados para asegurar que las líneas estén des energizadas:

- (a) La compañía de electricidad o el dueño de las líneas deben des energizar las líneas.
- (b) Las líneas deben ser puestas a tierra para evitar la regeneración eléctrica visible y apropiadamente marcadas en el área de trabajo.
- (c) Un representante calificado del dueño de las líneas o un representante designado de las utilidades eléctricas estará en el sitio para verificar que los pasos del par. 5-3.4.5.2 (a) y (b) han sido completados y que las líneas no estén con electricidad.
- (d) Se deben instalar avisos duraderos en la cabina del operador y en la parte externa de la grúa advirtiendo que la electrocución u otro daño al cuerpo puede ocurrir a menos que las aclaraciones mínimas, especificadas en la Tabla 2 [ver Tabla 2 y Fig. 18, (d)], sean mantenidas entre la grúa o su carga suspendida y las líneas de alta tensión.
- (e) Si se usan en la pluma protectores tipo jaula, uniones aisladoras o dispositivos de alarmas de aproximación, estos dispositivos no sustituyen los requisitos del par. 5-3.4.5, aunque cuando tales dispositivos sean requeridos por leyes o regulaciones. Debido a lo complejo, invisible y letal de los peligros eléctricos involucrados y para disminuir el potencial de seguridad falsa, instrucciones sobre los peligros eléctricos involucrados, condiciones de operación para los dispositivos, limitaciones de tales dispositivos y probados de según los requisitos del fabricante, si son usados, debe ser conocido por el operador de la grúa, los trabajadores, y el personal que manejan las carga. Las aclaraciones requeridas para las líneas eléctricas, establecidas en la Tabla 2 del par. 5-3.4.5, deben ser mantenidas, sin tomar en cuenta cualquier dispositivo usado en la grúa.

Tabla 2 Aclaración Requerida para Voltaje Normal en Operación Cerca de Líneas de Electricidad y Operación en Tránsito Sin Carga y Con Boom o Mástil Bajado

Voltaje Normal, kV Fase a Fase	Aclaración Minima Requerida, pies (m) [Nota (1)]
Operación Cerca de Líneas de Electricidad con Alto Voltaje	
hasta 50	10 (3.05)
Más de 50 hasta 200	15 (4.60)
Más de 200 hasta 350	20 (6.10)
Más de 350 hasta 500	25 (7.62)
Más de 500 hasta 750	35 (10.67)
Más de 750 hasta 1,000	45 (13.72)
Operación en Tránsito Sin Carga y Con Boom o Mástil Bajado	
hasta 0.75	4 (1.22)
Más de 0.75 hasta 50	6 (1.83)
Más de 50 hasta 345	10 (3.05)
Más de 345 hasta 750	16 (4.87)
Más de 750 hasta 1,000	20 (6.10)

NOTA:

(1) Condiciones ambientales como la neblina, humo, o precipitación pueden requerir aclaraciones.

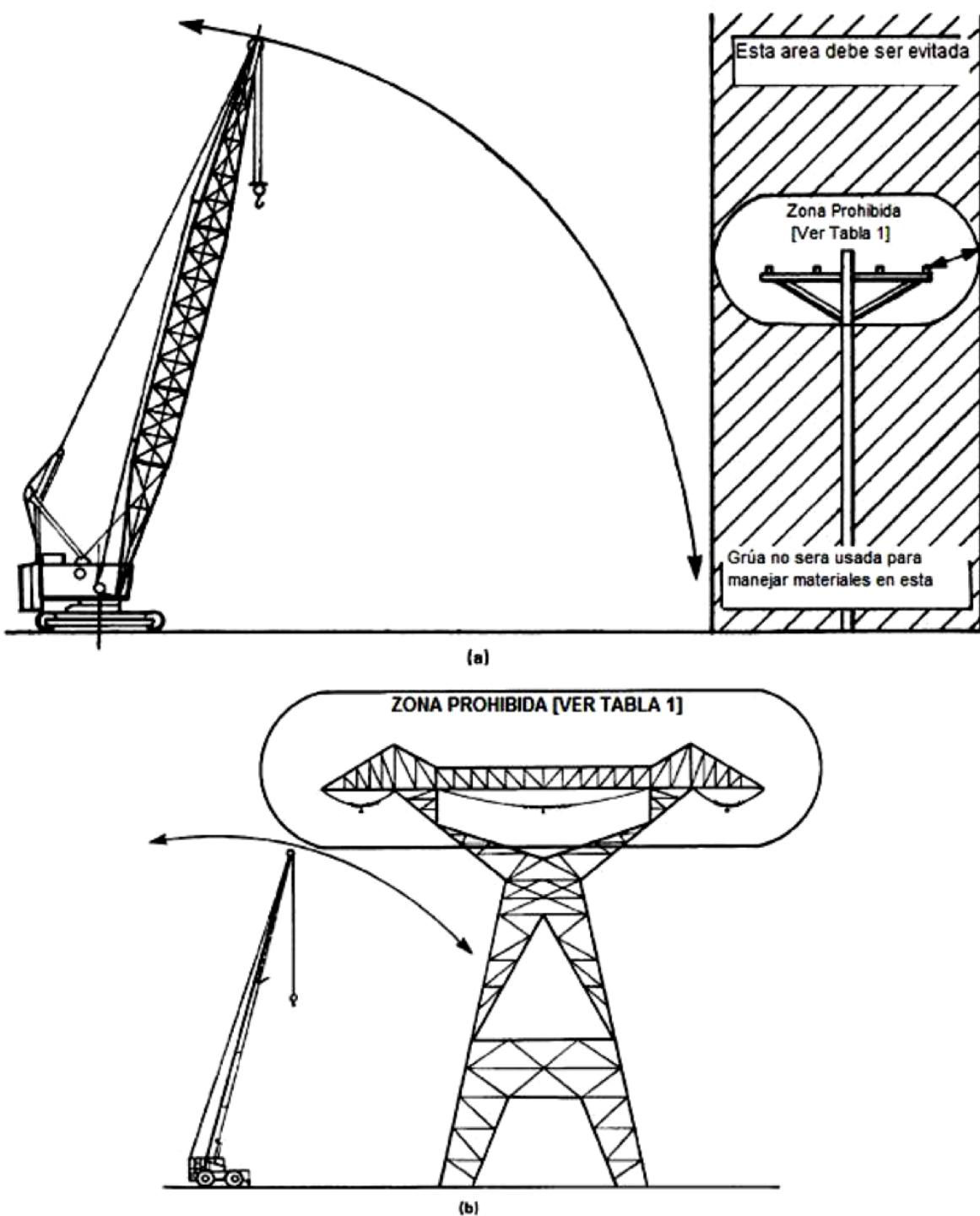
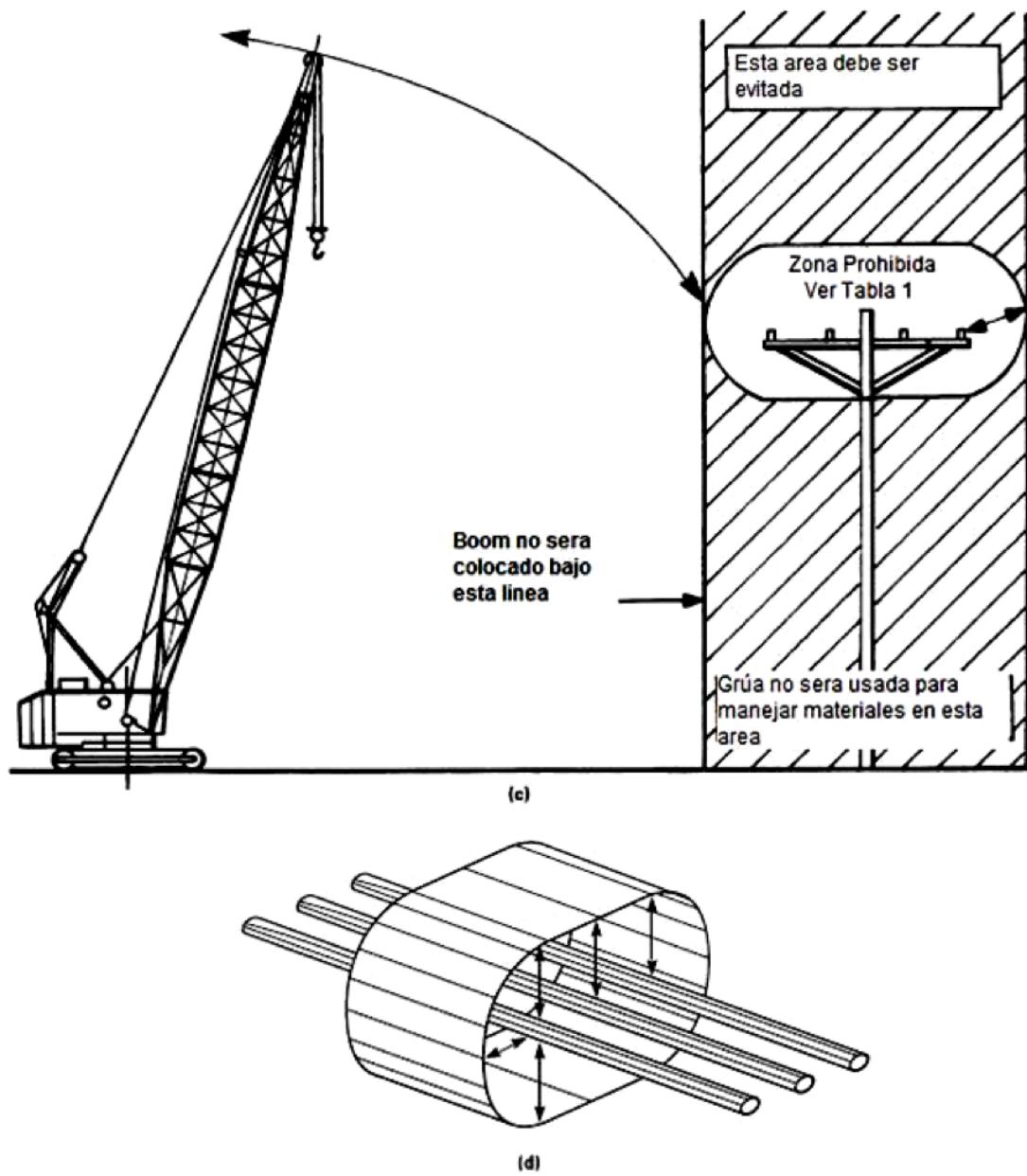


Fig. 18 Zona Peligrosa para Grúas y Cargas Levantadas Operando Cerca de Lineas de Electricidad



NOTA GENERAL: Ver Tabla 1 para distancia de radio minima de una zona prohibida.

Fig. 18 Zona Peligrosa para Grúas y Cargas Levantadas Operando Cerca de Lineas de Electricidad

GERENCIA DE OPERACIONES																																						
PLAN DE IZAJE DE CARGAS CON GRÚAS MÓVILES																																						
Fecha																																						
Lugar de la Maniobra																																						
Peso máximo de la carga	Lbs	Kg																																				
Condiciones Ambientales:																																						
Velocidad del viento	m/s	K/h																																				
Máximo 32 Km/hr																																						
Grúa N°1 (Código Interno)																																						
Posición de operación: Frente <input type="checkbox"/> Lado <input type="checkbox"/> 360° <input type="checkbox"/>																																						
																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left;">POSICIÓN INICIAL</th> <th colspan="3" style="text-align: right;">POSICIÓN FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Radio Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td style="width: 50%;">Radio Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Angulo Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td>Angulo Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Longitud Pluma Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td>Longitud Pluma Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Capacidad Grúa:</td> <td>Lbs</td> <td>Kg</td> <td>Capacidad Grúa:</td> <td>Lbs</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ton</td> <td></td> <td></td> <td>Ton</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			POSICIÓN INICIAL			POSICIÓN FINAL			Radio Inicial			Radio Inicial			Angulo Inicial			Angulo Inicial			Longitud Pluma Inicial			Longitud Pluma Inicial			Capacidad Grúa:	Lbs	Kg	Capacidad Grúa:	Lbs	Kg		Ton			Ton	
POSICIÓN INICIAL			POSICIÓN FINAL																																			
Radio Inicial			Radio Inicial																																			
Angulo Inicial			Angulo Inicial																																			
Longitud Pluma Inicial			Longitud Pluma Inicial																																			
Capacidad Grúa:	Lbs	Kg	Capacidad Grúa:	Lbs	Kg																																	
	Ton			Ton																																		
Grúa N°2 (Código Interno)																																						
Posición de operación: Frente <input type="checkbox"/> Lado <input type="checkbox"/> 360° <input type="checkbox"/>																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left;">POSICIÓN INICIAL</th> <th colspan="3" style="text-align: right;">POSICIÓN FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Radio Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td style="width: 50%;">Radio Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Angulo Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td>Angulo Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Longitud Pluma Inicial</td> <td colspan="2"></td> <td>Longitud Pluma Inicial</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Capacidad Grúa:</td> <td>Lbs</td> <td>Kg</td> <td>Capacidad Grúa:</td> <td>Lbs</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ton</td> <td></td> <td></td> <td>Ton</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			POSICIÓN INICIAL			POSICIÓN FINAL			Radio Inicial			Radio Inicial			Angulo Inicial			Angulo Inicial			Longitud Pluma Inicial			Longitud Pluma Inicial			Capacidad Grúa:	Lbs	Kg	Capacidad Grúa:	Lbs	Kg		Ton			Ton	
POSICIÓN INICIAL			POSICIÓN FINAL																																			
Radio Inicial			Radio Inicial																																			
Angulo Inicial			Angulo Inicial																																			
Longitud Pluma Inicial			Longitud Pluma Inicial																																			
Capacidad Grúa:	Lbs	Kg	Capacidad Grúa:	Lbs	Kg																																	
	Ton			Ton																																		
Nota: Verificar la tabla de cargas ya que la capacidad de las grúas varía según el cuadrante en que se va a trabajar.																																						
CÁLCULOS																																						
Carga neta (+)	Lbs	Kg	Ton	Carga Bruta	Lbs	Kg	Ton																															
Peso de aparejos (+)	Lbs	Kg	Ton	Capacidad grúa N°1	Lbs	Kg	Ton																															
Peso del Gancho (+)	Lbs	Kg	Ton	Capacidad Grúa N°2	Lbs	Kg	Ton																															
Carga Bruta (=)	Lbs	Kg	Ton	Carga bruta / Capac. Grúa N°1	%																																	
				Carga bruta / Capac. Grúa N°2	%																																	
Si % > 75%, entones el levante es crítico y se requiere una aprobación superior, por parte del Gerente del Área																																						
DATOS DE APAREJOS																																						
Capacidad de Eslingas	Lbs	Kg	Ton	Capacidad Grilletes	Lbs	Kg	Ton																															
Capacidad Palomier	Lbs	Kg	Ton	Capacidad Tensores	Lbs	Kg	Ton																															
Capacidad Diferenciales	Lbs	Kg	Ton	Capacidad Garruchas	Lbs	Kg	Ton																															
OREJAS Y/O PUNTOS DE ANCLAJE																																						
Capacidad de oreja / punto de anclaje			Lbs	Kg	Ton	Orejas / puntos de anclaje cumplen?																																
						<input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; vertical-align: middle;" type="checkbox"/> SI	<input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; vertical-align: middle;" type="checkbox"/> NO																															
Firma _____																																						
Nombre _____																																						
Cargo _____		RIGGER		SUPERVISOR CONTRATISTA		OPERADOR GRÚA																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Firma</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Nombre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cargo</td> <td style="text-align: center;">DUEÑO DE LA TAREA</td> </tr> </table>								Firma		Nombre		Cargo	DUEÑO DE LA TAREA																									
Firma																																						
Nombre																																						
Cargo	DUEÑO DE LA TAREA																																					

6.- Transición a Especializaciones

Una vez comprendidos los principios generales del capítulo 5, el alumno podrá avanzar a:

- **Anexo A:** Camión Pluma Articulado
- **Anexo B:** Grúa Telescópica Móvil
- **Anexo C:** Manlift / Alzahombres
- **Anexo D:** Grúa Horquilla (Forklift)
- **Anexo E:** Plataformas de trabajo elevadas (EWP)

Cada módulo contendrá:

- ✓ características estructurales,
- ✓ puntos críticos,
- ✓ inspección específica,
- ✓ limitaciones,
- ✓ maniobras propias del equipo.

7.- Evaluación

- **Menos de 20–40 preguntas debilita la validez técnica** de un proceso de certificación.

Por lo tanto:

EXAMEN TÉCNICO MÍNIMO PARA OPERACIONES DE LEVANTE:

- **40 preguntas generales** (normativa, responsabilidades, conceptos de izaje).
- **20 preguntas específicas** (estrobos, cálculos, señales, plan de izaje, equipos).
- **Evaluación práctica** con rúbrica formal (maniobras, comunicación, estrobado, seguridad).