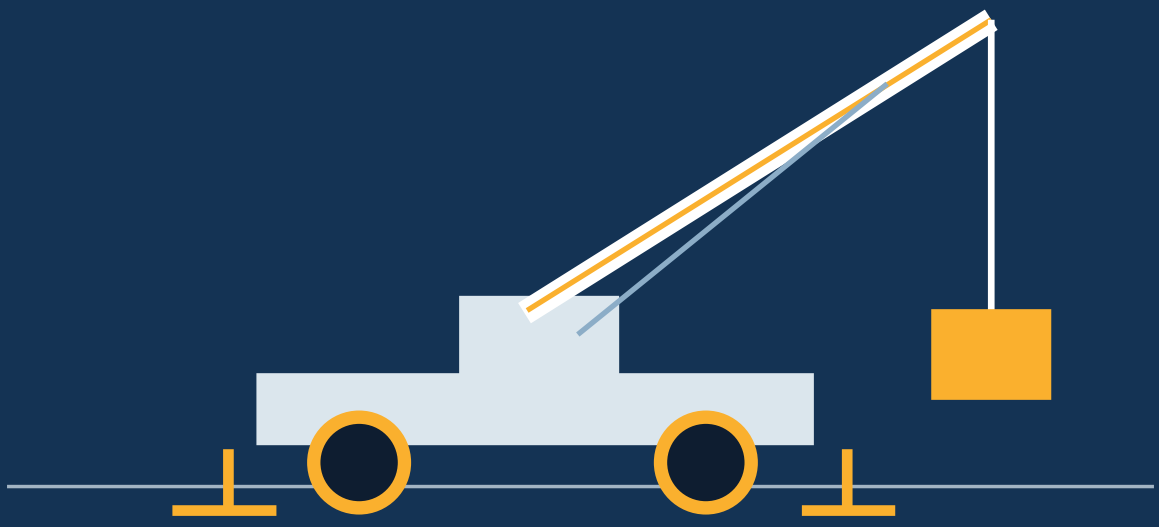
MANUAL TÉCNICO

GUÍA RIGGER

OPERACIONES DE IZAJE CON GRÚAS

Conceptos fundamentales · Elementos y accesorios de izaje
Procedimientos seguros · Cálculos y ejercicios



AUTOR ORIGINAL · Milivoj Cruz Cerda

Profesor certificador | Abril 2018

EDICIÓN VISUAL 2026

CONTENIDOS / 01

GUÍA TÉCNICA RIGGER / MAPA DE CONTENIDOS

01 **Legislación y marco técnico**

Normativa citada · Página 4

02 **Terminología y definiciones**

Equipos, operación y funciones · Páginas 5–8

03 **Elementos y accesorios de izaje**

Eslingas, estrobos, grilletes y ganchos · Páginas 9–15

04 **Inspección y criterios de rechazo**

Revisión, factores de seguridad y daños · Páginas 15–18

05 **Procedimientos y seguridad**

Planificación, estabilidad y controles · Páginas 19–27

06 **Determinación de cargas**

Peso, volumen y conversiones · Páginas 27–31

07 **Centro de gravedad y eslingado**

Geometría, ángulos y tensiones · Páginas 32–45

CONTENIDOS / 02

GUÍA TÉCNICA RIGGER / MAPA DE CONTENIDOS

08 **Planificación de maniobras**

Configuraciones y precauciones · Páginas 45–55

09 **Comunicación y señales**

Parada de emergencia y señales manuales · Páginas 56–57

10 **Fórmulas de izaje**

Resumen de expresiones y criterios · Páginas 58–63

11 **Ejercicios de cálculo**

Aplicaciones y problemas · Páginas 64–71

LEGISLACIÓN ASOCIADA AL IZAJE CON GRÚAS:

Existen a nivel mundial varias organizaciones envueltas en el desarrollo de legislaciones, normas y procedimientos en el área del izaje con grúas, tales como la ANSI, ASME, IRAM, etc.. En Chile las siguientes legislaciones y normas han sido desarrolladas:

1) Decreto N°132: Establece estándares de seguridad para faenas mineras incluido el izaje con grúas.
2) NCh 666. Of 70: Cables de Acero – Terminología y Clasificación.
3) NCh 667. Of 70: Cables de Acero – Especificaciones.
4) NCh 885.E Of 72: Norma Chilena de Emergencia Oficial – Cables de Acero – Selección, Diseño de la Instalación, Seguridad, Uso y Cuidado.
5) NEO 1 (Norma Estándar Operacional 1): "Manejo de cargas con cable de acero, eslinga/estrobo". Para CODELCO.
6) NEO 2: "Manejo de cargas, accesorios para cables de acero, eslinga/estrobo". CODELCO.
7) NEO 9: "Accesorios de levante, manejo de cargas con eslingas de cadena". CODELCO.

Siendo además, ampliamente reconocida en nuestro país, las normas internacionales desarrolladas por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos de E.E.U.U. ("ASME", American Society of Mechanical Engineers), entre las cuales se destacan las siguientes:

1) ASME B30.9: Eslingas o elementos de izaje.
2) ASME B30.10: Ganchos.
3) ASME B30.26: Accesorios de Izaje.
4) ASME B30.5: Equipos de Izaje.

TERMINOLOGÍA & DEFINICIONES:

1) **Equipos de izaje:** Existen diversos tipos de grúas de izaje de carga, tales como:



Figura N°1: Tipos de grúas de izaje de carga.

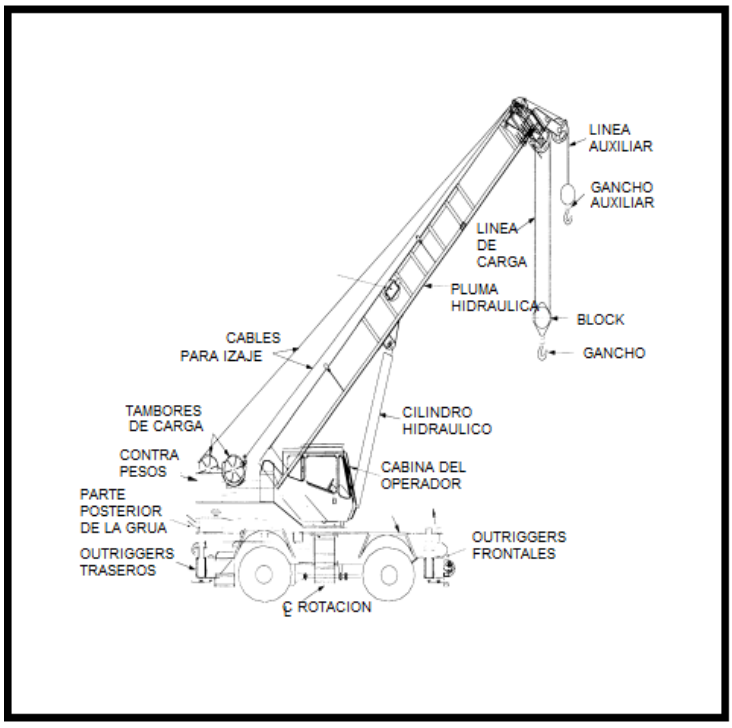


Figura N°2: Partes de una grúa hidráulica sobre ruedas.

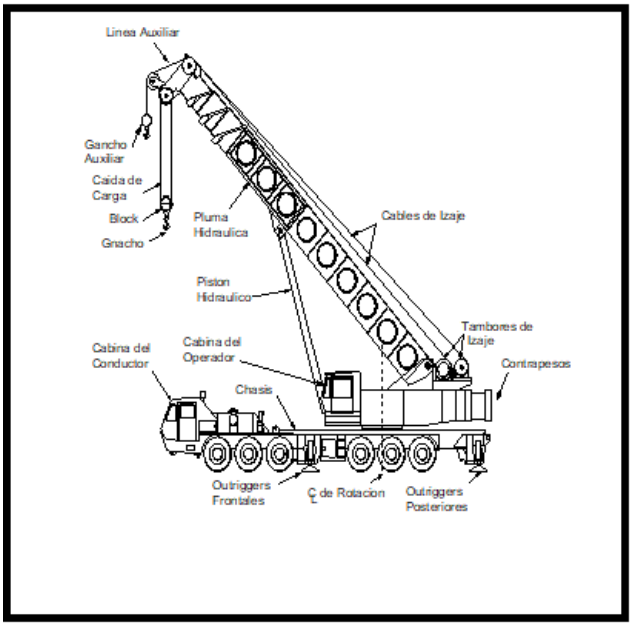


Figura N°3: Partes de una grúa hidráulica montada sobre camión.

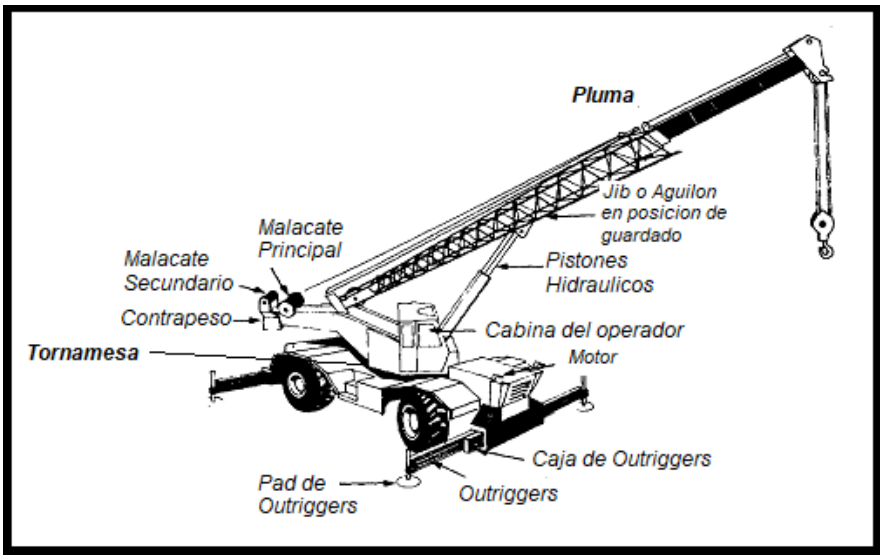


Figura N°4: Partes de una grúa todoterreno LRT.

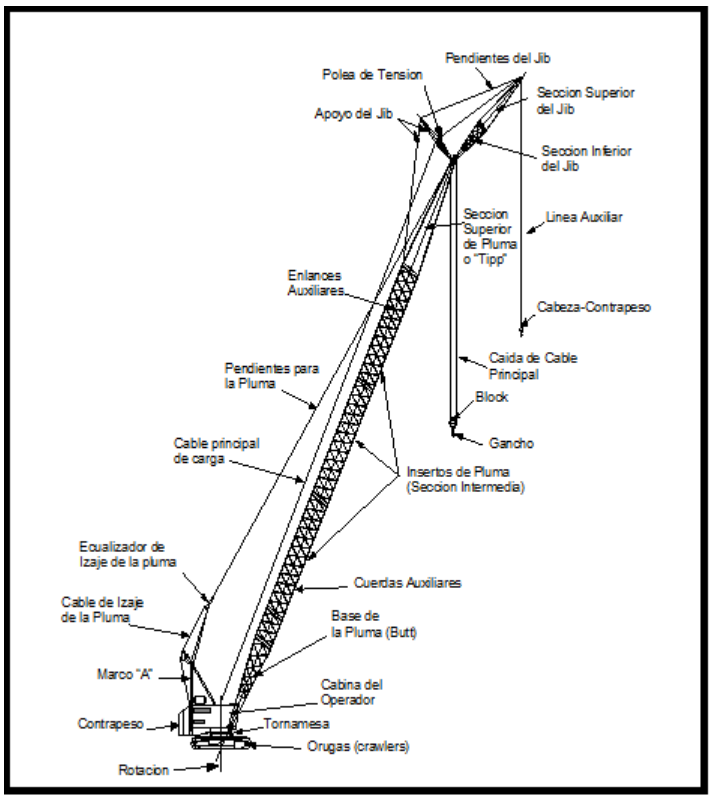


Figura N°5: Partes de una grúa móvil sobre orugas.

2) **Operador de grúa:** Persona certificada encargada de ejecutar las maniobras de operación de la grúa, bajo la dirección del rigger.

3) **Rigger:** Persona certificada encargada de realizar una maniobra de izaje con grúas de forma segura y eficiente. Para ello debe planificar, controlar y supervisar la maniobra de izaje, dirigiendo además al operador mediante señales o radio comunicación.

4) **Carga Limite de Trabajo o WLL (Weight Load Limit):** Es la fuerza máxima que un producto usado en izaje de cargas tiene autorizado soportar.

5) **Carga de prueba:** Una prueba aplicada a un producto de izaje para determinar defectos en el material o en la fabricación.

6) **Carga de ruptura:** Es la fuerza con la cual el producto de izaje no puede soportarla y se rompe.

7) **Radio de carga o de operación:** Distancia horizontal, medida entre el centro del eje de rotación de la grúa y el eje vertical al centro del gancho o al centro de gravedad de la carga (Figura N°6).

8) **Ángulo de pluma:** En plumas telescópicas es el ángulo entre la parte inferior (base) de la sección de la pluma y la horizontal bajo la pluma (Figura N°6).

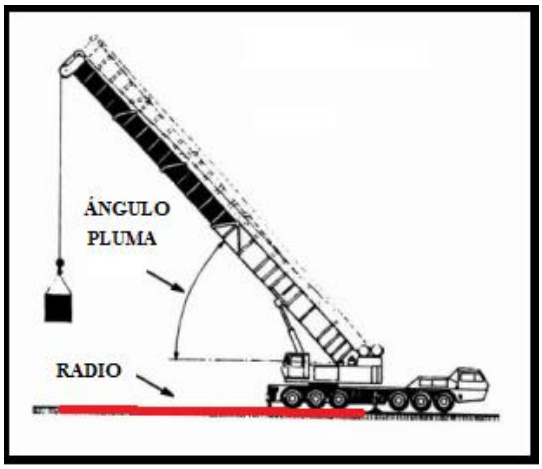


Figura N°6: Radio de carga y ángulo de la pluma.

9) **Factor (coeficiente) de seguridad o diseño (F.S.):** Se calcula de la división entre la carga de ruptura por la carga límite de trabajo (Carga ruptura/WLL) (Figura N°7) y se expresa como una relación, por ejemplo de 5 a 1 (5:1). Este término indica la capacidad de reserva teórica de un producto de izaje para que pueda desempeñarse en condiciones de seguridad adecuadas, es decir 5:1, indica que el producto puede soportar antes de romperse 5 veces la WLL.

$$\text{F.S.} = \frac{\text{Carga de ruptura}}{\text{WLL}}$$

Figura N7: Cálculo F.S..

10) **Eslingas o elementos de izaje:** Existen 3 tipos de eslingas:

a) **Eslinga Sintética:** Son de poliéster, de forma plana, con una o varias capas, de distintos diámetros y colores. Existen diversos tipos, destacando las ojo-ojo y sin fin (Figura N°8 y 9). F.S = 5:1.



Figura N°8: Eslinga sintética tipo ojo-ojo.



Figura N°9: Eslinga sintética tipo si fin.

b) **Eslinga de cadena:** Es un conjunto de eslabones metálicos (acero) unidos entre sí, las cuales comúnmente poseen en uno de sus extremos un gancho para enlazar la carga y en el otro una anilla maestra para enganchar al gancho de la grúa (Figura N°10). Generalmente la calidad del acero empleada en la fabricación de la cadena es clase 8 o grado 80, que significa que la cadena con una tensión media de 800(N/mm^2) puede sufrir una rotura

mínima, pero también existen cadenas más resistentes grado 100 (clase 10) y 120 (clase 12). F.S = 4:1.



Figura N°10: Algunos tipos de eslinga de cadena.

c) **Eslinga de cable de acero o estrobo:** Los estrobos son un grupo de alambres trenzados entre sí frecuentemente de forma helicoidal, los cuales conforman un conjunto de torones que rodean un alma de acero o fibra (Figura N°11). Estos poseen ojales en sus extremos, los que son asegurados con casquillos cónicos de alta resistencia prensados hidráulicamente (Figura N°12). Los estrobos son el elemento de izaje más usado en la industria, ya que suele dar señales más notorias que las otras eslingas al momento de ruptura. F.S = 5:1.

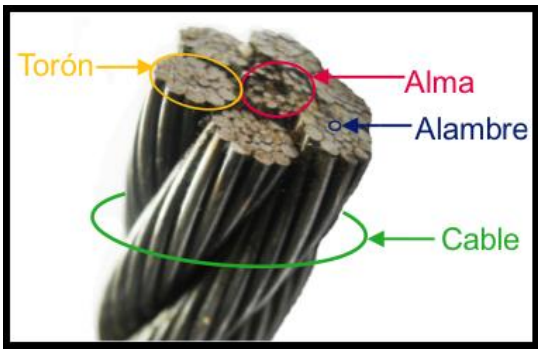


Figura N°11: Composición del estrobo.



Figura N°12: Estrobos.

11) **Accesorios de Izaje:** En accesorios de izaje se considerarán los siguientes:

a) **Grilletes:** Son piezas de acero compuestas por un cuerpo y un perno (pin o pasador) (Figura N°13), que se usan como conectores entre la carga a izar y una eslinga. Existen varios tipos de grilletes (Figura N°14) y en su cuerpo deben traer grabados su medida y carga límite de trabajo, nombre del fabricante, grado del acero y código de trazabilidad (Figura N°15). Su capacidad de carga varía según el ángulo de trabajo (Figura N°16). F.S = 6:1.



Figura N°13: Partes de un grillete.



Figura N°14: Tipos de grilletes.



Figura N°15: Grabados en un grillete.

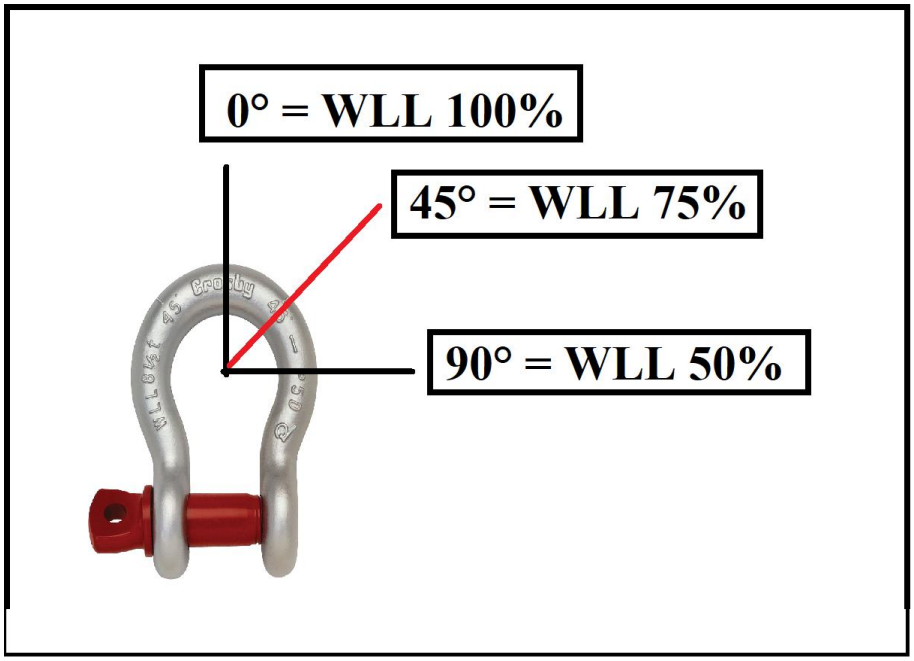


Figura N°16: Capacidad de carga del grillete según su ángulo de trabajo.

b) **Ganchos:** Elementos de acero en forma de "J" que posee una lengüeta de seguridad (Figura N°17), para que la eslinga no se salga y permite conectar al equipo de izaje con la carga. F.S = 5:1.

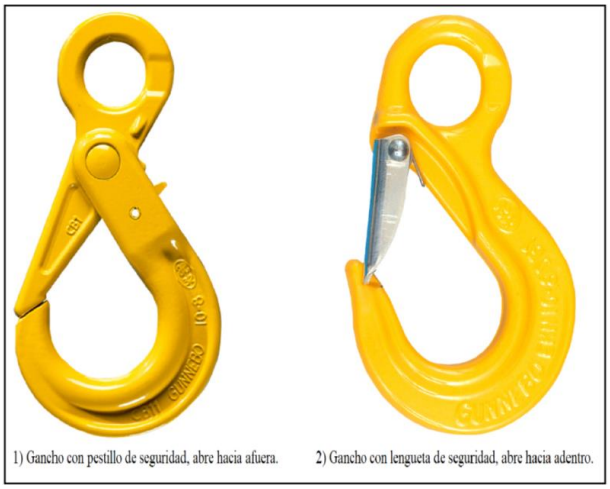


Figura N°17: Ejemplo de tipos de ganchos de ojo.

12) **Estrobado o eslingado de la carga:** Operación que permite amarrar una carga mediante eslingas y accesorios de izaje, para ser levantada y trasladada por la grúa. Existen 3 tipos básicos de estrobado y su capacidad varía según el tipo de enlace (Figura N°18) y del ángulo generado respecto de la carga (Figura N°19 y 20).

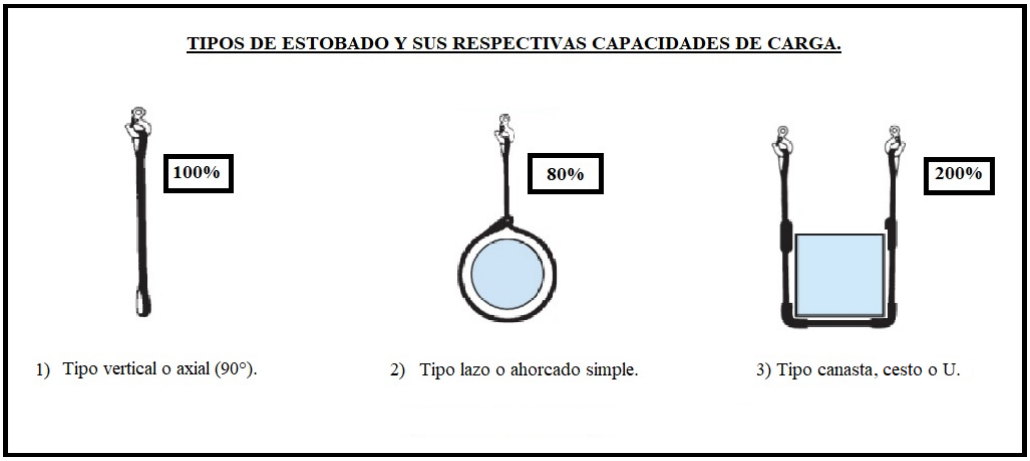


Figura N°18: Tipo de estrobado y sus respectivas capacidades de carga a 90°.

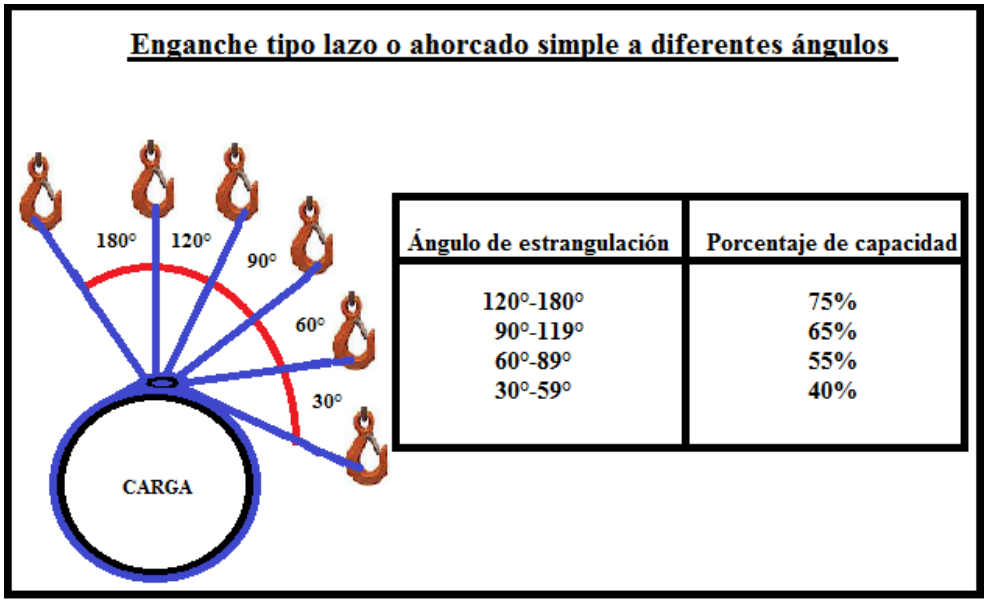


Figura N°19: Enlace tipo lazo simple a diferentes ángulos y sus respectivas capacidades.

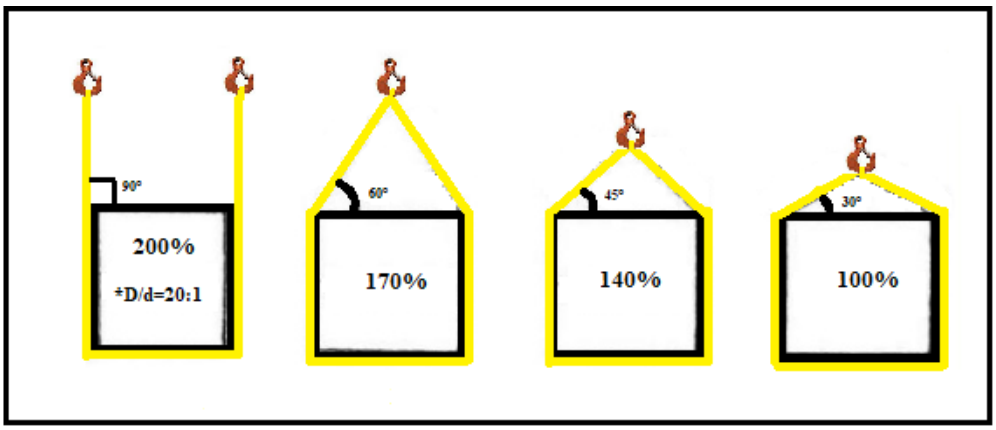


Figura N°20: Enlace tipo canasta a diferentes ángulos y sus respectivas capacidades. *D = Diámetro de la carga. d=Diámetro del estrobo.

NOTA: LAS ESLINGAS DE CADENA O PULPOS NO PUEDEN TRABAJARSE EN ÁNGULOS DE 30°

13) **Resumen Factor de Seguridad elementos y accesorios de izaje:**

	Eslinga sintética	Eslinga de cadena	Estrobo	Grillete	Gancho
F.S.	**5:1**	**4:1**	**5:1**	**6:1**	**5:1**

14) **Criterios de rechazo de elementos y accesorios de izaje según ASMEB30.9, 26 y 10 respectivamente:**

Eslinga sintética	Eslinga de cadena	Estrobo	Grillete	Gancho
Etiqueta de información faltante o ilegible.	Placa de información faltante o ilegible.	Placa de información faltante o ilegible.	Información impresa en el cuerpo del grillete faltante o ilegible.	Información impresa en el cuerpo del gancho faltante o ilegible.
___	Corrosión u óxido excesivo	Corrosión u óxido excesivo	Corrosión u óxido excesivo	Corrosión u óxido excesivo
Quemaduras, hoyos, cortes, deshilachado, decoloración excesiva, costuras rotas o derretido.	Quebrados, distorsionados, fisurados, muescas, daños por calor o hendiduras.	Dobleces permanentes, aplastamiento, daños por calor, jaulas de pájaro, rizos, cocas	Quebrados, distorsionados, fisurados, daños por calor, muescas o hendiduras.	Quebrados, distorsionados, daños por calor, fisurados, muescas o hendiduras.
		Reducción del diámetro del cable de un 10%.	Un 10% de reducción en las dimensiones originales.	Abertura de garganta de 5-15% o torcedura de 10°.
		5 a 6 alambres rotos por torón o 10 en un paso.	Ensamble incompleto o con dificultad entre pasador y grillete.	Seguro faltante o dañado.
Después de cada uso deben	Después de cada uso deben	Después de cada uso deben	Después de cada uso deben	____

ser almacenadas en cajas metálicas o en estanterías dentro de la bodega.	ser almacenadas en cajas metálicas o en estanterías dentro de la bodega.	ser almacenadas en cajas metálicas o en estanterías dentro de la bodega.	ser almacenadas en cajas metálicas o en estanterías dentro de la bodega.	

NUNCA REPARE, ALTERE, RECONSTRUYA O DEFORME UN ELEMENTO Y ACCESORIO DE IZAJE.

15) **Ejemplos de daño mecánico en elementos y accesorios de izaje:**

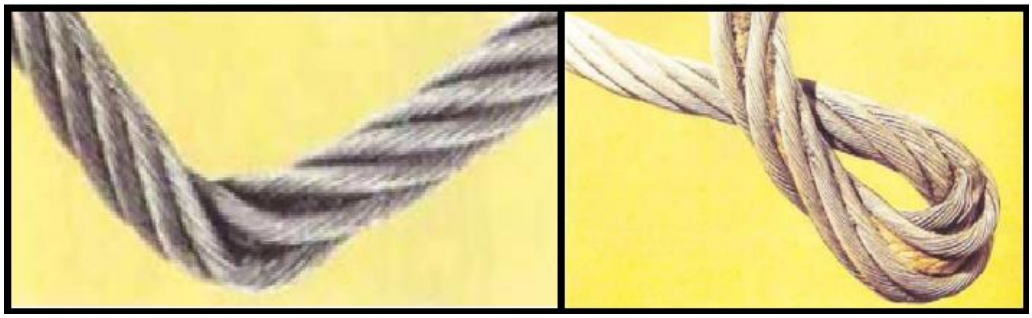


Figura N°21: Torcedura o abolladura en un estrobo.

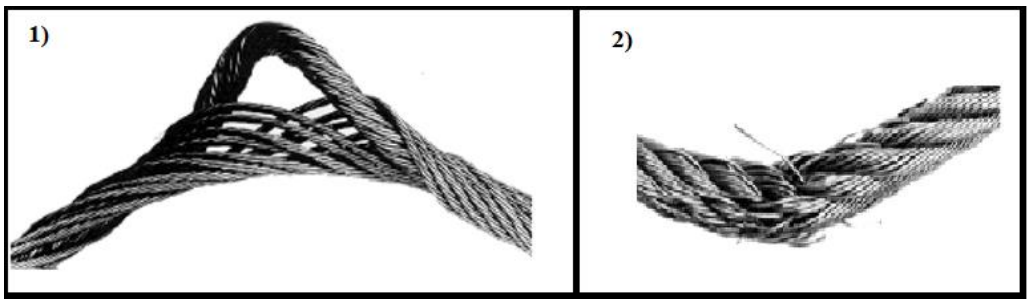


Figura N°22: 1) Jaula de pájaro y 2) alambres cortados en estrobo.

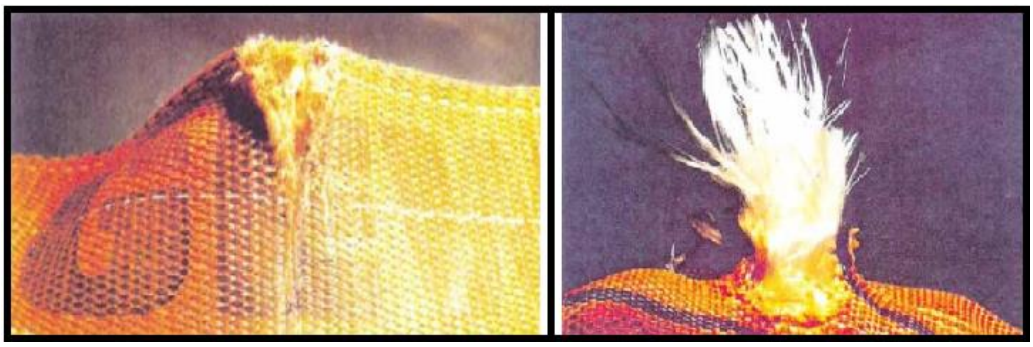


Figura N°23: Eslingas sintéticas con cortes.

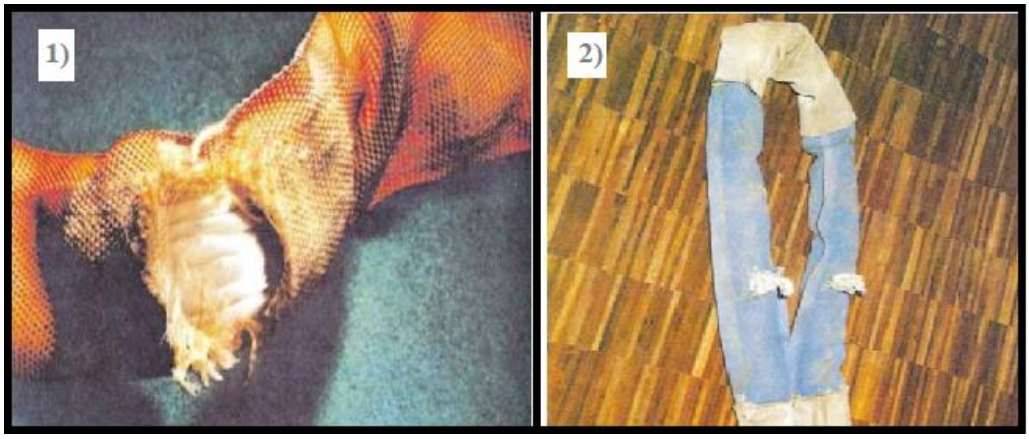


Figura N°24: Eslingas sintéticas con 1) quemaduras y 2) con funda de ojal gastada.

LA INSPECCIÓN DEL ELEMENTO Y ACCESORIO DE IZAJE DEBE SER DIARIO ANTES DE CADA USO

PROCEDIMIENTOS, CÁLCULOS Y PRECAUCIONES ANTES Y DURANTE UN IZAJE

1) **Lectura de una tabla de carga de grúa:**

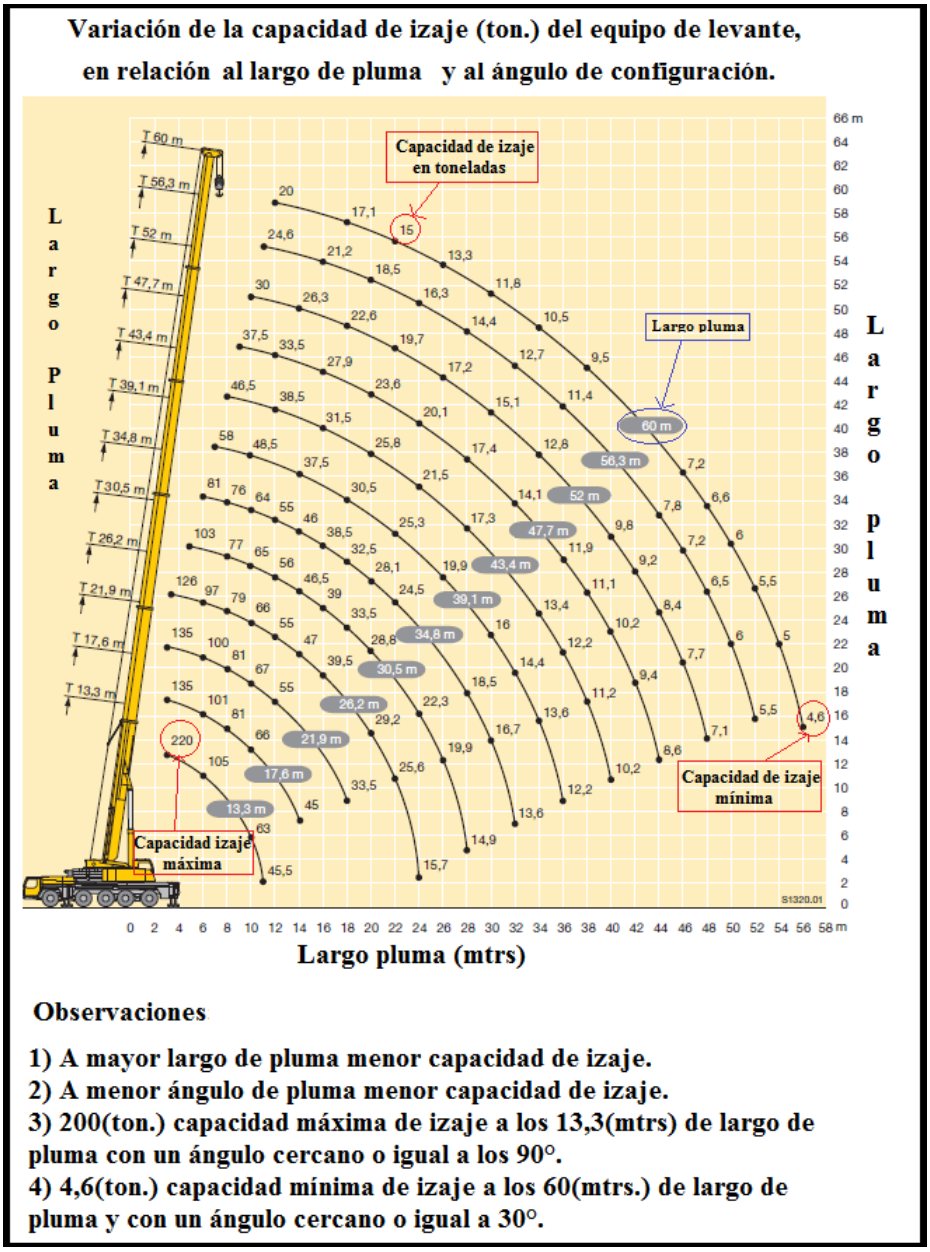


Figura N°25: Variación de la capacidad de carga de una grúa de izaje.

⚠ IMPORTANTE:

LAS TABLAS DE CARGA DE LAS GRÚAS NO CONSIDERAN EFECTOS DE CARGAS DINÁMICAS (GIROS, DESPLAZAMIENTOS), MENOS CARGAS DINÁMICAS CRÍTICAS, TALES COMO :

1) Izar una carga bruscamente desde un estado de reposo.
2) Al detener repentinamente una carga en desplazamiento.
3) Impacto con otros objetos.
4) Sismos.
5) Ráfagas de viento.
6) Caída libre de una carga, la aceleración es retardada por la fricción de las poleas.

2) **¿Quién es el responsable del izaje?:** El responsable del izaje es el rigger, quien debe guiar al operador y coordinar con la gente de terreno involucrada en la maniobra. Sin embargo, para fines legales, en caso de incidente grave u otro, el supervisor directo es quien tiene la primera responsabilidad ante la ley (por su firma) y el operador, quien una vez que iza la carga desde el suelo asume también un alto grado de responsabilidad, siendo el juez local quién determina el grado de culpabilidad.

3) **¿Se han establecido las comunicaciones necesarias?:** Es imperante informar a los involucrados en el proceso de izaje todos los aspectos relativos a la maniobra, incluyendo si fuese necesario a personal externo que se encuentre en cercanías del área de izaje.

4) **¿El equipo está en condiciones aceptables?:** Es el operador de la grúa quién debe cumplir con esta revisión, la cual se confirma legalmente mediante el documento de "Chek List del Equipo de Izaje" y la firma, tanto de él como de su supervisor directo.

5) **¿El equipo es del tipo adecuado para izar cargas?:** El rigger como autoridad en izaje, debe tener especial consideración en este aspecto, ya que variados accidentes han ocurrido cuando se realizan trabajos de levante, por ejemplo con "portacontenedores o retroexcavadoras", que si bien suelen soportar cargas pesadas, su falta de movilidad angular, su viraje y andar rápido e incluso a veces su limitado o excesivo radio de boom o

aguilón, pueden ocasionar severos trastornos operacionales en términos de eficiencia y seguridad.

6) **¿El equipo tiene sus identificaciones apropiadas?:** El fabricante del equipo debe proveer todas las identificaciones del equipo, tales como modelo, capacidades de carga, peso del gancho, etc. (Figura N°26).

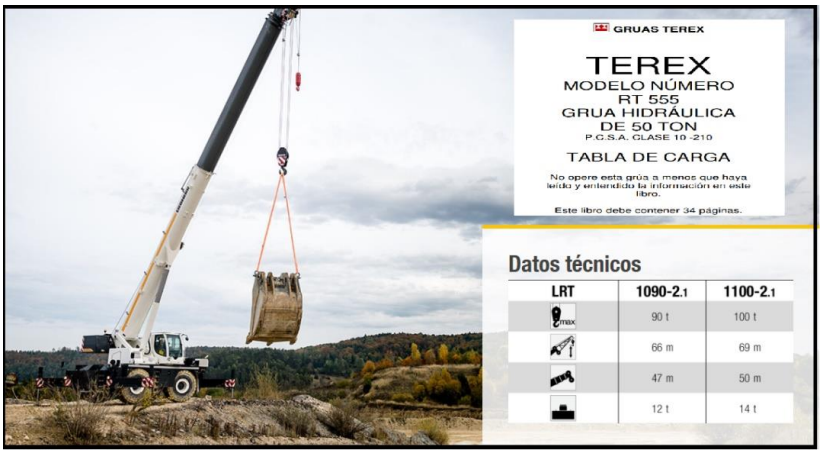


Figura N°26: Algunos identificaciones de la grúa.

7) **¿Se conocen las capacidades de carga de todo el equipo?:** El riesgo de volcamiento es una realidad siempre presente durante un izaje de cargas, por lo que la tabla de carga (Figura N°27) del equipo entregada por el fabricante, debe ser comprendida a cabalidad por el operador de la grúa e incluso por el rigger, sin embargo en terreno, la observación periódica del semáforo que posee la grúa (Figura N°28 y 29), es un indicador de la posibilidad de volcamiento y además, se aconseja para ciertos izajes, realizar una prueba en vacío para que la configuración de la grúa por parte del operador sea la correcta.

Largo de la pluma telescópica (m).														
RADIO m.	9,40 m.		12,90 m.		16,40 m.		19,9 m.		23,40 m.		26,90 m.		30,40 m.	
	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%
2,70	35,00	40,00	20,25	22,40	17,40	19,25	12,30	13,60						
3	32,00	35,45	20,25	22,40	17,40	19,25	12,30	13,60						
3,50	27,45	30,40	20,25	22,40	17,40	19,25	12,30	13,60	10,10	11,15				
4	23,75	26,30	20,25	22,40	17,40	19,25	12,30	13,60	10,10	11,15				
4,50	20,70	22,95	20,25	22,40	17,40	19,25	12,30	13,60	10,10	11,15	9,00	9,95		
5	18,10	20,05	19,00	21,05	17,40	19,25	12,30	13,60	10,10	11,15	9,00	9,95		
6	14,05	15,55	15,55	17,20	15,55	17,20	12,10	13,40	10,10	11,15	8,80	9,75	8,00	8,85
7	10,55	11,70	12,95	14,40	12,90	14,35	10,70	11,85	9,30	10,30	7,80	8,60	7,30	8,05
8			10,45	11,85	10,40	11,75	9,50	10,50	8,30	9,15	7,10	7,85	6,55	7,25
9			8,70	9,65	8,90	9,95	8,90	9,90	7,45	8,25	6,45	7,10	5,95	6,55
10			7,00	8,05	7,35	8,35	7,35	8,35	6,80	7,50	5,90	6,50	5,45	6,00
11					6,30	7,15	6,30	7,15	6,05	6,80	5,50	6,05	5,00	5,50
12					5,45	6,20	5,45	6,20	5,45	6,20	5,10	5,65	4,65	5,15
13					4,70	5,35	4,75	5,40	4,75	5,40	4,65	5,15	4,25	4,70
14					4,10	4,55	4,15	4,70	4,15	4,70	4,15	4,70	3,90	4,30
15							3,70	4,20	3,70	4,20	3,70	4,20	3,65	4,00
16							3,30	3,75	3,30	3,75	3,30	3,75	3,30	3,70
17							2,90	3,30	2,95	3,35	2,95	3,35	2,95	3,35
18									2,60	2,95	2,60	2,95	2,60	2,95
19									2,30	2,60	2,30	2,60	2,30	2,60
20									2,05	2,35	2,05	2,35	2,05	2,35
21									1,85	2,10	1,85	2,10	1,85	2,10
22											1,65	1,90	1,65	1,90
23											1,50	1,70	1,55	1,75
24											1,35	1,55	1,35	1,55
25													1,20	1,35
26													1,10	1,25
27													1,00	1,15
28													0,85	0,95

Figura N°27: Tabla de carga de grúa de izaje. *Los espacios en blanco (casilleros) indican que la grúa no está diseñada para trabajar a esa configuración.

Cuando no se indica una capacidad en las tablas de carga, la operación esta prohibida, ya que la grúa no esta diseñada para soportar dicha configuración.



Figura N°28: Semáforo de grúa izaje e interpretación de sus colores.



Figura N°29: Semáforo instalado en una grúa.

8) **¿Cómo debo subir o desender de un equipo de izaje?:** Para subir o descender de un equipo de izaje se deben apoyar siempre 3 extremidades (Figura N°30).



Figura N°30: Subir o bajar con 3 extremidades del cuerpo firmemente apoyadas.

9) **¿Están los estabilizadores de la grúa 100% extendidos?:** Los estabilizadores o "patas" de la grúa deben estar totalmente extendidos para evitar un volcamiento antes de manipular la pluma (Figura N°31). Esta expresamente prohibido, que el operador de la grúa extienda los estabilizadores a distancia menor a la extensión máxima a la cual fue diseñada por el fabricante (Figura N°32) y debe colocarle los pasadores (seguros) correspondientes.



Figura N°31: Camión pluma articulado volcado al manipular pluma sin extender los estabilizadores.

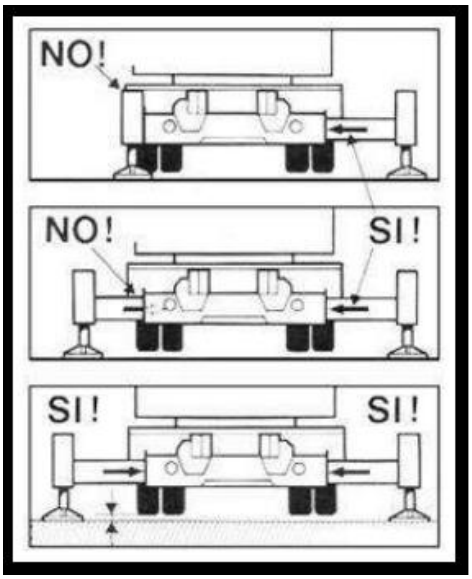


Figura N°32: Estabilizadores bien y mal extendidos.

10) **¿El terreno está compactado y nivelado?:** El terreno donde se fija la grúa para el procedimiento de izaje debe ser firme, compactado y nivelado (sin pendientes o relieves) (Figura N°33), debido al riesgo de volcamiento que implica (Figura N°34), mientras que los estabilizadores deben estar sobre almohadillas bien posicionadas, las que tienen que medir 3 veces más que el diámetro de la zapata de la grúa (Figura N°35 y 36).

Tabla de capacidad de soporte de suelos	
Naturaleza del terreno	**Presiones admisibles kg/cm²**
Roca dura, roca primitiva	20 a 25
Roca blanca (toba, arenisca, caliza, etc)	8 a 10
Tosca o arenisca arcillosa	5 a 8
Grava conglomerada dura	5 a 7
Grava suelta o poco conglomerada	3 a 4
Arena de grano grueso	1,5 a 2
Arcilla compacta o arcilla con arena seca	1 a 1,5
Arena de grano fino	0,5 a 1
Arcilla húmeda	0,5
Fango o arcilla empapada	0

Figura N°33: Capacidad de soporte de diversos tipos de suelo.



Figura N°34: Volcamiento de una grúa producto del terreno blando.

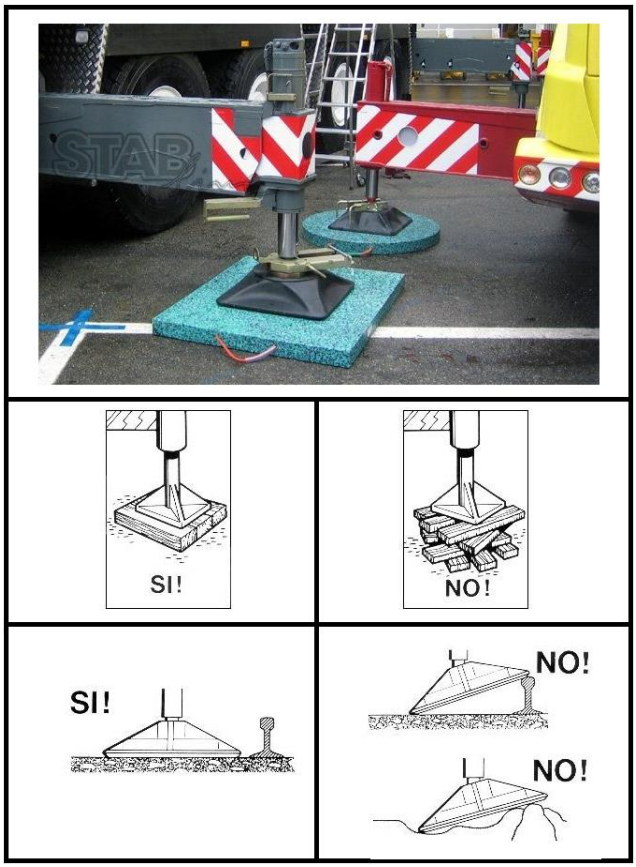


Figura N°35: Almohadillas bien y mal situadas.

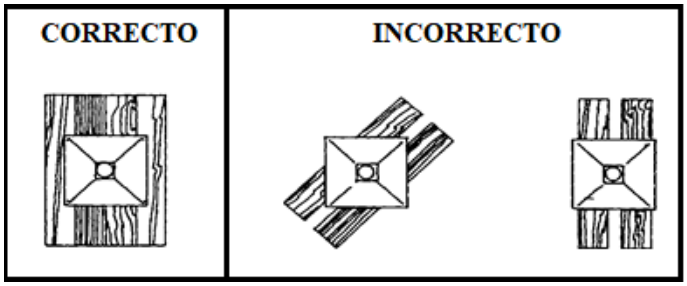


Figura N°36: Vista superior almohadillas posicionadas correcta e incorrectamente.

En caso de terreno blando que no se pueda compactar más u otro motivo, se procederá a fabricar e instalar bajo la grúa una base llamada “Mats”, plataforma especialmente diseñada para la grúa de material de acero, madera o concreto (Figura N°37), para así asegurar que el terreno no se hundirá.

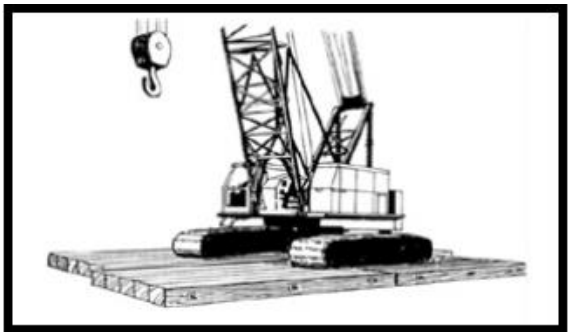


Figura N°37: Mats bajo una grúa sobre orugas.

11) **¿Cuál es el peso de la carga a izar?:** El peso de la carga puede ser obtenido de diversas formas, en caso de ser un equipo eléctrico, motor, etc., a través de los planos del fabricante, placa metálica de información o especificaciones adheridas al equipo, etiquetas de embarque, facturas y documentos de carga y también, si la carga viene en camión o tren, solicitarle los documentos de pesaje al chofer (peso neto), que se obtiene luego de pasar por una báscula o romana en la carretera (Figura N°38).

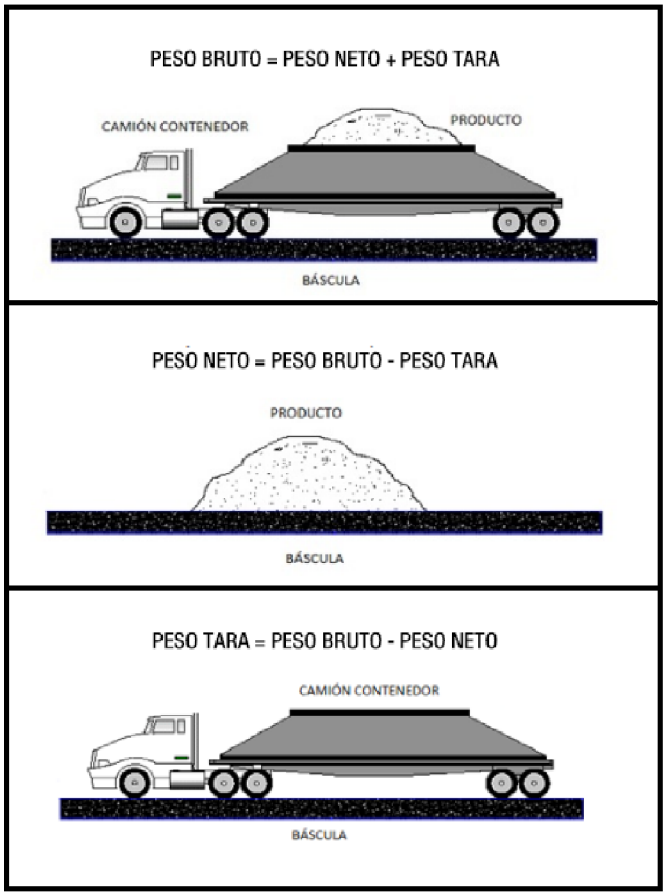


Figura N°38: Cálculo del peso bruto, neto y tara.

También el peso puede ser calculado con la siguiente fórmula:

PESO = PESO ESPECÍFICO MATERIAL X VOLUMEN

Donde,

a.1) Peso específico del material a izar: Se refiere a la densidad del material.

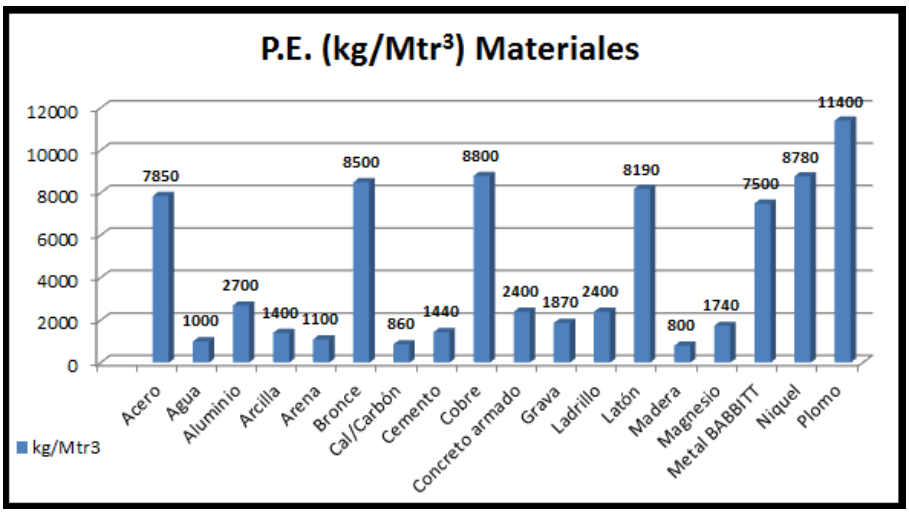


Figura N°39: Peso específico de diversos materiales.

a.2) Volumen de los cuerpos geométricos:

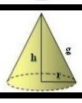
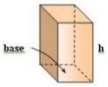
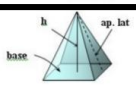
FIGURA	ESQUEMA	VOLUMEN
CILINDRO		$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
ESFERA		$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
CONO		$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$
CUBO		$V = a^3$
PRISMA		$V = L \cdot A \cdot h$
PIRÁMIDE		$v = \frac{a \cdot b \cdot h}{3}$

Figura N°40: Volumen de cuerpos geométricos.

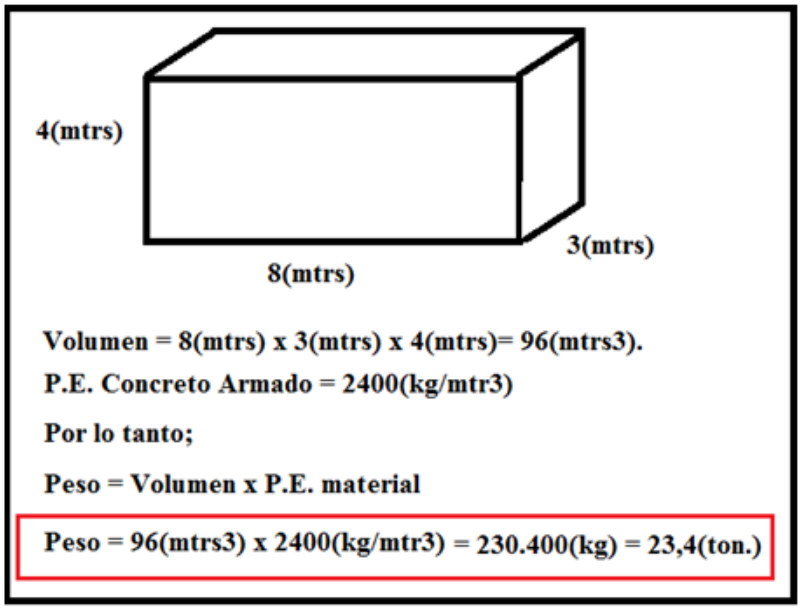


Figura N°41: Ejemplo del cálculo de peso.

12) **¿Cómo calculo el volumen de una tubería (cilindro hueco) u otro objeto hueco?:** Para calcular el volumen de objetos huecos se debe restar el volumen interior del exterior, así:

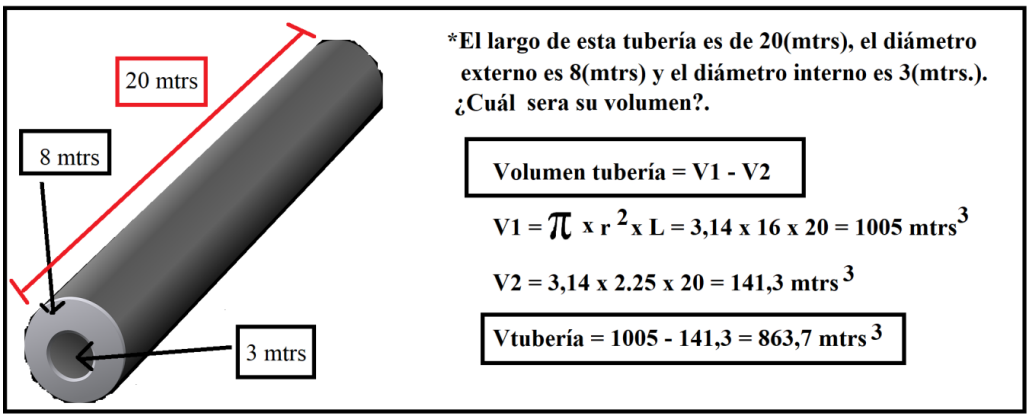


Figura N°42: Cálculo de volumen de una tubería.

Otra alternativa que permite conocer el volumen de un cilindro es:

1

$$V_{cilindro} = \pi \text{ x Largo x espesor (Ø-espesor)}$$

- Recordar que todas las medidas deben ser en metros

2

$$PESO_{cilindro} = \pi \text{ x Largo x espesor (Ø-espesor) P.E.}$$

P.E. = Peso específico del material

13) **¿Cómo traspaso de sistema inglés a nuestro sistema internacional?:**

SISTEMA INGLÉS	SISTEMA INTERNACIONAL
PULGADA (´´)	2,54 (CM)
PIE (´)	0,3048 MTRS.
YARDA (YD)	0,914 MTRS.
MILLA (MI)	1,6 KM
LIBRA (LB)	0,4536 KG
TONELADA (TON)	1000 KG
GALÓN (GAL)	3,785 LTRS.

14) **¿Se delimitó el área de izaje?:** La delimitación de la zona en el cual la carga se izará y trasladará, debe ser efectuado en la totalidad del área por donde transite la carga suspendida e incluso unos metros más, considerando siempre el riesgo de volcamiento o línea de fuego (área en la cual una persona u objeto puede verse afectado por un incidente de izaje). Esta segregación del área será realizada con los elementos físicos determinados por la empresa o compañía correspondiente, variando esta segregación física, que impide el libre tránsito

peatonal y vehicular, en barreras “New Jersey” de concreto o plástico, “vallas papales” metálicas o plásticas, “conos” y/o “cadenas” plásticas, entre otros.

15) **¿Dónde está el centro de gravedad (C.G.) de la carga?:** El C.G. es el punto donde convergen todas las resultantes de las fuerzas de gravedad que afectan a un cuerpo. En figuras geométricas regulares es:

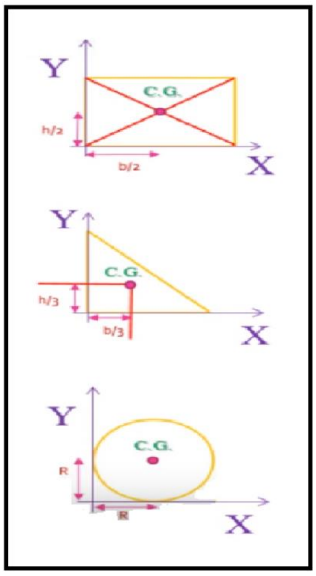


Figura N°43: C.G. en figuras geométricas.

En figuras irregulares como las siguientes,

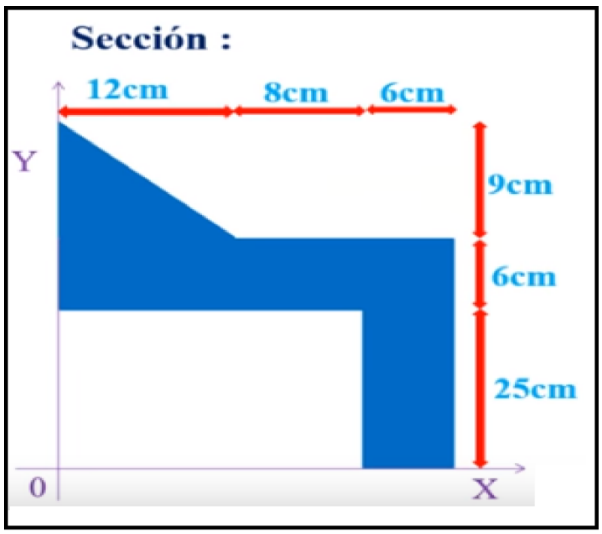


Figura N°44: Figura irregular.

Se debe dividir esta figura irregular en figuras geométricas conocidas, tal como se muestra a continuación:

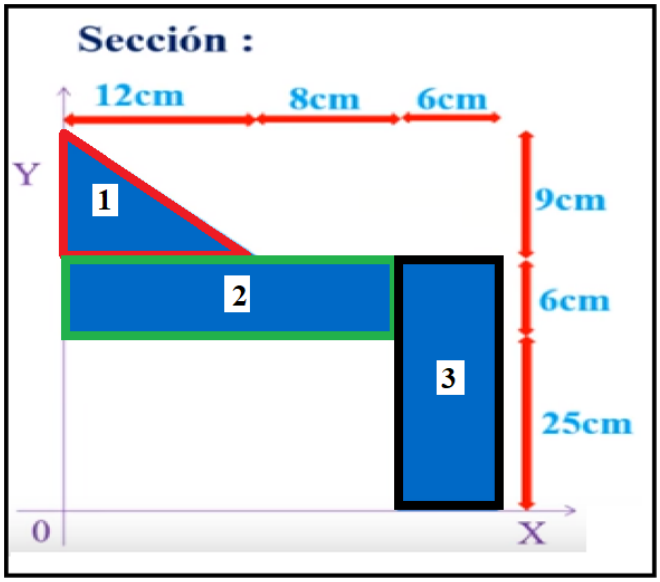


Figura N°45: Figura irregular descompuesta en 3 figuras geométricas conocidas.

Luego de esto se procede a aplicar la fórmula:

$$1)\quad X\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Xi}{\sum Ai}$$

$$2)\quad Y\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Yi}{\sum Ai}$$

Donde:

Xc.g. = Centro de gravedad total del cuerpo en el eje X.

Yc.g. = Centro de gravedad total del cuerpo en el eje Y.

∑ = Sumatoria.

Ai = Área de la figura geométrica regular 1, 2 y 3.

Xi = Distancia del C.G. de la figura geométrica regular 1, 2 y 3 en el eje X, considerándolo siempre desde el punto 0.

Yi = Distancia del C.G. de la figura geométrica regular 1, 2 y 3 en el eje Y, considerándolo siempre desde el punto 0.

Ejemplo de cálculo de C.G en una figura irregular:

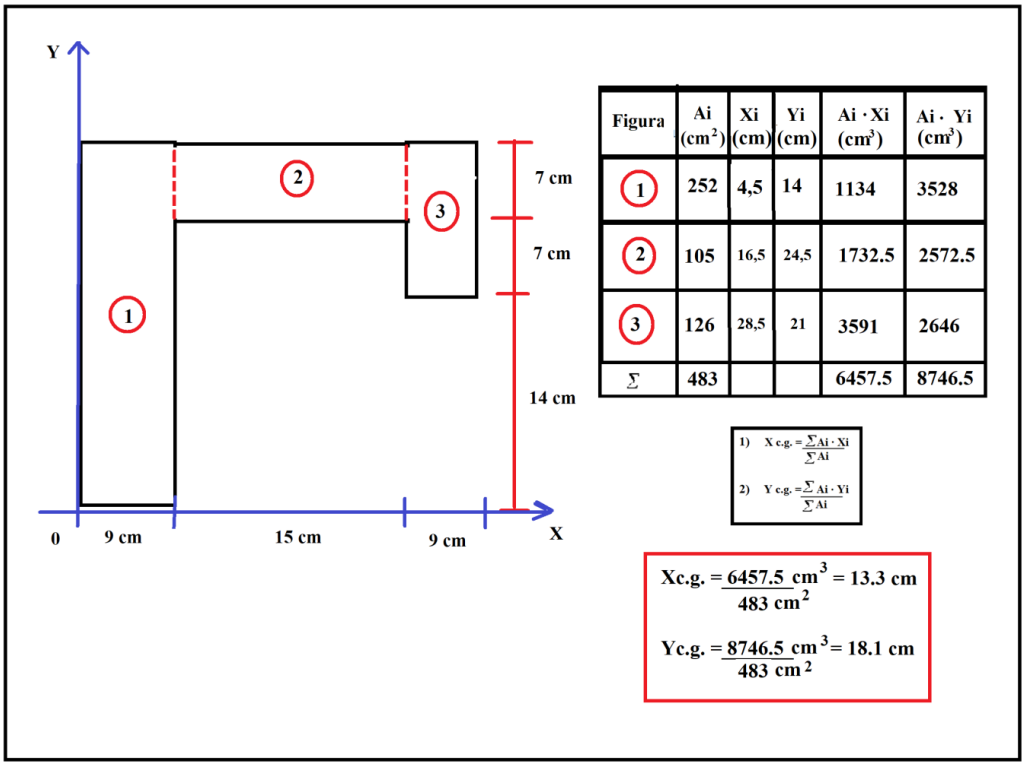


Figura	Ai (cm^2)	Xi (cm)	Yi (cm)	Ai · Xi (cm^3)	Ai · Yi (cm^3)
1	252	4,5	14	1134	3528
2	105	16,5	24,5	1732.5	2572.5
3	126	28,5	21	3591	2646
Σ	483			6457.5	8746.5

1) $X\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Xi}{\sum Ai}$

2) $Y\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Yi}{\sum Ai}$

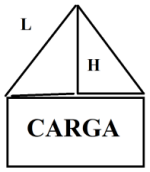
$$Xc.g. = \frac{6457.5\ cm^3}{483\ cm^2} = 13.3\ cm$$

$$Yc.g. = \frac{8746.5\ cm^3}{483\ cm^2} = 18.1\ cm$$

Figura N°46: Ejemplo de cálculo de un C.G. en una figura irregular.

16) **¿Cuál es el ángulo de la eslinga?:** Al estrobar la carga a izar con las eslingas, se generan diversos ángulos tanto horizontales como verticales, no estando permitido utilizar ángulos horizontales inferiores a 30° en las eslingas de cable acero y sintética, y no inferior a 45° en eslinga de cadena, principalmente por el riesgo que la maniobra se resbale y se salga el estrobado en ciertos enlaces, como por ejemplo el canasta, además se debe destacar, que ángulos horizontales muy bajos incrementan significativamente la tensión en las eslingas, lo que se demuestra claramente en la relación conocida como "factor del ángulo" (Figura N°47).

$$\text{FACTOR DEL ÁNGULO} = \frac{\text{LARGO ESLINGA}}{\text{ALTURA DESDE CARGA A GANCHO}} = \frac{L}{H}$$



Ángulo horizontal de la eslinga	Factor tensión de la eslinga
90°	1000
85°	1004
80°	1015
75°	1035
70°	1064
65°	1104
60°	1155
55°	1221
50°	1305
45°	1414
40°	1555
35°	1742
30°	2000

Figura N°47: Relación entre el ángulo horizontal y el factor de tensión en la eslinga.

Otro método para saber el factor del ángulo es:

100 x sen 90° = 100%

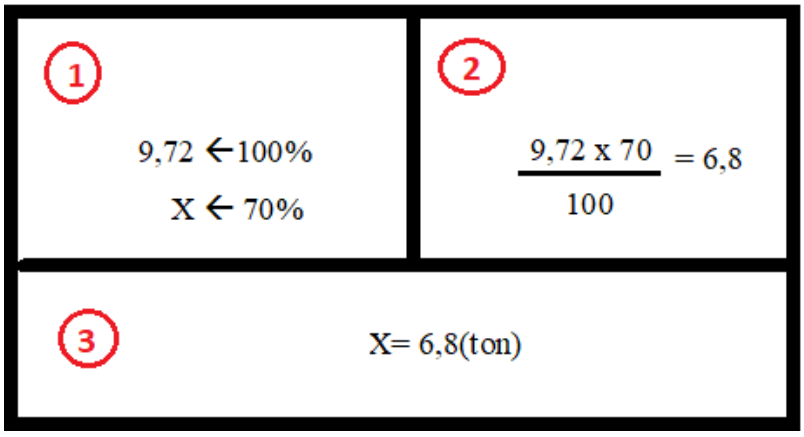
100 x sen 60° = 86%

100 x sen 45° = 70%

100 x sen 30° = 50%

Posteriormente, por regla de 3 se conocerá la magnitud en kilos o toneladas que soporta la eslinga (estrobo), esto es:

Si por tabla PRODINSA me indica que un estrobo de 1´´ tiene una WLL de 9,72(ton), entonces;



Para calcular el ángulo de las eslingas se debe utilizar las siguientes fórmulas y razonamientos:

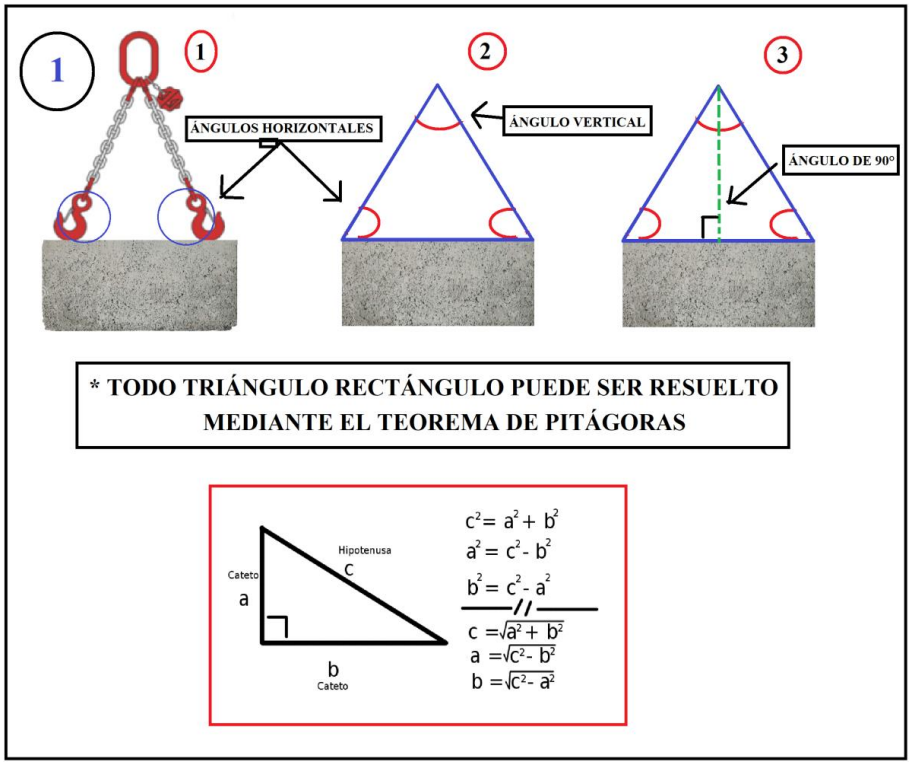


Figura N°48: Teorema de Pitágoras.

Luego de conocer los lados o catetos del triángulo, se puede mediante la fórmula de seno saber el ángulo, así:

*** SENO = LADO OPUESTO / HIPOTENUSA**

*** HIPOTENUSA = LADO DEL TRIÁNGULO MÁS LARGO Y SITUADO AL LADO OPUESTO AL ÁNGULO RECTO.**

Ejemplo del cálculo de ángulos:

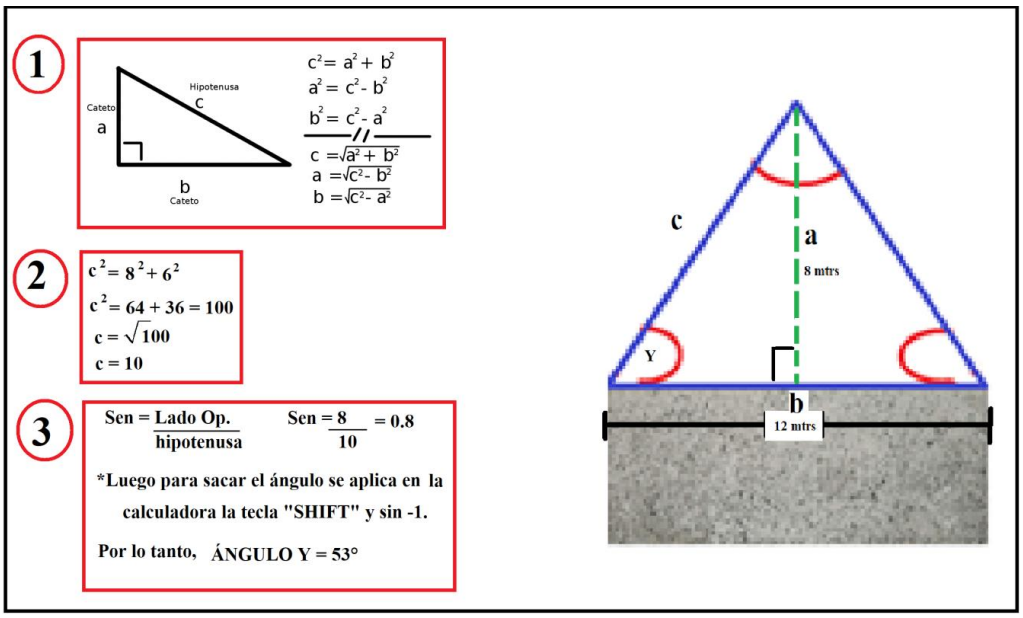
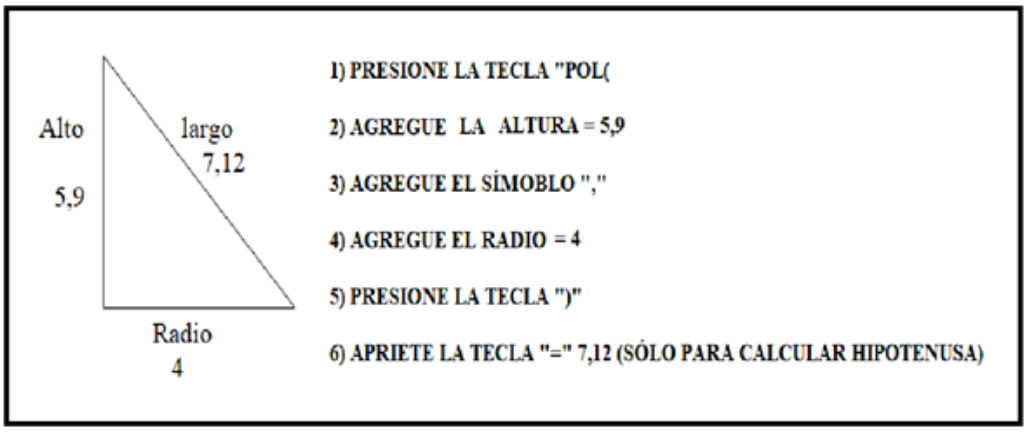


Figura N°49: Ejemplo de cálculo de ángulo en triángulo rectángulo.

También podemos obtener rápidamente la hipotenusa con calculadora científica de la siguiente forma:



17) **¿Habrá cargas angulares o laterales?:** Fuerza horizontal aplicada a la carga izada sea en el suelo o en el aire. Las cargas angulares o laterales pueden generarse cuando se iza una carga con su centro de gravedad alejado del gancho de la grúa (desaplomada) e incluso, una vez izada la carga cuando existen fuertes ráfagas de viento que puedan hacer oscilar la carga de un lado hacia otro, es decir, hacia adelante y atrás (Figura N°50) o de un lado para el otro (Figura N°51 y 52). Este tipo de cargas deben ser evitadas, ya que al incrementar el radio de la pluma para la cual fue configurada la grúa, esta puede volcarse o la carga golpear la pluma y además, el pistón hidráulico del boom que poseen cierto tipo de grúas (Figura N°53) no está diseñado para ejercer fuerzas laterales, sino solo frontales, lo que incrementa también el riesgo de fatiga de material, como dobleces o cortes en los cables de izaje al chocar con el borde de las poleas o fallas mecánicas de la pluma.

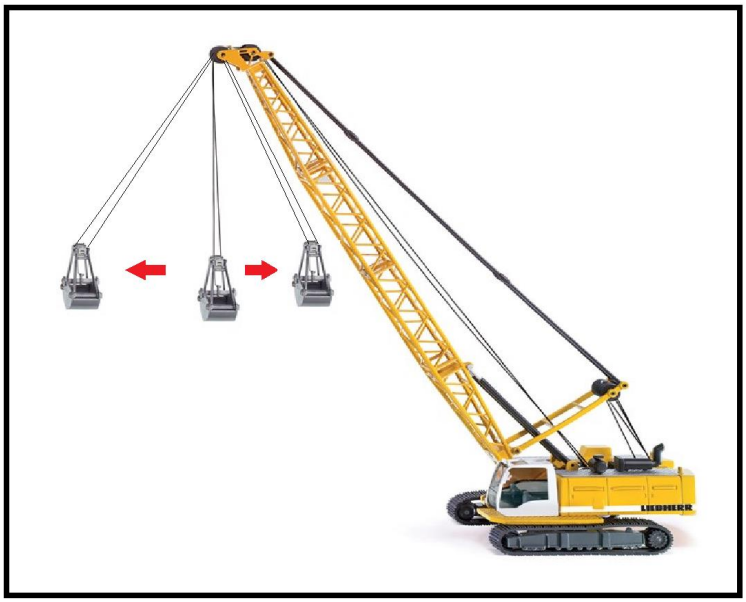


Figura N°50: Cargas angulares en el equipo de izaje.

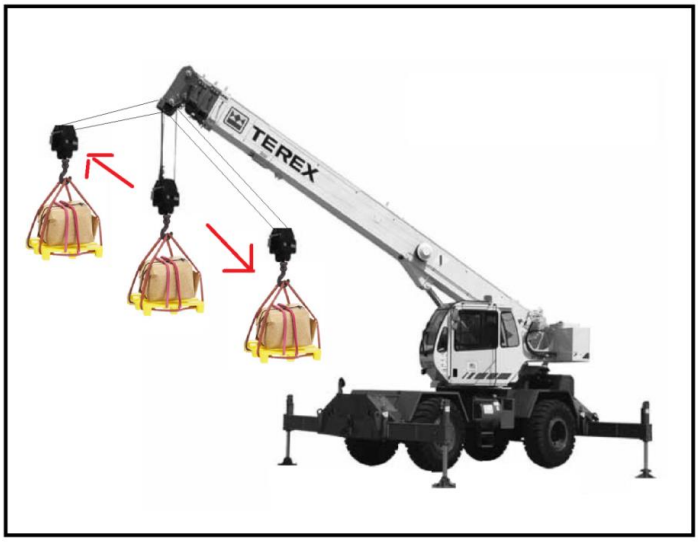


Figura N°51: Cargas laterales durante izaje.

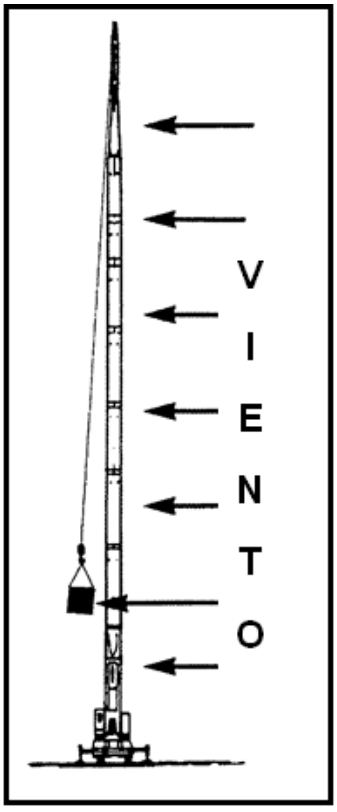


Figura N°52: Carga lateral producto del viento.



Figura N°53: Pistón hidráulico en grúa móvil.

18) **¿Las eslingas están protegidas contra bordes filosos?:** Los bordes filosos pueden cortar especialmente las eslingas sintéticas (Figura N°54), para ello es recomendable proteger la eslinga con algún material, tal como cuero, goma, cartón grueso, plásticos, madera, telas, etc. (Figura N°55).



Figura N°54: Eslinga afectada por bordes filosos.



Figura N°55: Maniobra de izaje con guardacantos.

19) **¿Son adecuados los límites de carga de trabajo?:** Las cargas límites de trabajo tanto del equipo como de los elementos y accesorios de izaje deben ser conocidas, estar fácilmente visibles y respetadas a cabalidad. Por ejemplo, la tabla de carga se encuentra por norma pegada en una ventana de la cabina del operador, y tanto en los elementos y accesorios de izaje están impresas en etiquetas, placas metálicas o grabadas en el cuerpo de estos, tal como se aprecia a continuación (Figura N°56).



Figura N°56: Etiqueta eslinga sintética.

Para saber si los límites de carga de trabajo de la operación de izaje es la adecuada, se debe determinar el llamado "porcentaje de la maniobra", representado de la siguiente forma:

$$\% \text{ DE MANIOBRA} = \frac{\text{PESO BRUTO}}{\text{CAPACIDAD DE LEVANTE}} \text{ X } 100$$

* **PESO BRUTO = PESO TOTAL A IZAR = PESO DE LA CARGA + PESO DEL GANCHO + CABLES + ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE IZAJE**
* **CAPACIDAD DE LEVANTE = SEGÚN CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE IZAJE, ES DECIR, LARGO, RADIO Y ÁNGULO DE LA PLUMA.**

Si el porcentaje de la maniobra es superior a un 75 a 80%, se considera un "izaje crítico.

20) **¿Qué es un izaje crítico?:** Izaje crítico se define a aquel que tiene un gran potencial de generar graves pérdidas socio-económicas y medioambientales. Este además, posee las siguientes características:

* **% de la maniobra superior a 75-80%.**
* **Carga desaplomada.**
* **Carga de valor igual o superior a los US$250.000.**
* **Carga se desplazará sobre líneas presurizadas.**
* **Cuando se eleven personas en canastillos.**
* **Cuando la pendiente del terreno sea mayor a 5%.**
* **Cuando la carga sea o contenga explosivos o productos peligrosos.**
* **Cuando el izaje se realice sobre líneas eléctricas energizadas.**
* **Cuando el izaje sea realizado con 2 grúas o más. (Tándem).**
* **Izar cargas de peso igual o superior a 100(tons.).**

21) **¿Cómo cálculo la tensión en las eslingas en cargas con CG al medio y/o desplazado, en configuración vertical y/o diagonal?:** Para calcular la tensión en las eslingas se deben aplicar las siguientes fórmulas:

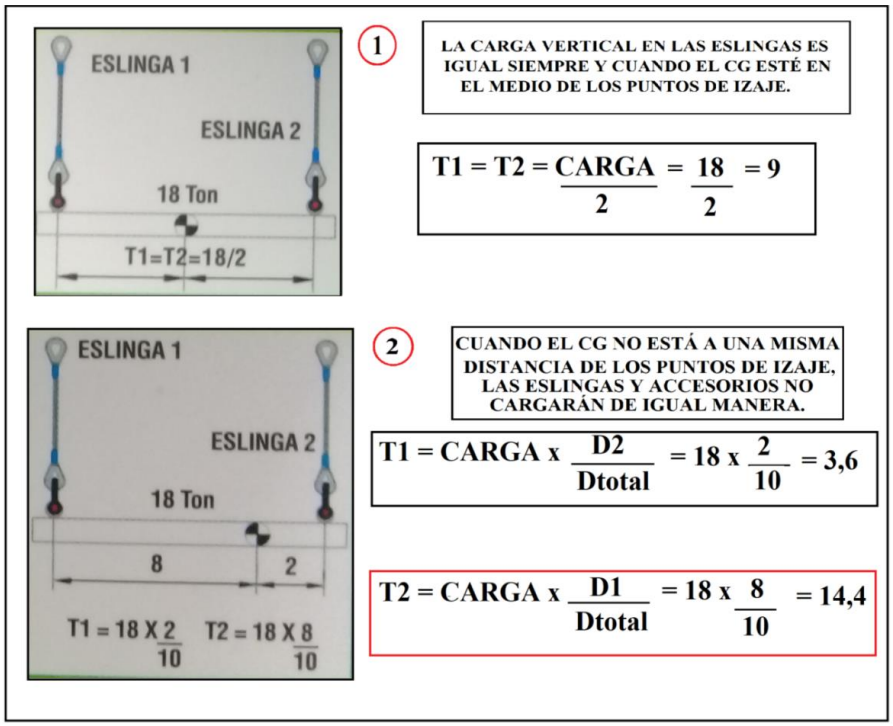


Figura N°57: Cálculo de tensión de eslingas verticales en cargas con CG al medio de las 2 eslingas (1) y en eslingas a distinta distancia del CG (2).

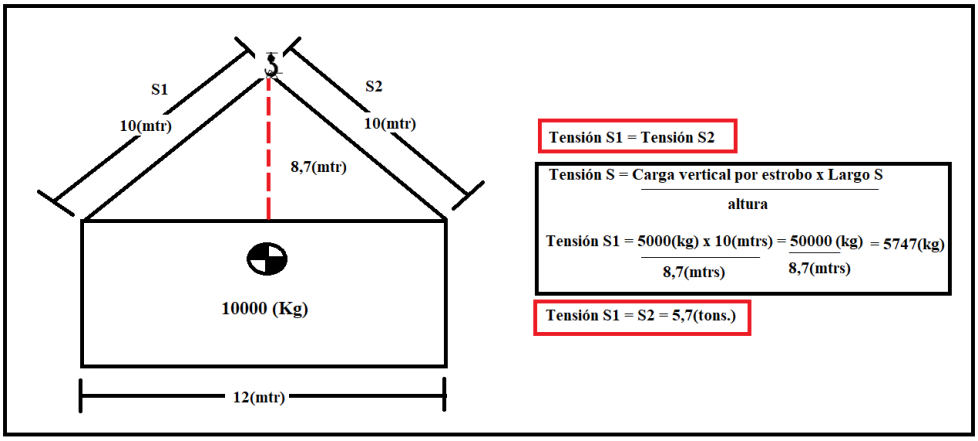


Figura N°58: Calculo de tensión de eslingas en diagonal en cargas con CG al medio.

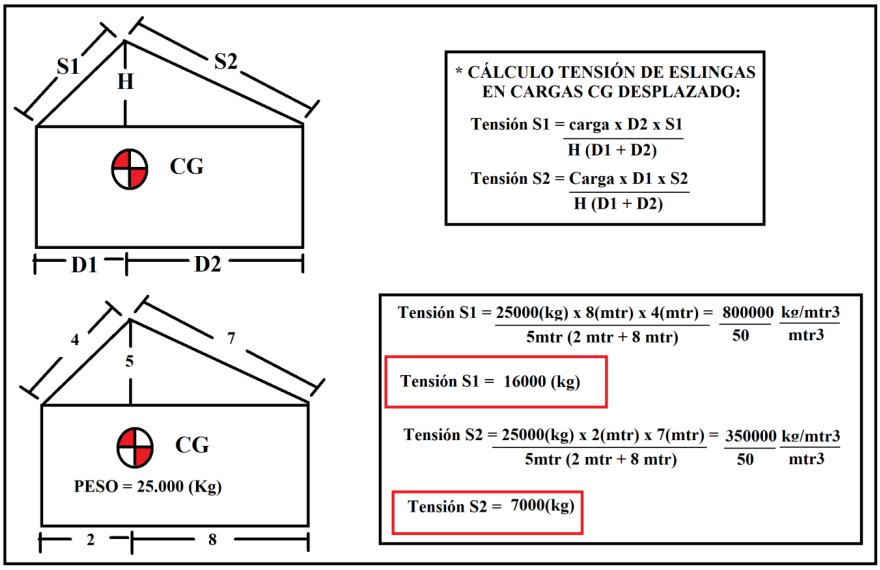


Figura N°59: Cálculo tensión de eslingas en diagonal en cargas de C.G. desplazado.

22) **¿La carga a izar será levantada de forma correcta?:** Para que la carga sea izada de forma estable, nivelada y correcta, es importante que el gancho de la grúa se encuentre sobre el centro de gravedad de la carga (Figura N°60 y 61; para cargas de peso inferior a 20 tons.). En caso de presentar problemas durante el izaje, es recomendable bajar la carga a piso y estirar o acortar un lado de la eslinga según corresponda, respetando siempre las capacidades de carga de las maniobras, ya que la eslinga que esté más cerca del centro de gravedad de una carga de forma geométrica irregular (C.G. desplazado), siempre será la que soporte más peso.



Figura N°60: Izaje de forma correcta en cargas con figura geométrica regular (A) e izaje incorrecto en forma irregular (B).

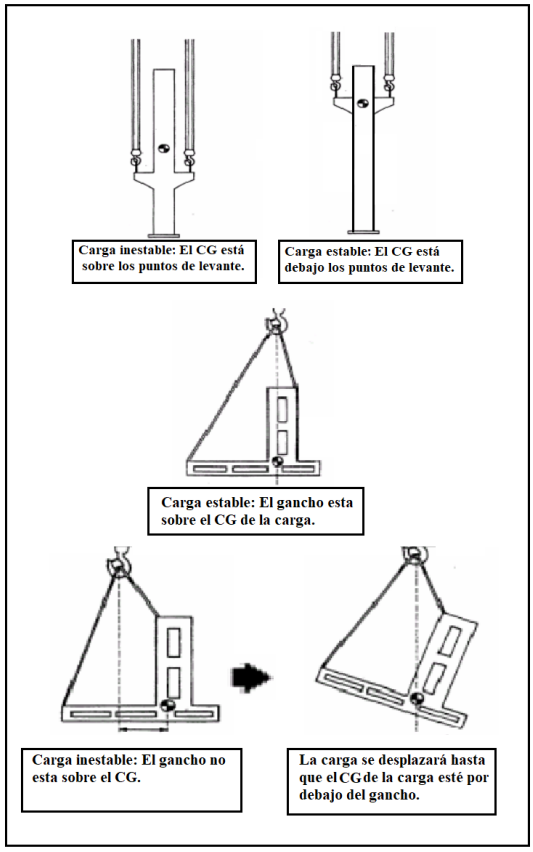


Figura N°61: Efecto de la ubicación del gancho en relación al CG de la carga al izar.

23) **¿Qué precaución se debe tener en relación al centro de gravedad de la carga a izar y la posición del gancho de la grúa en cargas sobre 20 a 25 (tons.)?:** Antes de izar una carga de 20-25 (tons.) o superior, se debe posicionar el gancho de la grúa levemente desplazado o desaplomado del C.G. de la carga, es decir, reducir levemente el radio de trabajo inicial de la grúa, ya que con cargas muy pesadas, la pluma, especialmente las estructurales, suelen pandearse con el peso (Efecto "caña de pescar"; Figura N°62), deflexión que es directamente proporcional al peso de la carga, lo que incrementa el radio y por consiguiente el riesgo de volcamiento o de incidente. En grúas con sistema basculante o de pistón hidráulico, como las grúas sobre camión (AT), si bien esta deflexión es menor, debe ser informado y planificado junto al operador, quien determinará en definitiva que tan

"aplomada" desea o requiere el gancho de la carga en relación al C.G. del componente a izar, para hacer durante el proceso de izaje los reajustes necesarios.

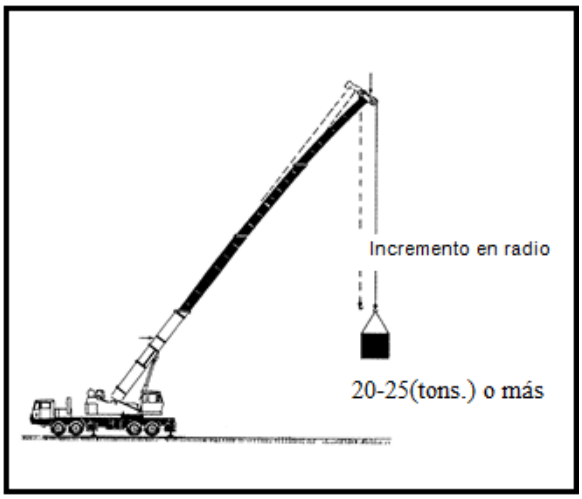


Figura N°62: Incremento del radio al izar una carga de 20 tons. o superior.

24) **¿El enganche es el adecuado para la carga?:** Si bien generalmente los 3 tipos de enganches básicos (vertical, canasta y ahorcado) suelen ser los óptimos para izar cargas, existen casos en los que conviene por seguridad realizar maniobras un poco más complejas, así por ejemplo, para izar una o un conjunto de piezas metálicas circulares con eslinga, se recomienda el enlazado tipo "doble ahorcado", el que es igual al ahorcado simple pero en vez de 1 vuelta alrededor del objeto se dan 2, lo que reduce la posibilidad de que la eslinga se corra de la posición deseada (Figura N°63 y 64). También se debe poner especial atención, al tipo de estructura a la cual fijaremos el elemento o accesorio de izaje, si esta es una estructura resistente, sin corrosión o dañada.

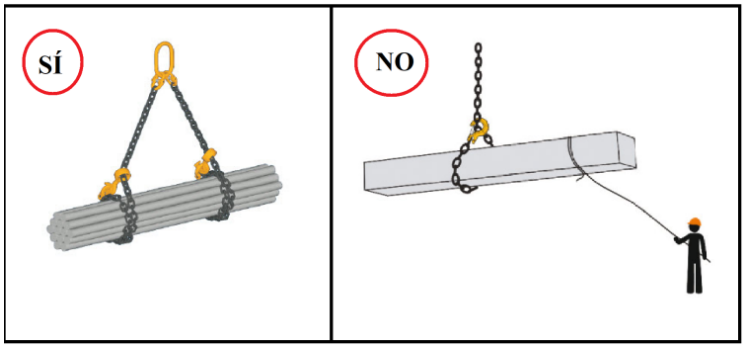


Figura N°63: Izaje con enlace tipo doble y simple ahorcado.



Figura N°64: Nunca izar tuberías o piezas cilíndricas de esta forma.

25) **¿Qué ocurre si estrobo con una eslinga de 3 o 4 ramales?:** Eslingas de 3 brazos tienen 50% más capacidad que una de 2 brazos, mientras que eslingas de 4 ramales ofrecen mayor estabilidad pero no mayor capacidad de carga que la de 3 brazos (Figura N°65), lo que se debe a que el objeto durante el izaje se tambalea levemente de un lado al otro y de arriba hacia abajo, lo que genera una tensión solo en 3 puntos de apoyo alternados.



Figura N°65: Izamiento de carga con 4 ramales.

26) **¿Se requiere línea guía para controlar la carga?:** La línea de guía, comúnmente conocida como "viento" o "nivelay", se utiliza tanto para girar la carga suspendida según se desee, como para disminuir las oscilaciones que las ráfagas de viento e incluso la transmisión de energía cinética por parte de la grúa a la carga, tales como desplazamientos, giros, movimientos del contrapeso, etc.. En figuras esféricas al no variar sus dimensiones (diámetro) durante los giros, se recomienda un solo "viento", mientras que para otras figuras, tales como cilindros (i.e.[1] tuberías), cubos (i.e. cajas), prismas (i.e. bloques rectangulares de concreto), el uso de 2 "vientos" (Figura N°66). Estas líneas guías son manipuladas por 2 asistentes previamente designados, y la posición en la que se sitúan, debe permitir la coordinación y contacto visual entre los asistentes y rigger (Generalmente ambos vientos situados en la misma cara del objeto).

[1] i.e. = In example (En ejemplo).



Figura N°66: Uso de 2 “vientos” durante un izaje.

27) **¿Habrá carga suspendida encima del personal?:** El decreto de ley 132, artículo 46 y el sentido común, prohíben terminantemente izar o trasladar la carga sobre personas y a su vez, las personas tiene prohibido transitar o situarse bajo la carga suspendida (Figura N°67), por el inminente daño a su integridad física. También es importante no pasar bajo la pluma de la grúa, ni permanecer sobre la grúa (a excepción del operador) o en contacto físico con alguna parte de esta durante un izaje (Figura N°68).



Figura N°67: Folletos usados en izaje de cargas con grúas.



Figura N°68: Persona mal situada bajo la pluma y sobre la rampla del camión grúa.

28) **¿Habrán condiciones medioambientales inusuales?:** Existen condiciones medio ambientales que pueden afectar seriamente la eficiencia y seguridad de una maniobra de izaje, es por ello que es conveniente verificar los límites de viento indicados por el fabricante de la grúa, sugiriéndose generalmente que con ráfagas de vientos superiores a 30-32 (Km/Hr) se prohíba realizar izajes, aunque este criterio puede variar dependiendo de la empresa a la cual se le presta servicios, no obstante, quienes toman esta decisión final son siempre el rigger junto al operador de la grúa, considerando aspectos como si es un izaje libre o no, las dimensiones y peso del objeto a izar, entre otros. Para la medición se aconseja el uso de anemómetro (Figura N°69), aunque el valor real a considerar, debe ser obtenido a la altura máxima que será levantada la carga o de 2/3 el largo de la pluma, lo que se logra con el anemómetro presente el extremo superior de la pluma (Figura N°70). La lluvia media o intensa y la neblina, también puede perjudicar la visión del operador y del personal en terreno, y con relámpagos o rayos tampoco se recomienda realizar maniobras de izaje por el grave riesgo que implica.



Figura N°69: Anemómetro.



Figura N°70: Anemómetro de la grúa.

Escala de equivalencia de velocidades
1m/s = 3.6 km / hora (km/h)
1m/s = 2.237 milla /hora (mi/h)
1m/s = 1.944 nudos (Kt)

Figura N°71: Equivalencia velocidades.

Nunca realice un izaje con el 100% de capacidad de la maniobra si existe viento.

Actuar con precaución cuando el izaje sea en condiciones de viento moderadas de 32(km/hr).

Es aconsejable evitar cargas que presentan grandes superificie expuestas al viento, en días ventosos.

29) **¿Habrán condiciones o acciones subestándar?:** El rigger como autoridad responsable, debe estar atento a cualquier condición o acción subestándar durante el proceso de izaje, realineando cualquier desviación que se produzca, aunque esto implique bajar nuevamente la carga a piso, posponer el trabajo o retirarse del área hasta que se cumplan con los estándares requeridos.

30) **¿El izaje a realizar es un "izaje libre"?:** Durante la planificación del izaje se debe determinar y coordinar con el operador y los ayudantes (vienteros), los puntos o lugares críticos que puedan interponerse u obstruir el procedimiento, por ejemplo el giro y traslado de la carga suspendida o de la grúa, tales como postes, vigas, salientes u otro objeto. En el caso de líneas o tendido eléctrico a menos que se haya interrumpido la corriente, se debe mantener una distancia adecuada (OSHA 29 CFR 1910.67 y 1926.556; Figura N°72).



RANGO DE VOLTAJE (Fase a fase)	DISTANCIA DE SEGURIDAD MÍNIMA Metros (m)
0 a 300 V	EVITE EL CONTACTO
300 V a 50 kV	3 (3,05)
50 kV a 200 kV	5 (4,60)
200 kV a 350 kV	6 (6,10)
350 kV a 500 kV	8 (7,62)
500 kV a 750 kV	11 (10,67)
750 kV a 1000 kV	14 (13,72)

Figura N°72: Distancia recomendada del extremo superior de la pluma para izajes cercanos a las líneas eléctricas (Fuente: Norma ASME B30.5).

En caso que la grúa haga contacto con electricidad, el operador nunca debe abandonar la grúa (Figura N°73), a menos que sea absolutamente necesario (i.e. incendio). Si el operador decide abandonar la grúa, jamás debe bajar caminando o pisando con un pie primero, permitiendo que una extremidad toque el suelo y la otra la grúa, sino que debe saltar lo más lejos posible con ambos pies a la vez (pies juntos), alejándose saltando de igual manera (tipo “salto de conejo”) y manteniendo su equilibrio (Figura N°74).

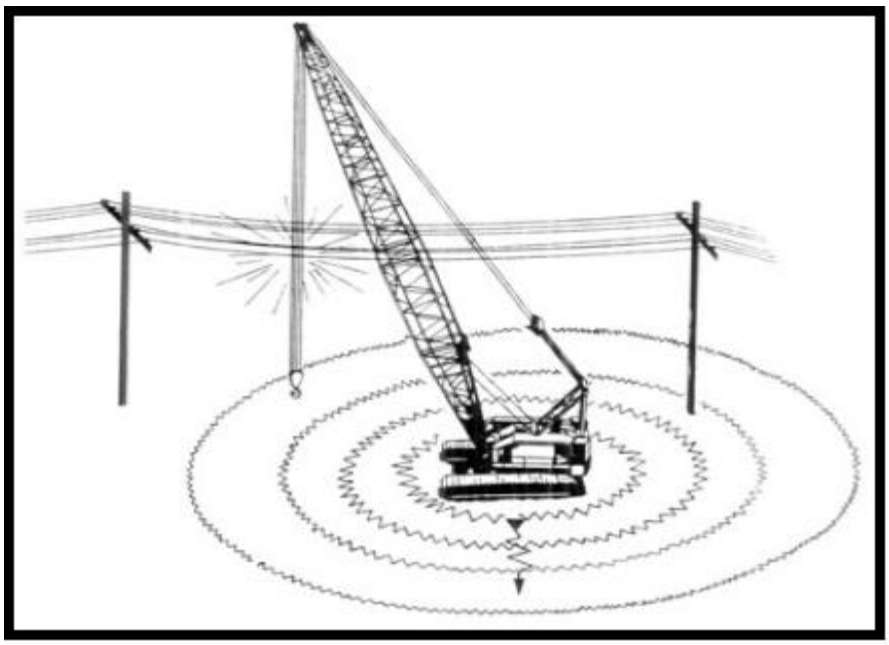


Figura N°73: Anillos de voltaje alrededor de la grúa.

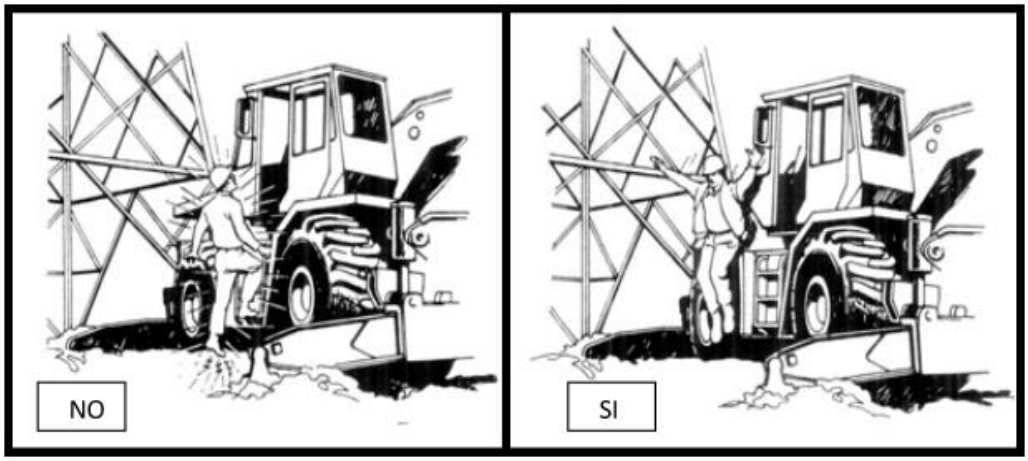


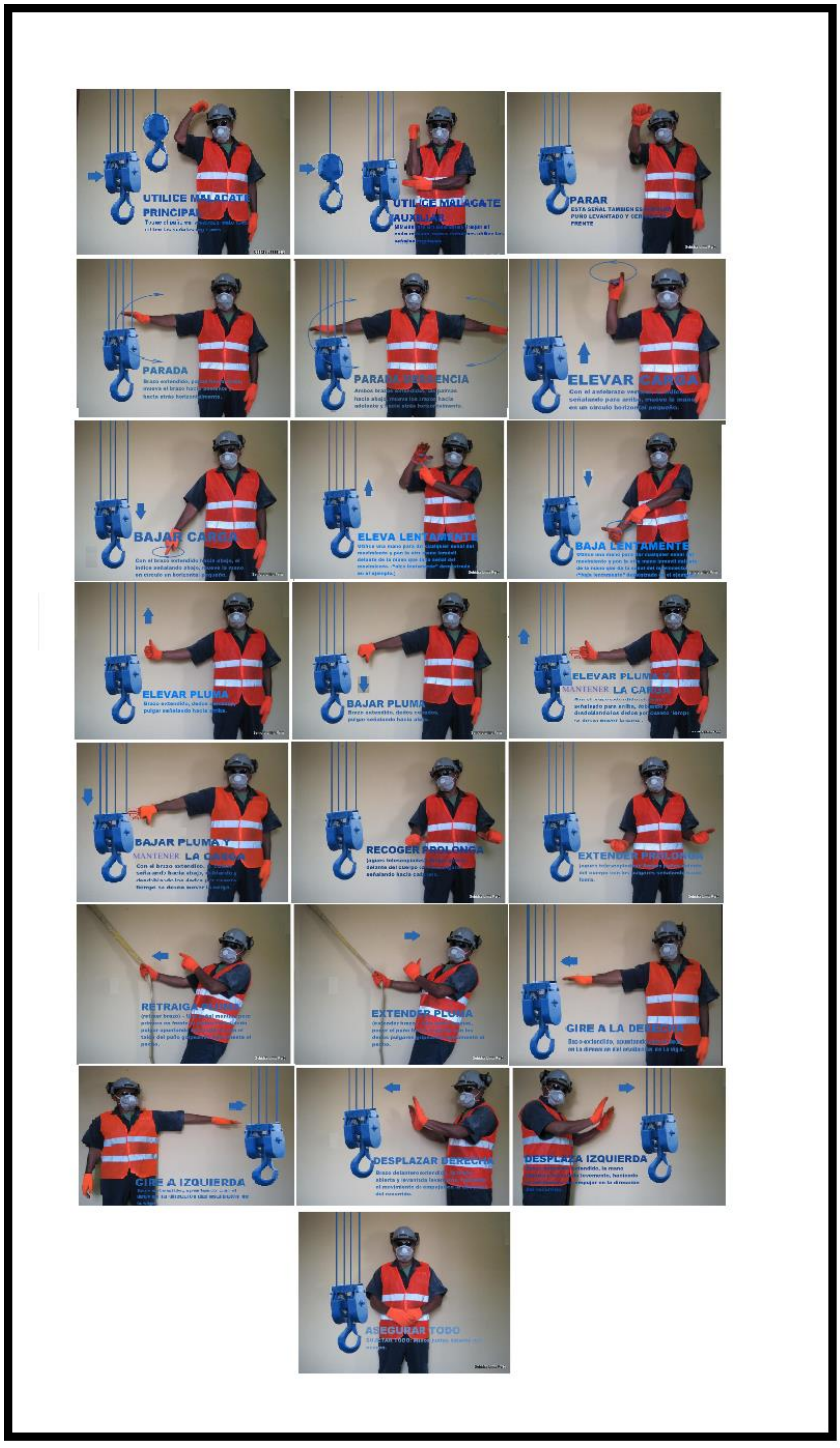
Figura N°74: Acto a ejecutar el operador en caso de contacto de la grúa con energía eléctrica, solo si fuese estrictamente necesario.

31) **¿Quién puede dar la señal de "Parada de Emergencia"?:** Cualquier persona que observe o visualice un inminente potencial peligro, puede hacer la señal de "Parada de Emergencia" (Figura N°75).



Figura N°75: Señal de parada de emergencia.

SEÑALES MANUALES



RESUMEN DE FÓRMULAS USADAS EN IZAJE

SISTEMA INGLÉS	SISTEMA INTERNACIONAL
PULGADA (´´)	2,54 (CM)
PIE (´)	0,3048 MTRS.
YARDA (YD)	0,914 MTRS.
MILLA (MI)	1,6 KM
LIBRA (LB)	0,4536 KG
TONELADA (TON)	1000 KG
GALÓN (GAL)	3,785 LTRS.

PESO = PESO ESPECÍFICO MATERIAL X VOLUMEN

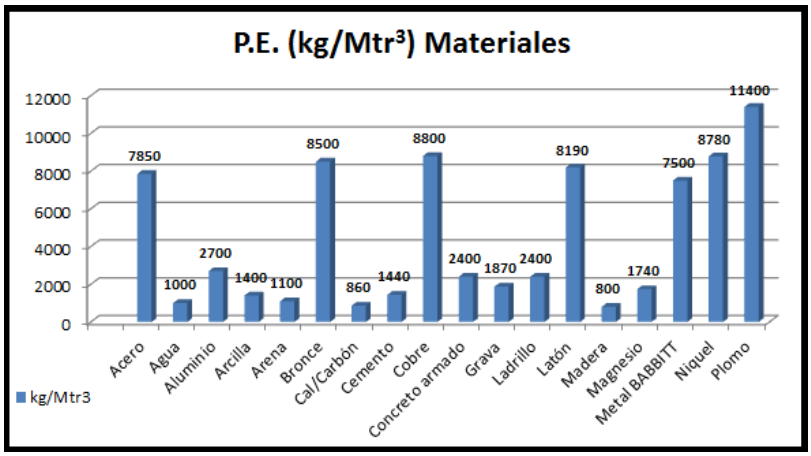
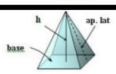
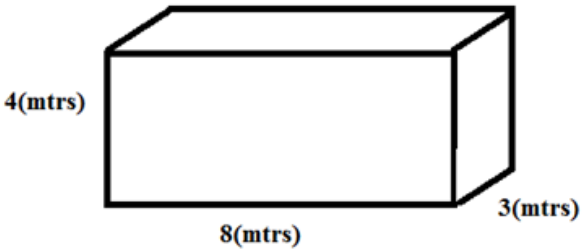


FIGURA	ESQUEMA	VOLUMEN
CILINDRO		$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$
ESFERA		$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
CONO		$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$
CUBO		$V = a^3$
PRISMA		V = L · A · h
PIRÁMIDE		$V = \frac{a \cdot b \cdot h}{3}$



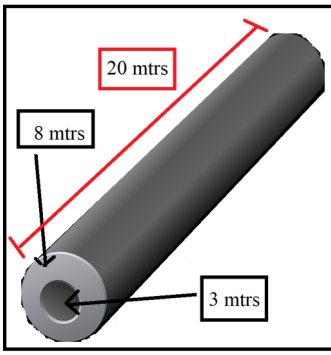
Volumen = 8(mtrs) x 3(mtrs) x 4(mtrs)= 96(mtrs3).

P.E. Concreto Armado = 2400(kg/mtr3)

Por lo tanto;

Peso = Volumen x P.E. material

Peso = 96(mtrs3) x 2400(kg/mtr3) = 230.400(kg) = 23,4(ton.)



***El largo de esta tubería es de 20(mtrs), el diámetro externo es 8(mtrs) y el diámetro interno es 3(mtrs.). ¿Cuál sera su volumen?.**

Volumen tubería = V1 - V2

V1 = π x r ^{2} x L = 3,14 x 16 x 20 = 1005 mtrs^3

V2 = 3,14 x 2.25 x 20 = 141,3 mtrs^3

Vtubería = 1005 - 141,3 = 863,7 mtrs^3

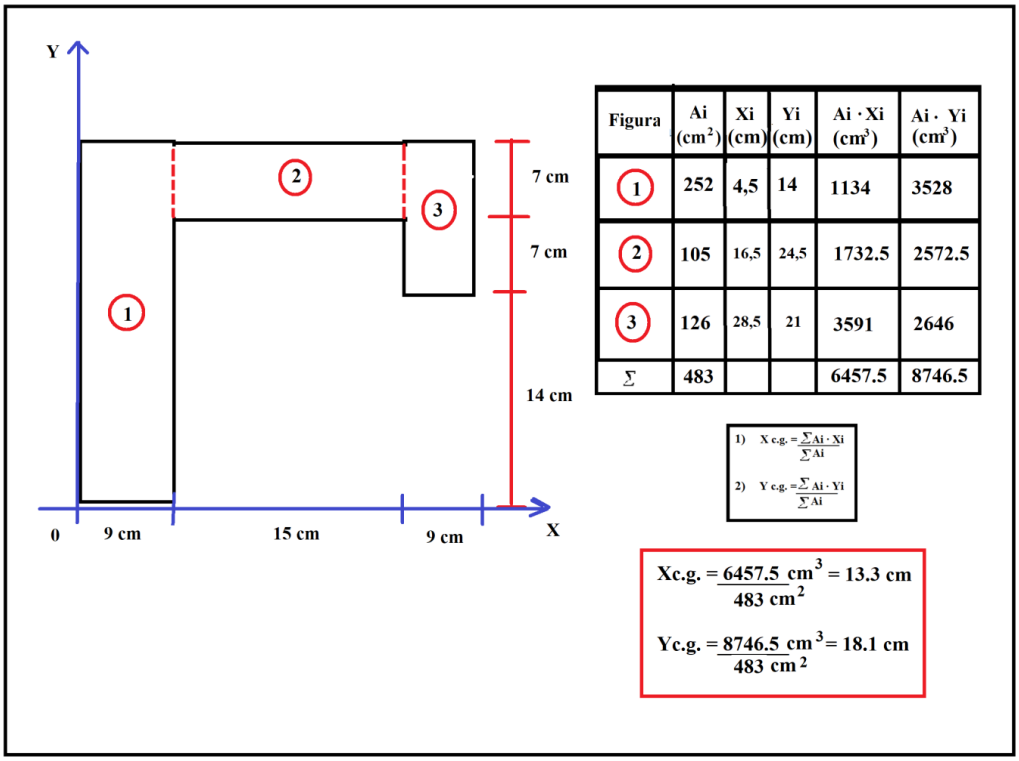


Figura	Ai (cm^2)	Xi (cm)	Yi (cm)	Ai · Xi (cm^3)	Ai · Yi (cm^3)
1	252	4,5	14	1134	3528
2	105	16,5	24,5	1732.5	2572.5
3	126	28,5	21	3591	2646
Σ	483			6457.5	8746.5

1) $X\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Xi}{\sum Ai}$

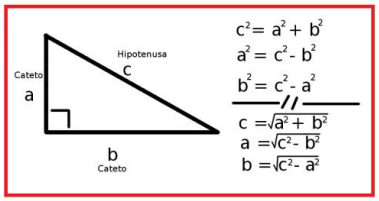
2) $Y\,c.g. = \frac{\sum Ai \cdot Yi}{\sum Ai}$

$$Xc.g. = \frac{6457.5\ cm^3}{483\ cm^2} = 13.3\ cm$$

$$Yc.g. = \frac{8746.5\ cm^3}{483\ cm^2} = 18.1\ cm$$

FACTOR DEL ÁNGULO = $\frac{\text{LARGO}}{\text{ALTURA}}$

1



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

$c = \sqrt{a^2 + b^2}$
$a = \sqrt{c^2 - b^2}$
$b = \sqrt{c^2 - a^2}$

2

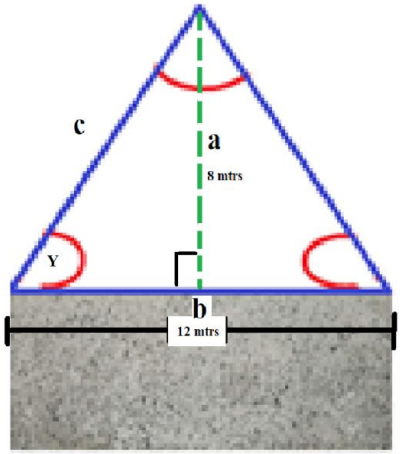
$c^2 = 8^2 + 6^2$
$c^2 = 64 + 36 = 100$
$c = \sqrt{100}$
$c = 10$

3

$\text{Sen} = \frac{\text{Lado Op.}}{\text{hipotenusa}}$ $\text{Sen} = \frac{8}{10} = 0.8$

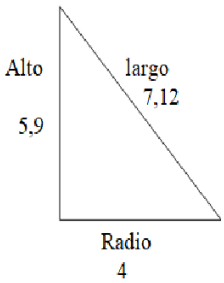
*Luego para sacar el ángulo se aplica en la calculadora la tecla "SHIFT" y sin -1.

Por lo tanto, ÁNGULO Y = 53°

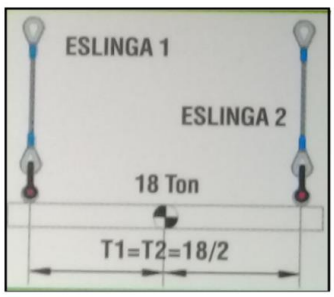


* SENO = $\frac{\text{LADO OPUESTO}}{\text{HIPOTENUSA}}$

* HIPOTENUSA = LADO DEL TRIÁNGULO MÁS LARGO Y SITUADO AL LADO OPUESTO AL ÁNGULO RECTO.



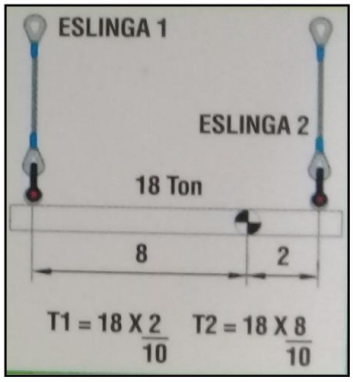
1) PRESIONE LA TECLA "POL(
2) AGREGUE EL Nº MÁS GRANDE O ALTURA = 5,9
3) AGREGUE EL SÍMOBLO ","
4) AGREGUE EL RADIO O Nº MENOR = 4
5) PRESIONE LA TECLA ")"
6) APRIETE LA TECLA "=" 7,12 (SÓLO PARA CALCULAR HIPOTENUSA)



1

LA CARGA VERTICAL EN LAS ESLINGAS ES IGUAL SIEMPRE Y CUANDO EL CG ESTÉ EN EL MEDIO DE LOS PUNTOS DE IZAJE.

$$T1 = T2 = \frac{CARGA}{2} = \frac{18}{2} = 9$$

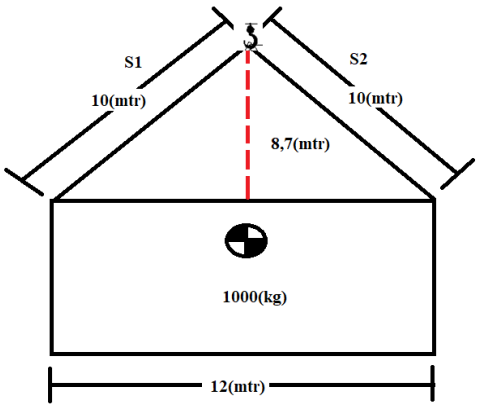


2

CUANDO EL CG NO ESTÁ A UNA MISMA DISTANCIA DE LOS PUNTOS DE IZAJE, LAS ESLINGAS Y ACCESORIOS NO CARGARÁN DE IGUAL MANERA.

$$T1 = CARGA \times \frac{D2}{Dtotal} = 18 \times \frac{2}{10} = 3{,}6$$

$$T2 = CARGA \times \frac{D1}{Dtotal} = 18 \times \frac{8}{10} = 14{,}4$$

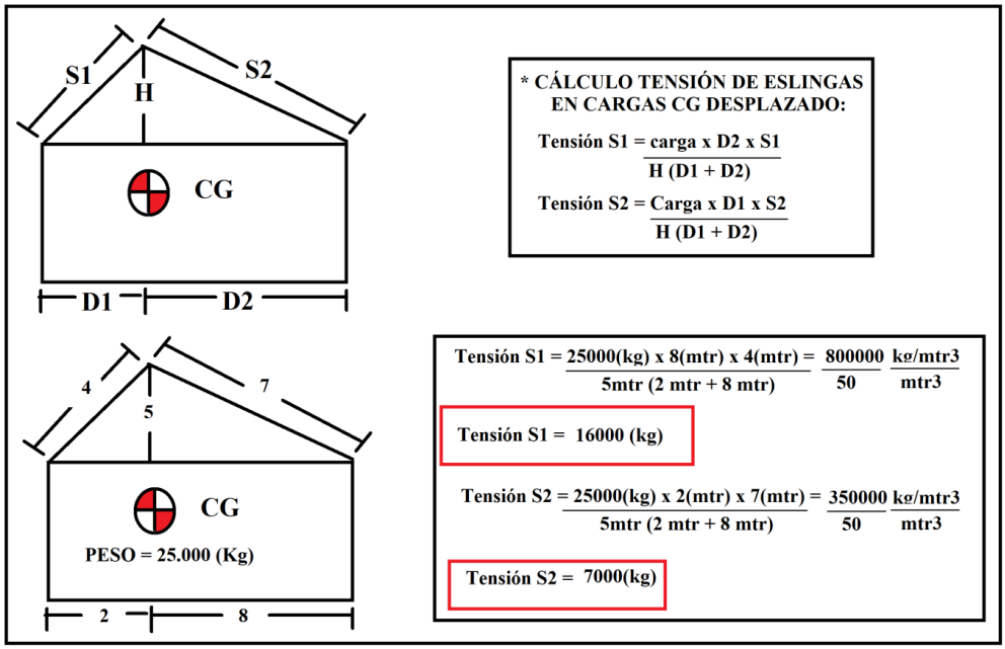


Tensión S1 = Tensión S2

$$\text{Tensión S} = \frac{\text{Carga vertical por estrobo x Largo S}}{\text{altura}}$$

$$\text{Tensión S1} = \frac{5000(kg) \times 10(mtrs)}{8{,}7(mtrs)} = \frac{50000\,(kg)}{8{,}7(mtrs)} = 5747(kg)$$

Tensión S1 = S2 = 5,7(tons.)



*** CÁLCULO TENSIÓN DE ESLINGAS EN CARGAS CG DESPLAZADO:**

$$\text{Tensión S1} = \frac{\text{carga x D2 x S1}}{\text{H (D1 + D2)}}$$

$$\text{Tensión S2} = \frac{\text{Carga x D1 x S2}}{\text{H (D1 + D2)}}$$

$$\text{Tensión S1} = \frac{25000(\text{kg}) \times 8(\text{mtr}) \times 4(\text{mtr})}{5\text{mtr}\ (2\ \text{mtr} + 8\ \text{mtr})} = \frac{800000}{50}\ \frac{\text{kg/mtr3}}{\text{mtr3}}$$

Tensión S1 = 16000 (kg)

$$\text{Tensión S2} = \frac{25000(\text{kg}) \times 2(\text{mtr}) \times 7(\text{mtr})}{5\text{mtr}\ (2\ \text{mtr} + 8\ \text{mtr})} = \frac{350000}{50}\ \frac{\text{kg/mtr3}}{\text{mtr3}}$$

Tensión S2 = 7000(kg)

$$\text{\% DE MANIOBRA} = \frac{\text{PESO BRUTO}}{\text{CAPACIDAD DE LEVANTE}}$$

* PESO BRUTO = PESO TOTAL A IZAR = PESO DE LA CARGA + PESO DEL GANCHO + CABLES + ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE IZAJE

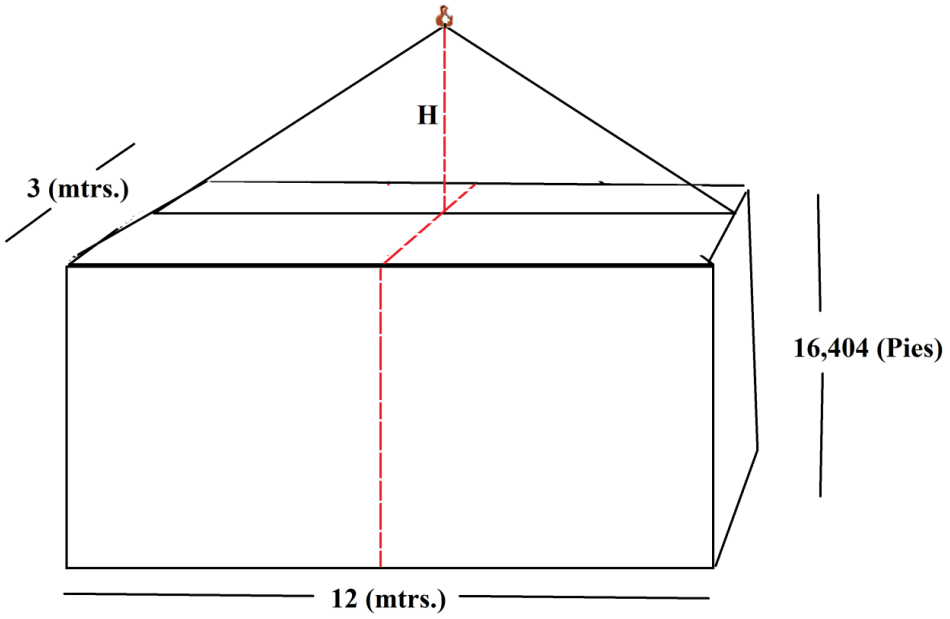
* CAPACIDAD DE LEVANTE = SEGÚN CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE IZAJE, ES DECIR, LARGO, RADIO Y ÁNGULO DE LA PLUMA.

Escala de equivalencia de velocidades
1m/s = 3.6 km / hora (km/h)
1m/s = 2.237 milla /hora (mi/h)
1m/s = 1.944 nudos (Kt)

EJERCICIOS DE CÁLCULO IZAJE:

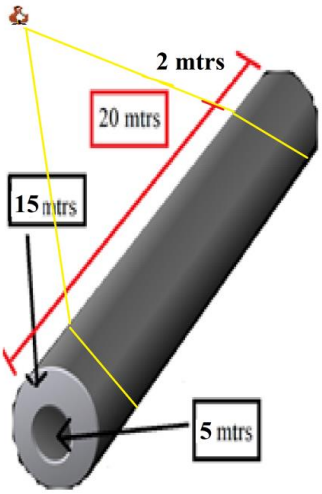
1) Calcule el peso del bloque de concreto a izar, el largo y tensión de las eslingas, el ángulo horizontal que generan en relación a la carga, el factor del ángulo y la ubicación del centro de gravedad en el eje X e Y.

Largo 12 (mtrs.)
Ancho 3 (mtrs.)
Alto 16,404 (Pies)
P.E. = Acero
Altura al gancho (H) = 275,6 Pulgadas



2) Calcule el peso de la tubería, el largo y tensión de las eslingas, el ángulo horizontal que generan en relación a la carga, el factor del ángulo y la ubicación del centro de gravedad en el eje X e Y.

Largo 20 (mtrs.)
Diámetro externo = 15 (mtrs.)
Diámetro interno = 5 (mtrs.)
P.E. = Acero
Estrobado tipo lazo o ahorcado a 2(mtrs.) de distancia de los extremos de la tubería.
Altura desde la carga al gancho de la grúa = 8 (mtrs.)



Volumen = Volumen exterior - Volumen interior

$$V = \pi \times r^2 \times L$$

70

3) Calcule el peso total del objeto y la ubicación del centro de gravedad en el eje X e Y. ¿Cómo estrobaría la carga para izarla?.

Rectángulo: Largo = 10 (mtrs.). Ancho = 4 (mtrs.). Alto = 6 (mtrs.). P.E. = Concreto

Cilindro: Largo 8 (mtrs.). Diámetro = 2(mtrs.). P.E. = Latón.

