

SELECCIÓN DE UNA GRÚA PARA EL MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS EN LA ASIGNATURA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Ing. Jacinto Reyes Valero¹, Ing. Carlos Rodríguez García¹

*Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”,
Vía Blanca km 3½, Matanzas, Cuba.*

Resumen.

Saber elegir la grúa adecuada para el montaje de una estructura prefabricada de cualquiera de los sistemas constructivos más comunes en el país, así como su ubicación y recorrido en la obra para realizar su función es uno de los objetivos del ingeniero civil. El presente trabajo muestra una serie de conocimientos necesarios para el estudiante y futuro profesional para afrontar la tarea de izaje de elementos prefabricados, se exponen los conceptos fundamentales y el procedimiento para esto, conjuntamente con ejemplos que facilitarán la comprensión de este tema tan importante y actual.

Palabras claves: Izaje, grúas, elementos prefabricados, capacidad de cara, radio de izaje.

Introducción

Seleccionar la grúa óptima para el montaje de estructuras prefabricadas es una tarea eminentemente técnica y con una trascendencia económica increíble. La grúa es el elemento de más alto costo en las labores de montaje, tener algún error en su colocación produciría costos y atrasos considerables.

Desafortunadamente en muy pocas ocasiones el ingeniero interviene en la elección, dejando esta responsabilidad a personas con mucha práctica y experiencia, pero que en casos cercanos al límite o frontera de las posibilidades no podrán discernir adecuadamente, lo que pudiera conducir a la elección de una grúa por encima de las necesidades, aumentando escandalosamente los costos de la obra, o quedándose por debajo de lo que se necesita realmente, lo que conduciría a la paralización temporal de la actividad para buscar la necesaria, que por demás, con la premura, tampoco sería la idónea.

Pretendemos con este trabajo, dotar al futuro profesional con los conocimientos necesarios para la elección de la grúa, su ubicación exacta en obra, mediante bases científicas y prácticas, las cuales harán que actúe con confianza y seguridad total.

Respondiendo al currículum del ingeniero civil que según el plan de estudio “D” de la carrera de ingeniería civil (2006) el ingeniero civil debe:

Organizar, ejecutar y dirigir el montaje de un objeto de obra prefabricado de los sistemas constructivos más comunes utilizados en el país, acordes al modelo del profesional.

Encontrándose además dentro del perfil el saber elegir la grúa adecuada para el montaje de una estructura prefabricada de cualquiera de los sistemas constructivos más comunes en el país, así como su ubicación y recorrido en la obra para realizar su función.

Desarrollo

Grúas. Partes que la componen.

Las grúas son muy comunes en obras de construcción, puertos, instalaciones industriales y otros lugares donde es necesario trasladar cargas, ya sean verticalmente e incluso de forma horizontal. Se define como **grúa** una máquina encargada de la elevación y traslado de cargas suspendidas de un gancho. Existe una gran variedad de grúas, diferenciadas en dependencia de su función.

En la tabla 1 se pueden apreciar algunos inconvenientes o ventajas en dependencia de sus clasificaciones o características de las más utilizadas en la construcción.

Tabla 1. Grúas. Cuadro Resumen.

Fuente: Maspons, 1987.

Tipo		Ventajas	Inconvenientes
Sobre Esteras		Gran capacidad de Carga. Maniobrabilidad. No requieren vías ni suelos muy resistentes. Pueden moverse con cargas izadas.	Poca Estabilidad. Lentitud de Traslación. Efecto perjudicial sobre pavimentos.
Sobre Camión		Por su movilidad considerados los más eficientes equipos de izaje. Gran capacidad de carga. Gran altura de izaje. Versatilidad de plumas. Gran estabilidad.	Mucha área para maniobrar. Necesidad de suelos resistentes. Limitación de giro con carga suspendida. Muy costosas.
Sobre Neumáticos		Maniobrabilidad. Estabilidad.	Pequeña velocidad de traslación. Necesidad de suelos resistentes.
Torre sobre raíles		Movilidad de las cargas. Muy útil para repetición de movimientos. Gran campo de acción. Visibilidad de la zona de trabajo.	Dificultad de transporte, instalación y desmontaje. Construcción de vía especial. Poca capacidad de carga (en general)
De pórtico		Por sus limitaciones solo son de gran utilidad en plantas de prefabricación. Gran capacidad de carga. Precisión de montaje.	Limitación de movimiento. Precisa carriles dobles. Dificultad de montaje. Campo de acción reducido.
De Mástil		Sencillez. Bajo Precio. Poco peso. Gran capacidad de carga.	Dificultad de manejo. Gran limitación de movimientos. Dificultad de instalación. Cambio de posición frecuente y engorrosa.
Derricks	Fijos	Gran capacidad de carga. Bajo precio.	Limitado radio de acción. Cambio de posición engorroso.
	Móviles		Limitado radio de acción. Construcción de vía. Montaje largo y costoso. Transporte difícil. Dificultad de movimientos.

Partes componentes de la grúa.

A continuación podemos observar el esquema de una grúa, donde se han señalado sus principales componentes.

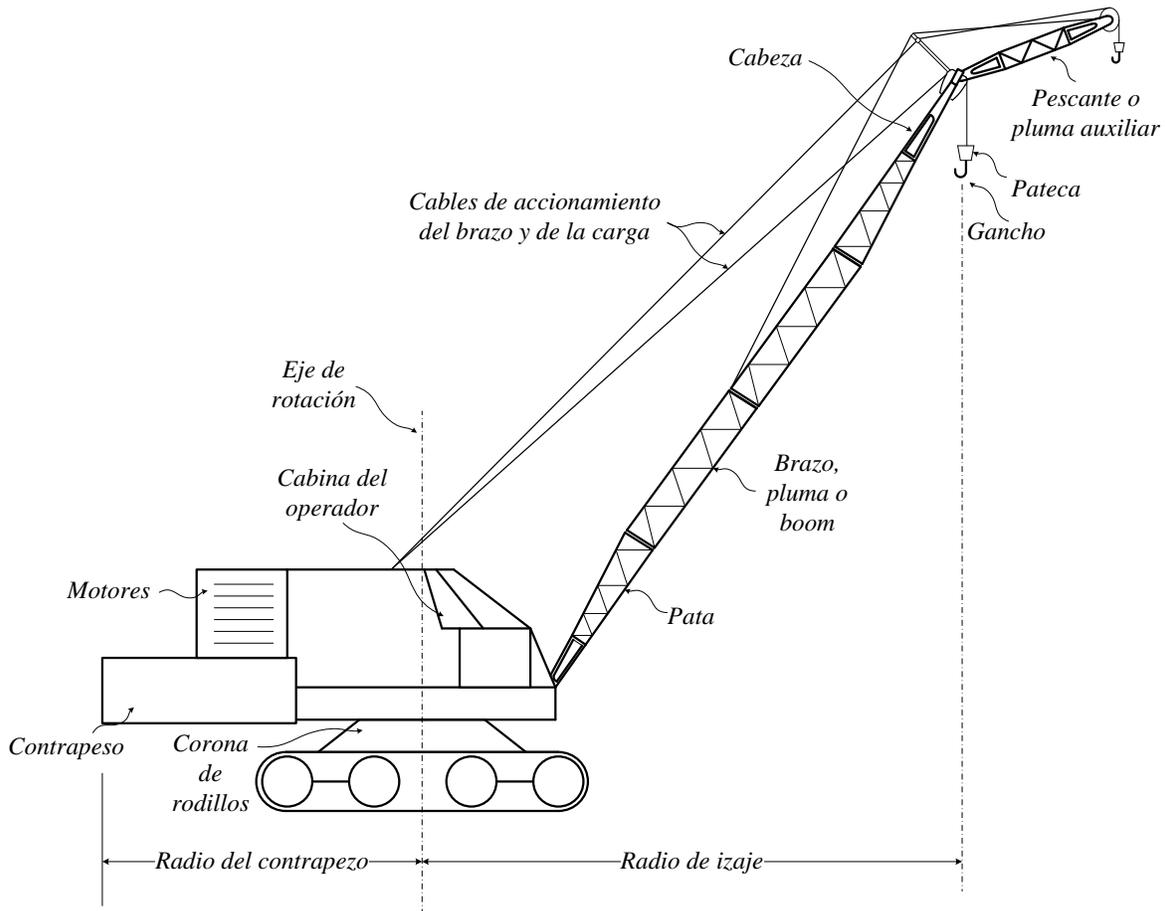


Figura 1. Principales componentes de una grúa

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros de trabajo de una grúa

Capacidad de carga o Capacidad permisible de trabajo: Es el peso máximo, en kilogramos (kg) o toneladas (t), que puede ser izado por la grúa con seguridad para un radio de izaje (alcance) determinado. (Maspons, 1987)

Radio de izaje: Es la distancia horizontal entre el eje de rotación de la superestructura de la grúa y la vertical que pasa por el centro del gancho de izaje. (Maspons, 1987)

La relación entre la capacidad de carga y el radio de izaje es inversamente proporcional, a mayor radio de izaje corresponde una menor capacidad de carga (Figura 2).

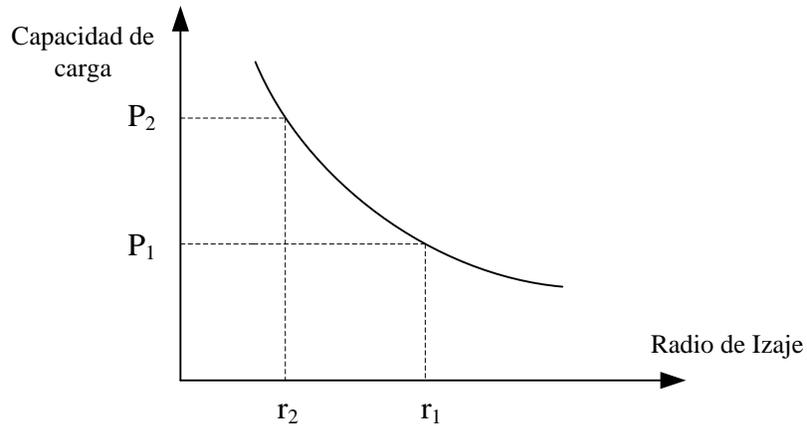


Figura 2. Relación entre Capacidad de carga y Radio de izaje.

Fuente: Elaboración propia.

Si para una misma grúa y un mismo brazo, P_1 y P_2 constituyen la capacidad de carga con sus respectivos radios de izaje r_1 y r_2 , entonces se puede afirmar que $P_1 > P_2$ (Figura 2).

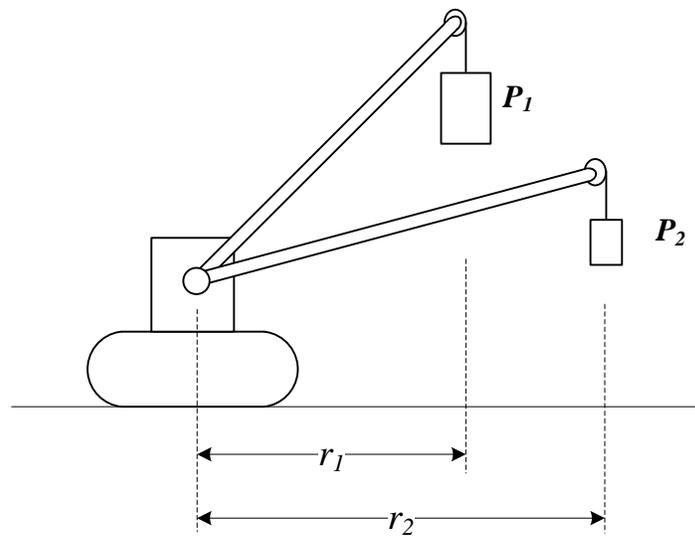


Figura 3. Esquema de una grúa con un mismo brazo y cargas diferentes

Fuente: Elaboración propia.

Relación entre la longitud del brazo o boom, el radio de izaje y la carga.

El boom o pluma es el componente estructural capaz de soportar cargas asegurando el alcance, el ángulo y la altura de elevación solicitado

La relación que existe entre la longitud del brazo, la capacidad de carga y el radio de izaje se puede observar gráficamente, utilizando el gráfico capacidad de carga contra radio de izaje, como en la figura 2, pero introduciendo las curvas correspondientes a dos longitudes de brazo diferentes (Figura 3).

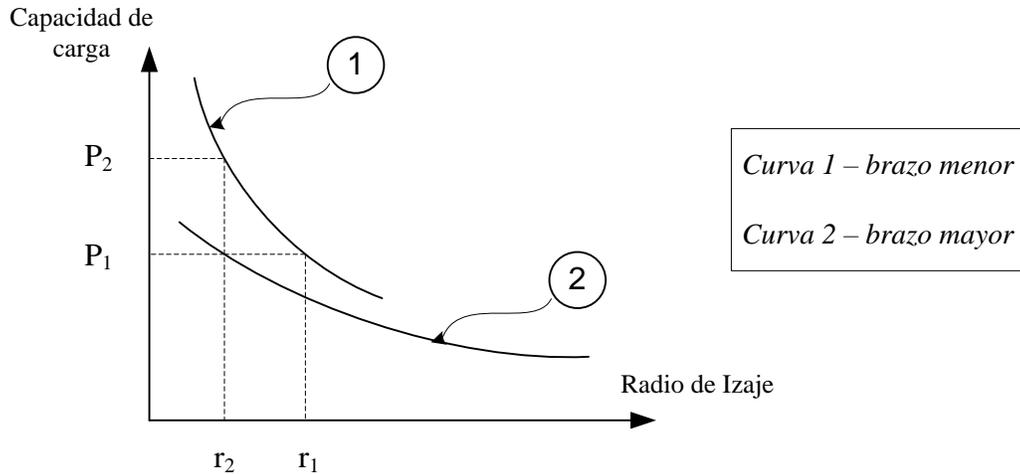


Figura 4. Relación entre longitud de brazo, capacidad de cara y radio de izaje.

Fuente: Elaboración propia.

La curva más alejada del eje de las abscisas, representará siempre el brazo de menor longitud, en este caso la número 1.

Para una carga fija P_1 (figura 4) al intersecar con la curva 2 (brazo mayor) se obtiene el radio r_2 , y al intersecar con la curva 1 (brazo menor) se obtiene el radio r_1 . Como se aprecia el $r_1 > r_2$, por lo tanto, con el brazo menor se puede llevar una misma carga a una distancia mayor. Por otro lado, con un mismo radio r_2 , el brazo más corto podría elevar una misma carga P_2 mayor que a carga P_1 , es decir, que con un mismo radio, el brazo más pequeño puede elevar una carga mayor que el brazo más largo.

Altura de elevación del gancho de izaje (h_{ie})

La altura de elevación del gancho de izaje es la distancia vertical desde el apoyo de la grúa hasta el borde inferior del gancho de izaje, como se puede apreciar en la siguiente figura.

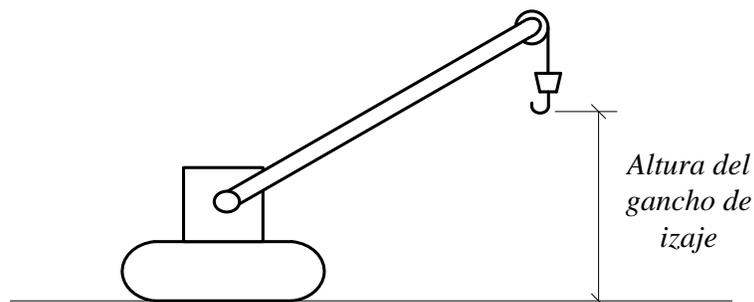


Figura 5. Esquema de altura del gancho de izaje.

Fuente: Elaboración propia.

Estos tres parámetros anteriores son los más importantes y están interrelacionados de un modo tal que para un brazo de longitud determinada, conociendo uno de ellos los otros dos son fácilmente obtenibles mediante ábacos o manuales de grúas.

Existen otros parámetros que inciden en la selección del equipo de izaje entre los cuales también se pueden destacar (Maspons, 1978, p264):

- Ancho y tipo de vía necesarios para su traslación y operación.
- Pendientes de traslado y trabajo.
- Radio de giro del contrapeso.
- Distancia mínima a la construcción.
- Peso total en orden de trabajo.
- Velocidad de traslación, así como de izaje y descenso de la carga.
- Energía necesaria para su funcionamiento.

A los cuales les podemos agregar:

- Longitud máxima y mínima del boom.
- Radio de izaje máximo y mínimo.
- Intervalo de trabajo.

Cálculo de los parámetros que determinan la selección de una grúa

Los equipos de izaje, deben seleccionarse y emplearse de la forma más eficiente posible, entendiendo por tal el óptimo aprovechamiento de su capacidad de carga y elevación del gancho de izaje (Maspons, 1987), por lo tanto, para seleccionar el equipo de izaje necesario en una obra se tendrá en cuenta:

1. Peso a elevar, que viene determinado en el proyecto como PRM de cada elemento, empleándose en un principio el mayor de todos los elementos como condición más crítica.
2. Altura de izaje mayor, seleccionada entre todos los elementos por ser la condición más desfavorable.

En los casos que el elemento de mayor PRM, coincida con el de mayor altura de izaje, se selecciona el equipo para este elemento, de no hacerlo, como es frecuente, se selecciona el equipo que solucione las dos situaciones, el elemento de mayor PRM, con su altura de izaje y el elemento de mayor altura de izaje con su PRM. A continuación se detallan las características para la obtención del Peso real del montaje y su respectiva altura de izaje.

Peso real de montaje (PRM)

El Peso real de montaje de un elemento o pieza prefabricada es el peso neto de dicho elemento incrementado, según Maspons, 1987, por los efectos simultáneos de:

- La tolerancia de producción
- La humedad
- El peso de los equipos auxiliares de izaje
- Los efectos dinámicos

Tolerancia de producción

Este parámetro se considera debido a las variaciones que pueden sufrir las dimensiones de una pieza por inexactitud en la construcción o diferentes dosificaciones que traigan consigo variaciones en la densidad del elemento; todo esto aparejado al control de calidad, en dependencia de este obtenemos el factor de tolerancia de producción:

2,00 %	Poco control de calidad
1,50 %	Control de calidad normal
1,00 %	Buen control de calidad

Humedad

Por ser el hormigón un material higroscópico, es susceptible de absorber agua, lo que aumenta su peso.

En casos de lluvias dentro del período de 24 horas previas al izaje se considerará:

1 – 3 %	para elementos esbeltos
4 – 6 %	para paneles, bloques

Para elementos izados dentro de las 24 h posteriores a su hormigonado e independientemente de su tipo:

6 – 10 %	si no se utilizó ningún método de aceleración del endurecimiento del hormigón que implique la rápida desecación del mismo.
2 – 4 %	si se utiliza algún método de aceleración del endurecimiento.

Equipos auxiliares de izaje

Estos elementos deberán ser izados conjuntamente con el elemento, por lo tanto el peso de estos tendrá que ser añadido al PRM.

Efectos dinámicos

Este parámetro se considera debido a la acción del viento, giros, paradas bruscas, la manipulación de la pieza por los montadores, entre otros, tomándose como factores:

1 – 2 %	para elementos esbeltos
4 – 6 %	para paneles, bloques

Los incrementos del peso deben realizarse en el orden planteado, a continuación se propone un registro con el fin de calcular el PRM de un elemento a izar.

Tabla 2. Tabla registro para calcular el PRM de una pieza. Ejemplo.

Fuente: Maspon, 1987

Elem.	Codif.	Cant.	Vol. (m ³)	Peso Neto (kg)	Incrementos del peso neto por efectos de:				PRM (t)
					Toler. (kg)	Hum. (kg)	Eq. Aux. (kg)	Efec. din. (kg)	
Viga	V – 1	20	0,99	2500	2538 ¹	2589 ²	2889 ³	2947 ⁴	3,0
Panel	PE – 2	12	1,12	2800	2842 ⁵	2956 ⁶	3156 ⁷	3345 ⁸	3,5

Los valores de los incrementos de peso se obtienen de la siguiente forma:

1. $2500 \cdot (1 + 0.015) = 2538$
2. $2538 \cdot (1 + 0.02) = 2589$
3. $2589 + 300 = 2889$
4. $2889 \cdot (1 + 0.02) = 2947$
5. $2800 \cdot (1 + 0.015) = 2842$
6. $2842 \cdot (1 + 0.04) = 2956$
7. $2956 + 200 = 3156$
8. $3156 \cdot (1 + 0.06) = 3345$

Altura de Izaje

Se define como *Altura de Izaje* (h_{ie}) a la distancia vertical existente desde la superficie de apoyo de la grúa hasta el borde inferior del gancho de izaje, cuando el gancho alcance una altura tal que permita comenzar el descenso del elemento izado, para colocarlo su posición definitiva. Esta altura de izaje se obtiene sumando varios términos, como se puede observar en la ecuación 1.

$$h_{ie} = h_m + h_t + h_e + h_{eai} \quad (1)$$

Donde:

- h_m Altura montada
- h_t Altura de tolerancia
- h_e Altura del elemento
- h_{eai} Altura del equipo auxiliar de izaje

Altura Montada

Se define como Altura montada a la distancia vertical entre la superficie de apoyo de la grúa y la superficie sobre la cual va a colocarse la pieza a montar.

En casos que existiesen elementos más altos entre la grúa el elemento que va a recibir la pieza, entonces la altura mayor de este elemento conformaría h_m , como se puede observar en la siguiente figura.

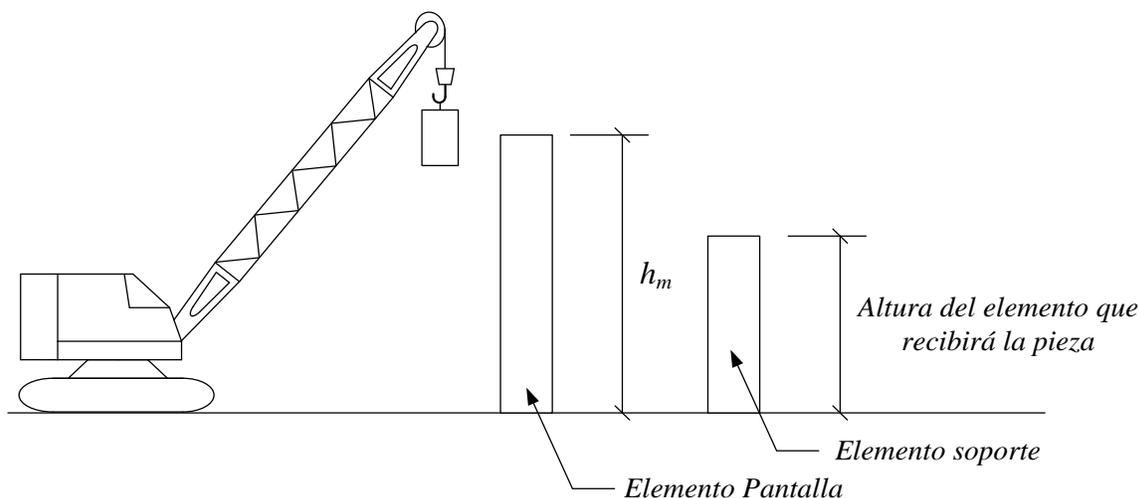


Figura 6. Altura montada, caso con elemento pantalla.

Fuente: Elaboración propia.

Altura de tolerancia

Es la distancia vertical entre el borde inferior de la pieza izada y la superficie sobre la cual va a descansar la pieza. Esta altura corresponde a una medida de seguridad que tiende a evitar el choque entre los dos elementos. La dimensión mínima del parámetro será $h_t = 0,50 \text{ m}$, aunque en ocasiones pudiera llegar a $2,00 \text{ m}$.

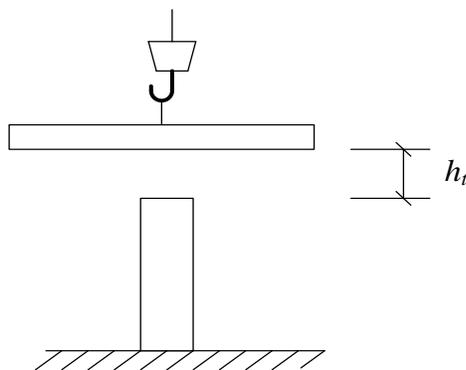


Figura 7. Altura de tolerancia.

Fuente: Elaboración propia.

Altura del elemento

Es la dimensión vertical entre el borde inferior de la pieza y su punto de izaje. En la siguiente figura podemos observar el caso de una viga de sección variable y una columna, donde la altura total de la pieza no coincide con la altura del elemento (h_e) a fin de ser izado, puesto que este, como se explicó anteriormente, depende solamente del punto por donde va a ser izado.

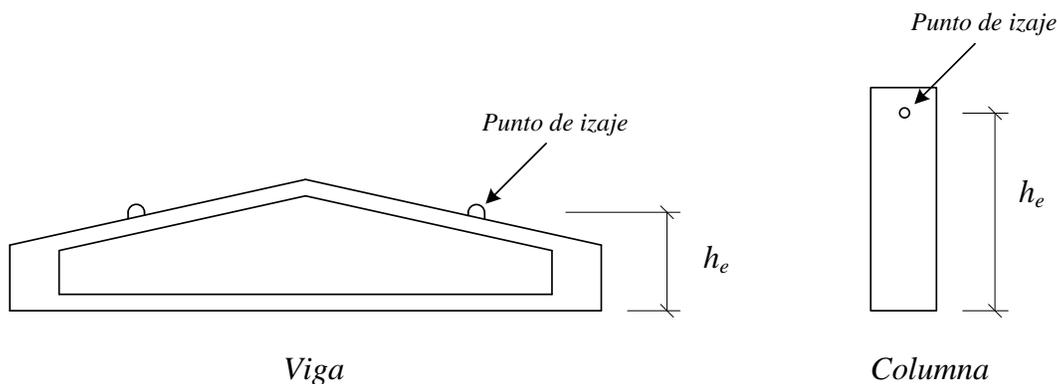


Figura 8. Altura del elemento.

Fuente: Elaboración propia.

Altura del equipo auxiliar de izaje

Es la distancia vertical entre el punto de izaje de la pieza y el gancho de izaje.

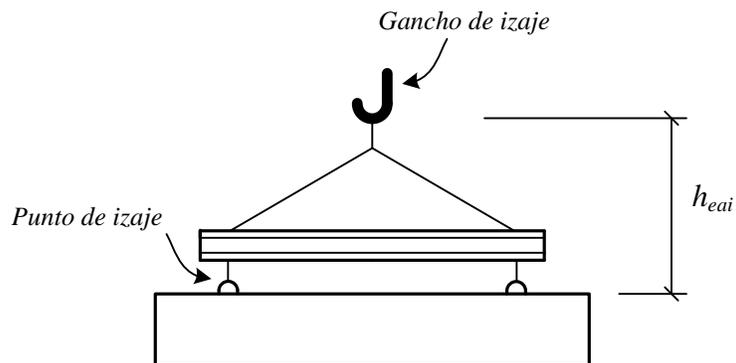


Figura 9. Altura del equipo auxiliar de izaje.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla registro para calcular las alturas de cada pieza

Esta tabla (3) debe confeccionarse a continuación de la tabla 2 (PRM), para poder completar todos los datos fundamentales que se necesitan para la selección del equipo de izaje.

Tabla 3. Tabla registro para calcular la altura de izaje de un elemento.

Fuente: Maspon, 1987

	PRM	Altura de izaje de los elementos (m)				
	(t)	h_m	h_t	h_e	h_{eai}	h_{ie}

Con esta tabla registro se obtiene el PRM y la h_{ie} de cada elemento, estos valores permiten seleccionar el equipo de izaje adecuado a través de sus ábacos.

En ocasiones para entrar a los ábacos se necesita conocer la *altura hasta el perno del cabezal* (h_{pc}), la cual podemos calcular como:

$$h_{pc} = h_{ie} + h_{pol} \quad (2)$$

Donde:

h_{pc} Altura hasta el perno del cabezal

h_{pol} Longitud del polipasto o parejo de grúa (cuando este se halle recogido al máximo)

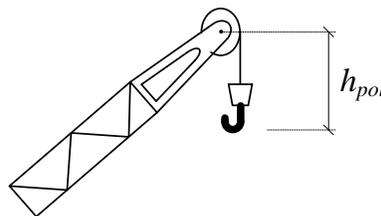


Figura 10. Longitud del polipasto o parejo de grúa.

Fuente: Elaboración propia.

Selección del equipo de izaje. Uso de ábacos

Como y hemos señalado, los tres parámetros fundamentales en la selección de una grúa son el PRM, la h_{ie} y el radio de izaje.

En los ábacos, además de estos parámetros, aparecen también juegos de curvas que son funciones de las longitudes de los brazos de la grúa.

Generalmente no se fija en el inicio el radio de izaje, si no que se comienza con el PRM o con la h_{ie} ; Solo en casos específicos que por las condiciones restrictivas de espacio lo requieran, se comienza por con el radio de izaje.

El gráfico del ábaco está compuesto por dos ejes perpendiculares que forman ordenadas y abscisas y además juegos de curva (de trazado continuo y discontinuo).

En las abscisas se representa el radio de izaje y en las ordenadas la capacidad de carga y la altura.

A cada curva continua le corresponde una discontinua y ambas son función de la longitud de la pluma de la grúa a la cual corresponde el ábaco. Un ábaco en el cual aparecen tres curvas continuas (con sus respectivas tres curvas discontinuas) corresponde a una grúa que posee tres plumas o brazos diferentes.

En la práctica son conocidos los valores del PRM y la altura a la cual deben ser izados los elementos, entonces partiendo de la ordenada conocida, el PRM, se traza una paralela al eje de las abscisas y se interseca una de las curvas continuas, aquí se crea entonces un punto, entonces desde ese punto trazamos una paralela al eje de las ordenadas, y se interseca la curva discontinua que corresponde a la curva continua donde se hizo el primer punto de intersección; desde este nuevo punto se traza entonces una paralela al eje de las abscisas y vamos hacia el eje de las ordenadas en el cual se toma el valor de la altura correspondiente. Si esta altura fuese mayor que la que se tiene calculada, entonces se puede utilizar esa grúa con el correspondiente brazo para el izaje del elemento.

Por otro lado, si se desea tomar como parámetro inicial la altura, se procede de igual forma a lo explicado anteriormente, pero de forma inversa, buscando primeramente la curva discontinua y posteriormente la de trazado continuo; entonces, si como resultado final se obtiene un PRM mayor o igual al necesario se puede utilizar dicha grúa con el correspondiente brazo escogido.

Capacidad de carga máxima de una grúa. Radio mínimo

La capacidad máxima de una grúa generalmente define la tarifa horaria y por lo tanto incide directamente en el costo de la obra.

La capacidad máxima de una grúa siempre se obtiene con su pluma o brazo más corto, y con su radio mínimo.

Para hallar la capacidad máxima de una grúa y su radio mínimo se busca el punto más a la izquierda de la curva continua que represente el brazo más corto, en este punto se traza una paralela al eje de las abscisas que al intersecar con el eje de las ordenadas dará el valor de la capacidad máxima de dicha grúa. De igual forma, si desde ese mismo punto se traza una paralela al eje de las ordenadas, al intersecar el eje de las abscisas se obtiene el valor del radio mínimo de la grúa.

Para cada curva continua que representa la longitud de un brazo determinado corresponderá un solo radio mínimo e infinitos radios máximos, ya que para cada combinación de PRM y h_{ie} existirá también un radio de izaje, y este se convierte a su vez en radio máximo para esa combinación. De aquí se infiere que para cualquier longitud de brazo de una grúa, existirá un radio mínimo y para cada combinación de peso y altura determinada existirá un radio máximo.

La diferencia entre radio mínimo y radio máximo constituye el **intervalo de trabajo** de una grúa para una combinación determinada. A mayor intervalo de trabajo, la grúa trabajará de una forma más cómoda y segura, pues tendrá mayor holgura en los movimientos de la carga.

Ejemplos resueltos

A continuación se muestran varios ejercicios resueltos, que si bien no abarcan todos los casos, sirven de guía al estudiante a la hora de enfrentar situaciones similares.

Ejercicio 1

Se necesita montar una columna de 6,0 m de longitud en un vaso prefabricado, cuyo fondo está en la cota 58.00. La grúa y la columna están sobre el terreno, en la cota 60.00. Halle la altura de izaje de un elemento, considere además una altura de tolerancia de 50 cm y una altura del equipo auxiliar de izaje de 1,5 m.

Solución

La realización de esquemas generalmente le aporta mucho a la comprensión de los problemas.

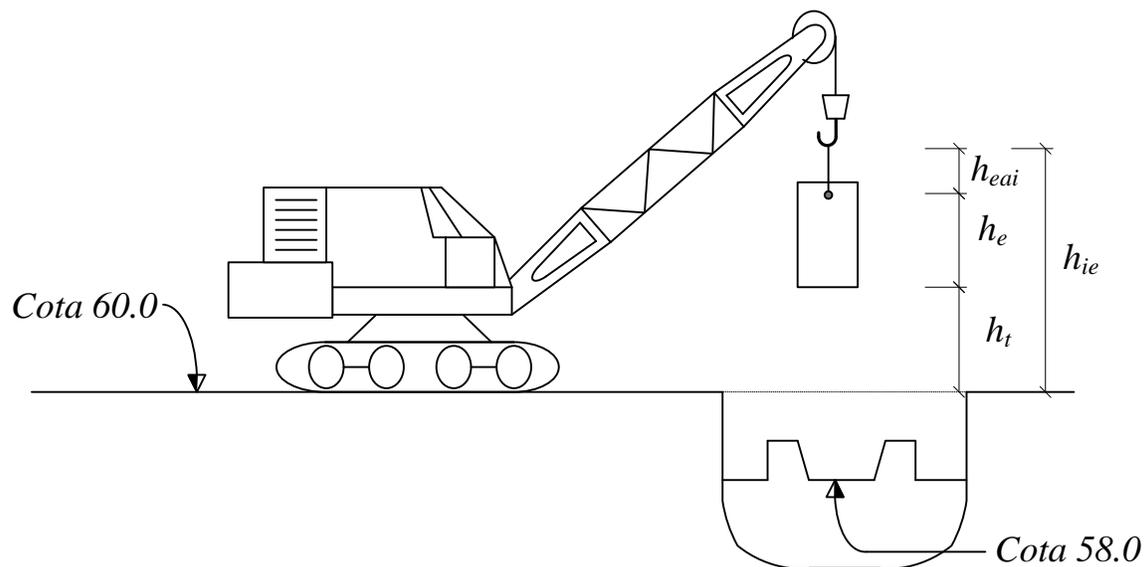


Figura 11. Esquema ejercicio 1.

Fuente: Elaboración propia.

Se utiliza la ecuación 1:

$$h_{ie} = h_m + h_t + h_e + h_{eai}$$

El valor de la altura montada, h_t se considera como 0, ya que la pieza se va a apoyar en un elemento que está por debajo del nivel donde se encuentra la grúa y no existe ningún obstáculo por encima de ese nivel.

Para calcular la altura del elemento al efecto de ser izado se debe hallar la distancia a la cual estará el punto de izaje. Esto se puede apreciar en el siguiente esquema.

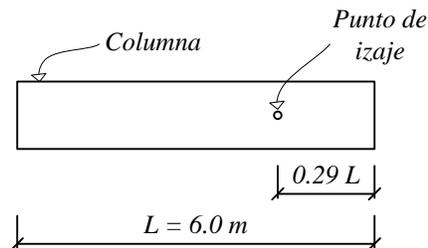


Figura 12. Esquema para el cálculo de la altura del elemento (columna ejercicio 1).

Fuente: Elaboración propia.

$$h_e = L - L \cdot 0.29$$

$$h_e = 6.0 \text{ m} - 6.0 \text{ m} \cdot 0.29$$

$$h_e = 4.26 \text{ m}$$

Finalmente la altura de izaje del elemento se calcula:

$$h_{ie} = h_m + h_t + h_e + h_{eai}$$

$$h_{ie} = 0 + 0.5 \text{ m} + 4.26 \text{ m} + 1.5 \text{ m}$$

$$h_{ie} = 6.26 \text{ m}$$

Ejercicio 2

Se quiere montar un extractor de aire en la cubierta de una fábrica que tiene una altura de $3,60 \text{ m}$. Solo se cuenta con la grúa 255-A-PH. Se requiere que se utilice el boom más pequeño que cumpla con dicho montaje. Como otros datos adicionales tenemos que:

- $h_t = 0,5 \text{ m}$
- $h_e = 0,7 \text{ m}$
- $h_{eai} = 1,0 \text{ m}$
- $h_{pol} = 1,0 \text{ m}$
- PRM = $1,6 \text{ t}$

Solución

Hallamos el valor de h_{ie} .

El valor de h_m es el valor de la altura de la cubierta donde irá colocado el elemento.

$$h_{ie} = h_m + h_t + h_e + h_{eai}$$

$$h_{ie} = 3.6 m + 0.5 m + 0.7 m + 1.0 m$$

$$h_{ie} = 5.8 m$$

Como el ábaco de la grúa que se posee está referida al perno del cabeza, es necesario calcular esta:

$$h_{pc} = h_{ie} + h_{pol}$$

$$h_{pc} = 5.8 m + 1.2 m$$

$$h_{pc} = 7.0 m$$

Se entra en el ábaco (Punto A) con el valor de PRM = 1,6 t; de las curvas continua solo las N°2 y N°3 son intersecadas con este valor de PRM, de estos se toma el N°2, puesto que se debe trabajar, según la orden del ejercicio, con el boom más pequeño. Para este PRM y la curva 2 el valor de la altura h_{pc} tiene un valor de 7,4 m.

Como $7,4 m > 7,0 m$, es posible la utilización de este boom de la grúa. Esta grúa posee un boom más pequeño, el cual no se consideró, producto a que el PRM de 1,6 t solo tocaba las curvas 2 y 3; sin embargo, no se han explotado todas las posibilidades de utilizar el boom más pequeño.

En casos en que el PRM tenga valores menores a los de la curva continua dicho boom posee capacidad de carga suficiente para elevar la carga, en estos casos se entra entonces primero con la altura.

En el caso de este ejercicio se entra (Punto B) con la h_{pc} de 7 m a intersecar la curva discontinua N°1, la que presenta el boom más corto, finalmente se logra un peso de 3,4 t, la cual es superior a la necesaria de 1,6 t, por lo que se puede afirmar que con el boom N°1, el más corto, se puede izar la carga a la altura necesaria.

A continuación se muestra el ábaco correspondiente.

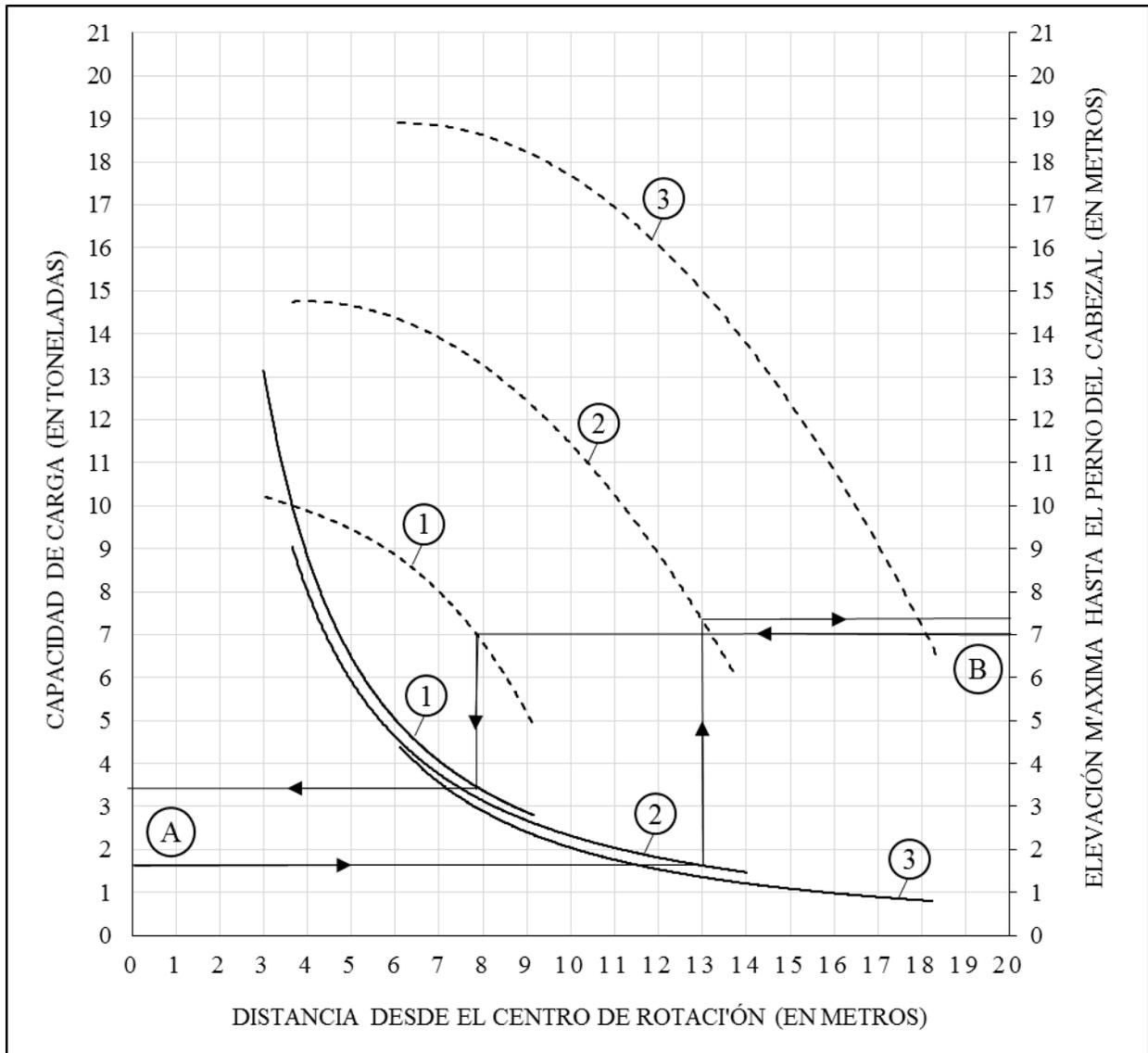


Figura 13 Gráfico de capacidad de cargas y altura de izaje para una grúa oruga modelo 255-A-PH

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda

- 1 → Pluma de 9,15 m
- 2 → Pluma de 13,73 m
- 3 → Pluma de 18,30 m

Ejercicio 3

Se necesita montar una columna prefabricada de 2,5 m de longitud en un cimiento cuyo eje se encuentra a 4 m de un muro de 8,0 m de altura. La grúa está ubicada del otro lado del muro, por lo que la columna pasará por encima del muro. Escoja la grúa óptima y su brazo mínimo que puede efectuar el montaje. Como otros datos adicionales tenemos que:

- $h_t = 0,5 \text{ m}$
- $h_{eai} = 1,0 \text{ m}$
- $h_{pol} = 1,2 \text{ m}$
- PRM = 3,0 t

Solución

Primeramente se calcula la altura de izaje, para esto es necesaria la altura montada, se toma $h_m = 8,0 \text{ m}$, puesto que el muro es un obstáculo entre la grúa y donde se ubicará la columna. La altura del elemento se calcula según lo mostrado en la figura 14.

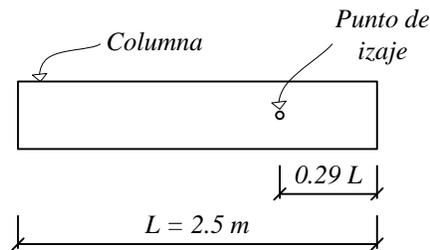


Figura 14. Esquema para el cálculo de la altura del elemento (columna ejercicio 3).

Fuente: Elaboración propia.

$$h_e = L - L \cdot 0.29$$

$$h_e = 2.5 \text{ m} - 2.5 \text{ m} \cdot 0.29$$

$$h_e = 1.78 \text{ m}$$

Se puede calcular entonces el valor de la altura de izaje

$$h_{ie} = h_m + h_t + h_e + h_{eai}$$

$$h_{ie} = 8.0 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 1.78 \text{ m} + 1.0 \text{ m}$$

$$h_{ie} = 11.28 \text{ m}$$

Y la altura al perno del cabezal se obtiene:

$$h_{pc} = h_{ie} + h_{pol}$$

$$h_{pc} = 11.28 \text{ m} + 1.2 \text{ m}$$

$$h_{pc} = 12.48 \text{ m}$$

Como se solicita brindar la solución con la grúa más óptima se requiere entonces analizar varias de estas, en dependencia de las que estén al alcance del constructor, en un caso real; para este caso se utilizarán la 244-A-PH. Se debe recordar que para esta su altura está referida al perno del cabezal.

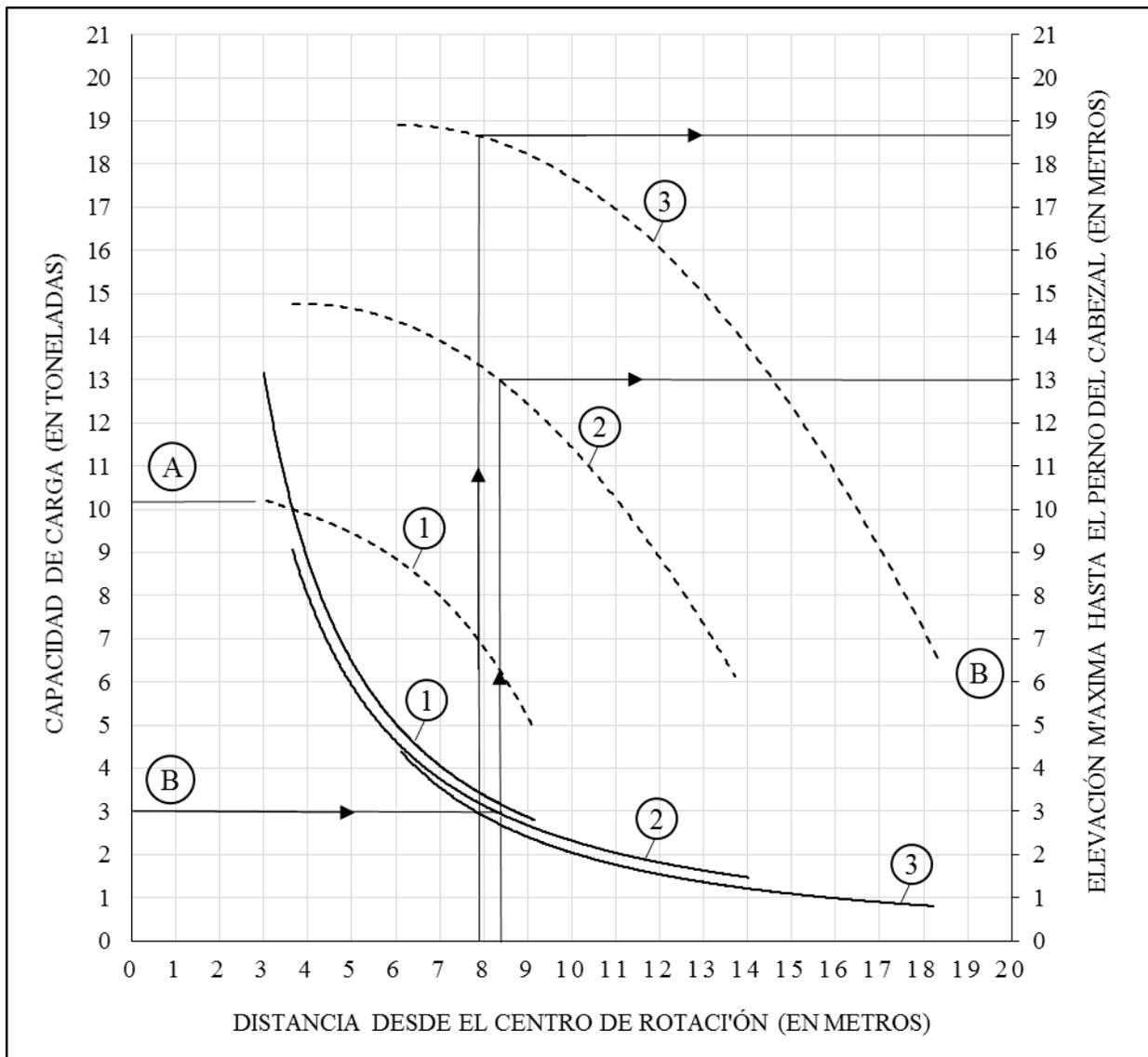


Figura 15 Gráfico de capacidad de cargas y altura de izaje para una grúa oruga modelo 255-A-PH

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda

- 1 → Pluma de 9,15 m
- 2 → Pluma de 13,73 m
- 3 → Pluma de 18,30m

Analizando visualmente el ábaco de la grúa, figura 15, se descarta el boom N°1, ya que observando su curva discontinua, se aprecia (punto A) que su altura máxima es de aproximadamente 10,2 m, el cual es menor que a la cual hay que izar el elemento, que tiene un valor de 12,48 m. Hasta este punto parece que resuelve el montaje, pero se hace necesario investigar además si en esa posición el boom N°2 se va por encima del uro que obstaculiza el montaje y puede colocar el elemento sobre el cimiento. Para esto se toma el valor del radio de izaje que es de 8,3 m.

Con la altura de 12,8 m y el radio de 8,3 m se forma un triángulo, por el cual se puede obtener la altura que alcanzará el boom en la zona del muro, como se aprecia en la figura 16.

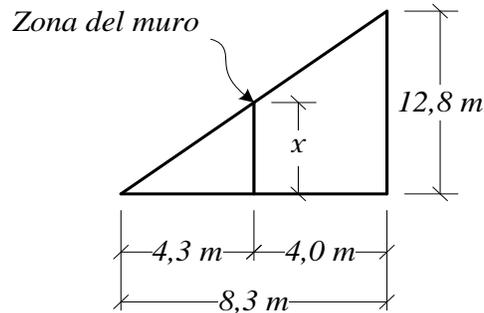


Figura 16. Relación de triángulos para el cálculo de la altura necesaria del brazo de la grúa.

Fuente: Elaboración propia.

Queda entonces:

$$\frac{12,8\text{ m}}{8,3\text{ m}} = \frac{x}{4,3\text{ m}}$$

$$8,3\text{ m} \cdot x = 12,8\text{ m} \cdot 4,3\text{ m}$$

$$x = 6,63\text{ m} < 8,0\text{ m}$$

Al este valor ser menor que el del muro existente no podemos utilizar dicho boom; pasando entonces a revisar el otro boom, el N°3.

Se entra nuevamente con el valor del PRM de 3 t a buscar la curva continua 3, subiendo a la discontinua se obtiene el valor de la altura del perno del cabezal de 18,7 m, a este peso le corresponde un radio de 7,9 m y se plantea nuevamente la semejanza de triángulos.

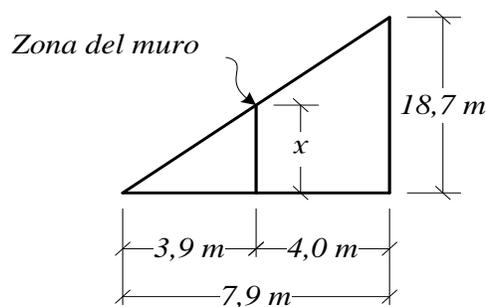


Figura 17. Relación de triángulos para el cálculo de la altura necesaria del brazo de la grúa.

Fuente: Elaboración propia.

$$\frac{18,7\text{ m}}{7,9\text{ m}} = \frac{x}{3,9\text{ m}}$$

$$x = 9,23\text{ m} > 8,0\text{ m}$$

Por lo tanto, es posible izar el elemento con el boom 3.

Conclusiones

Los equipos de izaje son de gran importancia en el desarrollo de las construcciones, estos tienen gran influencia en el costo, tener algún error en su colocación produciría costos y atrasos considerables. En la selección de estas intervienen varios factores como la altura de izaje, el peso real del montaje y la distancia a la cual estará colocado el equipo de izaje del elemento a montar. Lograr que el equipo de izaje seleccionado cuente con un buen intervalo de trabajo es satisfactorio para la obra, pues este permitirá un mejor desenvolvimiento dentro de la misma.

Bibliografía.

CNC de Ingeniería Civil, 2006. *Plan de Estudio D Ingeniería Civil*, MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR (Cuba).

Maspons González del Real, Ricardo, 1987. *Prefabricación*, ISPJAE (Cuba).