



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Guía para el diseño y dimensionado de la instalación eléctrica de una grúa torre

Apellidos, nombre	Oliver Faubel, Inmaculada (inolfau@csa.upv.es) Monfort i Signes, Jaume (jaumemonfort@csa.upv.es)
Departamento	Construcciones Arquitectónicas
Centro	ETSIE. Universitat Politècnica de València



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



1 Introducción

Una grúa torre es una grúa pluma orientable en la que el soporte giratorio de la pluma se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa.

Se le llama grúa torre desmontable para obra si es de instalación temporal, concebida para su utilización en las obras de construcción, diseñada para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos por lo que podrá despiezarse habitualmente en elementos de fácil transporte por ferrocarril o vehículo de carretera, tanto por su masa como por su volumen.

Por otra parte, se le llama grúa torre auto desplegable si se monta sobre la parte superior de una torre vertical orientable donde su parte inferior se une a la base de la grúa a través de un soporte giratorio y que está provista de los accesorios necesarios para permitir un rápido plegado y desplegado de la torre y pluma.

Según la ITC MIE-AEM2¹, la instalación de una grúa torre, tanto desmontable para obra como auto desplegable, pero con un momento nominal superior a 15 kN·m, requiere la redacción de un **Proyecto de Instalación**.

Tratándose de un equipo eléctrico que desarrolla varios movimientos para el trasiego de materiales en obra, accionados por sendos motores, dicho proyecto deberá contemplar necesariamente el **diseño y dimensionado de la instalación eléctrica para alimentar dichos motores**.

2 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este artículo, será capaz de:

- Analizar las consideraciones a tener en cuenta previas al diseño y dimensionado de la instalación eléctrica de una grúa torre.
- Dimensionar la instalación eléctrica para la alimentación de los distintos motores de una grúa torre desmontable para obra.

3 Consideraciones normativas

La ITC MIE_AEM2 en su ANEXO II. *Proyecto de instalación* dice que:

*“El proyecto de instalación deberá incluir como mínimo:
(...) 2.2.14 Instalación eléctrica (potencia máxima, tensión, descripción de las protecciones eléctricas y la puesta a tierra...)”*

Por otra parte, en el ANEXO III. *Criterios indicativos para la inspección de grúas torre* dice que se realizarán comprobaciones consistentes en:

¹ ITC MIE-AEM2: Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre desmontables para obras.



- "A. Inspección con la grúa desmontada
(...) Se realizará una inspección ocular de todos los elementos que componen la grúa (...)
Los puntos en los que se deberán comprobar posibles deformaciones o anomalías serán:
(...) Instalación eléctrica.
- B. Inspección con la grúa montada.
(...) 2. Instalación eléctrica
- 2.1 Emplazamiento instalación eléctrica.
 - 2.2 Interruptor omnipolar y diferencial de 300 mA en CO.
 - 2.3 Armario eléctrico de la grúa.
 - 2.4 Protección contra sobreintensidades.
 - 2.5 Interruptores para circuitos auxiliares.
 - 2.6 Estado de contactores.
 - 2.7 Conductores y cables eléctricos.
 - 2.8 Esfuerzos mecánicos en conductores.
 - 2.9 Protección de los elementos bajo tensión.
 - 2.10 Botonera de mando.
 - 2.11 Tensión máxima de maniobra.
 - 2.12 Interruptor de emergencia.
 - 2.13 Continuidad de las masas.
 - 2.14 Cable de puesta a tierra.
 - 2.15 Material eléctrico adecuado.
 - 2.16 Otros."

Se observa pues que la ITC indica expresamente que el proyecto debe contener el cálculo, dimensionado y especificaciones de dicha instalación para la grúa torre².

4 Consideraciones formales: movimientos y motores de una grúa torre

Las grúas torre pertenecen, dentro de los equipos para el trasiego de materiales en obras de construcción, al grupo de equipos fijos que realizan movimiento vertical, horizontal y de distribución.

Por sus características son capaces de realizar la descarga del equipo de transporte y, en su caso, el acopio de los materiales, es decir, poner el **material a pie de obra**; a partir del material acopiado, dejar el **material puesto a pie de planta** en la que vaya a ser utilizado; y finalmente, durante algunas fases de la obra (normalmente hasta la finalización de la estructura e incluso un poco más allá) conseguir el **material puesto a pie de tajo**. Y todo ello con la menor manipulación del material posible y reduciendo al máximo los períodos de almacenamiento en obra.

Así, los movimientos que realiza la grúa torre y los motores que lo hacen posible son:

MOVIMIENTO	MOTOR
Elevación y descenso de la carga en vertical	Elevación y descenso
Distribución de la carga en horizontal	Distribución
Orientación de la carga 360°	Orientación
Traslación de la grúa	Traslación de la grúa

² Grúa torre, en adelante GT.

Los tres primeros estarán en cualquier grúa torre instalada. El de traslación solo en aquellas grúas que se monten traslacionales sobre raíles cuando los trabajos a realizar o los condicionantes de la obra así lo requieran.

Se trata en todos los casos de motores eléctricos y es el fabricante, en la ficha técnica de la grúa, quien establece la potencia nominal de cada uno de ellos. Vemos un ejemplo en la Figura 1:

CARACTERÍSTICAS DE MECANISMOS / MECHANISMS FEATURES										J36MAC		
*opcional *optional	↑↓				←→							
	EC1540 11 kW				* EC1856 13,2 kW				☐ 9 / 12 / 15 ft TG825VF 2x3 kW	OG308 / *OG408VF 2,2 kW / *3 kW	TC240 1,5 kW	TH1010 9,2 kW
b d	lb	2755	4400	4400	lb	2425	4400	4400	0...0,8	131	3,3	
	ft/min	131	66	16	ft/min	184	92	20	r/min sl/min	ft/min	ft/min	

Figura 1. Potencias de los motores. Ficha técnica J36MAC. www.jaso.com. Última visita 2022.

Y, para conseguir su máxima **efectividad**, las GT han de elegirse de manera que:

- tengan la capacidad de acarreo de cargas apropiado para los materiales que van a transportar, tanto en volumen como en peso.
- impliquen la menor cantidad de movimientos, uso de personal, intervención de otros equipos o útiles y manipulación de la carga posible.
- tengan un coste de utilización y mantenimiento adecuado al tipo de obra a ejecutar.
- su correcta utilización suponga el mínimo de los riesgos para el personal de la obra, para los materiales y para la propia obra y su entorno.

5 Consideraciones de cálculo

5.1 Programación temporal de la instalación eléctrica de alimentación de la grúa torre.

La derivación desde el cuadro eléctrico de obra hasta el cuadro de mandos de la GT se diseñará y dimensionará al inicio de la obra. Es responsabilidad de la empresa contratista a la que se le haya encargado, por parte de la promotora, la implantación del lugar de obra.

Se va a explicar con un ejemplo. Para ello suponemos que se monta la grúa cuya ficha técnica es la de la figura 1 y la consideramos montada traslacional de manera que funcionarán sus 4 motores.



5.2 Datos de cálculo

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UD	FUENTE	Datos del ejemplo
Potencia nominal de los motores	P_{ni}	W	Ficha técnica del modelo de grúa a instalar	P_n elevación = 11000 W P_n distribución = 1500 W P_n orientación = 3000 W P_n traslación = 6000 W
Coefficiente por simultaneidad de los motores en el arranque ³	-	%	Criterio calculista	25%
Potencia de arranque	P_a	W	$\sum P_{ni}$ con la mayor P_n modificada por simultaneidad	
Factor de potencia	$\cos \phi$	-	Criterio calculista	0.85
Tensión de alimentación	U	V	Corriente trifásica	400
Intensidad de corriente	I	A		A calcular
Longitud de la derivación desde el Cuadro de Obra (CO)	L	m	Planos de implantación de obra en Plan de Seguridad y Salud	55
Máxima caída de tensión admisible	ΔU	%	ITC-BT-32 e ITC-BT-19	5
Tipo conductor			Criterio calculista	Conductores multipolares con aislamiento XLP
Resistividad del conductor a 20°C	ρ	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$		1/56
Número de picas para la puesta a tierra	n	ud	Criterio calculista	1
Tipo de terreno	-	-	Estudio Geotécnico	Limos
Resistividad ρ del suelo	ρ	$\Omega \cdot \text{m}$	ITC- BT-18. Tablas 3 y 4	Entre 20 y 100. Tomamos 50
Resistencia de tierra máxima	R_{TM}	Ω	Guía-BT-26	37 (recomendable)
Longitud del electrodo a enterrar	L_e	m		A calcular

5.3 Dimensionado de la instalación eléctrica

a) Dimensionado de la sección mínima del cable de alimentación.

La máxima caída de tensión admisible (ΔU) en la línea, desde el origen de la instalación (el CO) hasta el punto de utilización (el cuadro de maniobra de la grúa) no superará el 5% de la tensión nominal (U) en origen. (ITC-BT-32 e ITC-BT-19). Con esta premisa dimensionaremos el cable:

$$S = \frac{\rho \times \sum_{i=1}^n (P_{ni} \times L_i)}{U \times \Delta U} = \frac{\left(\frac{1}{56}\right) \times ((1.25 \times 11000) + 1500 + 3000 + 6000) \times 55}{400 \times (0,05 \times 400)} = 2,9771 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{P_a}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} = \frac{(1.25 \times 11000) + 1500 + 3000 + 6000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 41,1787 \text{ A}$$

³ Se recomienda considerar que la potencia de arranque es superior a la P_n del mayor de los motores en un determinado %. El calculista establecerá el % a aplicar.

Con los valores obtenidos entramos en la tabla 12 de la ITC-BT-07 para determinar la sección comercial de los conductores que resulta:

$$S_{\text{comercial}} = 6 \text{ mm}^2$$

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

Tabla 2

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

(*) Con un mínimo de:
2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Y dado que la relación entre las secciones de las distintas líneas es la que se indica en la Tabla 2 de la ITC-BT-19, la línea completa formada por 3F + 1N + 1TT con la mínima sección es:

$$3 \times 6 \text{ mm}^2 (\text{F}) + 6 \text{ mm}^2 (\text{N}) + 6 \text{ mm}^2 (\text{TT})$$

b) Dimensionado del sistema de protección contra sobrecargas y circuitos.

La intensidad nominal del interruptor magnetotérmico deberá cumplir:

$$I_{\text{cálculo}} < I_n \text{ protección} < I_{\text{máx conductor}}$$

En nuestro caso, para un interruptor comercializado normalmente de una $I_n = 50 \text{ A}$, no se cumple lo anterior, ya que:

$$I_{\text{cálculo}} = 41,1787 \text{ A} < I_n \text{ protección} = 50 \text{ A} > I_{\text{máx conductor}} = 44 \text{ A (tabla 12)}$$

Lo que ocurriría en este caso es que, si se diera un paso de corriente superior a los 44 A, el magnetotérmico no interrumpiría el paso de corriente hasta los 50 A, provocando así un daño al conductor.



Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (3)			1 cable trifásico		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	200	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	—	—	—
630	990	915	785	—	—	—

La solución pasa por aumentar la sección del conductor para que se cumpla lo anterior con una $I_{\text{máx conductor}} = 61 \text{ A}$ (tabla 2) quedando:

$$3 \times 10 \text{ mm}^2 (\text{F}) + 10 \text{ mm}^2 (\text{N}) + 10 \text{ mm}^2 (\text{TT})$$

$$I_{\text{protección}} = 50 \text{ A}; \text{ Magnetotérmico} = 4 \times 50 \text{ A}$$

Esta misma solución se debería tomar si se diera el caso de una $I_{\text{protección}}$ muy similar a la $I_{\text{máx conductor}}$, por seguridad, y con el objetivo de que sufriera un calentamiento que acabase dañando al conductor.

Por su parte, la intensidad nominal del interruptor magnetotérmico diferencial deberá cumplir:

$$I_{\text{n magnetotérmico diferencial}} \geq I_{\text{n magnetotérmico}}$$

En nuestro caso, para un interruptor magnetotérmico comercializado normalmente de una $I_{\text{n}} = 63 \text{ A}$, con una sensibilidad $I_{\text{s}} = 30 \text{ mA}$, se cumple lo anterior, ya que:

$$I_{\text{n magnetotérmico diferencial}} = 63 \text{ A} \geq I_{\text{n magnetotérmico}} = 50 \text{ A}$$

Sin embargo, en este caso se vuelve a dar una circunstancia similar a la anterior:

$$I_{\text{n magnetotérmico diferencial}} = 63 \text{ A} \geq I_{\text{máx conductor}} = 61 \text{ A} \text{ (tabla 12)}$$

Y se recomienda igualmente aumentar la sección⁴ a 16 mm^2 con una $I_{\text{máx conductor}} = 82 \text{ A}$. Con todo ello la solución final sería:

$$3 \times 16 \text{ mm}^2 (\text{F}) + 16 \text{ mm}^2 (\text{N}) + 16 \text{ mm}^2 (\text{TT})$$

$$I_{\text{protección}} = 50 \text{ A}; \text{ Magnetotérmico} = 4 \times 50 \text{ A}$$

$$I_{\text{n protección diferencial}} = 63 \text{ A}; \text{ Magnetotérmico diferencial} = 4 \times 63 \text{ A}; I_{\text{s}} = 30 \text{ mA}$$

c) Comprobaciones: caída de tensión para la sección comercial y poder de corte de los magnetotérmicos.

Se decía en el apartado a) anterior que "la máxima caída de tensión admisible (ΔU) ...no superará el 5% de la tensión nominal..." y con esa exigencia se determinó la sección del conductor. Dado que por el resto de condicionantes se ha llegado a tener que aumentar la sección, comprobaremos que eso se sigue cumpliendo:

⁴ Esto es recomendable a pesar de que sabemos que es el magnetotérmico el que protege al conductor, y el magnetotérmico diferencial va a proteger al magnetotérmico.



$$\Delta U = \frac{\rho \times \sum_{i=1}^n (P_{ni} \times L_i)}{U \times S} = \frac{\left(\frac{1}{56}\right) \times ((1.25 \times 11000) + 1500 + 3000 + 6000) \times 55}{400 \times 16} = \mathbf{3,7214 V}$$

$$\Delta U (\%) = \frac{\Delta U}{U} = \frac{3,7214}{400} \times 100 = 0,80\% < 5\% ; \text{Se cumple}$$

$$U_B = U_A - \Delta U_{A-B} = 400 - 3,7214 = 396,28 V$$

"El poder de corte del dispositivo de protección deberá ser mayor o igual a la intensidad de cortocircuito máxima que pueda producirse..." (GUÍA-BT-22). Además, y de acuerdo con la ITC-BT-17, apartado 1.3, "el poder de corte del interruptor general automático será de 4500 A como mínimo".

Esa intensidad de cortocircuito (I_{cc}), según la GuíaBT-Anexo 3, se calcula admitiendo que "la tensión en el arranque de la instalación se puede considerar como 0,80 veces la de suministro", es decir, la de alimentación fase-neutro (230V), y que "para el cálculo de R se considerará que los conductores se encuentran a una temperatura de 20°C, para poder obtener así el mayor valor posible de I_{cc} ". Así las cosas:

$$R = \frac{2 \times \rho_{20^\circ C} \times L}{S} = \frac{2 \times \frac{1}{56} \times 55}{16} = 0,1228 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{0,80 \times U}{R} = \frac{0,80 \times 230}{0,1228} = 1498,76 A < 4500 A$$

Se instalarán magnetotérmicos con un poder de corte de 4500 A.

d) Dimensionado de la pica de la puesta a tierra.

El objeto de la puesta a tierra es "limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados".

La ITC MIE AEM2 establece como obligatoria la puesta a tierra de la estructura metálica de la grúa y, por ello, el dimensionado de dicha puesta a tierra se regirá por el contenido de la ITC-BT-18. Dicha instalación constará de una única pica de cobre enterrada y unida a la estructura a proteger mediante un cable desnudo. La sección mínima de este cable será de 35 mm².

Con respecto a la única pica instalar, la Guía-BT-26 establece una resistencia de tierra máxima de 37 Ω ⁵. Tomando este valor y la resistividad según el tipo de terreno que nos indique el estudio geotécnico calculamos la longitud de dicha pica según las fórmulas de la tabla 5 de la ITC-BT-18:

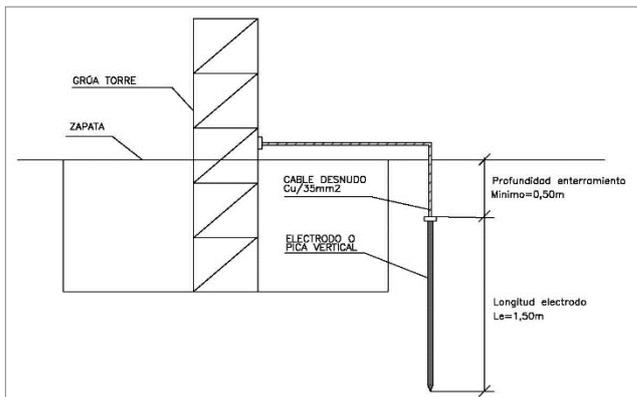
$$R_{tM} = \frac{\rho}{L_e \times n_{picas}} ; L_e = \frac{\rho}{n_{picas} \times R_{tM}} = \frac{50}{1 \times 37} = 1,31 m \approx 1,50 m$$

Al haber ido a una longitud comercial es conveniente comprobar que no superamos el valor de la resistencia de tierra máxima tomada como referencia:

⁵ La Guía no tiene carácter vinculante, por lo que el valor de 37 Ω es recomendado, pero no obligatorio.

$$R_{tM} = \frac{\rho}{L_e \times n_{picas}} = \frac{50}{1,50 \times 1} = 33,33 \Omega < 37 \Omega ; \text{Cumple}$$

Puesta a tierra = 1 pica de Cu de 1,50 m de longitud.



Por último, y cumpliendo las especificaciones de la Guía-BT-18, se deberá disponer en el plano correspondiente del proyecto de instalación de la grúa torre, un esquema acotado de la disposición del electrodo, como el de la imagen.

Figura 2. Esquema electrodo vertical de una grúa torre. 2022. Elaboración propia.

6 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos dimensionado los distintos elementos que componen la instalación eléctrica de alimentación de una grúa torre a partir de los datos del fabricante en lo que a potencias de motores se refiere. Por lo demás, se ha seguido fielmente lo indicado en el REBT, en cada una de las ITC que le son de aplicación y en las Guías que las desarrollan y complementan.

Previamente, se había introducido información relevante sobre porqué la grúa cuenta con 4 motores, y la relación que tienen con la forma de trabajo de este imprescindible equipo de movimiento de cargas en obras de construcción.

Es fundamental tener capacidad de dimensionar esta instalación ya que ese dimensionado de la instalación eléctrica debe formar parte del Proyecto de Instalación de una grúa torre atendiendo a lo exigido por la ITC MIE-AEM2.

7 Bibliografía

- [1] Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.
- [2] ITC-BT-07, ITC-BT-18, ITC-BT-19 y ITC-BT-32. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002. Última modificación: 28 de abril de 2021. Referencia: BOE-A-2002-18099
- [3] GUIA-BT-Anexo 3. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
- [4] GUÍA-BT-22. Guía técnica de aplicación: protecciones. Protección contra sobrecorrientes.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

[5] GUÍA-BT-18. Guía técnica de aplicación: protecciones. Instalaciones de puesta a tierra.

[6] GUÍA-BT-26. Guía técnica de aplicación: instalaciones interiores. Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación.