

# ***“Del Aula a la Obra: Modelando física estática en una grúa de construcción a escala real”***

Abner Baruj Acevedo Olvera/A01028679; Carlos Eduardo Barajas Enríquez/A01663763;

Diego Zárate/A01750352

Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tec de Monterrey en Santa Fe, Av. Carlos Lazo No. 100, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México, 01389.

Asesor: Pedro Perdigón Lagunes

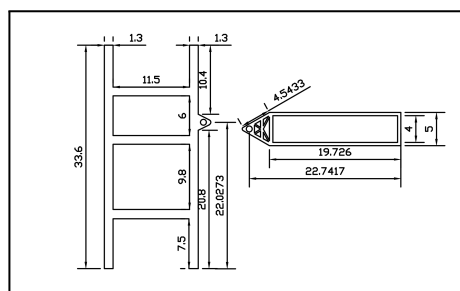
## **Resumen:**

En este proyecto, exploramos la integración de la física estática y la construcción a través del diseño y construcción de una grúa a escala. Se identificó la necesidad de optimizar la estabilidad de las grúas de construcción, lo que condujo a un enfoque riguroso en la metodología. La elección de materiales, como madera, alambre y concreto, se basó en un análisis meticuloso, y los cálculos estáticos respaldaron la eficiencia del modelo. Comparado con grúas comerciales, nuestro modelo destaca en estabilidad, y su versatilidad sugiere aplicaciones prácticas en entornos de construcción reales.

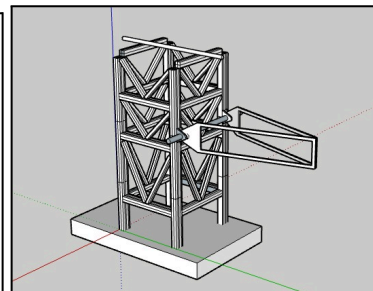
**Introducción:** La ingeniería civil, como disciplina, se caracteriza por la convergencia de teoría y aplicación práctica. En este contexto, nuestro proyecto de grúa a escala surge como un testimonio vivo de la fusión entre la física estática y la construcción. En este proyecto, exploramos el planteamiento del problema que motivó este proyecto, el proceso de diseño y construcción, los cálculos estáticos aplicados y las conclusiones derivadas de esta innovadora iniciativa.

**Planteamiento del Problema:** La necesidad de optimizar la estabilidad y eficiencia de las grúas de construcción fue el motor que impulsó este proyecto. Identificamos un vacío en la comprensión de la interacción entre los principios de la física estática y la arquitectura de estas maquinarias. ¿Cómo podríamos diseñar una grúa que no solo sea visualmente impresionante, sino que también cumpla con los rigurosos estándares de carga y estabilidad?

**Análisis y Metodología:** La metodología adoptada abordó este problema con un enfoque riguroso desde la concepción hasta la materialización del modelo. La selección de materiales, como madera para la estructura, alambre para los refuerzos y concreto para la base, se basó en un análisis meticuloso de propiedades físicas y resistencia. La elección de estos materiales fue crucial para garantizar la estabilidad estructural y la durabilidad a largo plazo.

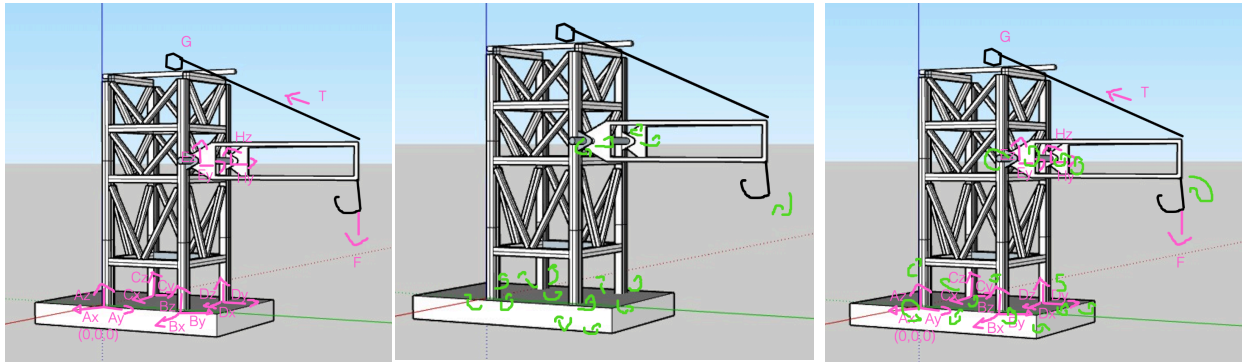


AUTOCAD



SKETCHUP

**Cálculos Estáticos:** La dimensión técnica de nuestro proyecto incluyó cálculos estáticos detallados para evaluar la capacidad de carga, resistencia y estabilidad de la grúa.



**Cálculos del brazo:**

$T=G-F$

Coordenadas  
 E: (0,0,0)  
 F: (-5.5, 22.7, 0)  
 G: (-5.5, -5.5, 9.6)  
 H: (-11, 0, 0)

$T = (-5.5, -5.5, 9.6) - (-5.5, 22.7, 0) = (0, -28.2, 9.6)$   
 Módulo: 29.79  
 $(0, -28.2, 9.6) / 29.79 = (0, -0.94, 0.32) \rightarrow u$

$\epsilon F = (0, E_y, E_z), (0, 0, 0.4), (0, H_y, H_z), (T)$

$\epsilon F_z = E_z + 0.4 - 0.2 + T(0.32)$   
 $MF_z = 9.08 + 0.4 - 0.2 + T(0.32)$   
 $T = -9.08 - 0.4 + 0.2 / 0.32$   
 $T = -9.28 / 0.32$   
 $T = -29$

$\epsilon M:$

$\epsilon MF:$	$\epsilon MH:$
$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -5.5 & 22.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -11 & 0 & 0 \\ 0 & H_y & H_z \end{vmatrix}$
$= (9.08 \ i, 2.2 \ j, 0 \ k)$	$= (0 \ i, 11H_z \ j, -11H_y \ k)$

$\epsilon F_y = 11H_y + 0 + H_y + -29(-0.94)$   
 $= 11H_y + H_y + 27.26$   
 $H_y = 27.26 / 12$   
 $H_y = 2.27$

$E_y = 11H_y$   
 $E_y = 11(2.27)$   
 $E_y = 24.97$

$\epsilon M_x = 9.08 - E_z$        $E_z = 9.08$   
 $\epsilon M_y = 2.2 + 11H_z$        $H_z = 11 / 2.2 = -0.2$   
 $\epsilon M_z = -11H_y + E_y$

**Cálculos de estructura completa:**

$\epsilon F = (A_x, A_y, A_z), (B_x, B_y, B_z), (C_x, C_y, C_z), (D_x, D_y, D_z), (0, E_y, E_z), (0, 0, 0.4), (T), (0, H_y, H_z)$   
 $\epsilon F = (A_x, A_y, A_z), (B_x, B_y, B_z), (C_x, C_y, C_z), (D_x, D_y, D_z), (0, 24.97, 9.08), (0, 0, 0.4), (-29u), (0, 2.27, -0.2)$

Coordenadas:      Unitario: G-F  
 A=(0,0,0)      (-5.5, 5.5, 31.6) - (-5.5, 39, 22) = (0, -33.5, 9.6)  
 B=(0, 11, 0)      Módulo: 34.85  
 C=(-11, 0, 0)      (0, -33.5, 9.6) / 34.85 = (0, -0.96, 0.28)  $\rightarrow u$   
 D=(-11, 11, 0)      -29(0, 0.96, 0.28) = (0, 27.84, -8.12)  
 E=(0, 16, 22)  
 F=(-5.5, 39, 22)  
 G=(-5.5, 5.5, 31.6)  
 H=(-11, 16, 22)

$\epsilon M:$

$\epsilon MB:$	$\epsilon MC:$	$\epsilon MD:$	$\epsilon ME:$	$\epsilon MF:$	$\epsilon MH:$
$\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 11 & 0 \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -11 & 0 & 0 \\ C_x & C_y & C_z \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -11 & 11 & 0 \\ D_x & D_y & D_z \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 16 & 26 \\ 0 & 24.97 & 9.08 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -5.5 & 39 & 22 \\ 0 & 0 & 0.4 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} i & j & k \\ -11 & 16 & 22 \\ 0 & 2.27 & -0.2 \end{vmatrix}$
$= (11B_x, 0, 11B_x)$	$= (0, 11C_z, -11C_y)$	$= (11D_z, 11D_z, -11D_y - 11D_x)$	$= (-404.06, 0, 0)$	$= (15.6, 2.2, 0)$	$= (-53.14, -2.2, -24.97)$

$\epsilon M_x: (11B_z, 11D_z, -404.06, 15.6, -53.14)$   
 $\epsilon M_y: (11C_z, 11D_z, 2.2, -2.2)$   
 $\epsilon M_z: (11B_x, -11C_y, -11D_y, -11D_x, -24.97)$

---

$\epsilon M_x: (11B_z, 11D_z, -404.06, 15.6, -53.14)$

$\epsilon M_x: (11B_z, 11D_z, -441.6)$

\*Las reacciones en B y D son las mismas, entonces:  
calcular B o D, tienen el mismo valor.

$11C_z + 11D_z = 0$

$11C_z = -11D_z$

$C_z = -11D_z/11$

$C_z = -1(D_z)$

$C_z = -1(40.14)$

$C_z = -40.14$

$\epsilon M_x: (11D_z, -441.6)$

$11D_z = 441.6$

$D_z = 441.6/11$

$D_z = 40.14$

$B_z = 40.14$

---

$\epsilon F = (A_x, A_y, A_z), (B_x, B_y, 40.14), (C_x, C_y, -40.14), (D_x, D_y, 40.14), (0, 24.97, 9.08), (0, 0, 0.4), (-53.14, -2.2, -24.97), (0, 2.27, -0.2)$

$A_z + 40.14 - 40.14 + 40.14 + 9.08 + 0.4 - 24.97 - 0.2 = 0$

$A_z + 24.45 = 0$

$A_z = -24.45$

$\epsilon F = (A_x, A_y, -24.45), (B_x, B_y, 40.14), (C_x, C_y, -40.14), (D_x, D_y, 40.14), (0, 24.97, 9.08), (0, 0, 0.4), (-53.14, -2.2, -24.97), (0, 2.27, -0.2)$

$\epsilon M_z: (11B_x, -11C_y, -11D_y, -11D_x, -24.97)$

$\epsilon M_z: 11B_x - 11D_x - 24.97$

$\epsilon M_z: 11B_x - 24.97 = 0$

$11B_x = 24.97$

$B_x = 24.97/11$

$B_x = 2.27$

$D_y = -2.27$

$\epsilon M_z: (11(2.27) - 11C_y - 11D_y$

$-11(2.27) - 24.97 = 0$

$\epsilon M_z: (25.58) - 11C_y - 11D_y - 25.58$

$-24.97 = 0$

$\epsilon M_z: -11C_y - 11D_y - 24.97 = 0$

$-11C_y - 11D_y = 24.97$

$-11C_y = 24.97$

$C_y = 24.97/-11$

$C_y = -2.27$

$D_y = -2.27$

\*Siguiendo la idea de que B y D son iguales: entonces si  $B_x = 2.27$ ,  $D_x = 2.27$  y si  $D_y = -2.27$ ,  $B_y = -2.27$

$\epsilon F = (A_x, A_y, -24.45), (2.27, -2.27, 40.14), (C_x, -2.27, -40.14), (2.27, -2.27, 40.14), (0, 24.97, 9.08), (0, 0, 0.4), (-53.14, -2.2, -24.97), (0, 2.27, -0.2)$

$A_y - 2.27 - 2.27 - 2.27 + 24.97 + 0 - 2.2 = 0$

$A_y + 20.36 = 0$

$A_y = -20.36$

$\epsilon F = (A_x, -20.36, -24.45), (2.27, -2.27, 40.14), (C_x, -2.27, -40.14), (2.27, -2.27, 40.14), (0, 24.97, 9.08), (0, 0, 0.4), (-53.14, -2.2, -24.97), (0, 2.27, -0.2)$

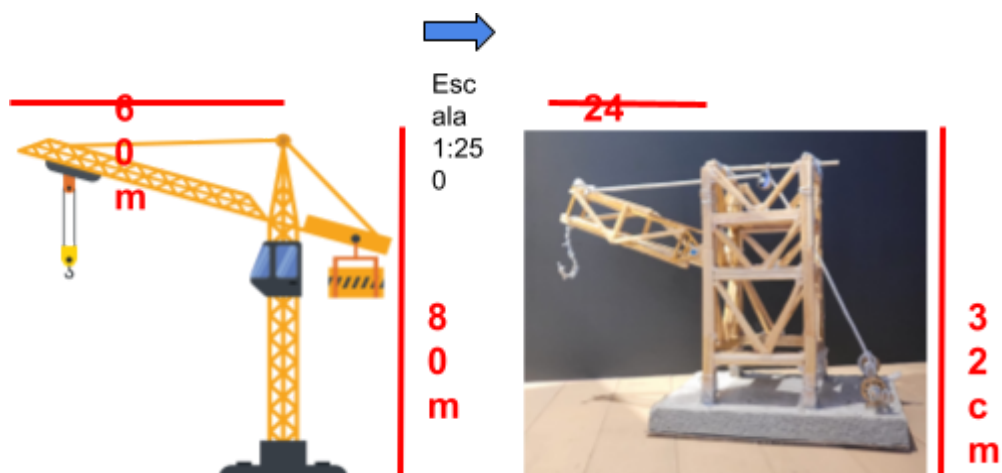
## Centroides:

Centroides					
Área	x	y	A	Ax	Ay
	7.05	16.8	118.44	835.002	1987.792
	17.11	22.86	5.75	98.38	127.78
	17.11	22.86	5.75	98.38	127.78
	26.973	22.0273	574.14	16025.8	13087.3
		704.08	17057.562	15330.652	
X=	23.55				
Y=	21.17				
Línea	x	y	L	Lx	Ly
	0	16.8	33.6	0	564.48
	33.6	7.05	14.1	473.76	99.4
	14.1	16.8	33.6	473.76	564.48
	16.4	23.27	4.54	90.85	105.64
	28.56	24.52	19.72	563.2	483.53
	36.84	22.02	5	184.2	110.1
	28.56	19.52	19.72	567.2	384.73
	16.4	20.77	4.54	74.45	94.29
	7.05	0	14.1	99.4	0
	X=	13.58			
Y=	16.16				

**Comparación con Grúas del Mercado:** Para contextualizar la relevancia de nuestro proyecto, es crucial comparar sus características con las grúas del mercado. En términos de dimensiones, nuestra grúa a escala se alinea con los modelos comerciales, pero su verdadero valor radica en la integración de los principios de la física estática, garantizando una estabilidad excepcional.

“El tamaño promedio de una grúa de torre usada en construcción, tiene una altura máxima de 80 metros, con alcance máximo de 60 metros.” (Garcia, 2023)

Nuestro modelo a escala mide 32 cm de altura, siguiendo una escala de 1:250, consiguiendo un modelo fiel a los estándares del mercado. Siguiendo esta misma escala, calculamos que si el máximo largo del brazo de una grúa es 70 metros, debíamos seguir la escala de 1:250. Por este motivo, nuestro brazo mide 24 cm. (Mall, 2022)



**Usos y Aplicaciones:** Las grúas de construcción en el mercado se utilizan para una variedad de propósitos, desde levantar materiales pesados hasta la construcción de estructuras. Nuestro modelo a escala refleja esta versatilidad, destacando su eficiencia en situaciones de carga variada y resaltando su aplicabilidad en entornos de construcción reales. Para conseguir demostrar esto, el modelo a escala tiene la capacidad de recorrer su brazo en diferentes ángulos, abarcando desde el ángulo de 10° hasta los 170°, para así cargar un objeto y colocarlo a diferentes alturas, según sea necesario.

**Conclusiones:** Este proyecto no solo representa un avance técnico en la convergencia de la física estática y la construcción, sino que también destaca la importancia de cultivar y aplicar valores fundamentales en la ingeniería civil. La pertenencia, responsabilidad, integridad y profesionalismo se manifestaron no solo en el diseño y construcción del modelo, sino también en la aplicación de cálculos estáticos precisos.

#### **Referencias:**

- Garcia, G. y E. (2023). Retrieved from [https://www.gruasyequiposgarcia.com/gruas-para-obras-de-construccion/#:~:text=Una%20gr%C3%BAa%20con%20una%20torre,18%20toneladas%20\(39%2C690%20libras\)](https://www.gruasyequiposgarcia.com/gruas-para-obras-de-construccion/#:~:text=Una%20gr%C3%BAa%20con%20una%20torre,18%20toneladas%20(39%2C690%20libras)).
- Mall, G. (2022). Retrieved from <https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/15511813-ilustracion-de-maquina-de-construccion-de-grua-torre>