

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN**

**DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**Diseño y construcción de un prototipo experimental para desfibrar tela para generar guaipe basado en un mecanismo de Hoekens de movimiento paralelo**

**INTEGRANTES: ACOSTA ESPAÑA JOSUE PAÚL**

**VERA QUICENO MATEO ALEJANDRO**

**DIRECTOR: MSc. OLMEDO SALAZAR, JOSÉ FERNANDO**





# CONTENIDO

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Objetivos

## Objetivo General

Generar un prototipo funcional para desfibrar tela para la elaboración de guaipes como asistencia para el trabajo manual de la población objetivo de la Fundación Héroes de Vida.

## Objetivos específicos

- Generar síntesis de movimiento paralelo y mecanismo de sujeción
- Efectuar análisis cinemático y dinámico
- Modelar el prototipo en CAD y CAE
- Construcción del prototipo
- Evaluación del prototipo

• Objetivos

• Antecedentes

• Alcance

• Justificación

• Requisitos diseño

• Fundamentación Teórica

• Diseño

• Simulación

• Construcción

• Pruebas

• Conclusiones

• Recomendaciones



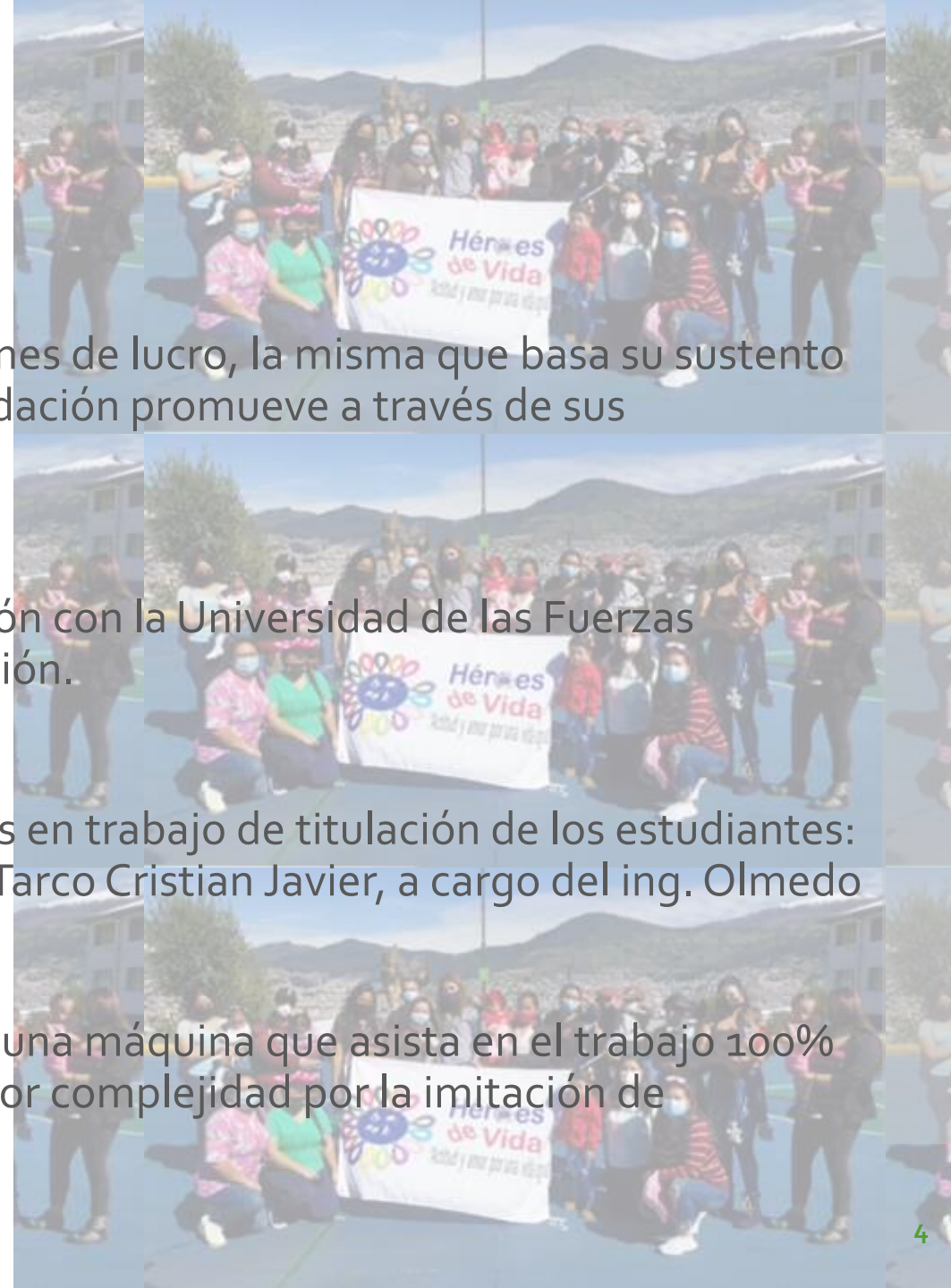
# Antecedentes

La fundación Héroes de Vida es una entidad sin fines de lucro, la misma que basa su sustento en donaciones y en actividades que la misma fundación promueve a través de sus colaboradores.

La fundación Héroes de Vida mantiene una relación con la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" mediante proyectos de vinculación.

Construcción de una maquina cortadora de chifles en trabajo de titulación de los estudiantes: Espinosa Quillupangui Miguel Ángel y Tipantuña Tarco Cristian Javier, a cargo del ing. Olmedo

La construcción de un prototipo experimental de una máquina que asista en el trabajo 100% manual de desfibrado de tela. Problema con mayor complejidad por la imitación de movimientos manuales al desfibrar tela.

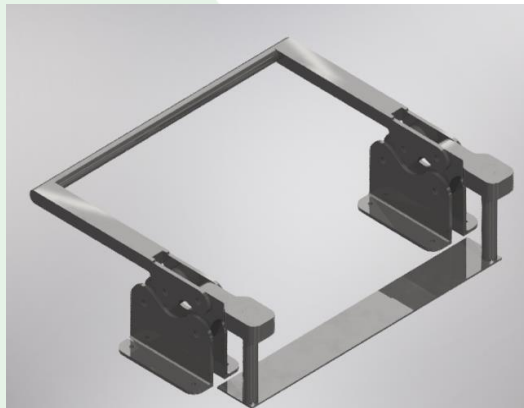
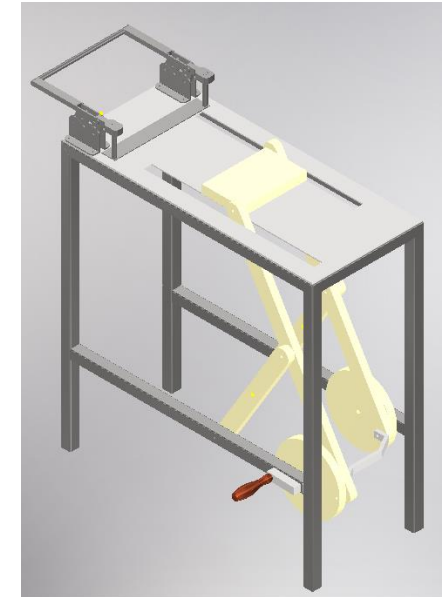
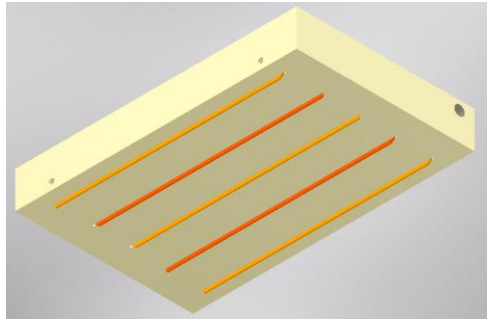


- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Alcance

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

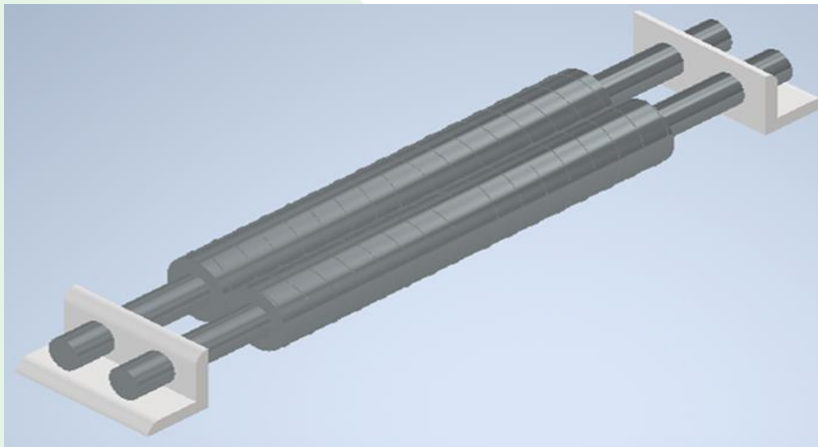




# Justificación

El proyecto de la máquina experimental para desfibrar tela se centra en diseñar una máquina que simplifique el proceso de desfibrar telas mediante la abrasión continua de retazos de tela. Esta innovación busca aliviar el trabajo manual para los beneficiarios de la Fundación "Héroes de Vida". El concepto del mecanismo se basa en el principio de Hoekens, que genera un movimiento paralelo para impulsar una herramienta de raspado sobre el retazo de tela. Se hace hincapié en un sistema de sujeción rápido y cómodo.

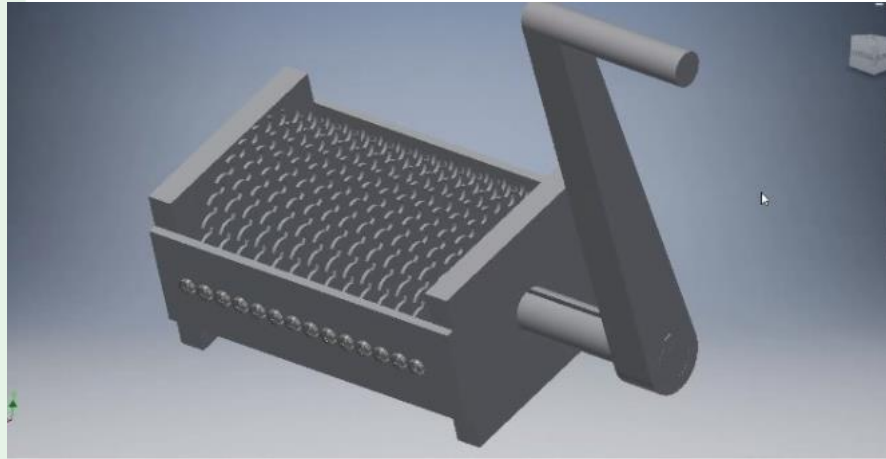
Previamente, se revisaron otras alternativas de diseño y se crearon prototipos para la tarea mecánica de desfibrar telas durante los proyectos de participación de octubre de 2021 a abril de 2022, dirigidos por los ingenieros Fernando Olmedo y Luis Echeverría. Se presentaron diferentes propuestas .



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Justificación



Se elige el mecanismo de Hoekens porque logra imitar la trayectoria que haría la mano de una persona para raspar una tela.

Además, que el trabajo de fabricación de guaiques requiere de dos etapas

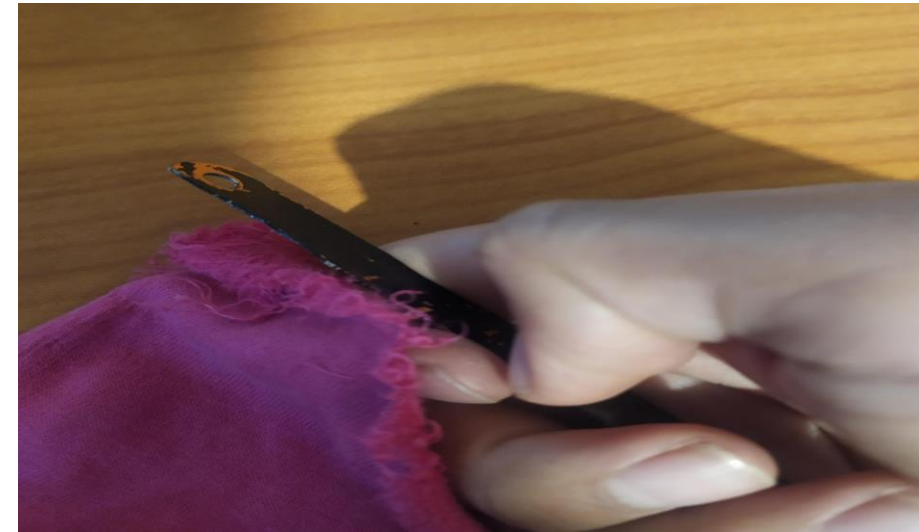
1. ABRASIÓN
2. REPOSICIONAMIENTO

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

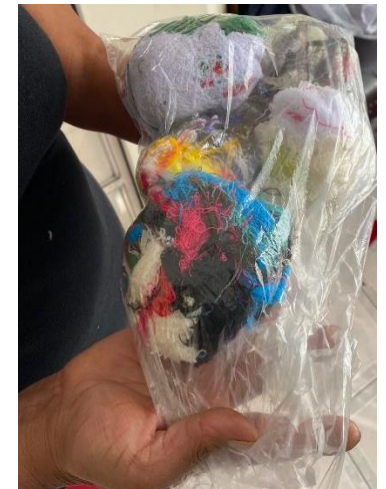


# Justificación

## Desfibrado manual



EMPRESA WAIPES ECUADOR



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# DESFIBRADO MANUAL

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Requisitos para el diseño

- Útil de rasgado con un movimiento prescrito que consiste en una trayectoria de línea recta horizontal y una elevación para retroceso.
- Todo el útil debe tener el mismo movimiento por lo tanto se recurre al movimiento paralelo.
- Ángulo de transmisión apropiado para tener un movimiento suave y continuo.

• Objetivos

• Antecedentes

• Alcance

• Justificación

• Requisitos diseño

• Fundamentación Teórica

• Diseño

• Simulación

• Construcción

• Pruebas

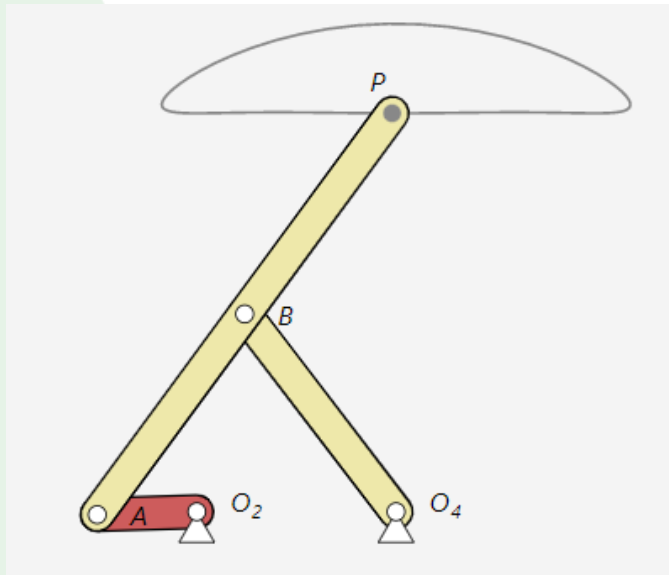
• Conclusiones

• Recomendaciones

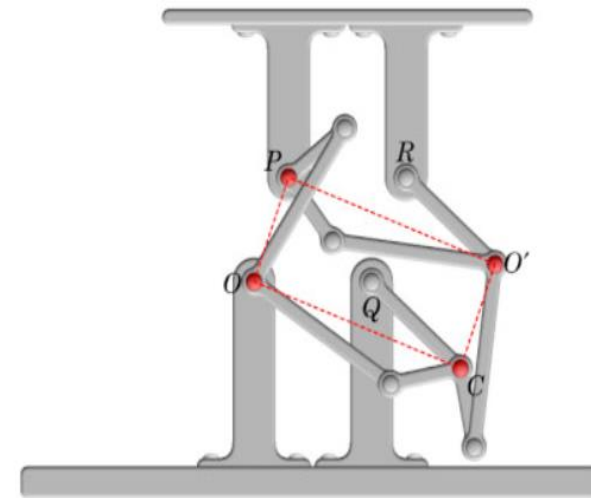


# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## Mecanismos de línea recta



Mecanismo de Hoeken



Mecanismo de Sylvestre-Kempe

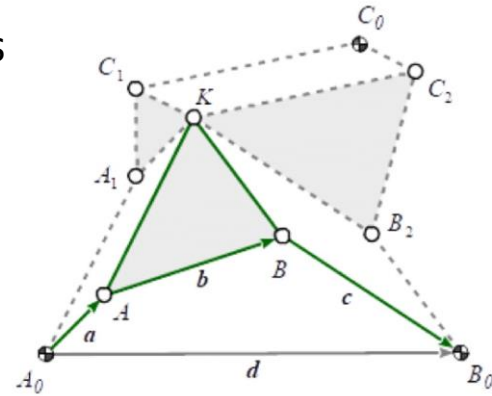
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

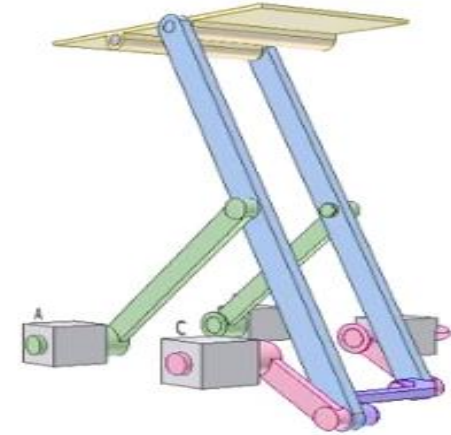
## movimiento paralelo

Cognados



Duplicación con desfase

N=10

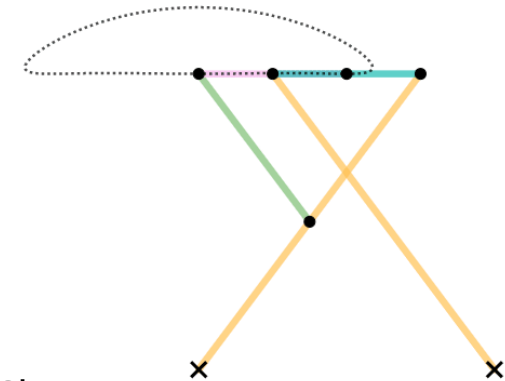


N=17



Duplicación del mecanismo

N=13



Mecanismo de Chevysev



# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## Mecanismos de sujeción



Prensa de resorte



Abrazadera de palanca

El mecanismo de sujeción de la tela debe ser de fácil accionamiento y con ventaja mecánica

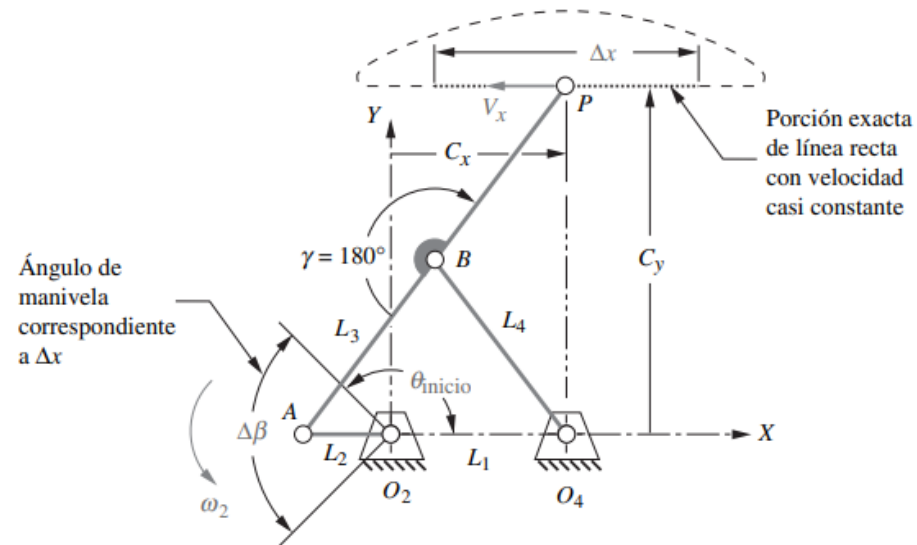
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis cinemático

Se basa en la geometría del mecanismo de Hoekens

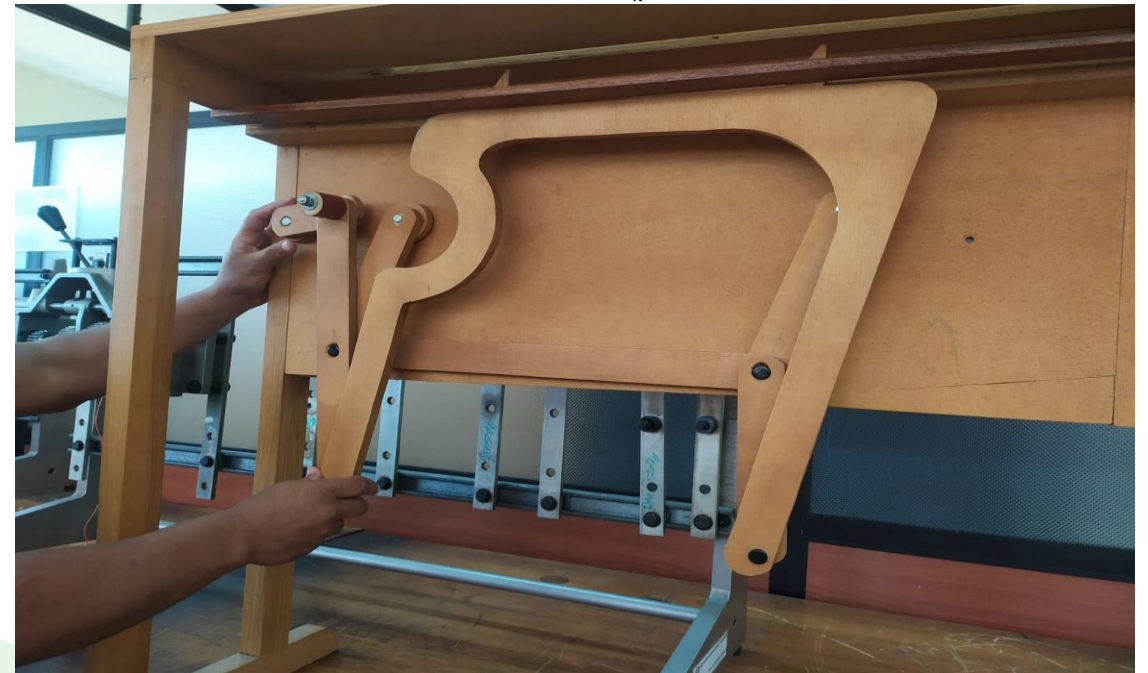
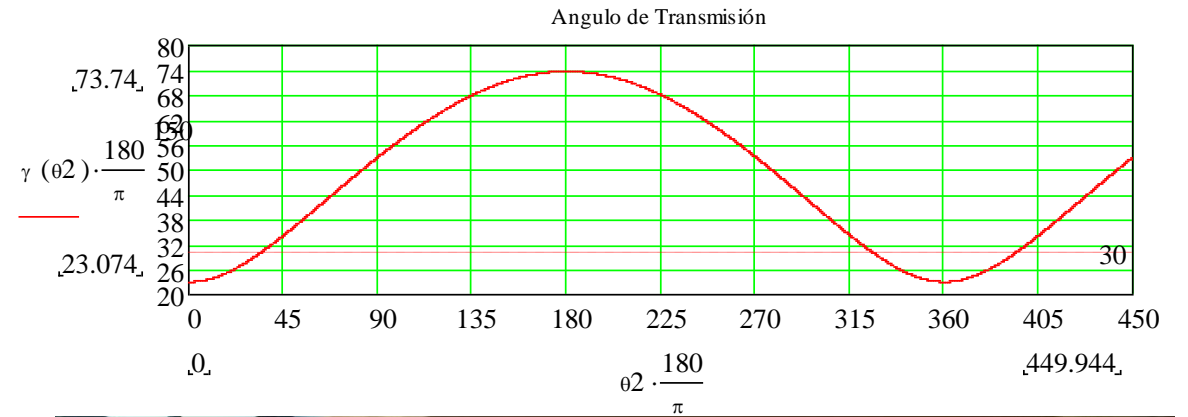
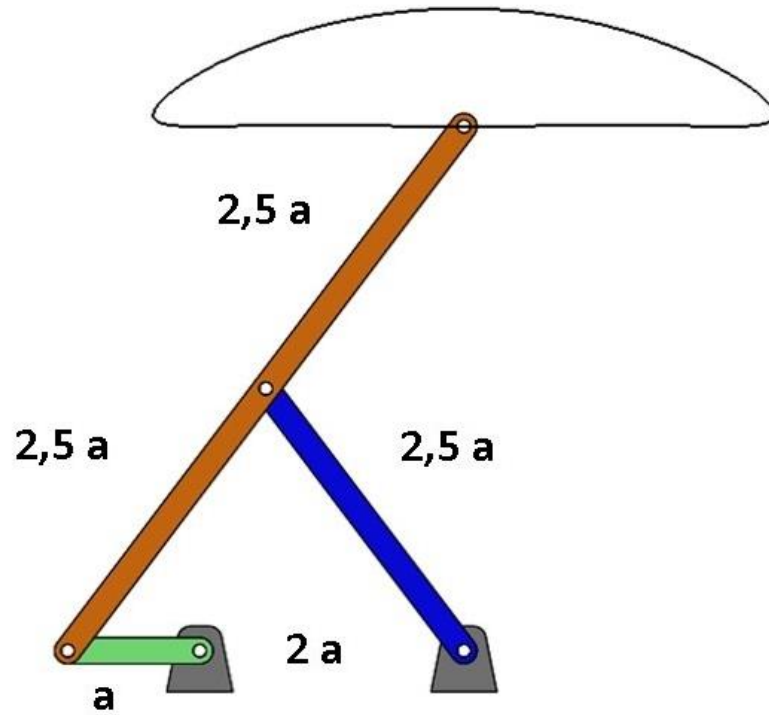


El punto P es la parte central de la línea recta de la trayectoria



# Diseño y Simulación

## Análisis cinemático



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

De la geometría del mecanismo de Hoekens se puede obtener las relaciones entre sus eslabones, en la siguiente tabla se muestra un resumen de diferentes relaciones optimizando rectitud:

Rango de movimiento			Optimizado por rectitud						Dimensión de eslabones con $\Delta X$ de 200 mm				Ángulo de transmisión	
$\Delta\beta$ [°]	$\theta_{\text{inicio}}$ [°]	% de ciclo	% de $\Delta C_y$ máximo	$\Delta V$ %	$V_x$ ( $L_2 w_2$ )	Relación de eslabones			$\Delta X$ [mm]	$L_2$ [mm]	$L_3$ [mm]	$L_1$ [mm]	$\alpha_{\text{min}}$ [°]	$\alpha_{\text{max}}$ [°]
						$L_1 / L_2$	$L_3 / L_2$	$\Delta x / L_2$						
20	170	5.6%	0.00001%	0.0038	1.725	2.975	3.963	0.601	200	332.78	1318.80	990.02	28.858	60.201
40	160	11.1%	0.00004%	0.0153	1.717	2.95	3.925	1.193	200	167.64	658.01	494.55	28.767	60.421
60	150	16.7%	0.00027%	0.0348	1.702	2.9	3.85	1.763	200	113.44	436.76	328.98	28.570	60.859
80	140	22.2%	0.001%	0.0627	1.679	2.825	3.738	2.299	200	86.994	325.18	245.76	28.260	61.547
100	130	27.8%	0.004%	0.099	1.646	2.725	3.588	2.79	200	71.685	257.20	195.34	27.819	62.544
120	120	33.3%	0.010%	0.1468	1.611	2.625	3.438	3.238	200	61.767	212.35	162.14	27.341	63.635
140	110	38.9%	0.023%	0.2048	1.565	2.5	3.25	3.623	200	55.203	179.41	138.01	26.686	65.159
160	100	44.4%	0.047%	0.2715	1.504	2.35	3.025	3.933	200	50.852	153.83	119.50	25.786	67.243
180	90	50.0%	0.096%	0.3531	1.436	2.2	2.8	4.181	200	47.835	133.94	105.24	24.748	69.700





# Diseño y Simulación

El ángulo de transmisión de cálculo con las siguientes formulas

$$\gamma_{min} = \arccos \left[ \frac{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + L_4^2 - (L_1 - L_2)^2}{2\left(\frac{L_3}{2}\right)(L_4)} \right] = 28.260^\circ$$

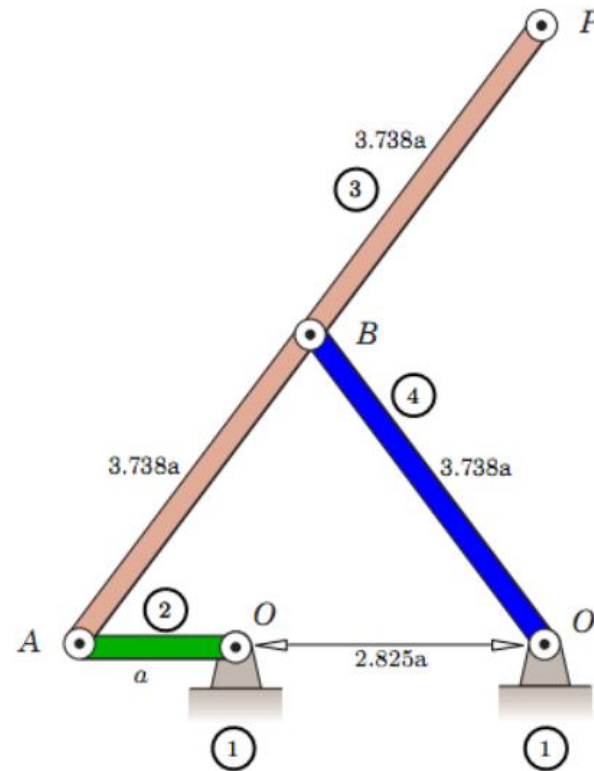
$$\gamma_{max} = \arccos \left[ \frac{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + L_4^2 - (L_1 + L_2)^2}{2\left(\frac{L_3}{2}\right)(L_4)} \right] = 61.547^\circ$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens

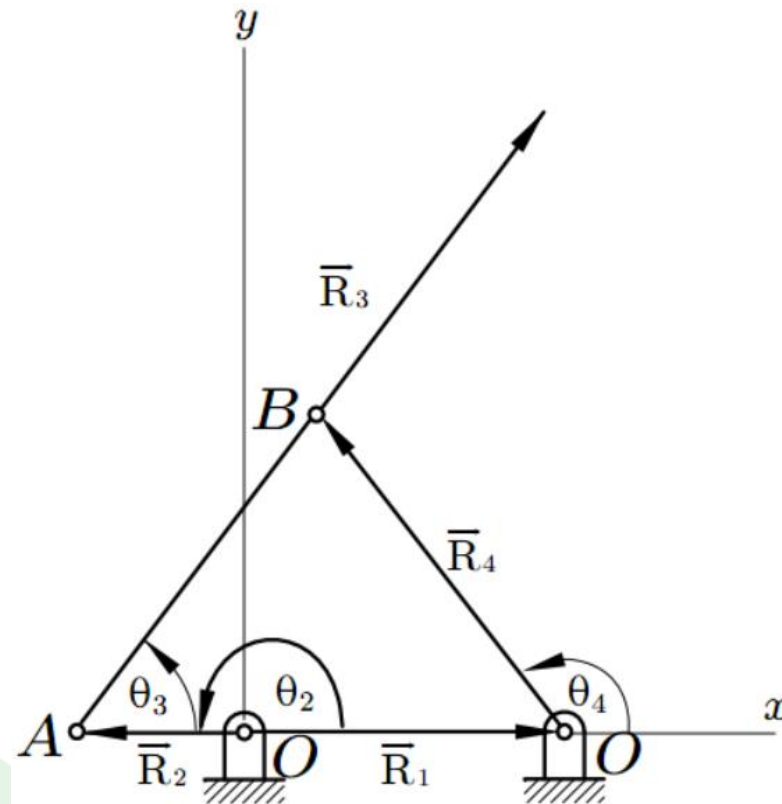


- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Lazo vectorial del mecanismo



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Variables conocidas e incógnitas del lazo vectorial

Datos  <b>geométricos del mecanismo</b>	Constantes		
		$r_1 = 245.76 \text{ mm}, \theta_1 = 0^\circ, r_2 = 86.994 \text{ mm}, r_3 = 650.32 \text{ mm},$ $r_4 = 325.18 \text{ mm}$	
	Variables conocidas		Variables desconocidas
Variables conocidas	Posición	$\theta_{2inicial} = 180^\circ$	$r_3, \theta_3, r_4, \theta_4$
	Velocidad	$\omega_2 = 1.047 \left[ \frac{rad}{s} \right]$	$v_3, \omega_3, v_4, \omega_4$
	Aceleración	$\alpha_2 = 0 \left[ \frac{rad}{s^2} \right]$	$a_3, \alpha_3, a_4, \alpha_4$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de posición

Para el lazo vectorial cerrado

$$\vec{R}_2 + \vec{R}_3 - \vec{R}_4 - \vec{R}_1 = 0 + 0i$$

De donde

$$r_2 \cos(\theta_2) + r_3 \cos(\theta_3) - r_4 \cos(\theta_4) - r_1 \cos(\theta_1) = 0$$

$$r_2 \sin(\theta_2) + r_3 \sin(\theta_3) - r_4 \sin(\theta_4) - r_1 \sin(\theta_1) = 0$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de posición

Las ecuaciones escalares de posición

$$\theta_3 = 2 \tan^{-1} \left( \frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_3^2}}{K_3 + K_1} \right); \theta_4 = 2 \tan^{-1} \left( \frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_{3-}^2}}{K_{3-} + K_1} \right)$$

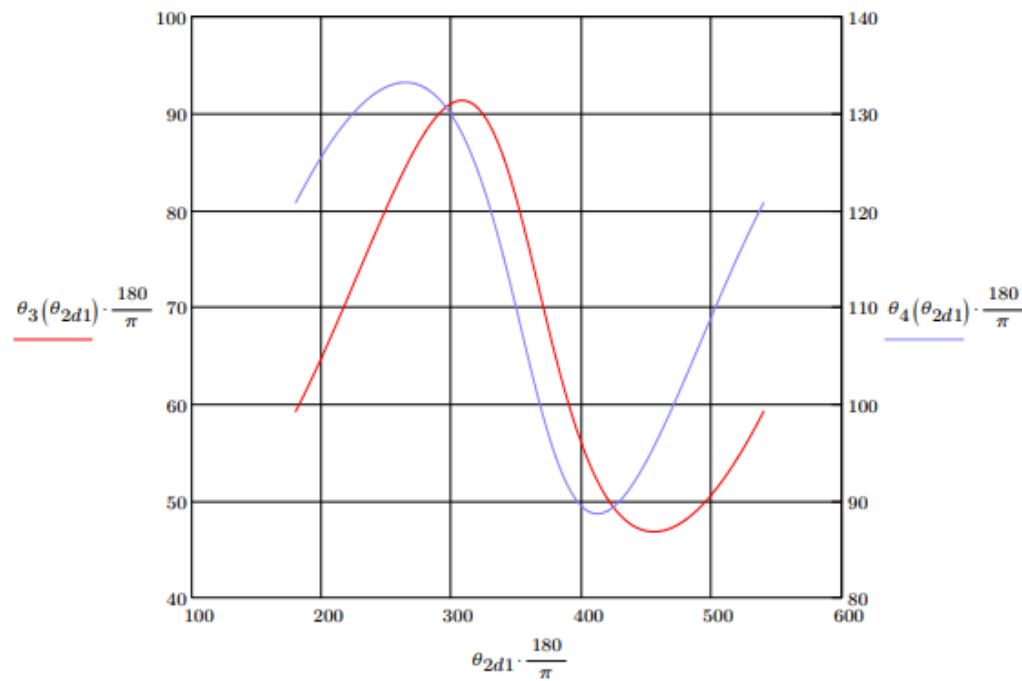
$$r_{3x} = 2r_3 \cos(\theta_3) + r_2 \cos(\theta_2); r_{3y} = 2r_3 \sin(\theta_3) + r_2 \sin(\theta_2)$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

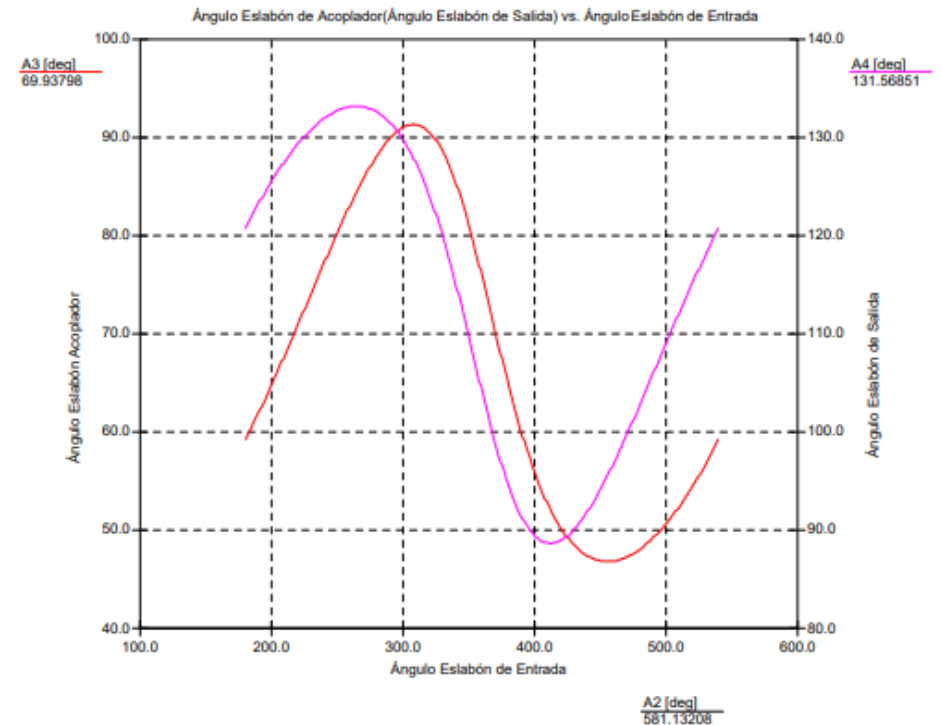


# Diseño y Simulación

Graficas de posición angular  $\theta_3$  vs.  $\theta_2$  y  $\theta_4$  vs.  $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad

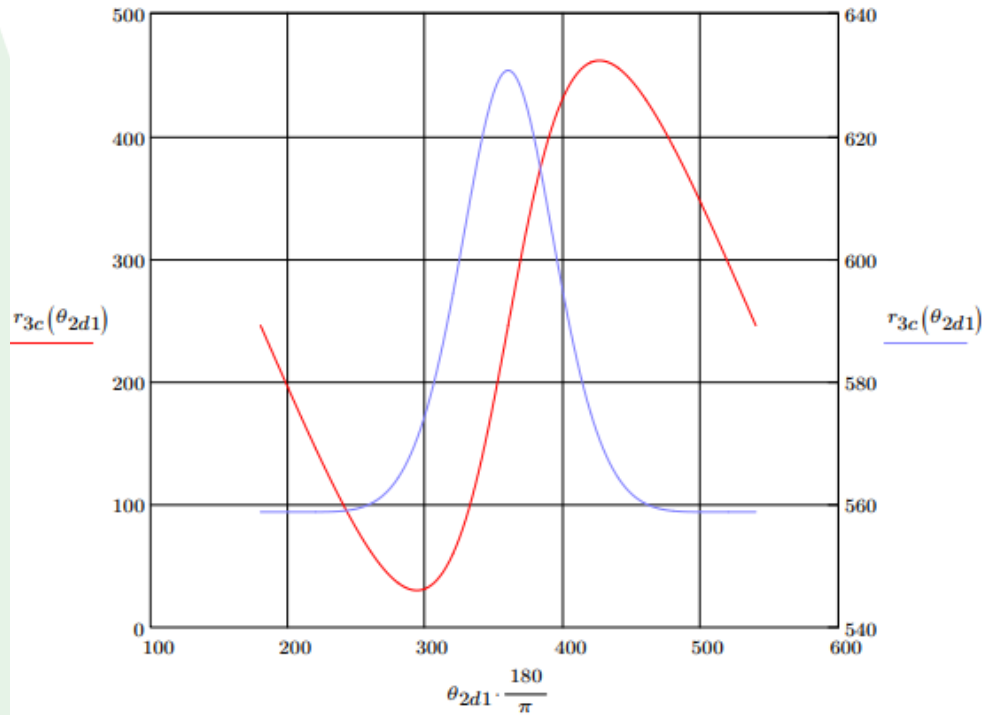


Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6

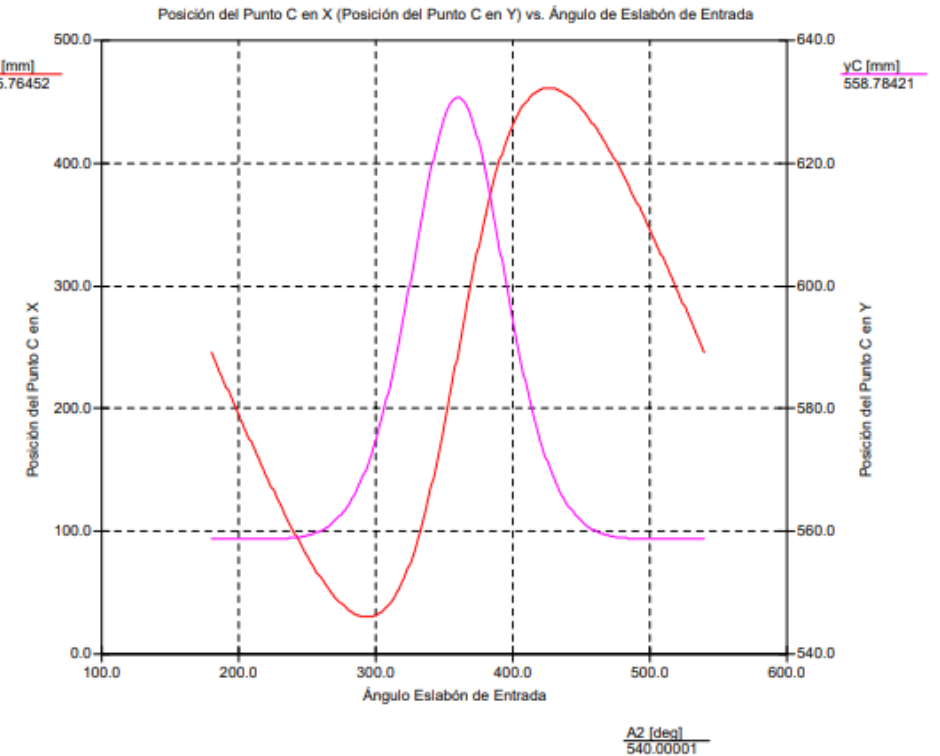


# Diseño y Simulación

Graficas de posición lineal trayectoria del acoplador en función de  $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



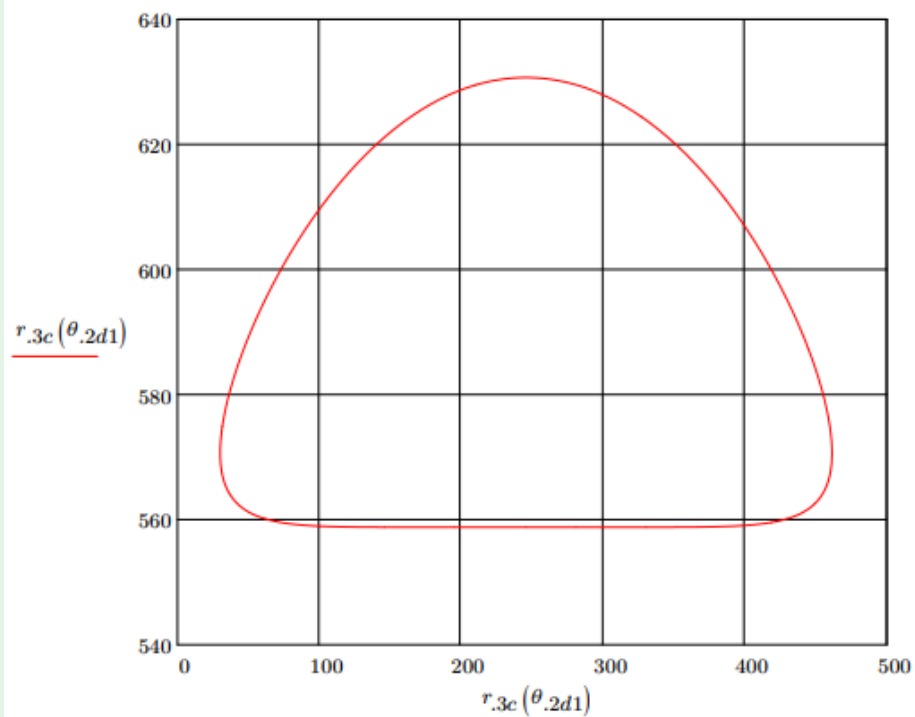
Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6



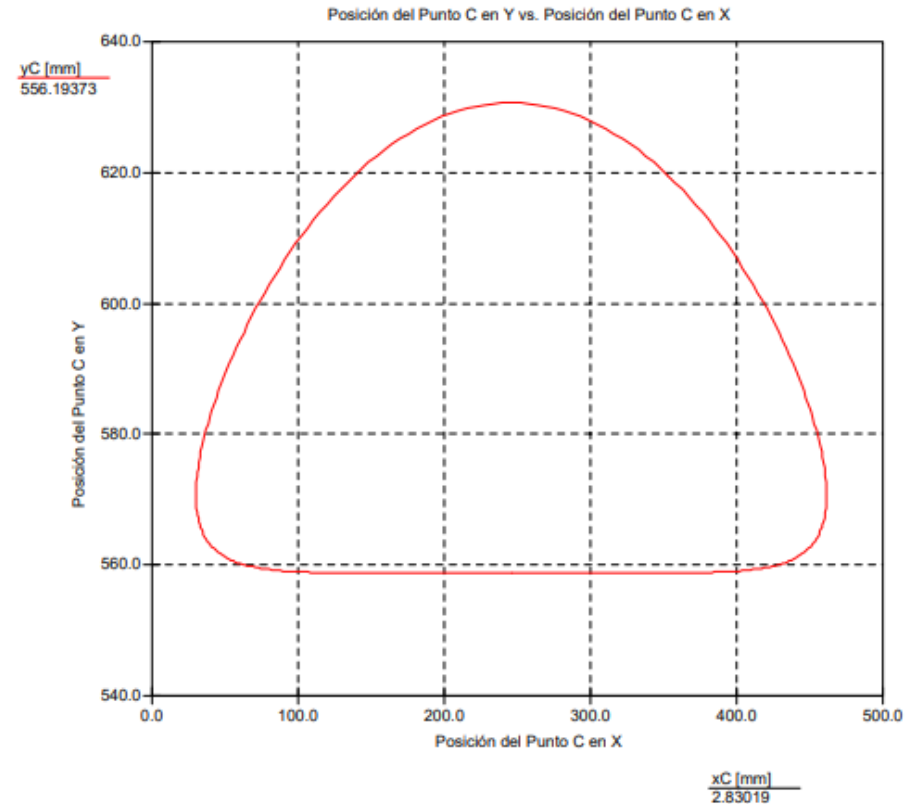


# Diseño y Simulación

## Curva del acoplador



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de velocidad

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de posición

$$-r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2) - r_3\omega_3\text{sen}(\theta_3) + r_4\omega_4\text{sen}(\theta_4) = 0$$

$$r_2\omega_2\text{cos}(\theta_2) + r_3\omega_3\text{cos}(\theta_3) - r_4\omega_4\text{cos}(\theta_4) = 0$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de velocidad

Las ecuaciones escalares de velocidad

$$\omega_3 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_4)}{r_3\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}; \omega_4 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_3)}{r_4\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

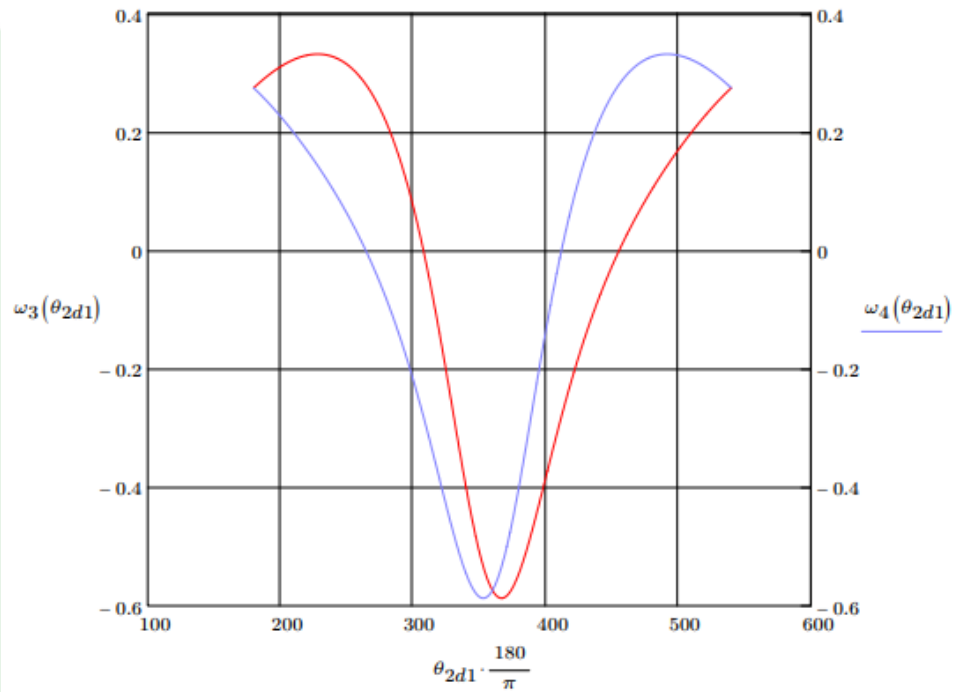
$$v_{3x} = -2r_3\omega_3\text{sen}(\theta_3) - r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2); v_{3y} = 2r_3\omega_3\text{cos}(\theta_3) + r_2\omega_2\text{cos}(\theta_2)$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

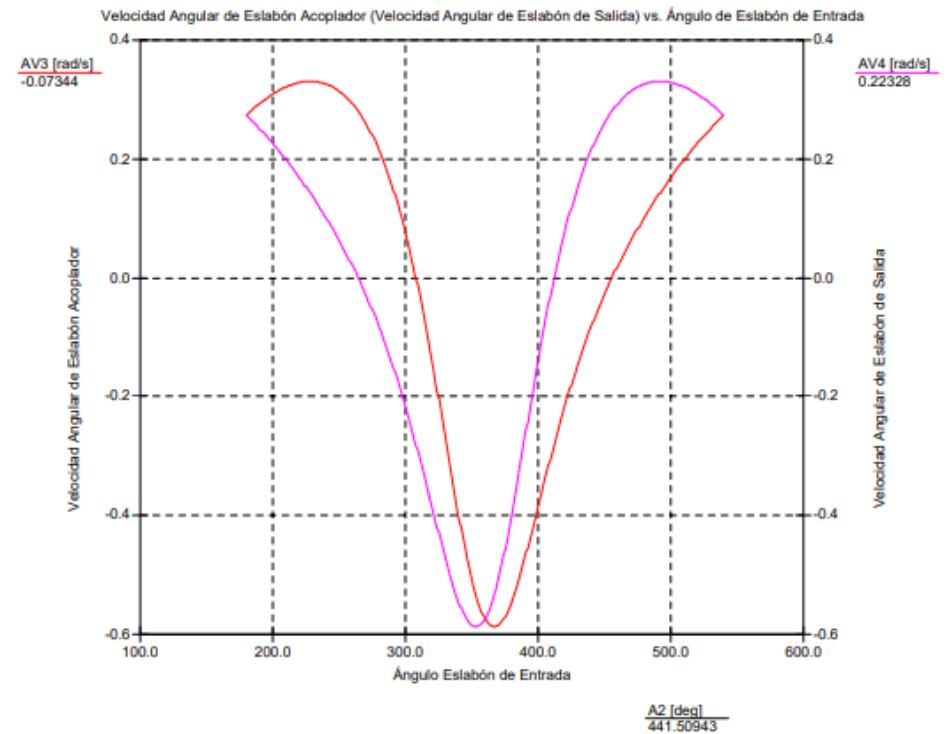


# Diseño y Simulación

Graficas de velocidad angular  $\omega_3$  vs.  $\theta_2$  y  $\omega_4$  vs.  $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad

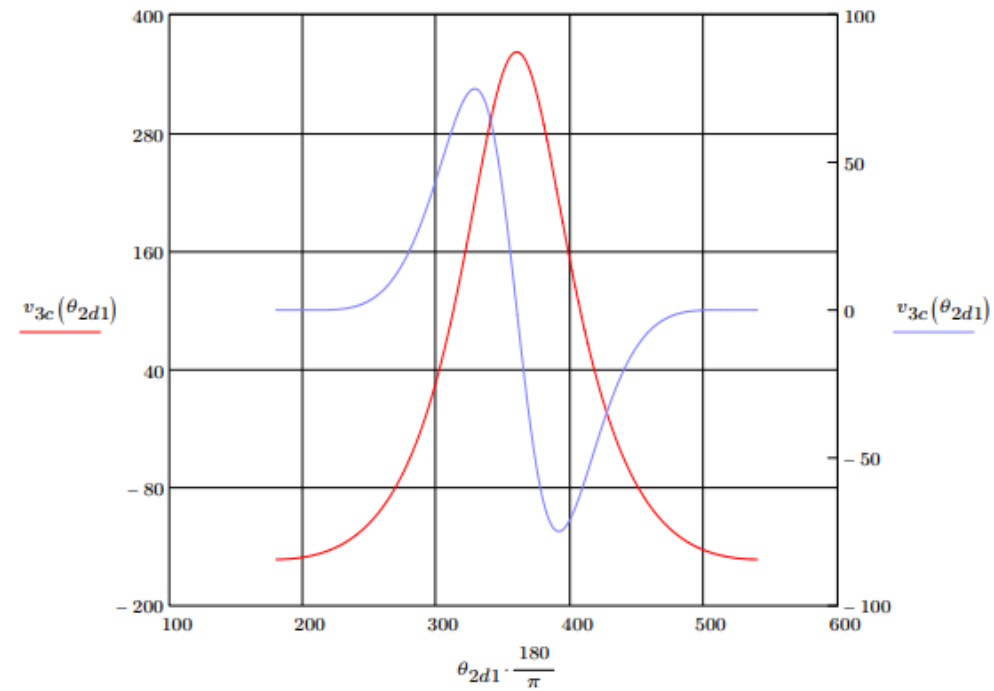


Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6

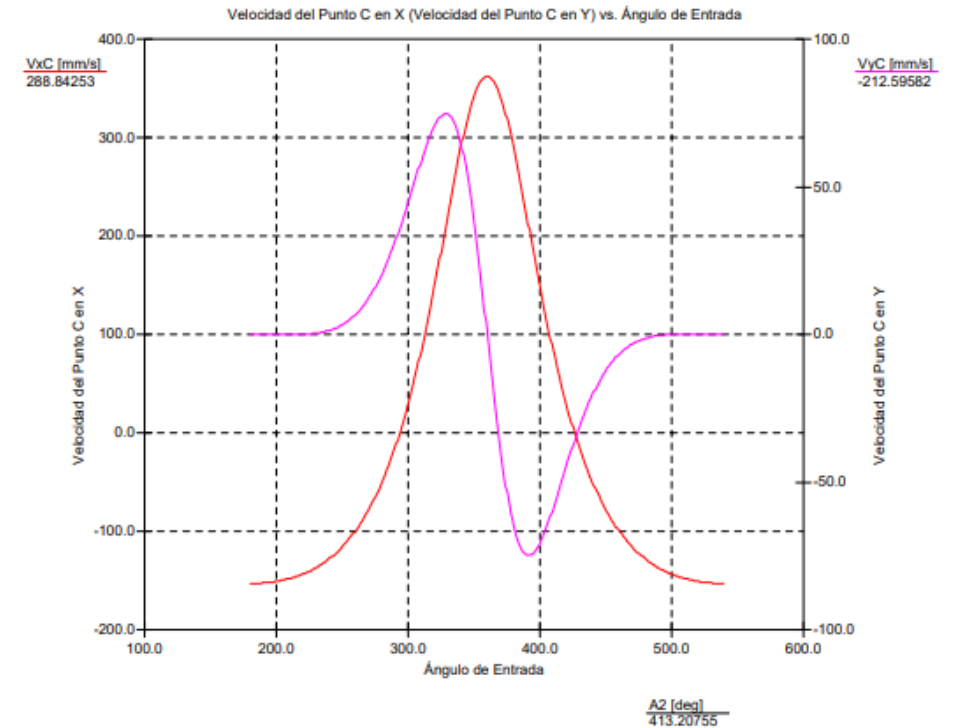


# Diseño y Simulación

Graficas de velocidad lineal respecto  $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6



# Diseño y Simulación

## Análisis de aceleración

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de velocidad

$$-r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2) - r_3\alpha_3 \text{sen}(\theta_3) - r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3) + r_4\alpha_4 \text{sen}(\theta_4) + r_4\omega_4^2 \cos(\theta_4) = 0$$

$$-r_2\omega_2^2 \text{sen}(\theta_2) + r_3\alpha_3 \cos(\theta_3) - r_3\omega_3^2 \text{sen}(\theta_3) - r_4\alpha_4 \cos(\theta_4) + r_4\omega_4^2 \text{sen}(\theta_4) = 0$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de aceleración

Las ecuaciones escalares de aceleración

$$\alpha_3 = -\frac{r_2\omega_2^2\cos(\theta_2 - \theta_4) + r_3\omega_3^2\cos(\theta_3 - \theta_4) - r_4\omega_4^2}{r_3\sin(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$\alpha_4 = -\frac{r_2\omega_2^2\cos(\theta_2 - \theta_3) - r_4\omega_4^2\cos(\theta_3 - \theta_4) + r_3\omega_3^2}{r_4\sin(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$a_{3x} = -2r_3\alpha_3\sin(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2\cos(\theta_3) - r_2\omega_2^2\cos(\theta_2)$$

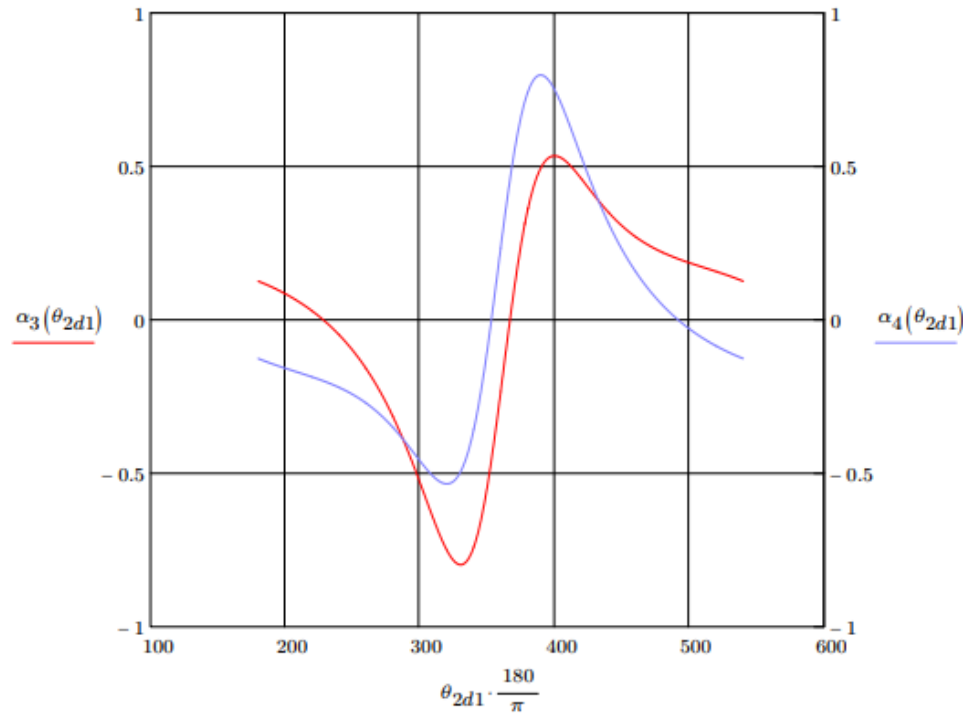
$$a_{3y} = 2r_3\alpha_3\cos(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2\sin(\theta_3) - r_2\omega_2^2\sin(\theta_2)$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

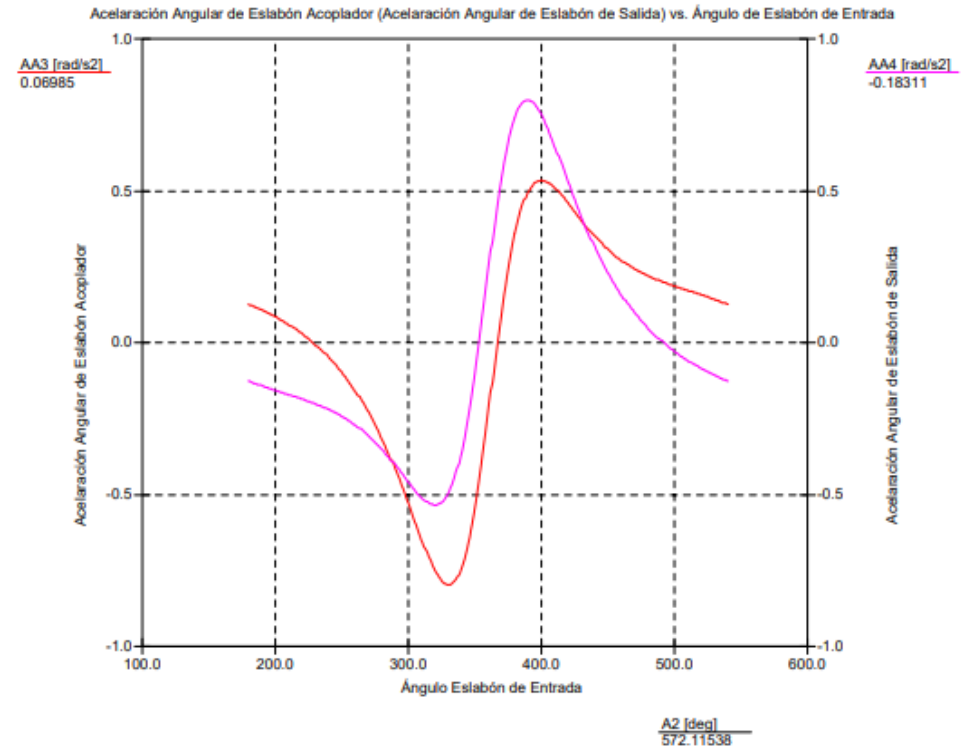


# Diseño y Simulación

Graficas de aceleración angular  $\alpha_3$  vs.  $\theta_2$  y  $\alpha_4$  vs.  $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



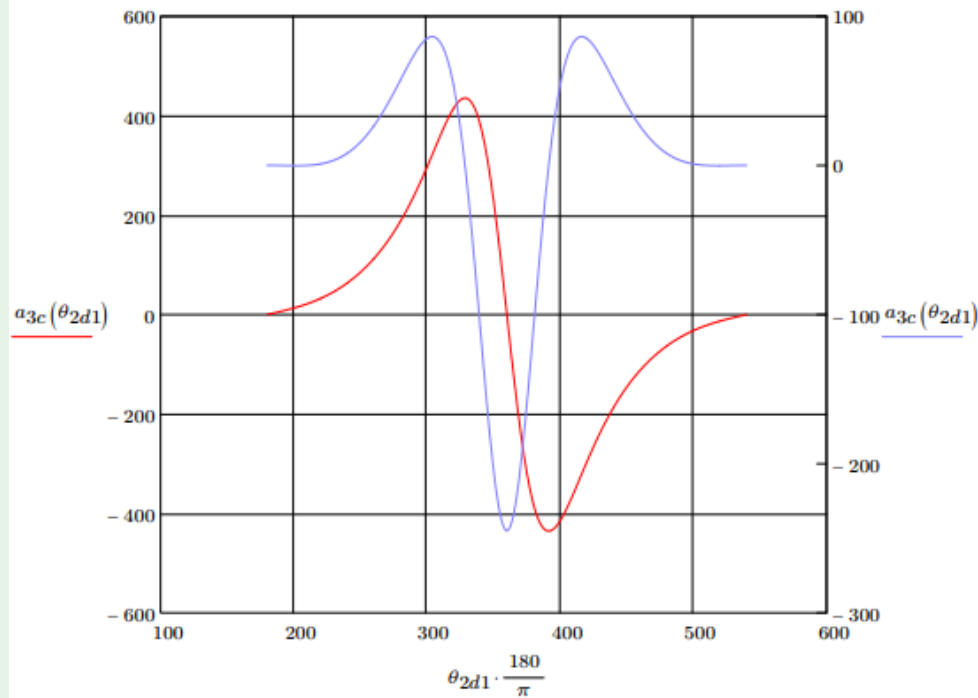
Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6



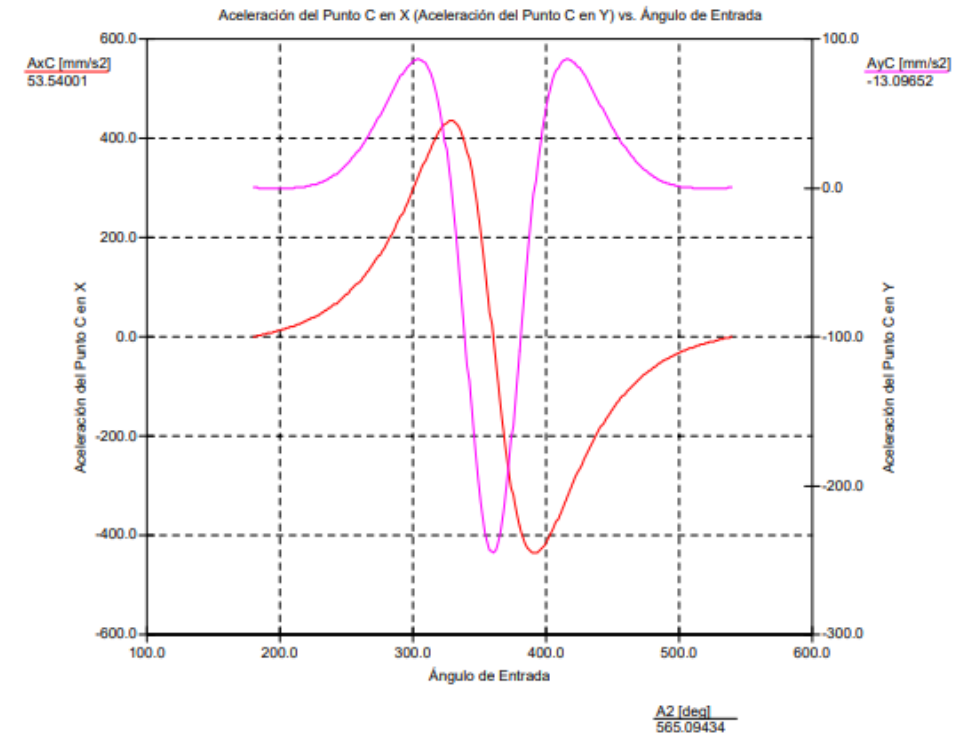


# Diseño y Simulación

## Graficas de aceleración lineal respecto $\theta_2$



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



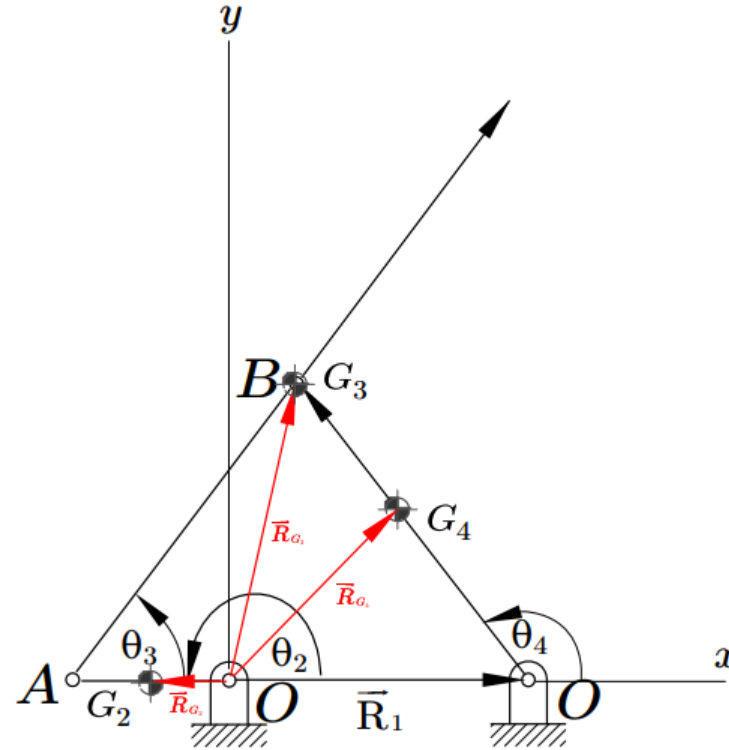
Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6



# Diseño y Simulación

## Cinemática de centro de masas

*Esquema vectorial requerido para estudiar la cinemática de los centros de masas  $G_2, G_3, G_4$*



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Cinemática de centro de masas

*Del esquema anterior se obtiene las ecuaciones escalares de posición y se las deriva dos veces en el tiempo para obtener la aceleración*

$$a_{G_{2x}} = -\frac{r_2}{2} \omega_2^2 \cos(\theta_2); \quad a_{G_{2y}} = -\frac{r_2}{2} \omega_2^2 \text{sen}(\theta_2)$$

$$a_{G_{3x}} = -r_2 \omega_2^2 \cos(\theta_2) - \frac{r_3}{2} \alpha_3 \text{sen}(\theta_3) - \frac{r_3}{2} \omega_3^2 \cos(\theta_3)$$

$$a_{G_{3y}} = -r_2 \omega_2^2 \text{sen}(\theta_2) + \frac{r_3}{2} \alpha_3 \cos(\theta_3) - \frac{r_3}{2} \omega_3^2 \text{sen}(\theta_3)$$

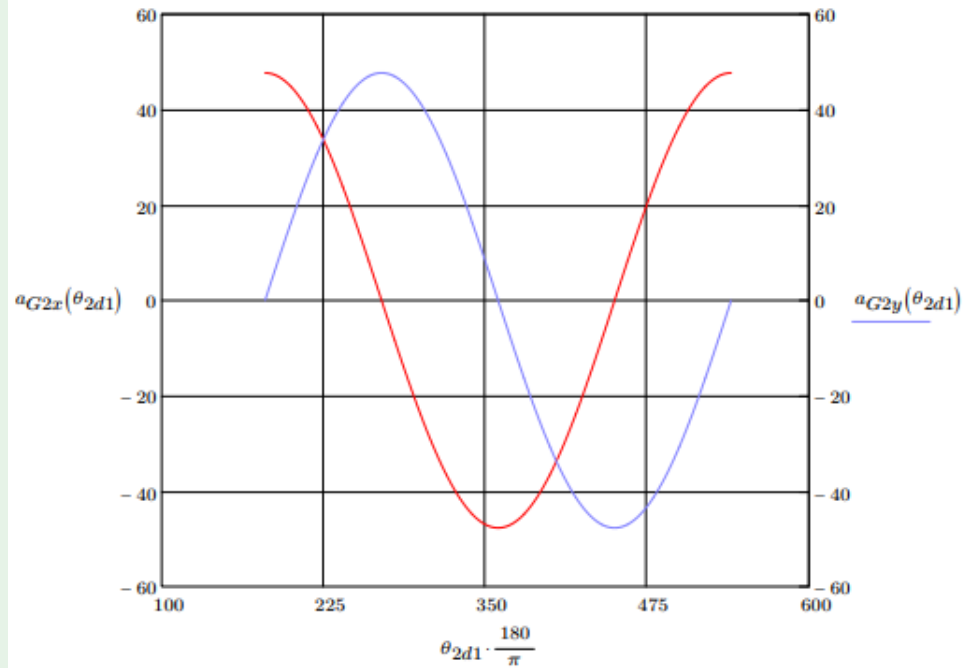
$$a_{G_{4x}} = -\frac{r_4}{2} \alpha_4 \text{sen}(\theta_4) - \frac{r_4}{2} \omega_4^2 \cos(\theta_4); \quad a_{G_{4y}} = \frac{r_4}{2} \alpha_4 \cos(\theta_4) - \frac{r_4}{2} \omega_4^2 \text{sen}(\theta_4)$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

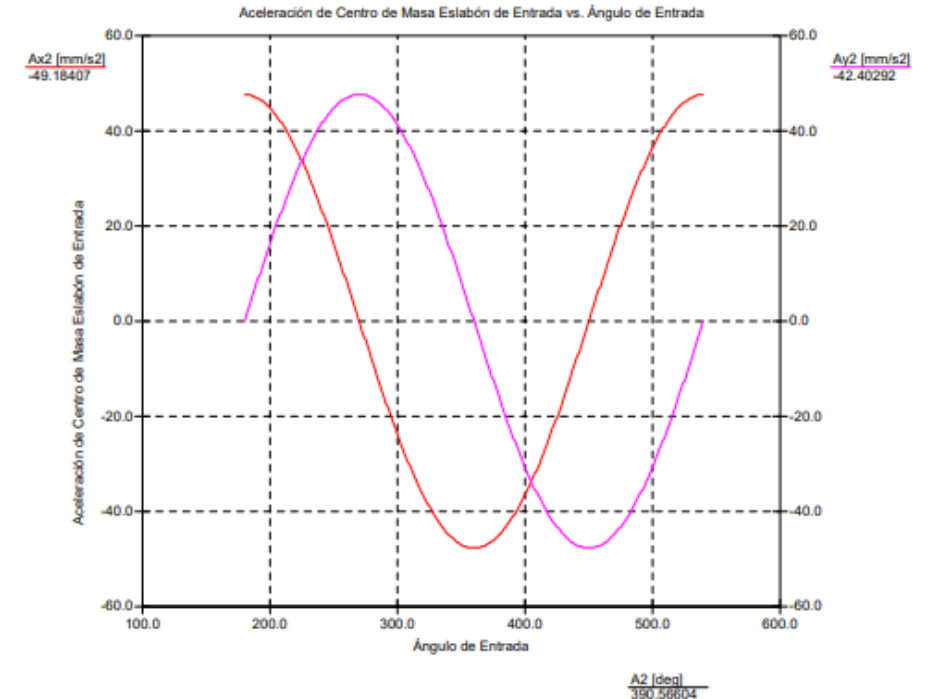


# Diseño y Simulación

## Aceleración de centro de masa 2



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad

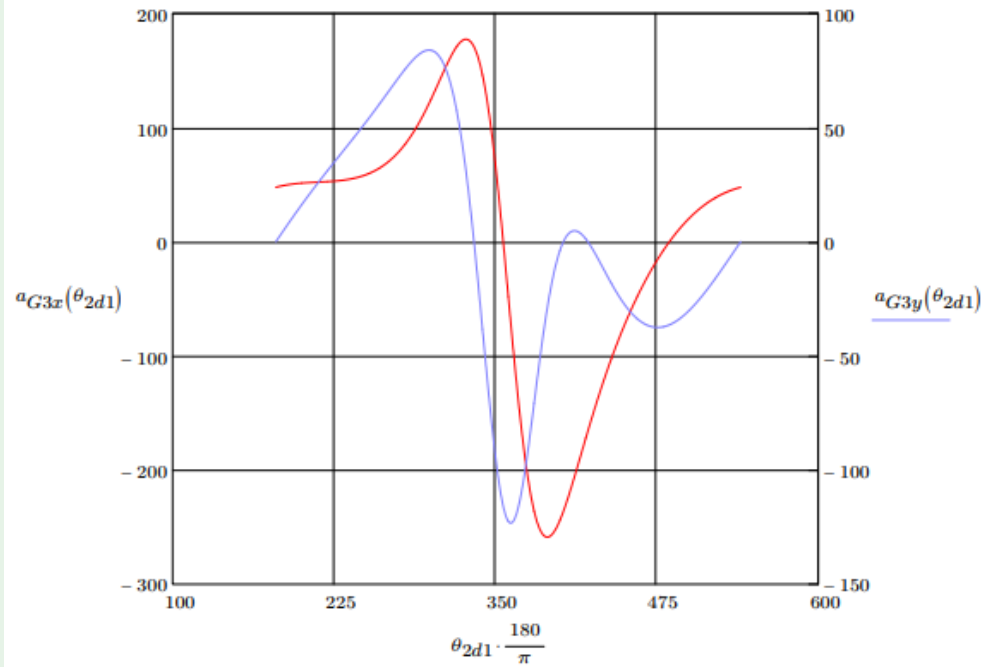


Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6

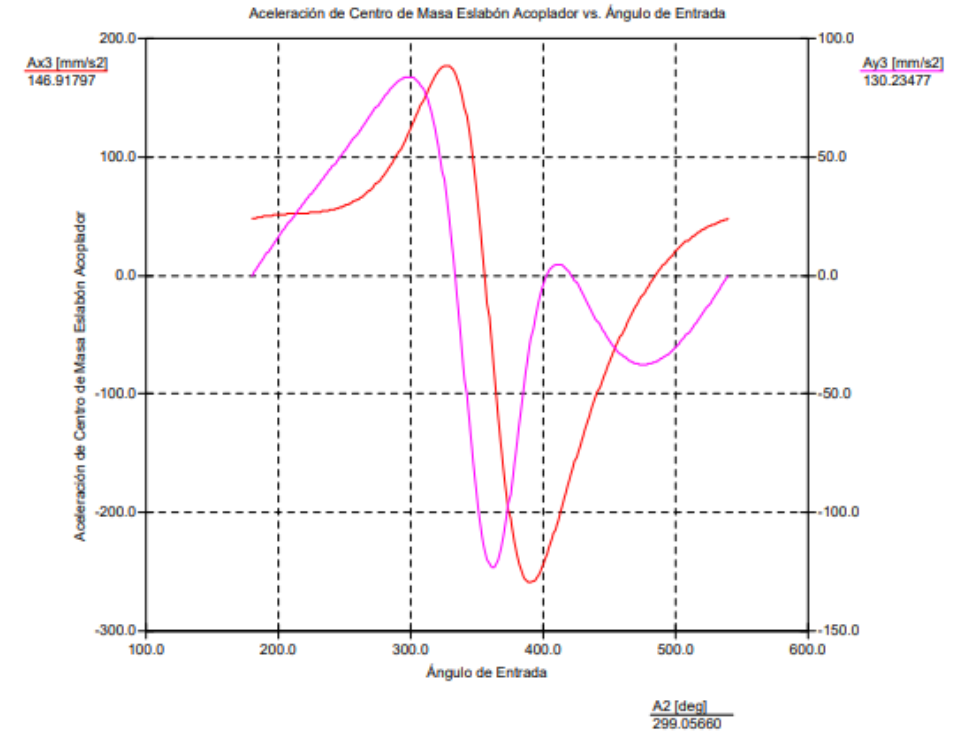


# Diseño y Simulación

## Aceleración de centro de masa 3



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad

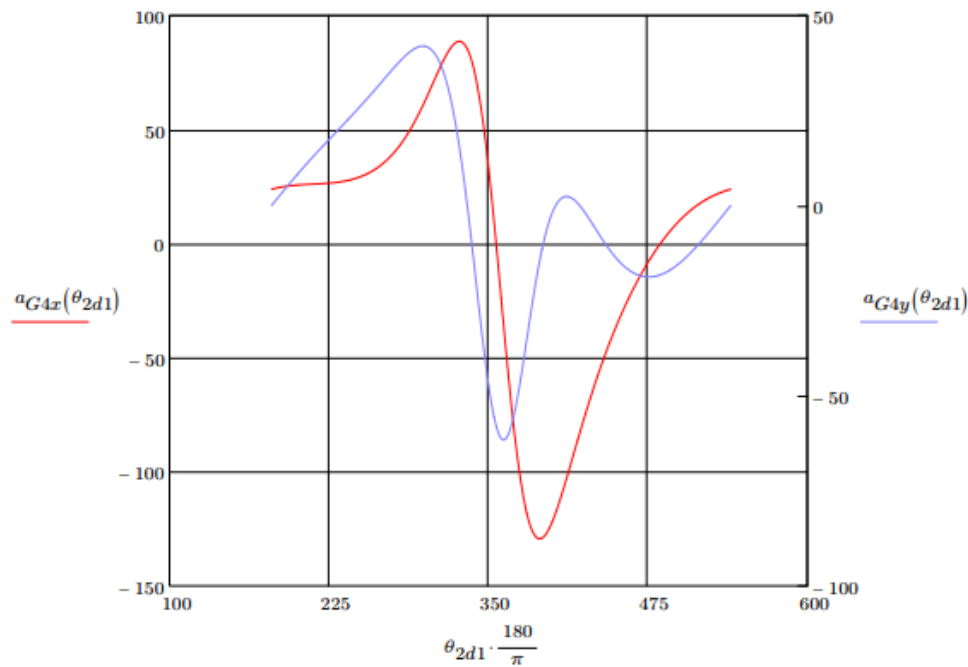


Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6

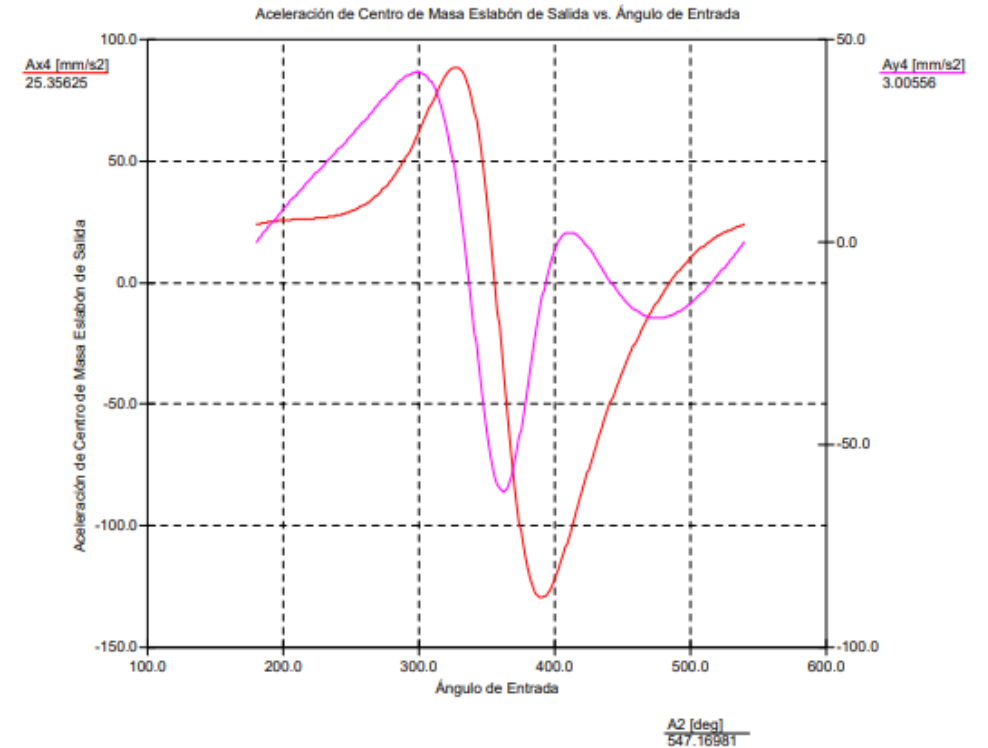


# Diseño y Simulación

## Aceleración de centro de masa 4



Grafica obtenida por el software matemático Mathcad



Grafica obtenida por el software de simulación SAM 6



# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

*Datos inerciales para el análisis dinámico*

Eslabón No.	Masa ( $kg$ )	Inercia ( $kg - m^2$ )
2	0,638	0,002884878
3	0,614	0,023783721
4	0,321	0,00341839

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Fuerza desfibrado tela



FUERZA DESFIBRADO TELA		
No. PRUEBA	FUERZA	
	lb	kN
1	14	0,0622751
2	12	0,05337866
3	14	0,0622751
4	10	0,04448222
5	14	0,0622751
PROMEDIO	12,8	0,05693724



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





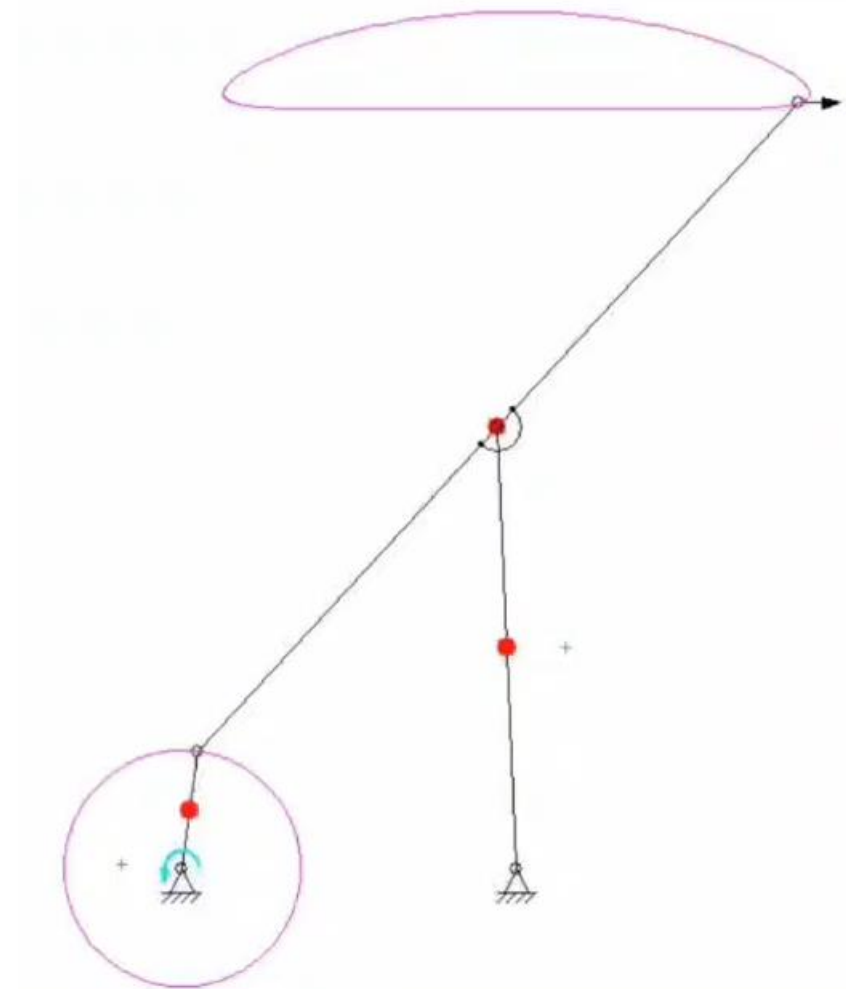
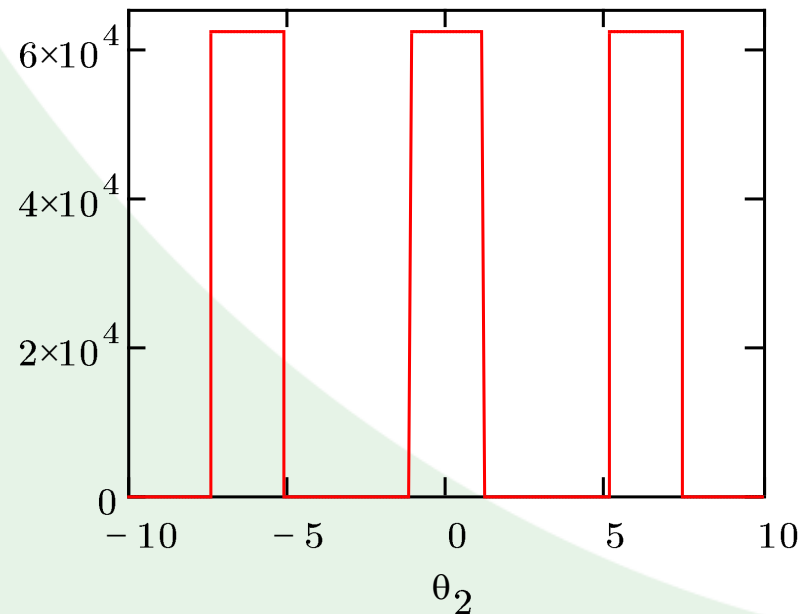
# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

*Fuerza de rasgado no lineal*

$$F_{\text{rasgado}}(\theta_2) := \begin{cases} f \cdot 10^3 & \text{if } \text{sign}(v_{3x}(\theta_2)) \geq 0 \\ 0 \cdot 10^3 & \text{if } \text{sign}(v_{3x}(\theta_2)) < 0 \end{cases}$$

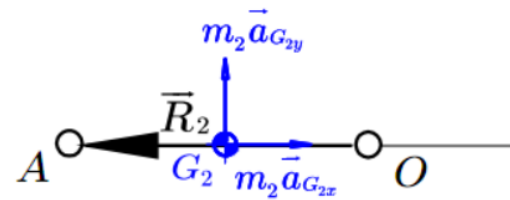
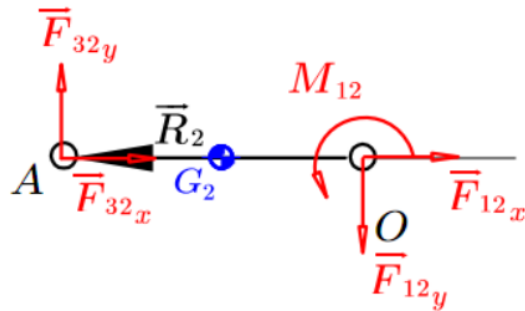
$F_{\text{rasgado}}(\theta_2)$



# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

### Diagrama de cuerpo libre del eslabón 2



*Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 2*

$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{G_{2x}}$$

$$F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{G_{2y}}$$

$$M_{12} + (-r_{12y}F_{12x} + r_{12x}F_{12y}) + (r_{32y}F_{32x} - r_{32x}F_{32y}) = 0$$

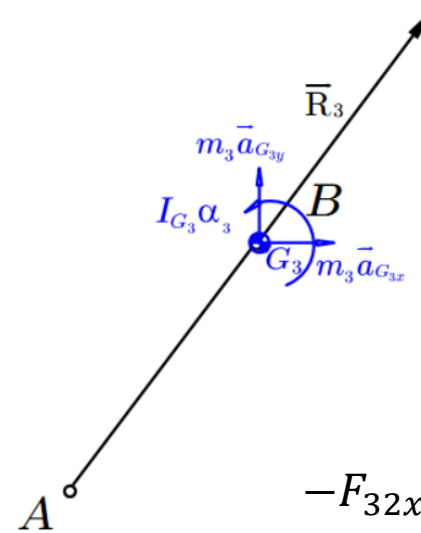
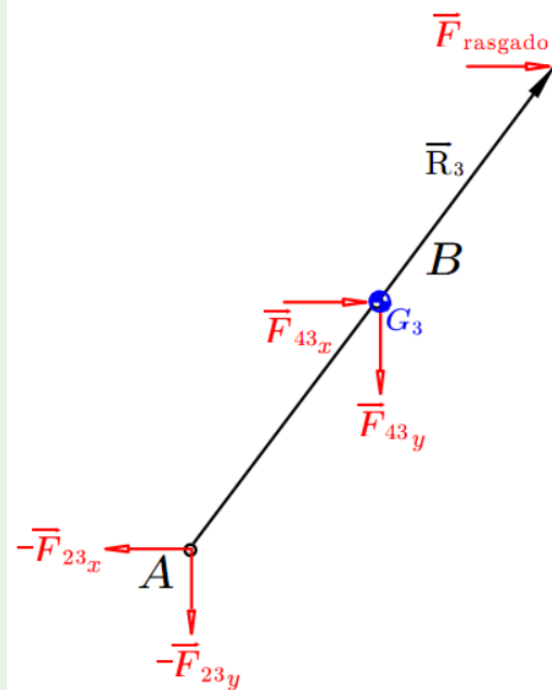
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

### Diagrama de cuerpo libre del eslabón 3



Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 3

$$-F_{32x} + F_{34x} + F_{rasgado} = m_3 a_{G_{3x}}$$

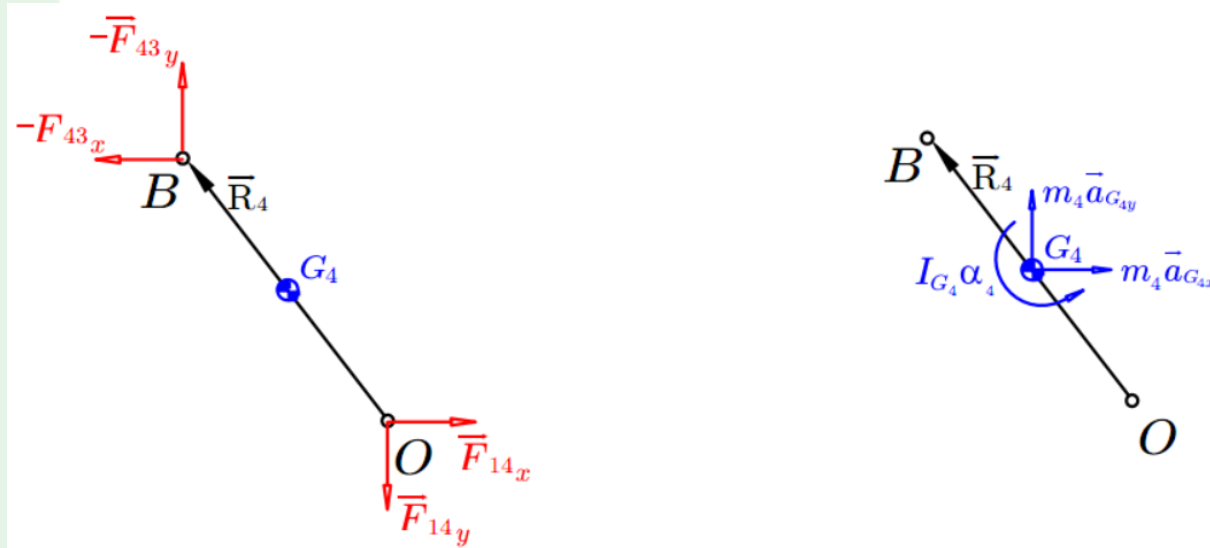
$$-F_{32y} + F_{43y} = m_3 a_{G_{3y}}$$

$$(-r_{32y} F_{32x} + r_{32x} F_{32y}) + (-r_{rasgado} F_{rasgado}) = I_3 \alpha_3$$

# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

Diagrama de cuerpo libre del eslabón 4



Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 4

$$-F_{43x} + F_{14x} = m_4 a_{G4x}$$

$$-F_{43y} + F_{14y} = m_4 a_{G4y}$$

$$-(-r_{34y}F_{43x} - r_{34x}F_{43y}) + (r_{14y}F_{14x} - r_{14x}F_{14y}) = I_4\alpha_4$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis dinámico

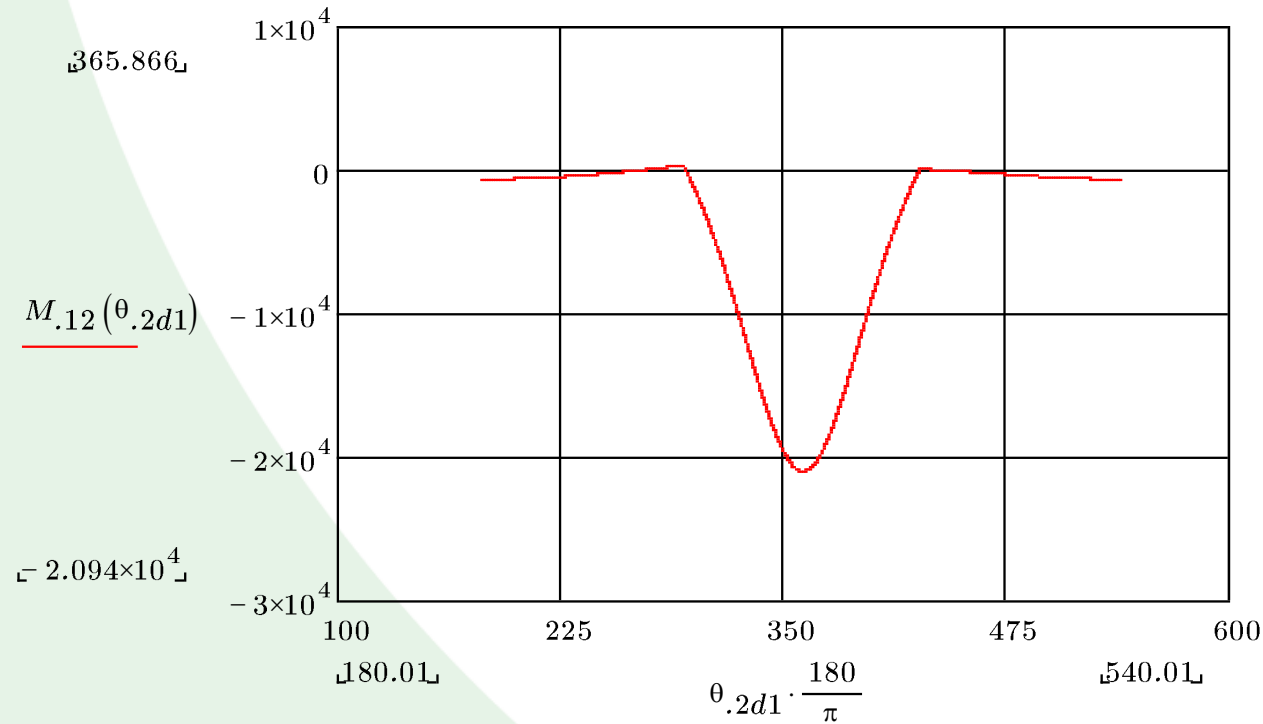
*Sistema de ecuaciones en forma matricial*

$$G_M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -r_{12y} & r_{12x} & -r_{32y} & r_{32x} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{23y} & -r_{23x} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{34y} & -r_{34x} & -r_{14y} & -r_{14x} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{12x} \\ F_{12y} \\ F_{32x} \\ F_{32y} \\ F_{43x} \\ F_{43y} \\ F_{14x} \\ F_{14y} \\ M_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_2 a_{G2x} \\ m_2 a_{G2y} + m_2 g \\ 0 \\ m_3 a_{G3x} - F_{rasg} \\ m_3 a_{G3y} + m_3 g \\ I_{G3} \alpha_3 + r_{rasgado} F_{rasgado} \\ m_4 a_{G4x} \\ m_4 a_{G4y} + m_4 g \\ I_{G4} \alpha_4 \end{bmatrix}$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



## Graficas dadas por el análisis dinámico



$$T_{max} = 20.94 \text{ Nm}$$

$$F_{max} = \frac{T_{max}}{d_{\text{brazo de palanca}}}$$

$$F_{max} = \frac{20.94 \text{ Nm}}{0.230 \text{ m}} = 91.03 \text{ N}$$

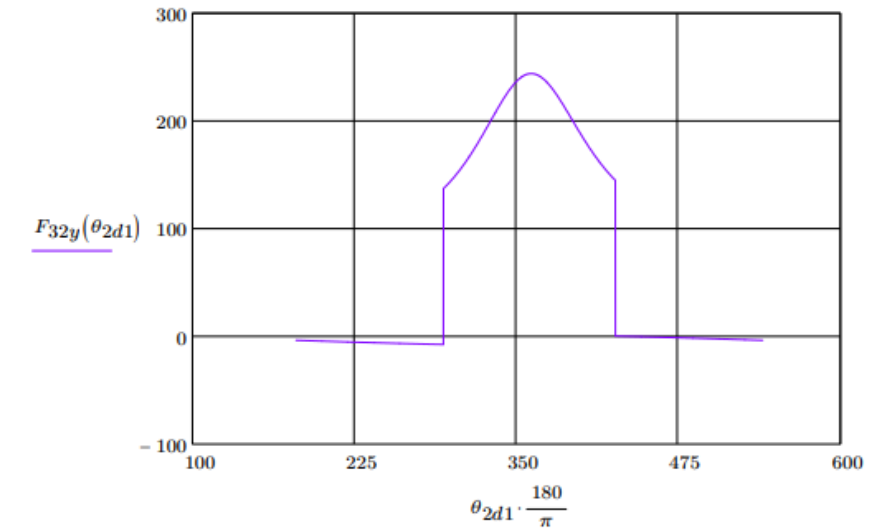
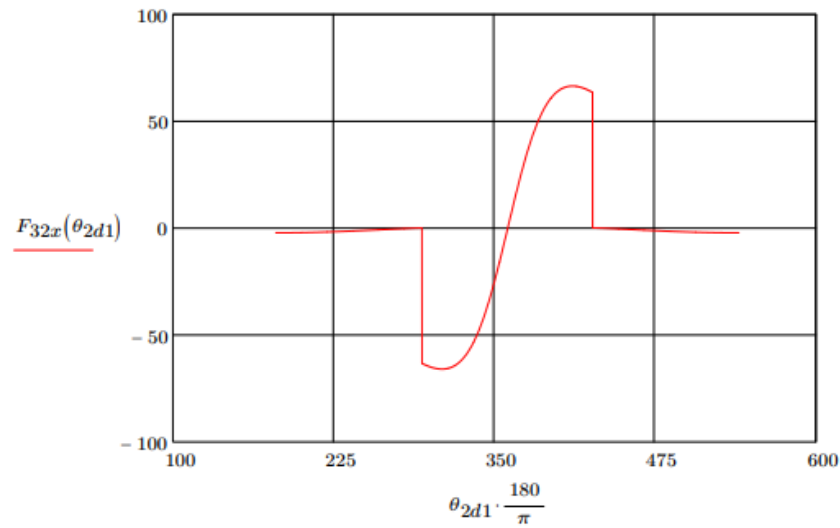
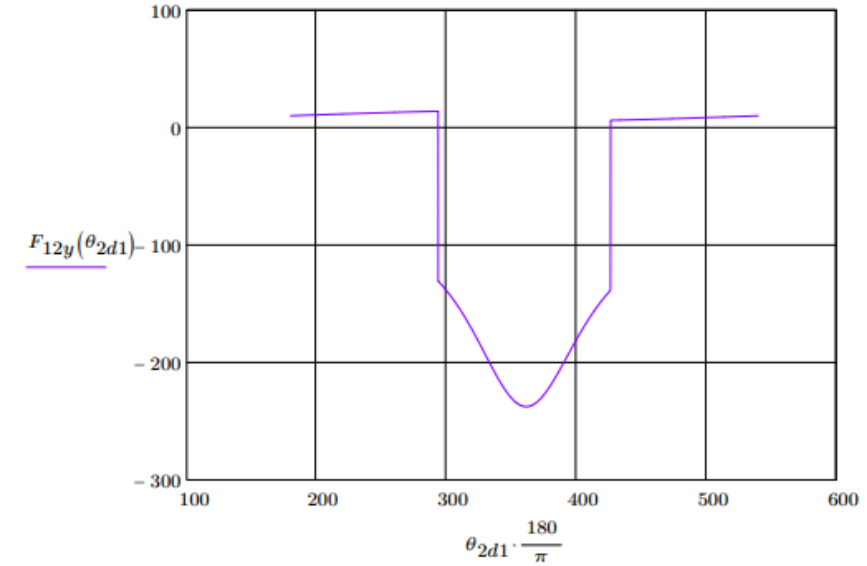
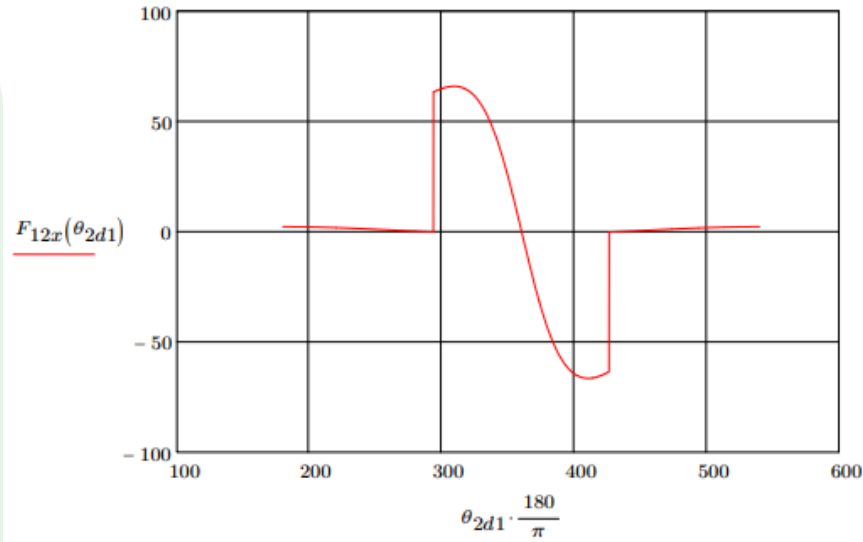


Grafica obtenida por el software matemático Mathcad

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



## Graficas dadas por el análisis dinámico

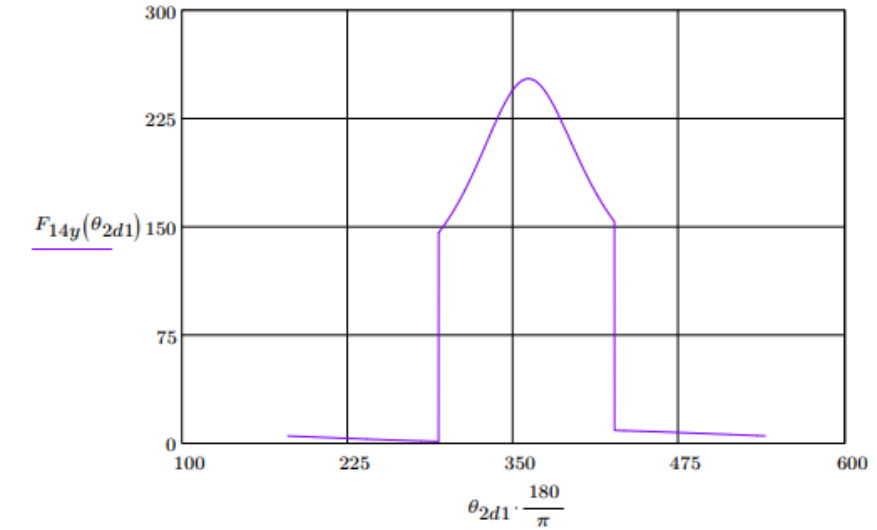
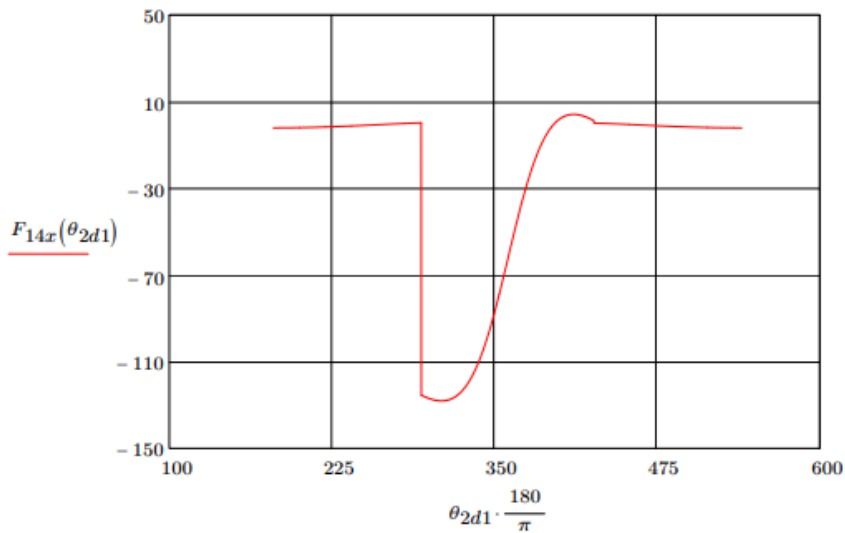
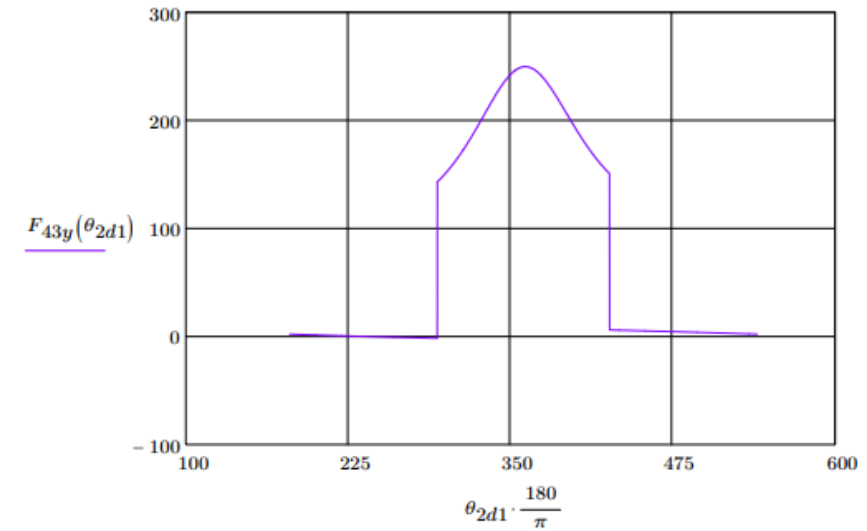
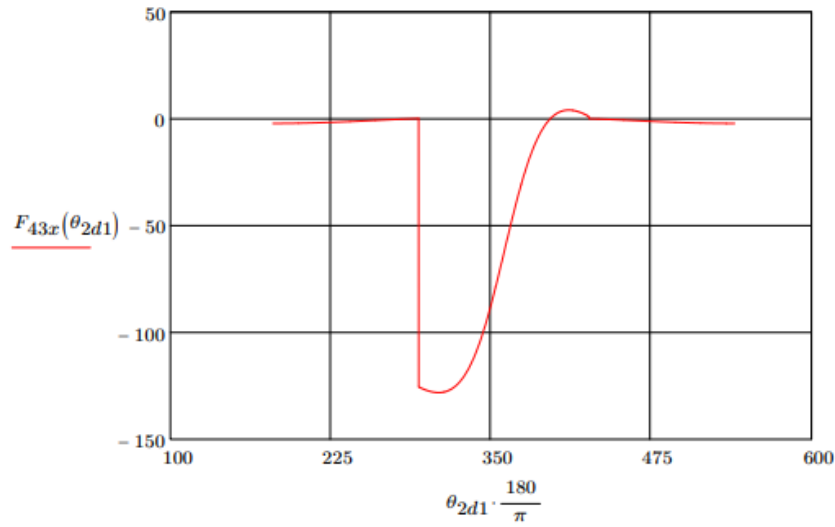


Graficas obtenida por el software matemático Mathcad

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Graficas dadas por el análisis dinámico



Graficas obtenida por el software matemático Mathcad

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

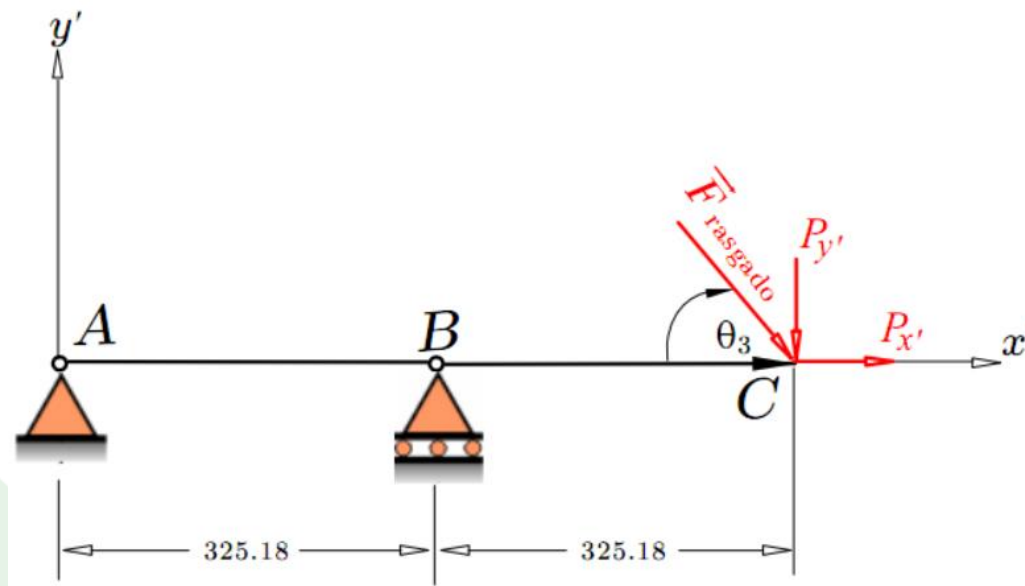




# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

*Esquema del eslabón 3 para el análisis de esfuerzo como viga*





# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

*Las fuerzas se representan de la siguiente forma:*

$$P_{x'} = F_{rasgado} * sen(\theta_3)$$

$$P_{y'} = F_{rasgado} * cos(\theta_3)$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

*Fuerza cortante y momento flector por secciones en el eslabón 3*

Sección	AB	BC
Cortante	$V_{AB} = \frac{-P_{y'} * a}{L}$	$V_{BC} = P_{y'}$
Momento	$M_{AB} = \frac{-P_{y'} * a * x}{L}$	$M_{BC} = -P_{y'} (a - x - L)$

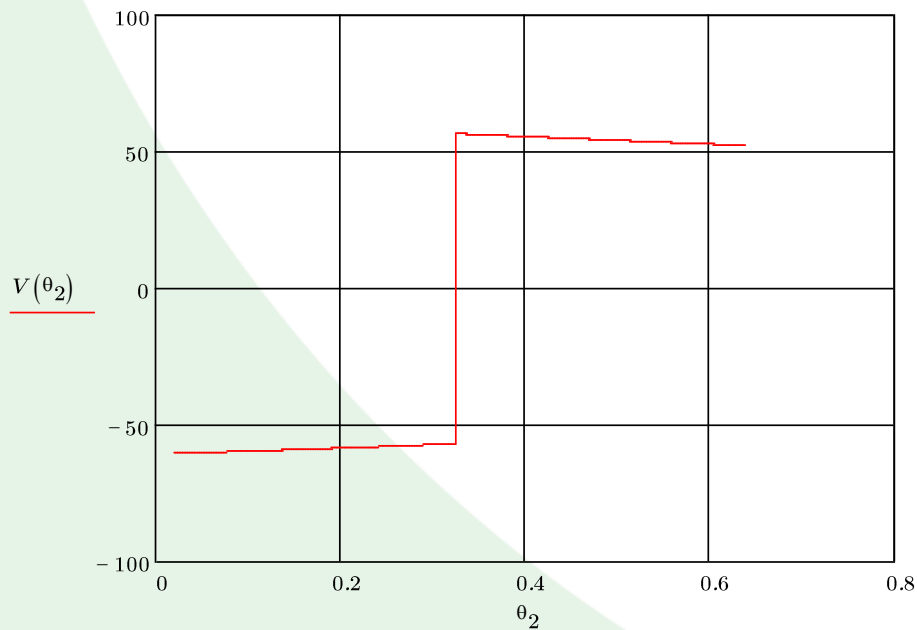
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



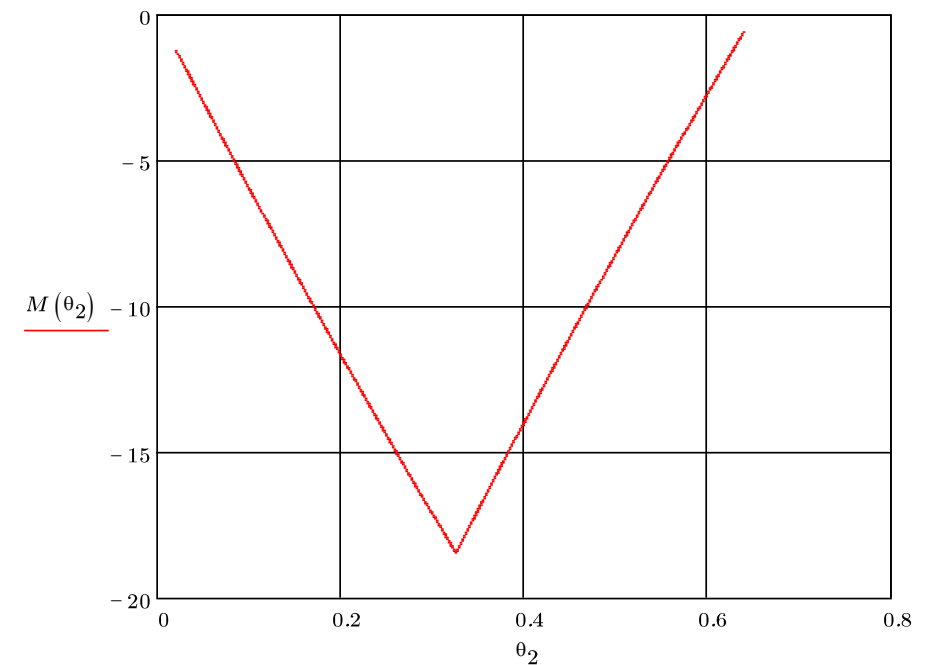
# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

*Diagrama de fuerza cortante*



*Diagrama de momento flector*



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

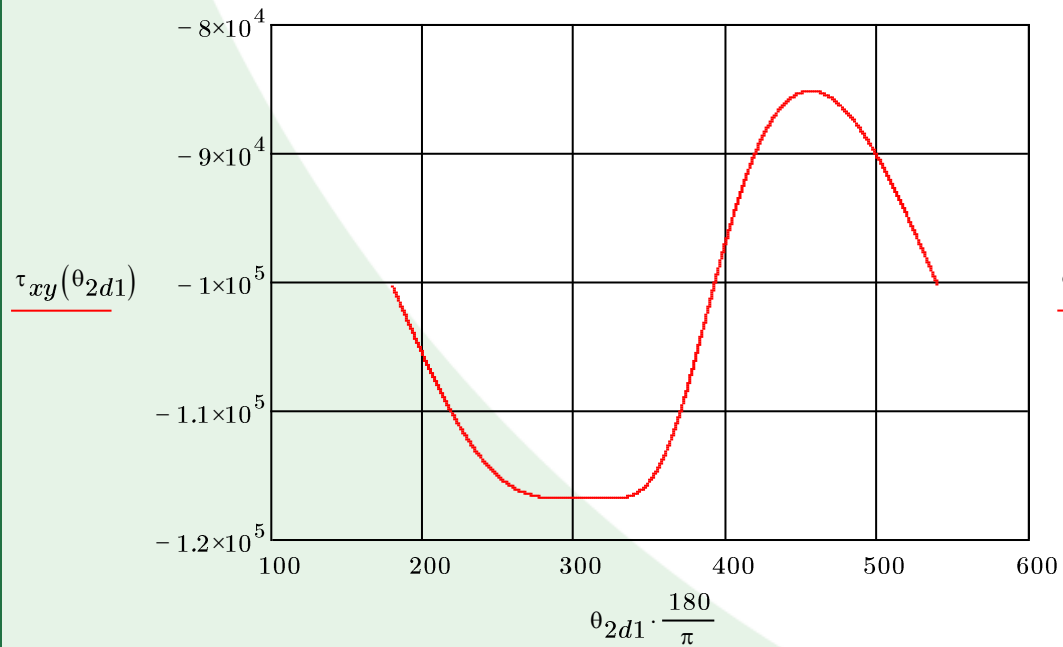


# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

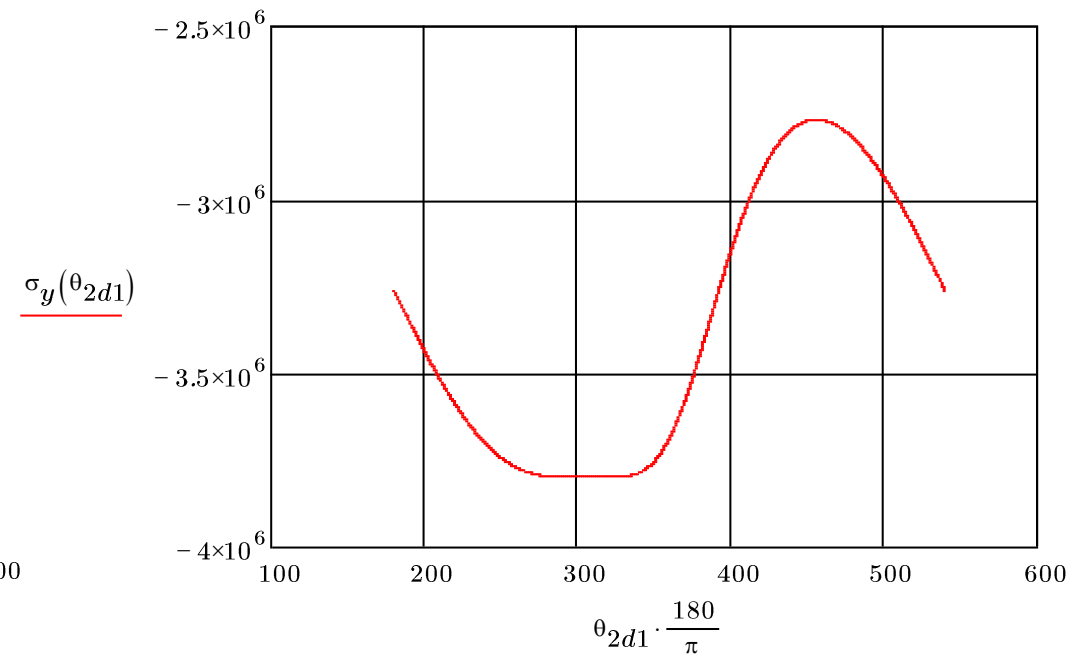
*Esfuerzo cortante en viga*

$$\tau_{xy} = \frac{3*V}{2*b*h} = \frac{3*V}{2*20\text{ mm}*40\text{ mm}}$$



*Esfuerzo flector*

$$\sigma_y = \frac{M*c}{I} = \frac{M*\frac{40\text{ mm}}{2}}{\frac{1}{12}*20\text{ mm}*(40\text{ mm})^3}$$



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

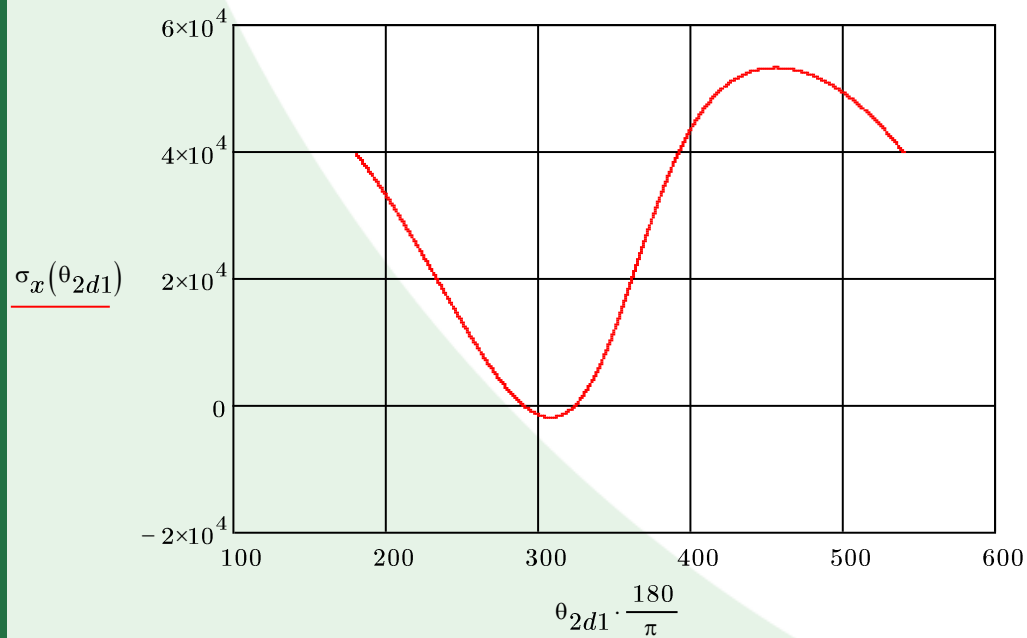


# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

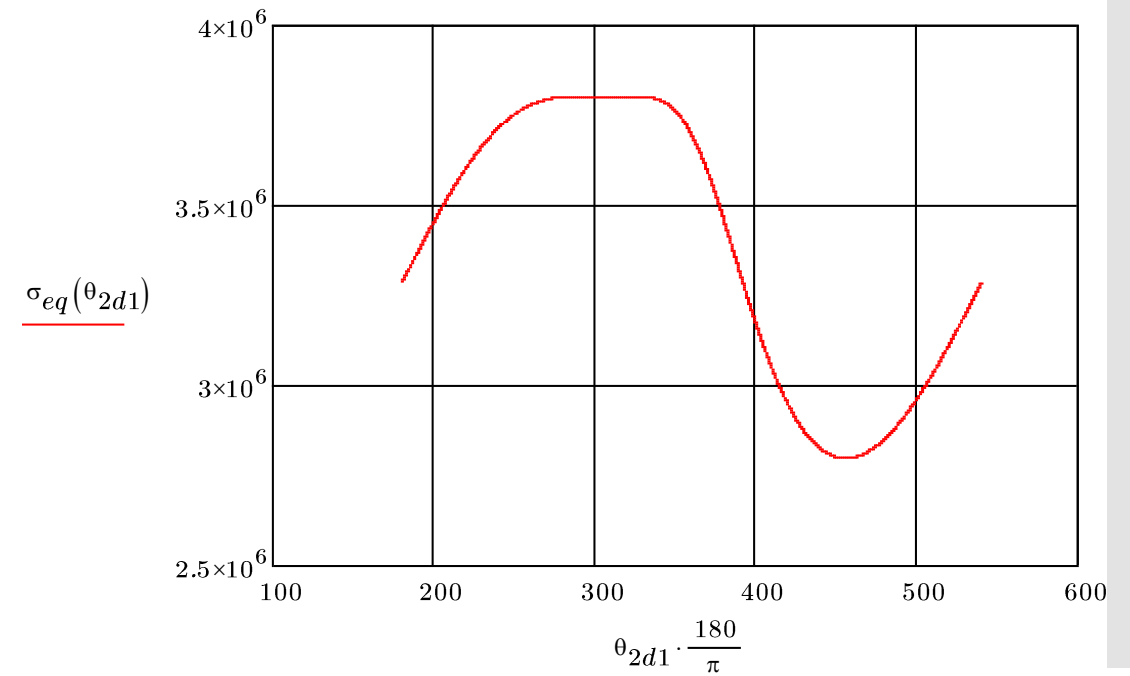
*Esfuerzo de tracción*

$$\sigma_x = \frac{P_{x'}}{b \cdot h} = \frac{P_{x'}}{20 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm}}$$



*Esfuerzo equivalente*

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_3}$$



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Análisis de esfuerzos en los eslabones

*Factor de seguridad.*

Resistencia máxima de duralon es de 76.32 MPa (Salazar, 2021) y el esfuerzo equivalente máximo de la viga es de 3.80 Mpa

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{76.32 \text{ MPa}}{3.80 \text{ MPa}} = 20 \text{ (si resiste)}$$

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Pruebas herramienta desfibrado



Herramienta	Tiempo para desfibrar (min)
Cepillo de metal	23
Hoja de sierra	5

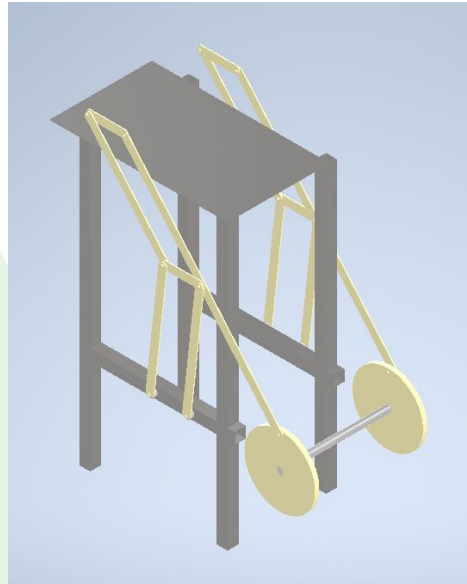
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



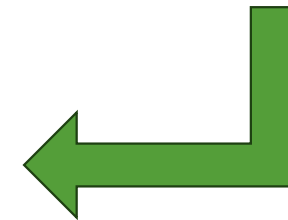
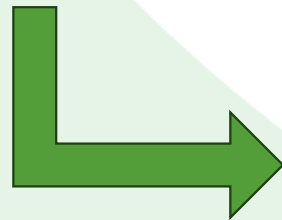
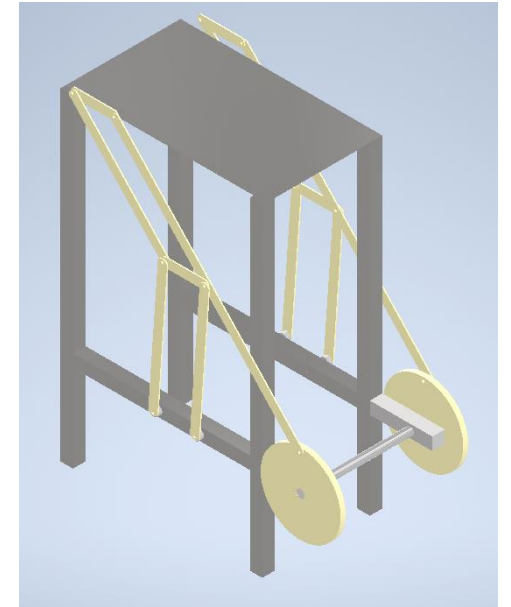


# Diseños Prototipos

## Primer Diseño



## Segundo Diseño

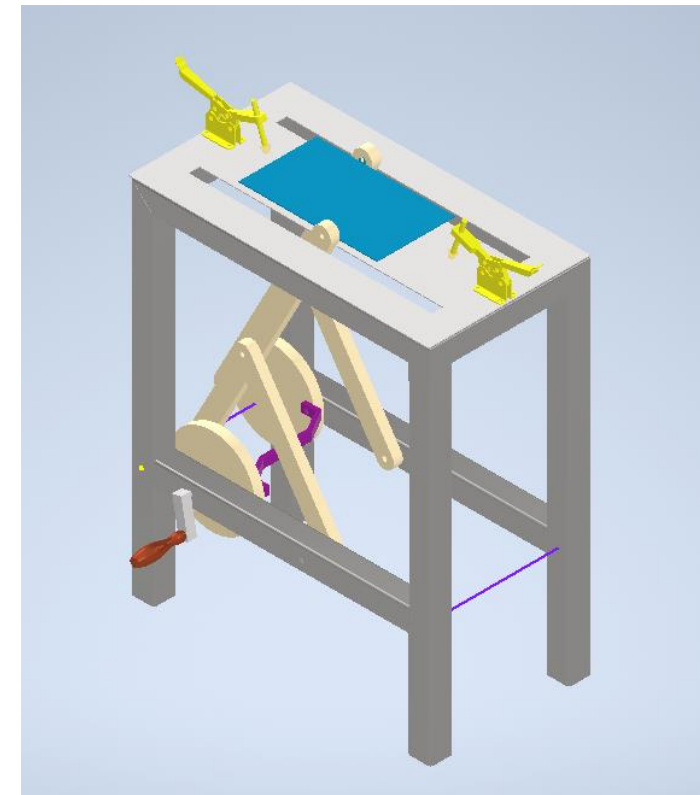
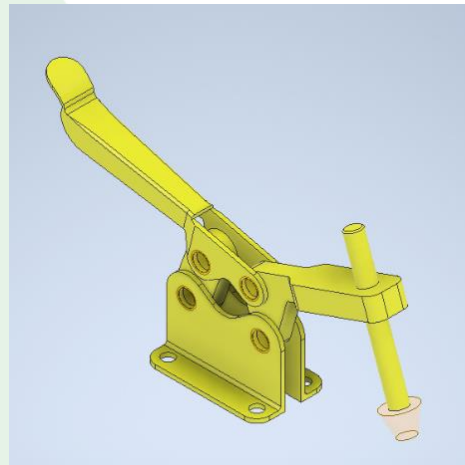
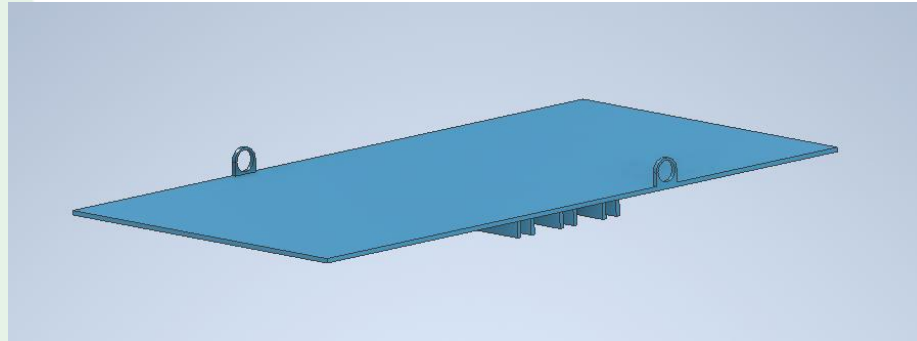


- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseños Prototipos

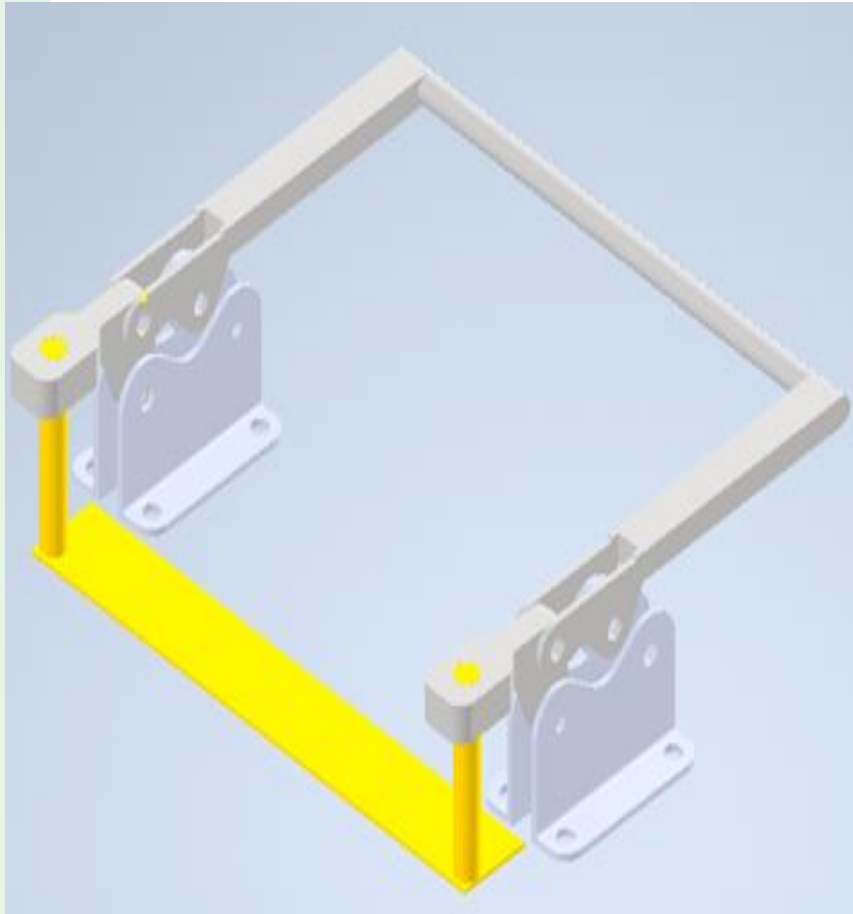
## Tercer Diseño



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño final



POTENCIA DE ENTRADA = POTENCIA DE SALIDA

$$T_2 \omega_2 = T_4 \omega_4 \quad \frac{T_4}{T_2} = \frac{\omega_2}{\omega_4}$$

$$VM = \frac{F \text{ salida}}{F \text{ entrada}} = \frac{T \text{ salida} / r \text{ salida}}{T \text{ entrada} / r \text{ entrada}} = \frac{T \text{ salida} \ r \text{ entrada}}{T \text{ entrada} \ r \text{ salida}}$$

$$VM = \frac{\omega_2 \ r \text{ entrada}}{\omega_4 \ r \text{ salida}} = \frac{r_4 \sin(\theta_3 - \theta_4) \ r \text{ entrada}}{r_2 \sin(\theta_3 - \theta_2) \ r \text{ salida}}$$

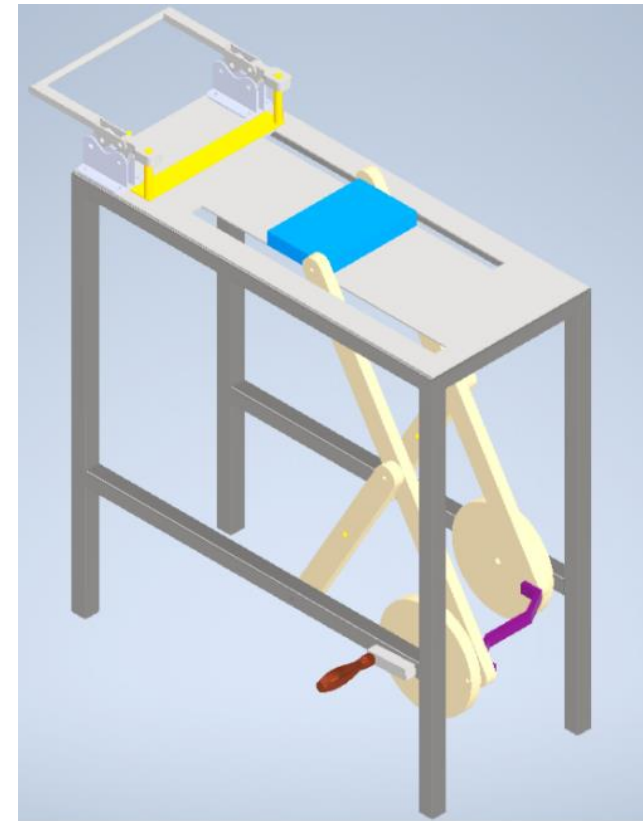
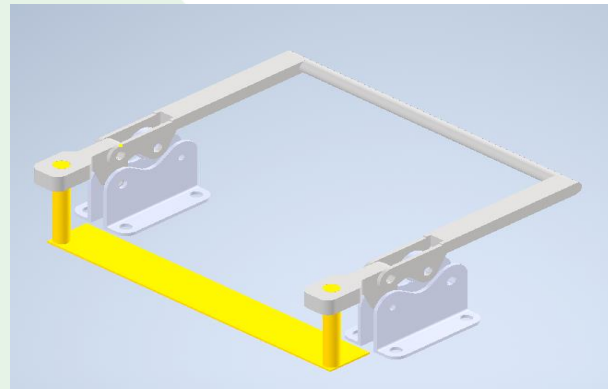
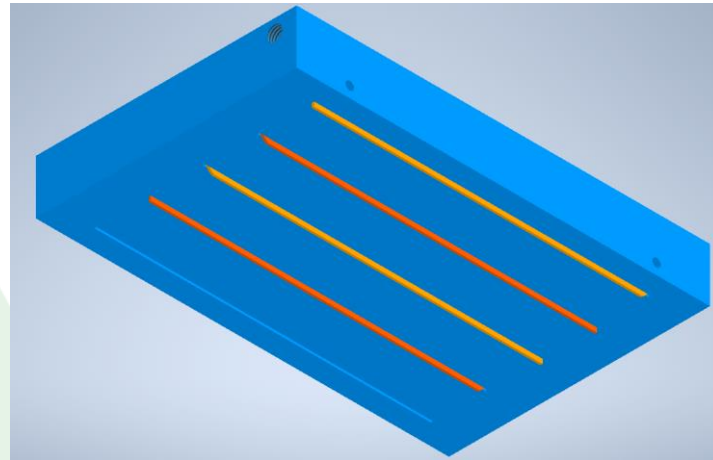
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseños Prototipos

## Diseño final

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

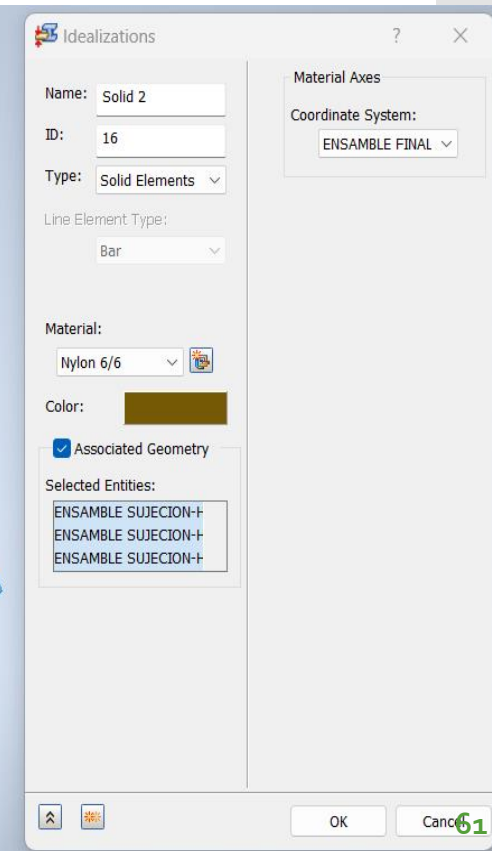
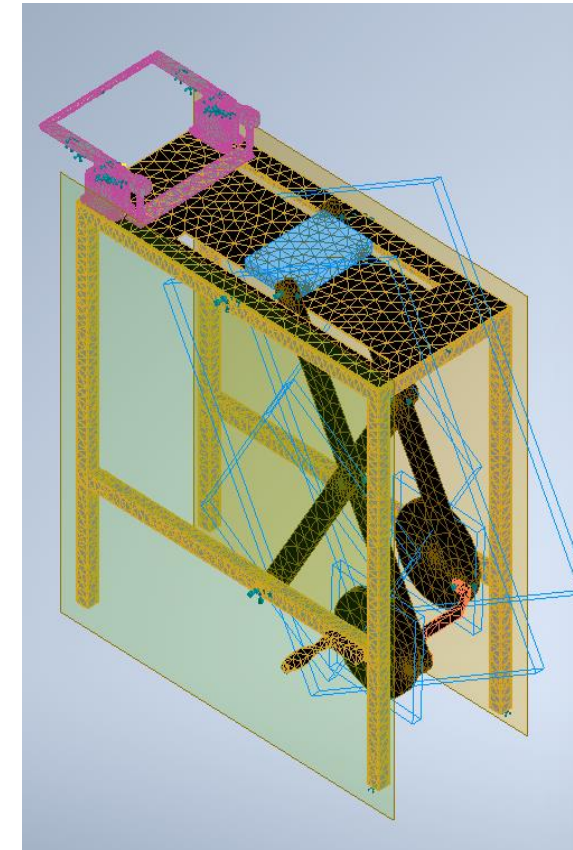
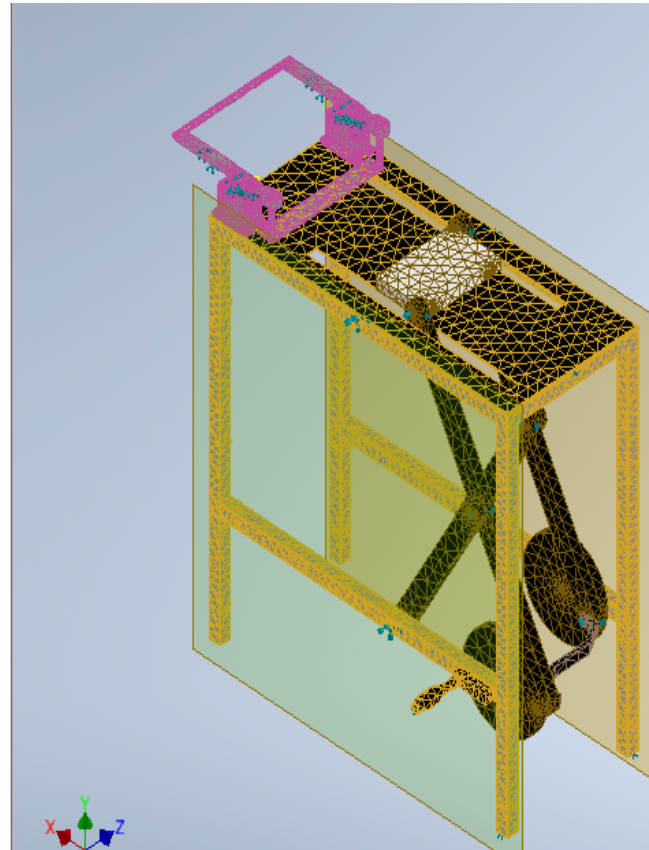
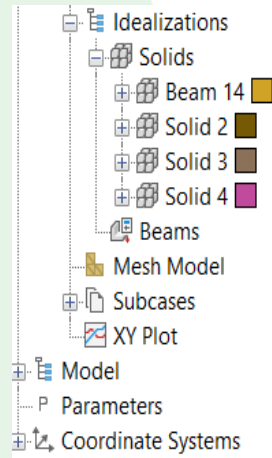




# Diseño y Simulación

## Idealizaciones sólidos

## Materiales



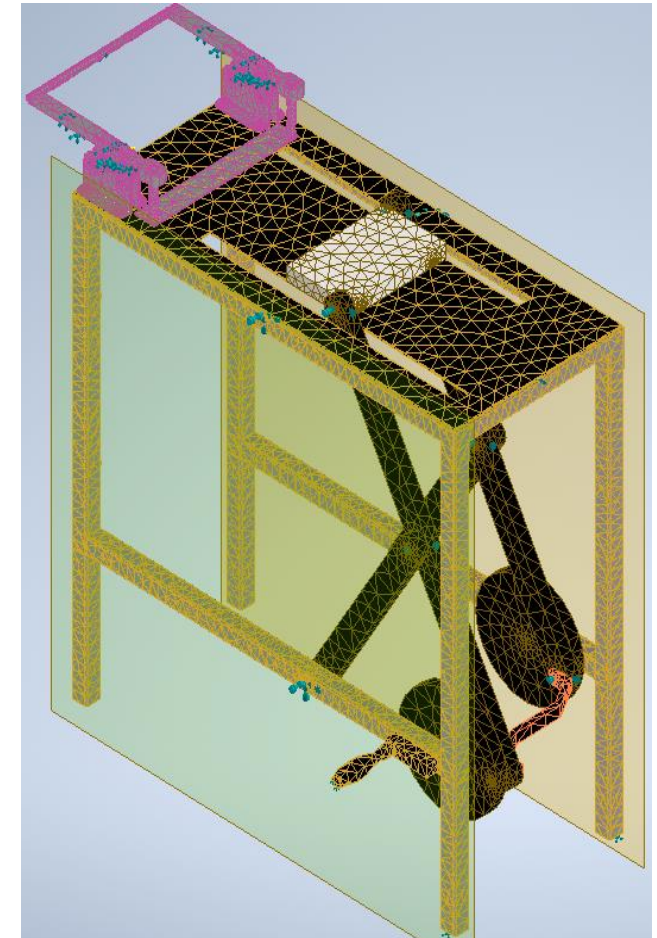
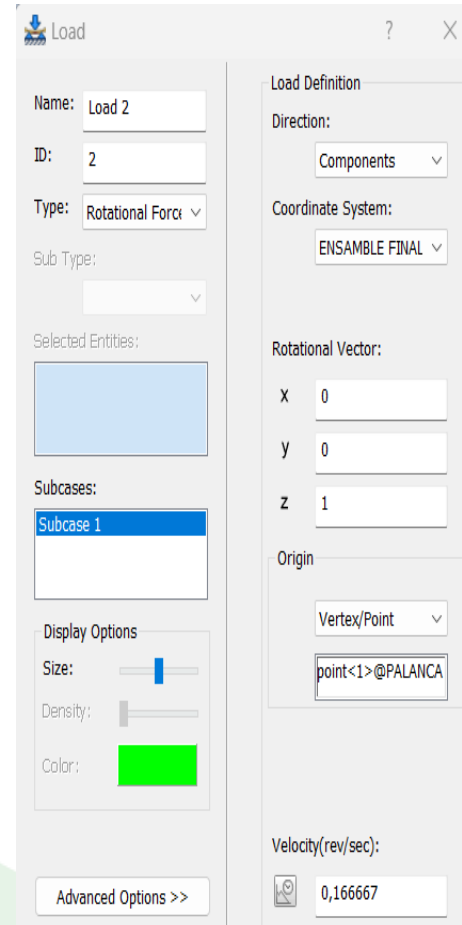
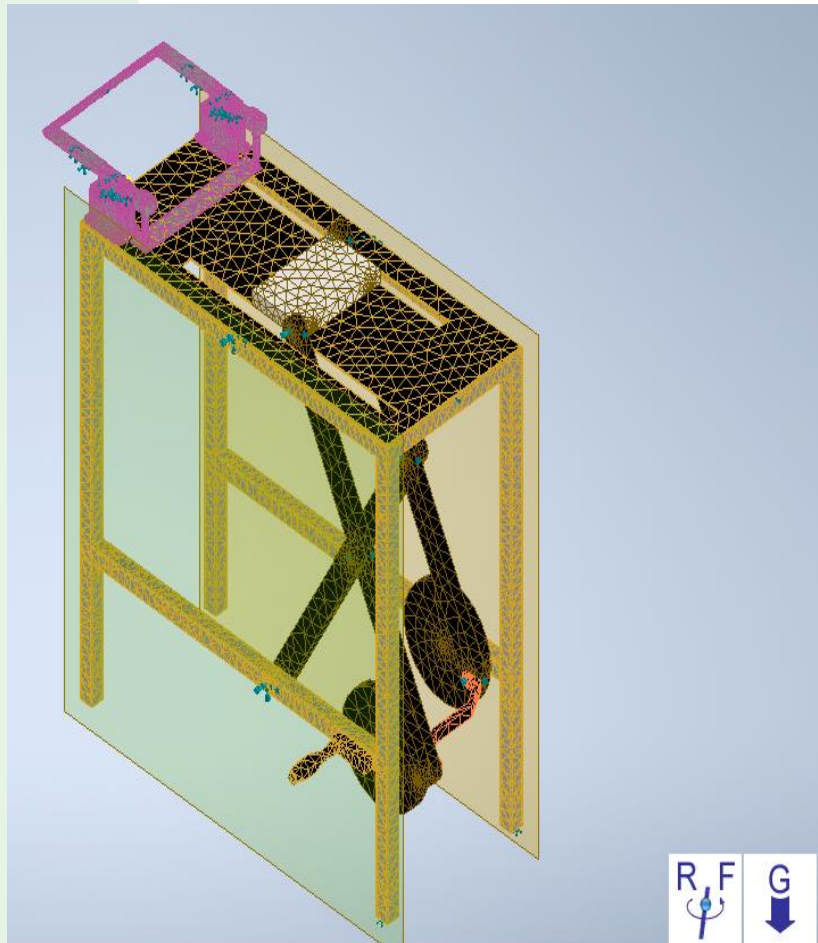
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Diseño y Simulación

## Cargas

## Restricciones



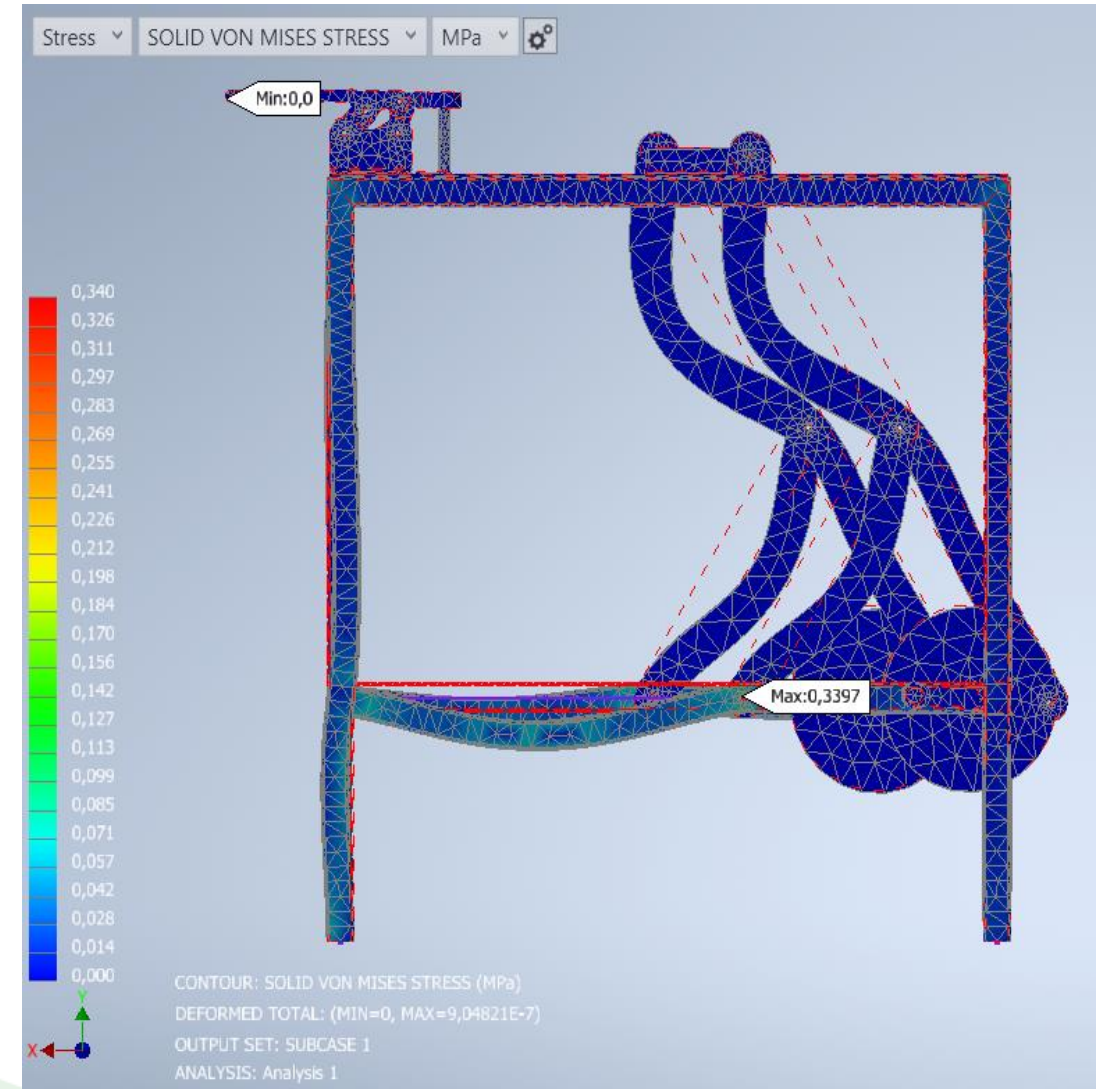
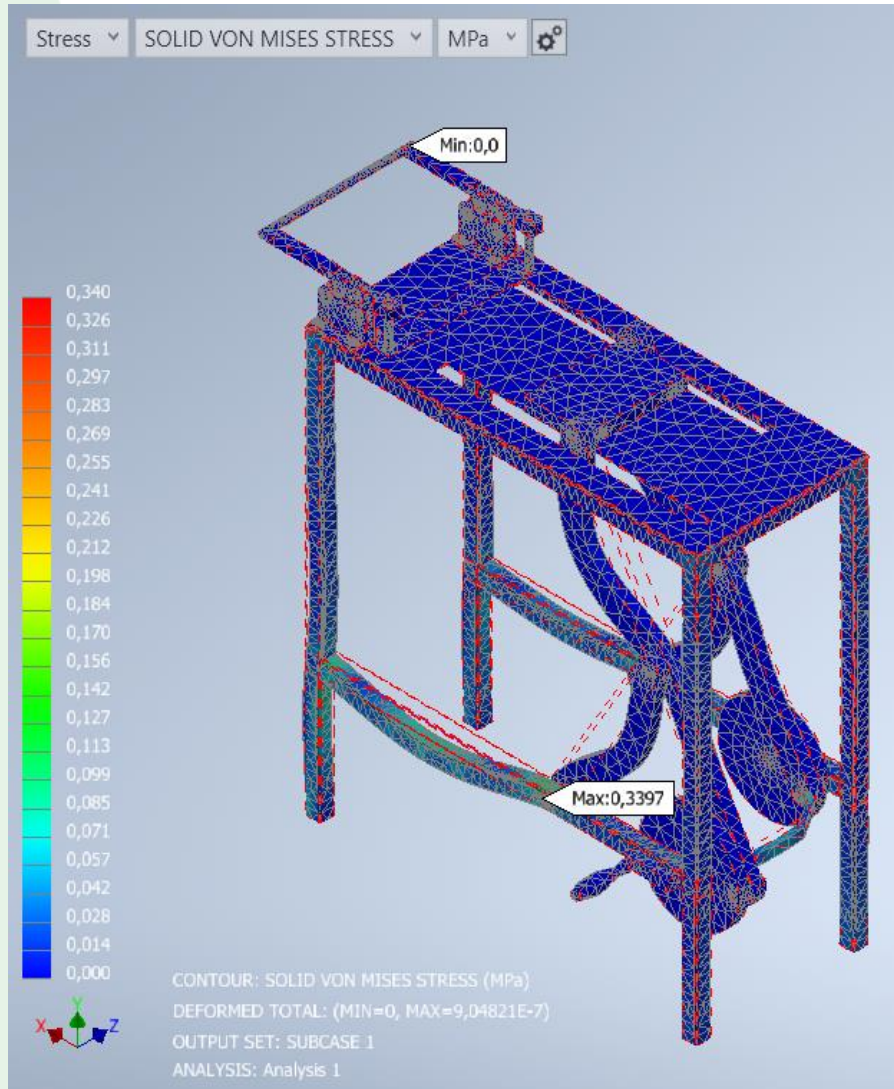
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Esfuerzos Von Mises

MEDIANTE MODULO DE DINAMICA RIGIDA DE SOFTWARE INVENTOR NASTRAN

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

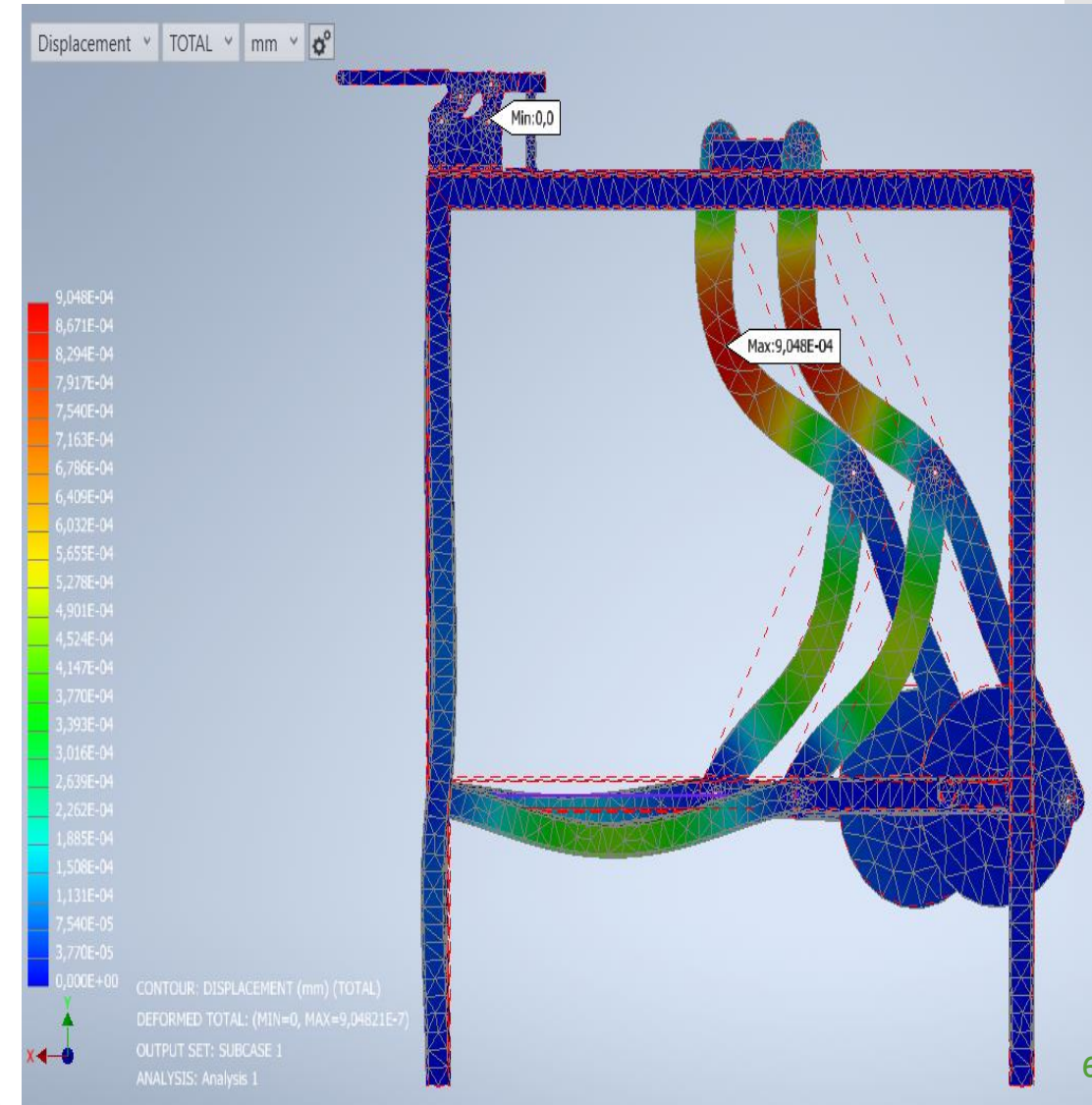
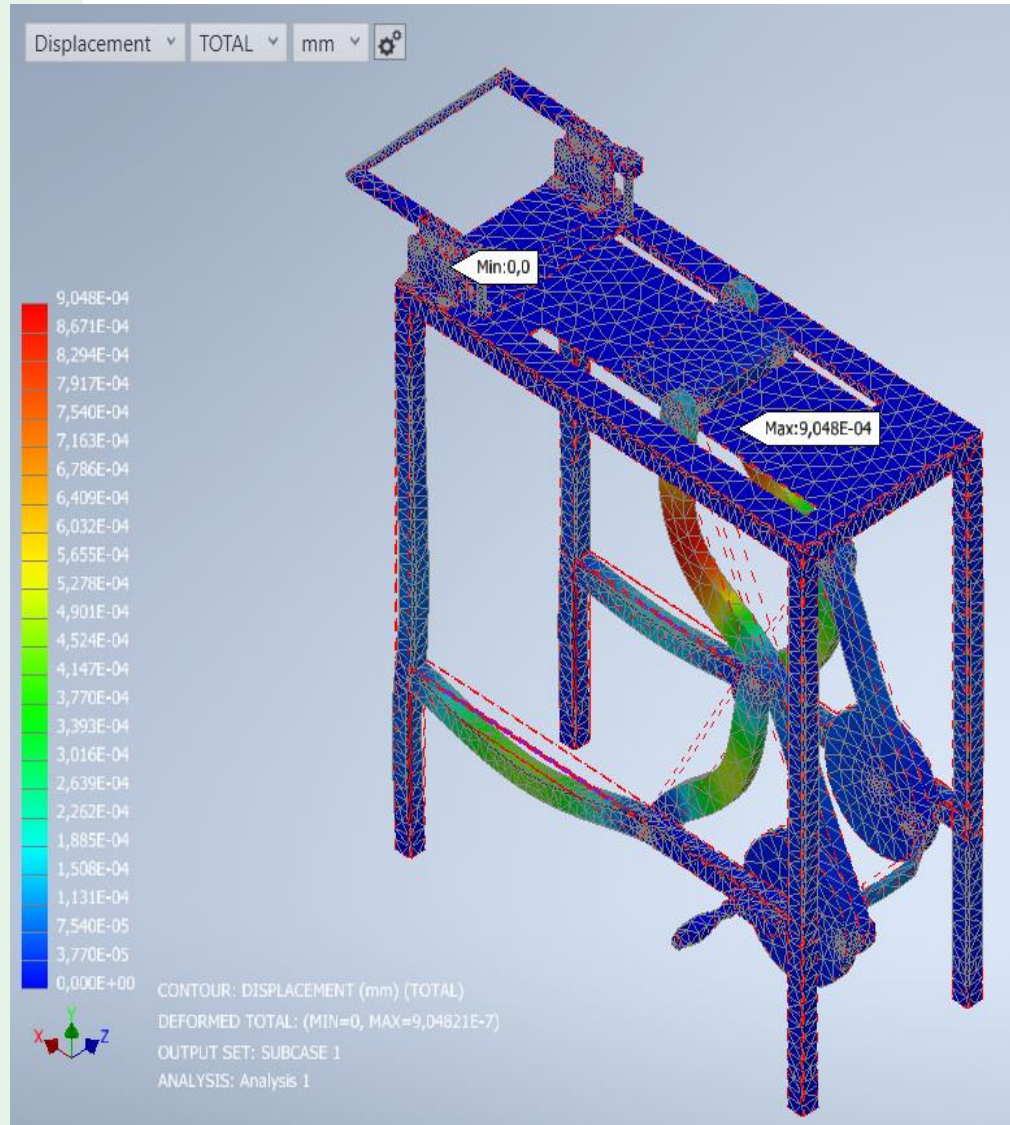




# Diseño y Simulación

## Desplazamiento

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones







# Construcción

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones

PIEZAS PARA CONSTRUIR EN ACERO ASTM A36	
No Hoja	Denominación
1	Mesa
5	Unión Eslabones
7	Placa Tol
9	Mango Mec Suj
10	Pasador Mec Suj
11	Base Mec Suj
12	Placa Suj Mec Suj
13	Largo Mec Suj

Propiedades Mecánicas	
<b>Esfuerzo a la fluencia mínimo</b>	250 MPa (36300 PSI)
<b>Esfuerzo a la tensión</b>	400 - 550 MPa (58000 - 79800 PSI)
<b>Elongación mínima en 50 mm</b>	23%
<b>Módulo de elasticidad</b>	200 GPa (29000 KSI)





# Construcción

## PIEZAS PARA CONSTRUIR EN DURALON

No Hoja	Denominación
2	Eslabón 4
3	Eslabón 2 Izquierdo
4	Eslabón 3
6	Eslabón 2 Derecho
8	Sujeción sierras

### Propiedades Mecánicas

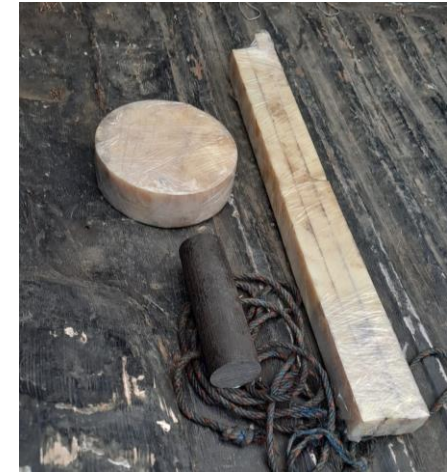
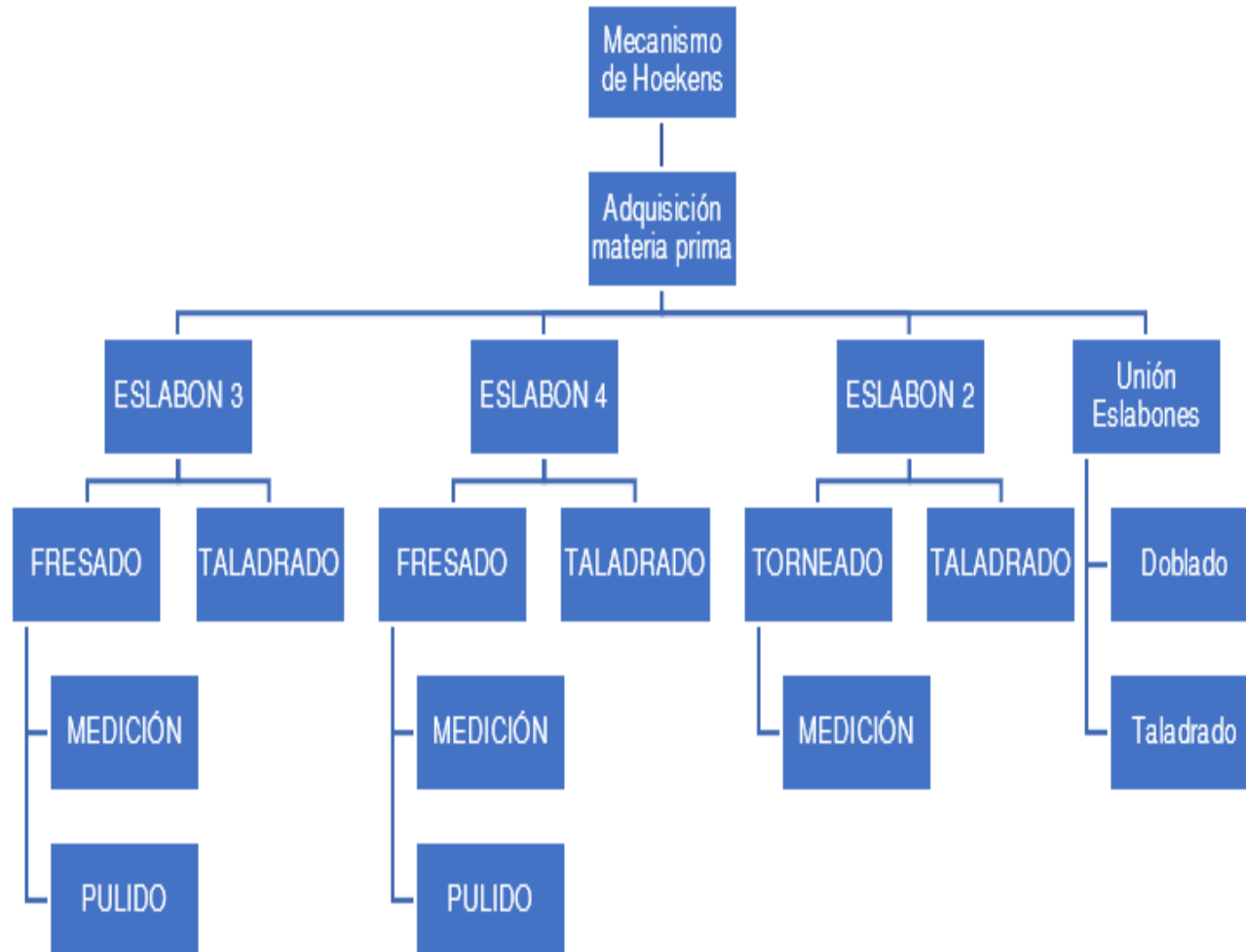
<b>Esfuerzo a la fluencia mínimo</b>	75 MPa (10877 PSI)
<b>Esfuerzo a la tensión</b>	75.57 - 77.28 MPa (10960 - 11208 PSI)
<b>Elongación mínima</b>	46%
<b>Módulo de elasticidad</b>	3097 MPa (449182 KSI)



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Construcción



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Construcción

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Construcción

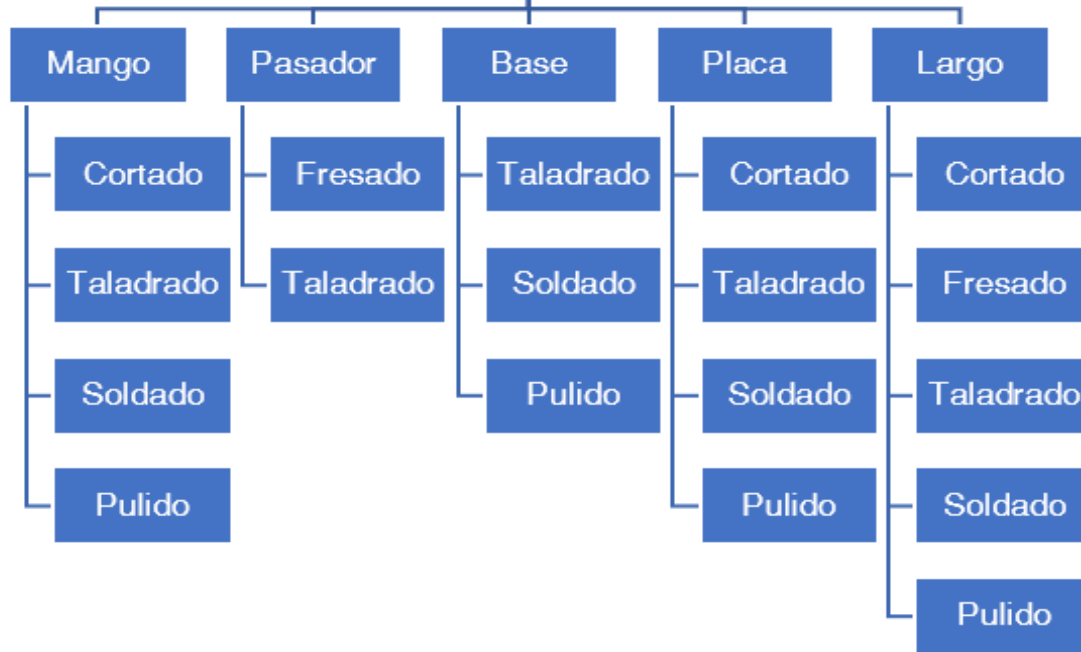


- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Construcción

## Mecanismo de sujeción



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



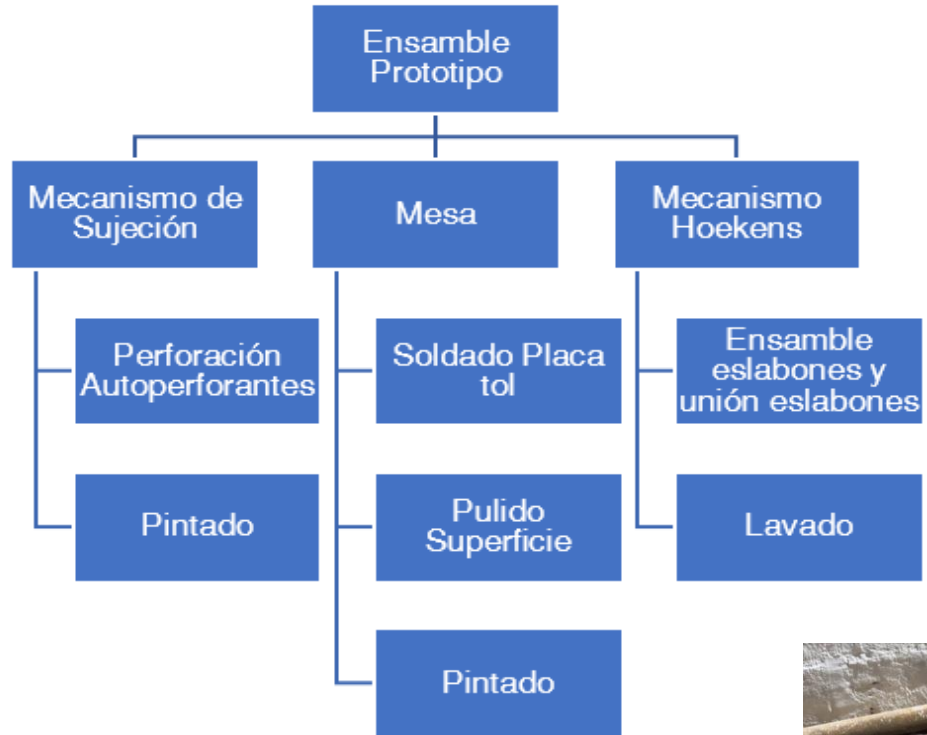
# Construcción

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Construcción



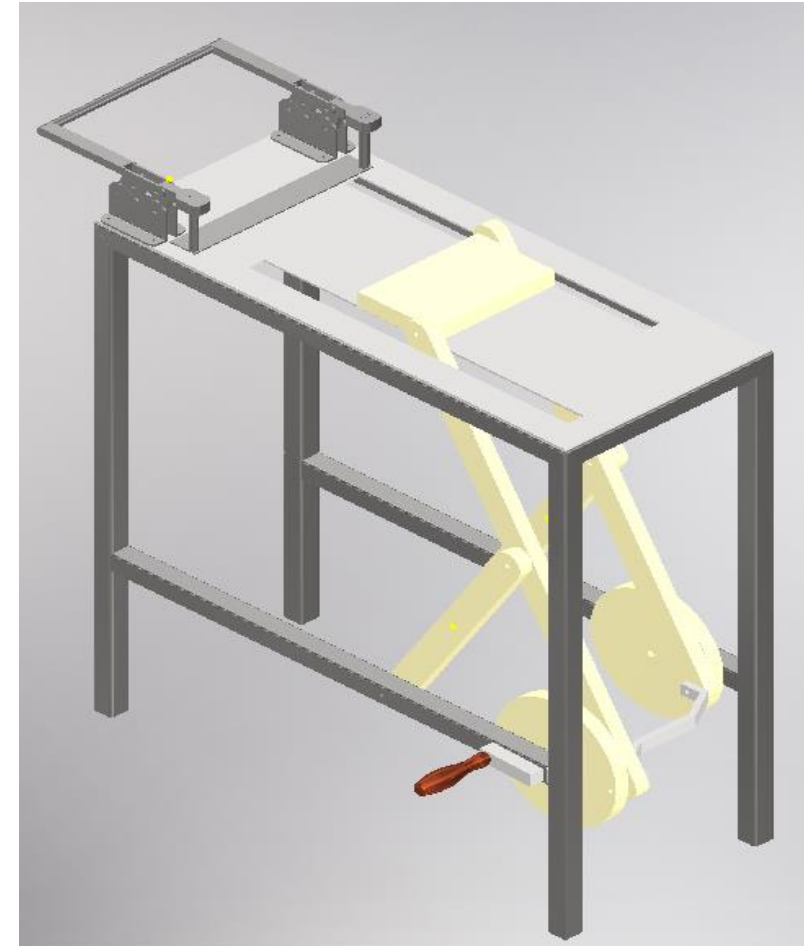
- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Construcción

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Pruebas



- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# Pruebas

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Pruebas

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Pruebas

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones





# Conclusiones

- Se concluye que el método para desfibrar tela con el que se planteó inicialmente el prototipo, el mecanismo de Hoekens con movimiento paralelo, resultó adecuado, además de ser un sistema relativamente económico por los materiales utilizados, también logró aliviarse el trabajo totalmente manual de las personas.
- Para obtener un movimiento paralelo se consideró método de eslabón de enlace con desfase que permite reducir la cantidad de eslabones en comparación a los necesarios si se utilizara el método de duplicación de mecanismo con eslabón de enlace, esto permite disminuir la posibilidad de discontinuidad de movimiento.
- El mecanismo de sujeción se lo realizó basándose en abrazaderas de palanca, mecanismo que utiliza la ventaja mecánica como multiplicador de fuerza para obtener una mayor fuerza de salida ingresando una fuerza de entrada menor a esta.

• Objetivos

• Antecedentes

• Alcance

• Justificación

• Requisitos diseño

• Fundamentación Teórica

• Diseño

• Simulación

• Construcción

• Pruebas

• Conclusiones

• Recomendaciones



# Conclusiones

- Para el diseño y construcción no se tomaron las relaciones de eslabones estándar del mecanismo de Hoekens, las cuales son para los eslabones 3 y 4 una relación de 2.5 respecto al eslabón 2. Nuestro diseño toma la relación de 3.738 para dichos eslabones, obteniendo de estos menores errores alcanzados en rectitud y mayor ángulo de transmisión.
- La forma en que se obtendrán las fibras para la posterior fabricación de guaipes es de gran interés por lo que se debe utilizar el dispositivo adecuado para esto, como lo son las sierras que permiten la rápida obtención de dichas fibras.
- La ayuda que ofrece el prototipo experimental a la hora de la fabricación de guaipes radica en una vez encontrado el sentido de la fibra en que la tela puede ser deshebrada de forma manual, la tela se fija con el mecanismo de sujeción y se realiza el movimiento para seguir desfibrando la tela por medio del mecanismo de Hoekens.

• Objetivos

• Antecedentes

• Alcance

• Justificación

• Requisitos diseño

• Fundamentación Teórica

• Diseño

• Simulación

• Construcción

• Pruebas

• Conclusiones

• Recomendaciones





# Recomendaciones

- Se sugiere como recomendación para trabajos futuros la implementación de un mecanismo que permita integrar con un eslabonamiento y sincronice el mecanismo de sujeción y el mecanismo de Hoekens, con el objetivo de permitir que la tela se desplace cierta longitud cada N cantidad de vueltas del mecanismo.
- Para prototipos futuros con otros grupos de estudiantes se recomienda tomar en consideración superficies de trabajo inclinadas donde sean fijadas las telas o superficies verticales, con el fin de evitar que las telas se enrollen al terminar el trabajo de desfibrado, con superficies inclinadas o verticales, la gravedad se encargará de extender de nuevo la tela para un trabajo adecuado.

- Objetivos
- Antecedentes
- Alcance
- Justificación
- Requisitos diseño
- Fundamentación Teórica
- Diseño
- Simulación
- Construcción
- Pruebas
- Conclusiones
- Recomendaciones



# GRACIAS POR SU ATENCIÓN