

**TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS DEL  
DINAMOMETRO DE RODILLOS”**

**AUTOR: VILLACÍS SERRANO, JOEL ALEXANDER  
TUTOR: ING. BELTRÁN REYNA, ROBERTO FÉLIX**

**LATACUNGA, MARZO 2022**





# ***CONTENIDO***

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

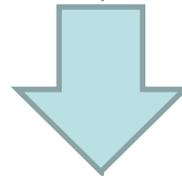


# CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

# INTRODUCCIÓN

Diagnóstico ————— Mantenimiento ————— Servicio



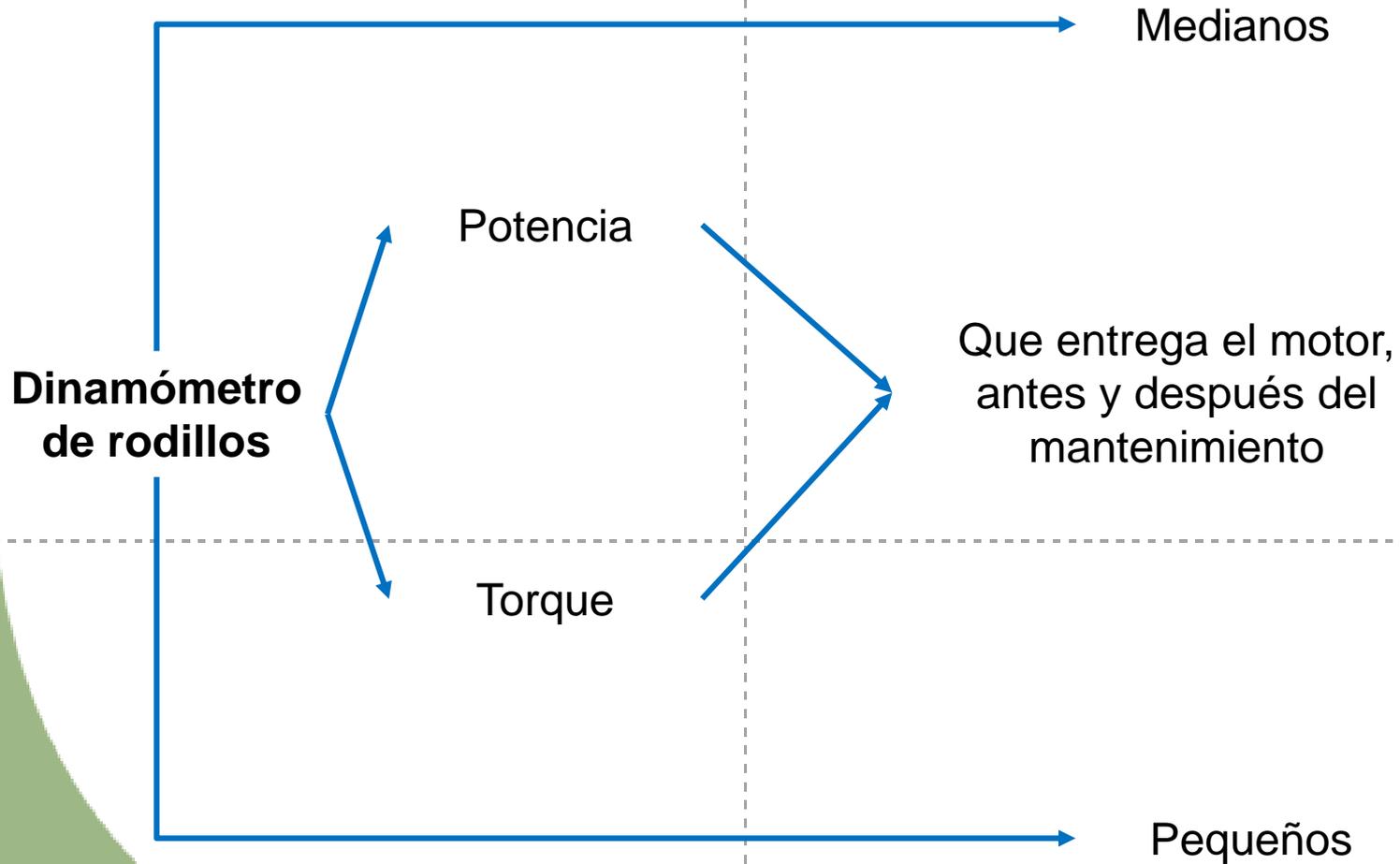
Conocimiento ————— Adquisición ————— Mejora



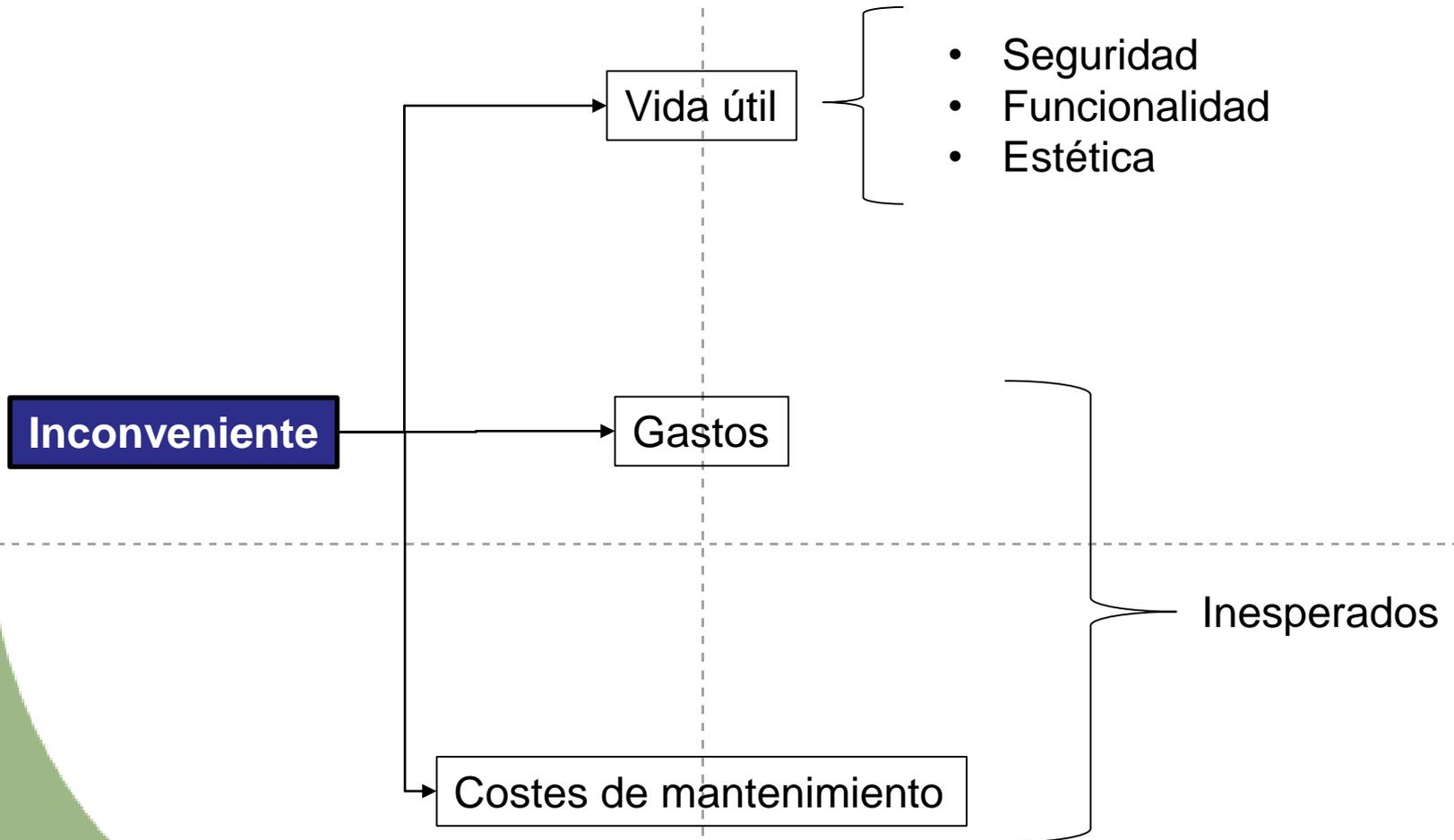
Escáner ————— Osciloscopio ————— Elevadores

Entre otros

# INTRODUCCIÓN



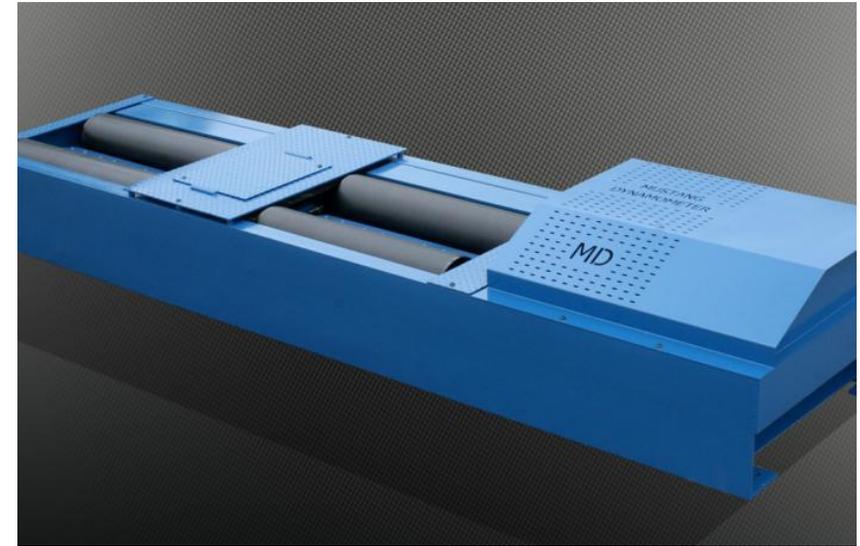
# INTRODUCCIÓN





- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

Elementos del dinamómetro de rodillos que tengan tendencia a cumplir con las propiedades físicas y químicas requeridas para su correcto funcionamiento



Impulsar la adquisición de dinamómetros de rodillo en talleres automotrices medianos y pequeños que brinden servicios acordes a la reparación del motor



# CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 **Objetivos**
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



# **OBJETIVOS**

## **Objetivo General**

- Determinar la vida útil a través de los elementos críticos del dinamómetro

## **Objetivos Específicos**

- Identificar los elementos críticos que componen el dinamómetro de rodillos a través de la relevancia que estos tienen sobre el funcionamiento del mismo
- Estudiar los materiales y construcción de cada elemento crítico para asegurar su correcto funcionamiento.
- Calcular la vida útil de cada elemento finito para definir la vida útil del dinamómetro de rodillos como un conjunto unitario.



# ***CONTENIDO***

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

## Vida útil de los rodillos

### ACERO SAE 1010

Composición Química	
Carbono (C)	0.08/0.13%
Manganeso (Mn)	0.3/0.6%
Fosforo (P)	0.04% máx.
Azufre (S)	0.05% máx.
Silicio (Si)	0.1% máx.
Propiedades Mecánicas	
Límite elástico $kg/mm^2$	45/60
Resistencia a la tracción $kg/mm^2$	40
% de alargamiento	20
% de reducción de área	40
Dureza <u>Brinell</u>	58-60 HRC

Los rodillos no se deben maquinar en su totalidad por lo que se debe soldar las puntas del eje con el cilindro de la sección hueca

# METODOLOGÍA

## Cálculo de la soldadura del rodillo

### Determinación del área de soldadura

$$A = 1.414\pi hr$$

$$A = 1.414 * \pi * 0.008(m) * 0.16195(m)$$

$$A = 5.75 E^{-3} (m)$$

### Esfuerzo primario de la soldadura para flexión

$$\sigma_{\text{primario}} = \frac{f_r}{A}$$

$$\sigma_{\text{primario}} = \frac{15794.1 (N)}{5.75 E^{-3} (m^2)}$$

$$\sigma_{\text{primario}} = 2.75 (MPa)$$

# METODOLOGÍA

## Esfuerzo secundario de la soldadura para torsión

$$\sigma_{\text{secundario}} = \frac{M_r}{J}$$

$$\sigma_{\text{secundario}} = \frac{2766.80 \text{ (N.m)} * 0.16195 \text{ (m)}}{3.44 \text{ E}^{-4} \text{ (m)}^4}$$

$$\sigma_{\text{secundario}} = 1.3 \text{ (MPa)}$$

## Esfuerzo máximo de la soldadura

$$\sigma_{\text{max}} = \sqrt{\sigma_{\text{primario}}^2 + \sigma_{\text{secundario}}^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \sqrt{(2.75 \text{ (MPa)})^2 + (1.3 \text{ (Mpa)})^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 3.04 \text{ (MPa)}$$

## Resistencia del cordón de soldadura

TIPO DE SOLDADURA	$K_f$
A tope, con refuerzo	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes longitudinales paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

$$\sigma_{\text{cordón}} = K_{fs} * \sigma_{\text{max}}$$

$$\sigma_{\text{cordón}} = 1.5 * 3.04 \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{\text{cordón}} = 4.56 \text{ (MPa)}$$

## Vida finita del rodillo

$$\frac{0.9 * S_{ut} - S_e}{10^3 - 10^6} = \frac{\sigma_p - S_e}{N - 10^6}$$

$$\frac{0.9 * 320 \text{ MPa} - 84.302 \text{ MPa}}{10^3 - 10^6} = \frac{0.459 \text{ MPa} - 84.302 \text{ MPa}}{N - 10^6}$$

$$\frac{203.698 \text{ MPa}}{-999000} = \frac{-83.843 \text{ MPa}}{N - 10^6}$$

$$N - 10^6 = \frac{-83.843 \text{ MPa} * -999000}{203.698 \text{ MPa}}$$

$$N - 10^6 = \frac{-83.843 \text{ MPa} * -0.99 \times 10^6}{203.698 \text{ MPa}}$$

$$N - 10^6 = 407488.3897$$

$$N = 407488.3897 + 10^6$$

$$N = 1407488.39 \text{ ciclos}$$

## Vida útil del eje

### ACERO SAE 1018

#### Composición Química

Carbono (C)	0 - 0.20%
Manganeso (Mn)	0 - 0.7%
Fosforo (P)	0 - 0.4%
Azufre (S)	0 - 0.05%
Silicio (Si)	0 - 0.25%

#### Propiedades Mecánicas

Resistencia mecánica $N/mm^2$	410 - 520
Punto de fluencia $N/mm^2$	235
% de alargamiento	20
Dureza Rockwell B	143

El eje y los rodillos se modelan como elementos paralelos y el equilibrio de los mismos está en serie, razón por la cual la vida útil del eje va a ser igual a la vida útil de los rodillos

# METODOLOGÍA

## Chavetero y chaveta para el eje de rodillo

### Teoría de falla de la chaveta

$$t_{diseño} \leq \frac{0.40 * S_y}{n_s}$$

$$t_{diseño} \leq \frac{0.40 * 310.05 (MPa)}{3}$$

$$29.86 (MPa) \leq 41.34(MPa)$$

$$S_{diseño} \leq \frac{0.90 * S_y}{n_s}$$

$$S_{diseño} \leq \frac{0.90 * 310.05 (MPa)}{3}$$

$$59.74 (MPa) \leq 93.015(MPa)$$

# METODOLOGÍA

## Vida útil del rodamiento y chumacera

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{P_1^a}{P_2}$$

$$L_2 = L_{diseño} = L_1 * \frac{P_1^a}{P_2}$$

$$L_{diseño} = 10^6 * \frac{173 (KN)^{3.33}}{14.825 (KN)}$$

$$L_{diseño} = 3575042143 \text{ rev}$$

La vida útil del rodamiento expresado en horas es

$$L_{diseño} = 3575042143 \text{ rev} * \frac{1 (\text{minutos})}{980.57 (\text{rev})} * \frac{1 (h)}{60 (\text{minutos})}$$

$$L_{diseño} = 60764.69 (\text{horas})$$



# METODOLOGÍA

## Vida útil del acople flexible

Acero solido AISI 1018, selección correcta del acople flexible se toman en cuenta el momento torsor del rodillo

$$T = 683.39 \text{ (Nm)}$$

El momento torsor que puede transmitir un acople flexible

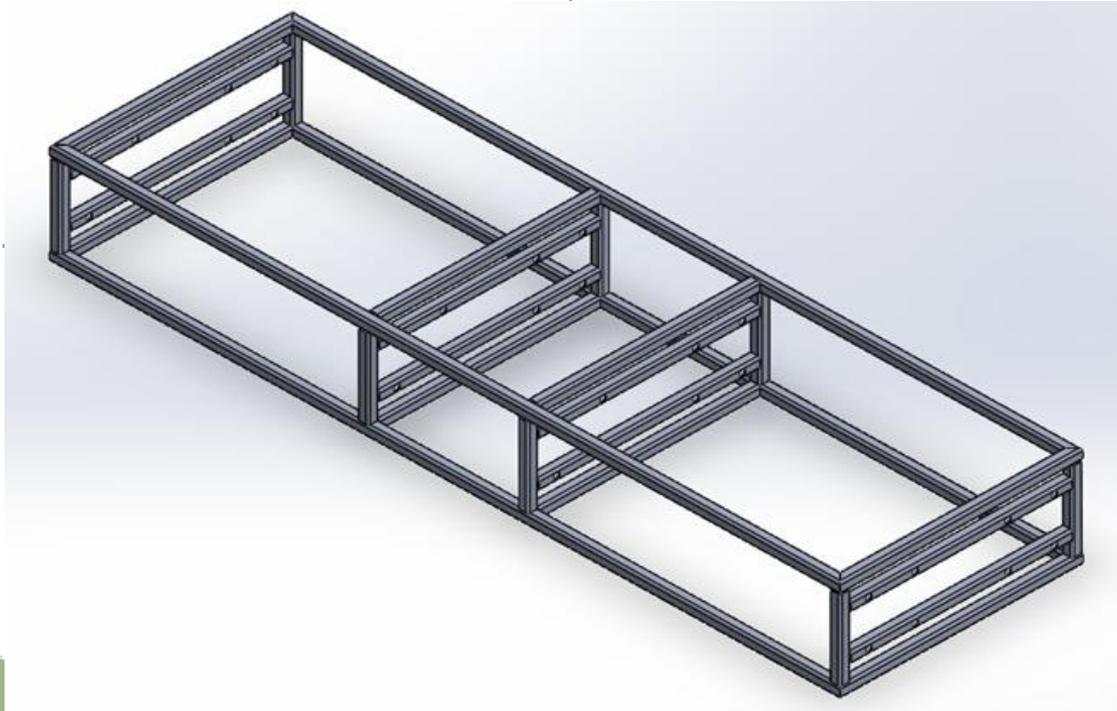
$$T = 6046.09 \text{ (Lb. in)}$$

SIZE	Torque Rating (lb-in) †	Max Bore (Flanged Hub)	Min Bore <sup>■</sup>	Pilot Hub Bore	Wt Per Cplg No Bore-lb	Wt Added Per Inch of Length of SD Dia Between Hubs	Lube Wt Per Cplg-lb	DIMENSIONS											
								A	BE Min	C	D	DD	F	J	M	P	SB	SD	Gap
1030T	1,320	1.375	.500	1.06	8.6	0.279	.09	4.56	6.38	1.88	1.94	3.30	3.18	1.98	3.06	1.06	1.06	1.12	.125
1050T	3,850	1.875	.500	1.44	19.5	0.500	.15	6.20	7.66	2.38	2.62	4.14	4.12	2.33	3.70	1.42	1.44	1.50	.125
1070T	8,800	2.500	.750	1.94	34.4	0.889	.25	7.20	8.38	3.00	3.44	4.98	5.08	2.56	4.06	1.96	1.94	2.00	.125
1080T	18,150	3.000	1.062	2.44	58.2	1.390	.38	8.60	10.82	3.50	4.12	6.10	6.15	3.38	5.28	2.05	2.44	2.50	.125



## **Vida útil del chasis del dinamómetro**

Acero seleccionado para la aplicación AISI SAE 1018, conformado para dar forma y resistencia al dinamómetro.





# METODOLOGÍA

## Vida útil del chasis del dinamómetro

Zona 1: de altos cloruros y sulfatos medios

Zona 2: de altos contenidos de sulfatos

Zona 3: de sulfatos moderados a bajos

Zona 4: de bajo contenido de cloruros

	PM para $t < 10$ años	Tc para $t \geq 10$ años
<b>Z1</b>	$\frac{26.1698}{1 + 12.6337 * e^{-0.804555*(0.9095*P-0.6381)}}$	$8.556 * t^{0.63}$
<b>Z2</b>	$\frac{23.2509}{1 + 3.6444 * e^{-0.185294*(0.903*P+0.3881)}}$	$44.536 * t^{0.4}$
<b>Z3</b>	$0.801176 + 0.433684 * \left(0.9185 * P - 0.6739\frac{1}{2}\right)^2$	$12.956 * t^{0.58}$
<b>Z4</b>	$\frac{3.83184}{1 + 4.98507 * e^{-0.0117863 * \frac{TdH+t}{2}}}$	$13.623 * t^{0.3}$



# ***CONTENIDO***

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

# RESULTADOS

## Rodillos

Construcción elemento



Esfuerzo máximo de la soldadura

3.04 (MPa)



Resistencia de la soldadura

4.56 (MPa)



Electrodo E6010

430 (MPa)

Vida útil



1407488.39 ciclos



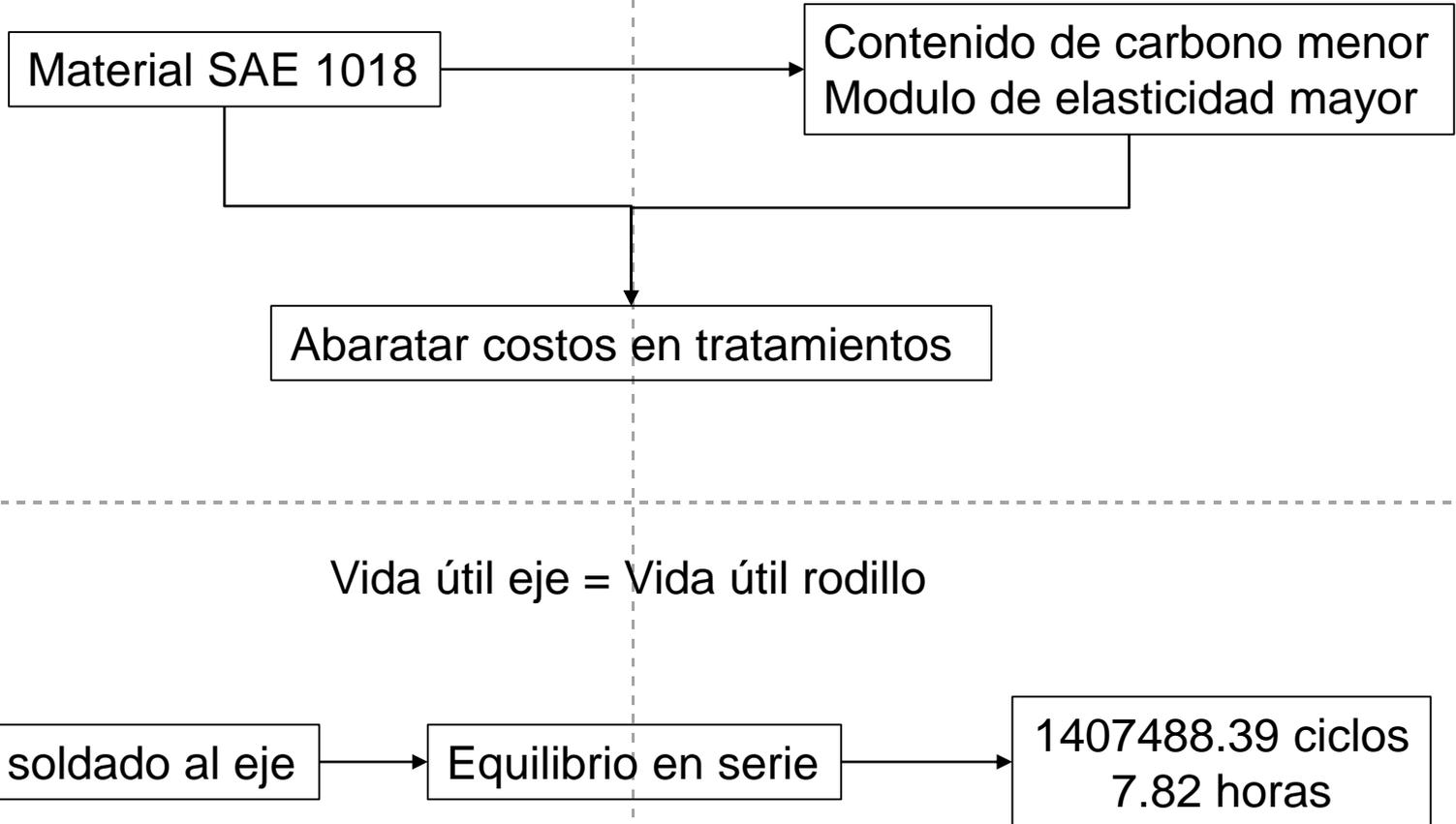
7.82 horas



8 horas diarias

# RESULTADOS

## Eje



# RESULTADOS

## Chavetero Chaveta

Alto 0,02m  
Ancho 0,02m

1/4

Diámetro del eje 0,08m

Esfuerzo Cortante



41,34 (MPa) > 29,86 (MPa)

Esfuerzo de Aplastamiento



93,015 (MPa) > 59,74 (MPa)

# RESULTADOS

## Rodamiento chumacera

Diámetro interior 0,08m



Dimensiones y características  
propias del fabricante

Ciclos 3575042143

60764.69 horas

Vida útil

21.28 años

7.82 horas

365 días

# RESULTADOS

## Acople flexible

1070 T

Torque máximo 8800 lb.in

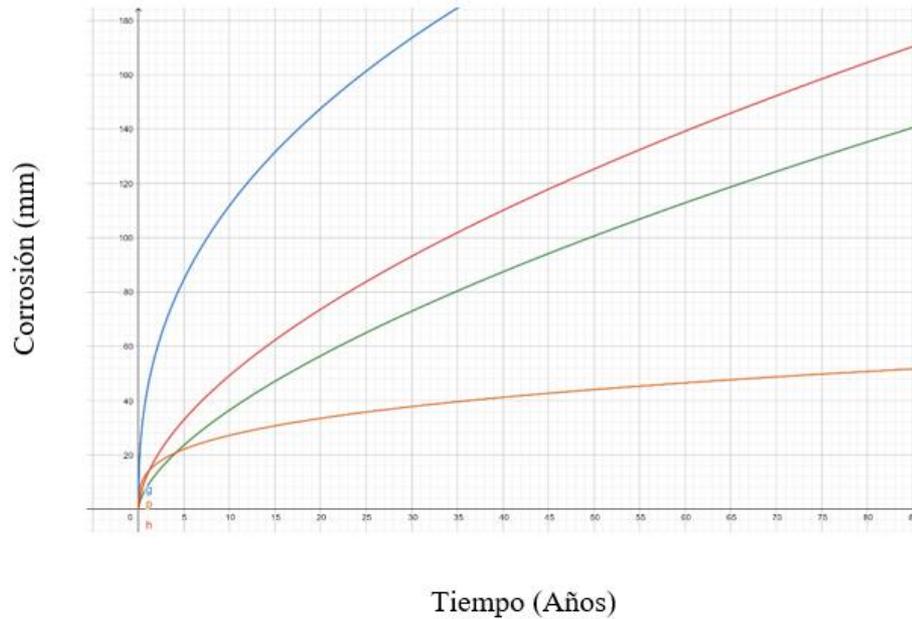
Momento torsor del rodillo 6046.09 lb.in

Vida útil ==> Lubricación adecuada

# RESULTADOS

## Chasis

35 años



Zona 1 1,84 mm

Zona 1 1,04 mm

Zona 1 0,8 mm

Zona 1 0,4 mm

# RESULTADOS

## Factores externos

Agentes externos

- Humedad
- Aceites
- Grasas
- Ácidos



Vida útil  
Puede alargarse o acortarse

Mantenimiento

Formas de uso



# ***CONTENIDO***

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



## **CONCLUSIONES**

Se identificó los elementos críticos a partir del análisis de funciones y consideraciones operativas que rigen el propósito de uso del dinamómetro de rodillos, considerando fuentes bibliográficas certificadas por instituciones educativas, de la misma manera con basamento en videos demostrativos del funcionamiento del dinamómetro.

Mediante el estudio de los materiales empleados para la construcción de los diferentes elementos críticos analizados, se determinó la relevancia en cuanto a la vida útil de los mismos en condiciones de críticas de funcionamiento.

Se usaron métodos matemáticos para determinar la vida útil de los elementos críticos del dinamómetro de rodillos, cumpliendo condiciones ideales de funcionamiento.



## ***CONCLUSIONES***

Los resultados de la vida útil son satisfactorios en concordancia con los periodos de trabajo diario en el Ecuador tomando en cuenta, las condiciones de uso y las condiciones atmosféricas de la Región.



# ***CONTENIDO***

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 **Recomendaciones**



## ***RECOMENDACIONES***

Para realizar el análisis de la vida útil se recomienda corroborar que la selección del material para cada elemento, sea la adecuada de acuerdo a la función que este va a cumplir dentro del dinamómetro de rodillos, para de esta manera poder descartar fallos por fatiga de los materiales.

Para profundizar este estudio se recomienda, investigar métodos de mantenimiento preventivo a los componentes del dinamómetro de rodillos, para de esta manera extender la vida útil de los mismos.

En el caso del análisis de la vida útil por las condiciones atmosféricas, es recomendable tomar en cuenta factores externos que perjudiquen directamente en la integridad de los materiales que conforman los elementos del dinamómetro de rodillos.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS  
POR SU  
ATENCIÓN