



Diseño y Simulación de un Sistema de Regulación de Velocidades de 0 a 20 RPM en un Torno Horizontal Estándar Para Realizar el Proceso de Soldadura en la Empresa GERCASA S.A.

Proyecto de Titulación para Ingeniero Mecánico en Energía y Control

Autor: Daniel Minas

Tutor: Ing. Jaime Molina, MsC.

Quito, Febrero 2018

Introducción

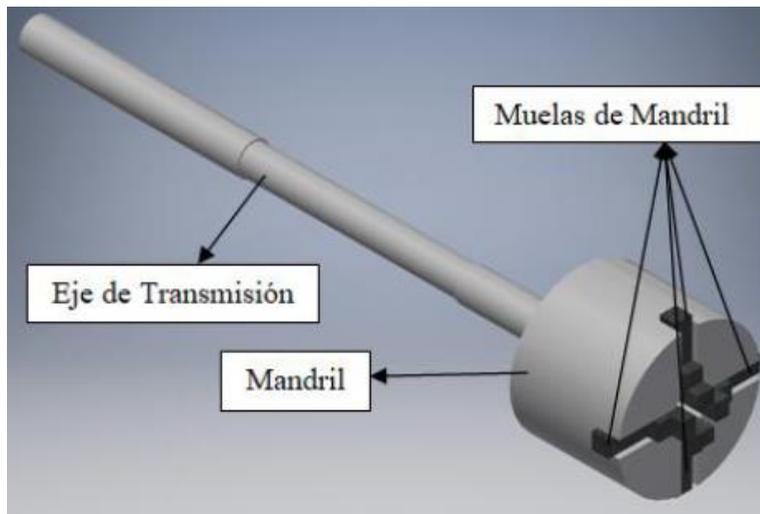
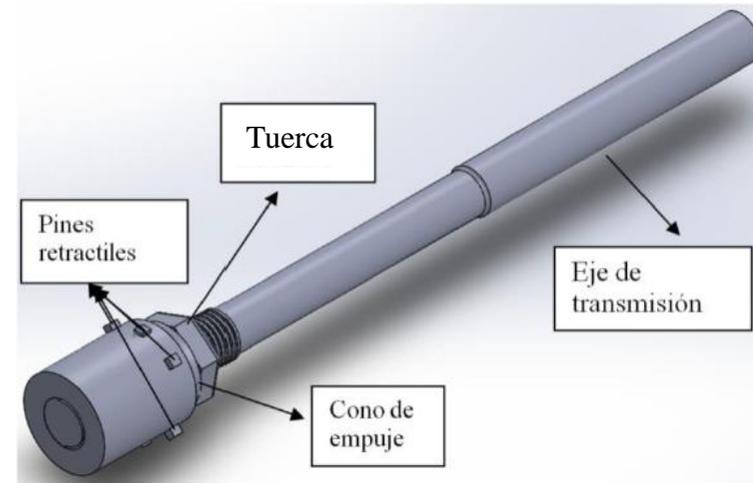
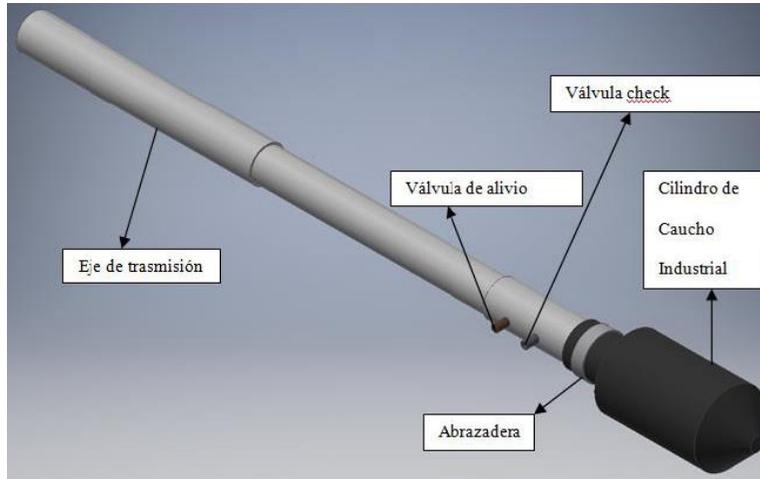


Problema y Objetivo



Diseñar un sistema de regulación de velocidades mecánico que sea activado de manera eléctrica y realizar la simulación de los elementos más propensos a fallar mecánicamente por carga estática al variar la velocidad del motor eléctrico o por el esfuerzo al que estén sometidos utilizando el software de computador Ineventor Autodesk.

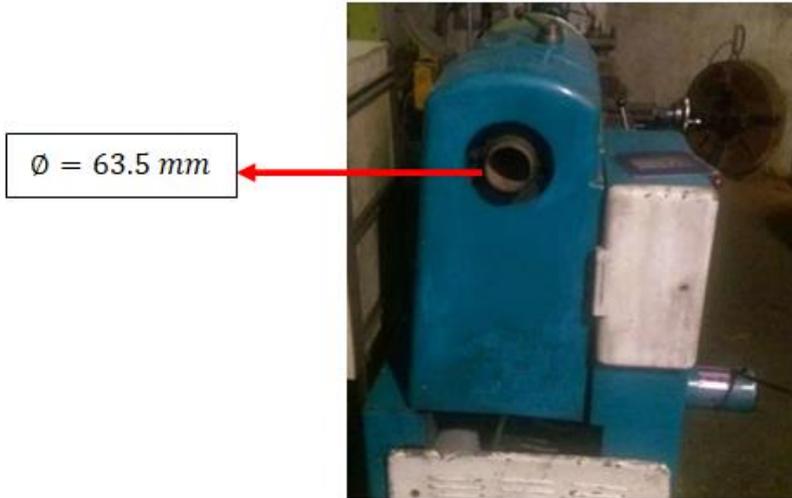
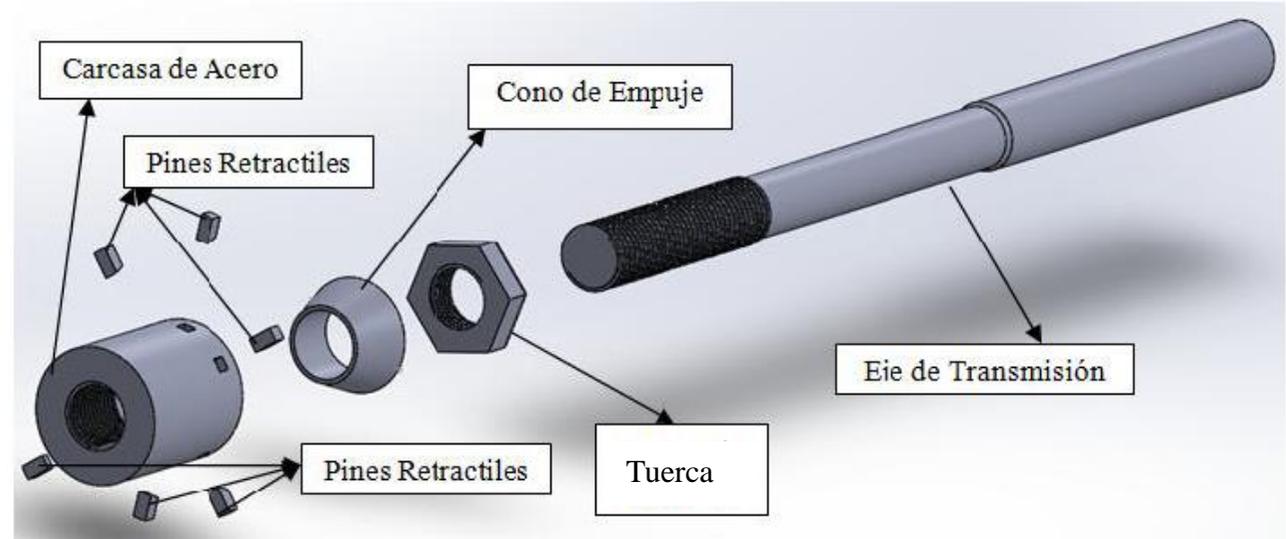
METODOLOGÍA



- La alternativa escogida es el sistema mecánico
- El sistema de control va a ser el mismo para cualquiera de las alternativas.

Aspectos Ponderados:

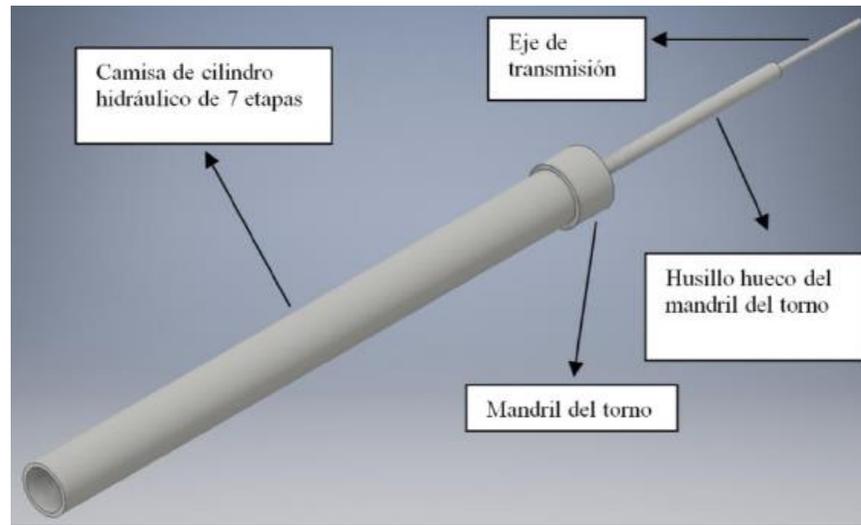
- Mantenimiento
- Costos
- Seguridad
- Fabricación



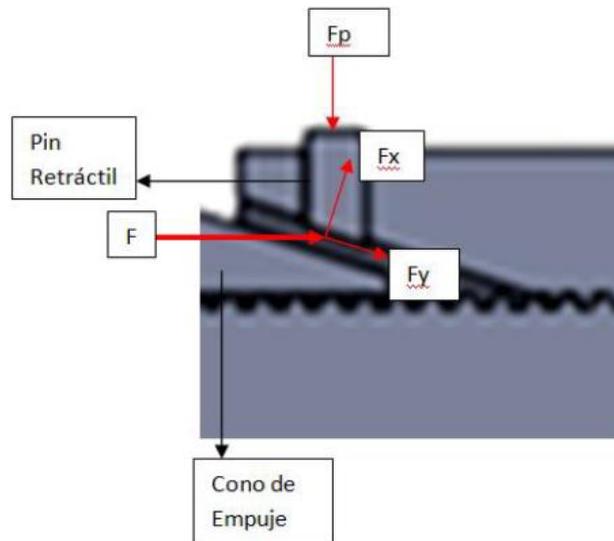
| Propiedades mecánicas | |
|---------------------------|------------------------------|
| | Bonificado |
| Resistencia a la tracción | 95 - 105 kgf/mm ² |
| Límite de fluencia | 60 - 74 kgf/mm ² |
| Dureza (HB) | 280 - 340 |
| Elongación | 10 - 18 % |

Acero AISI 4340

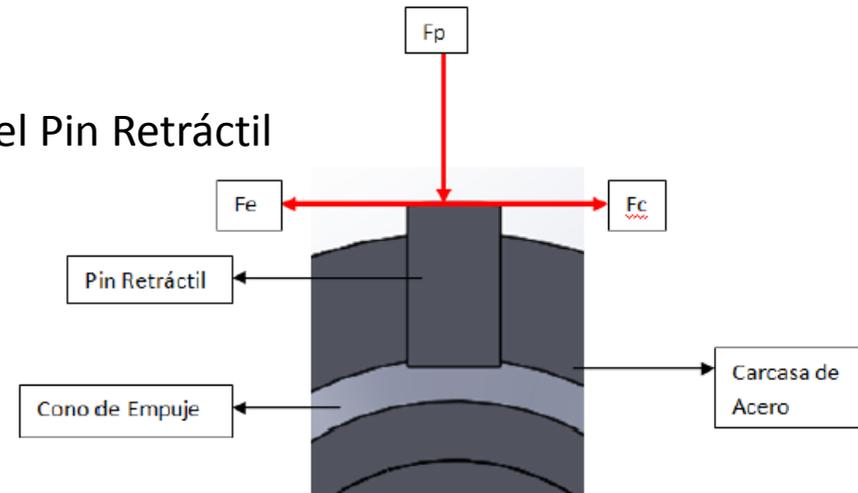
FUERZAS DE TRABAJO

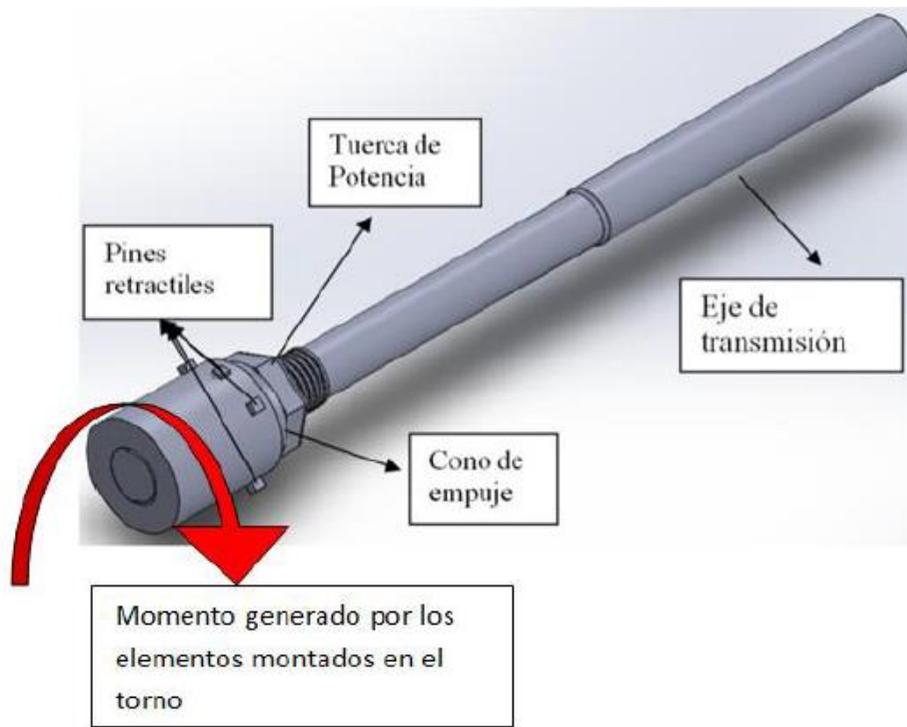


Fuerza con la que empuja la tuerca: 1421 [N m]



Fuerzas sobre el Pin Retráctil





- Potencia del motor eléctrico

$$P_m = F_c * V_e$$

$$P_m = 852.522 \text{ W}$$

$$P_m = 1.1 \text{ HP}$$

Potencia del motor: 2HP

Los elementos sometidos a mayor esfuerzo son los pines retráctiles y el eje de transmisión, por lo tanto los cálculos de factor de seguridad son de estos elementos dando como resultado

$$F.S. \text{ pin} = 4.23$$

$$F.S. \text{ eje} = 4.2$$

Simulación del Pin Retráctil

Pin Retráctil

Fuerzas

Cantidad

Unidades

Fx

15230

N

Configuración de malla

Configuración común

Tamaño medio de elemento
(como fracción de la longitud del cuadro delimitador)

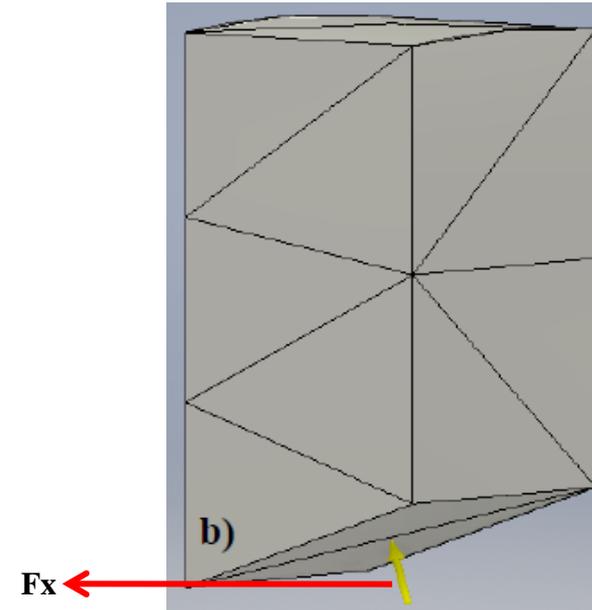
Tamaño mínimo de elemento
(como fracción del tamaño medio)

Factor de modificación

Ángulo máximo de giro

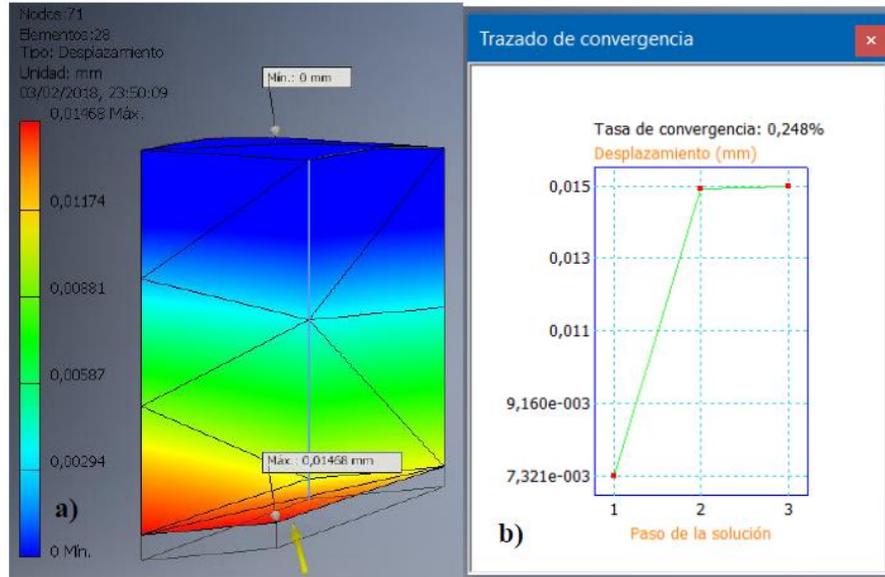
Crear elementos de malla curva

 **d)**

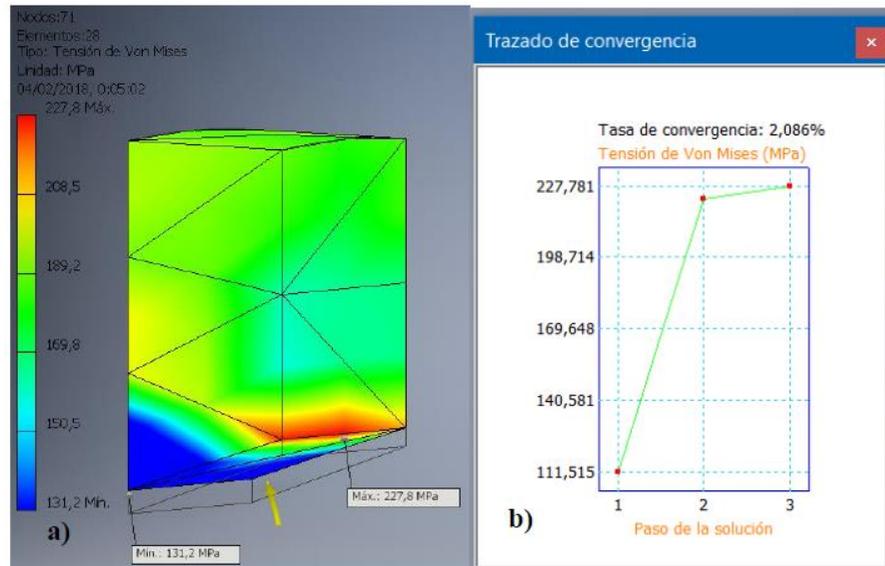


Malla del Pin Retráctil:
28 elementos, 71 nodos

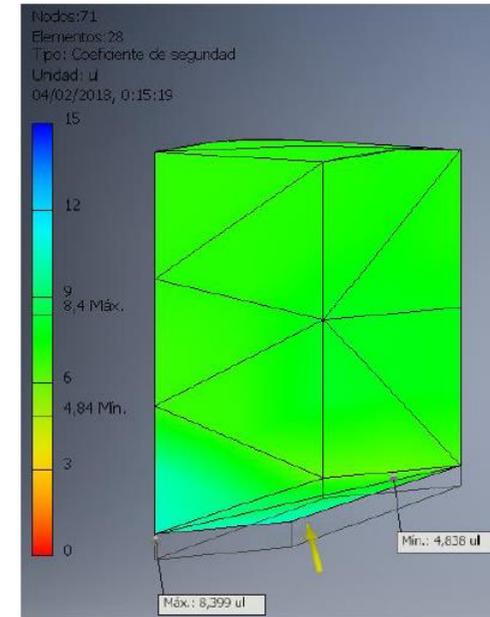
Resultados del Pin Retráctil



•Desplazamiento



•Tensión de Von Mises



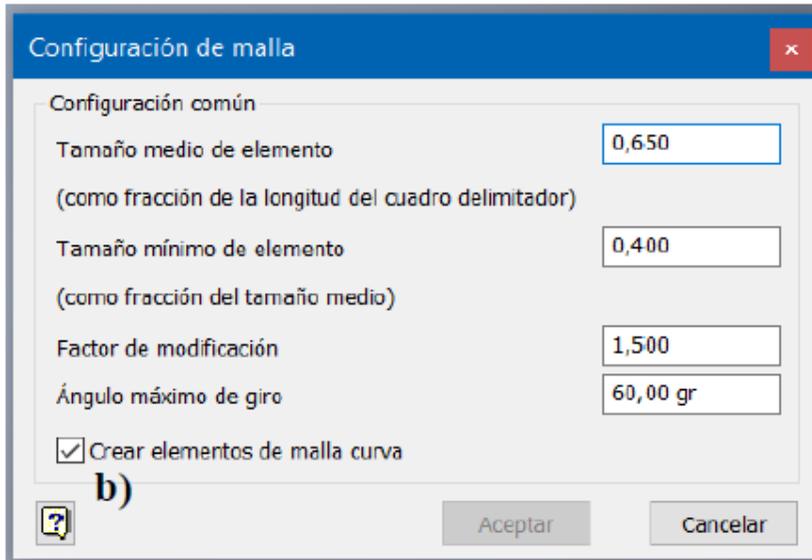
•Factor de Seguridad

Simulación del Eje de Transmisión

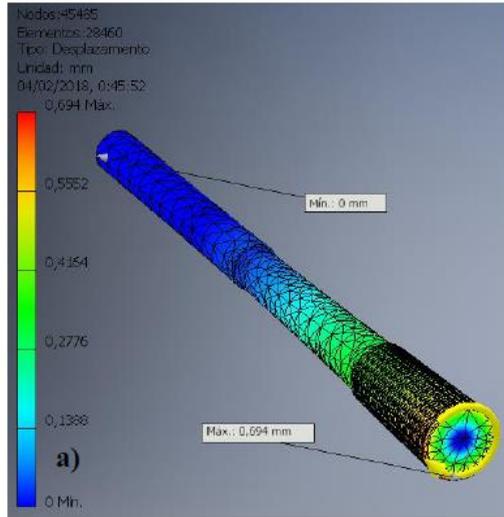
Eje de Transmisión

| Momento | Cantidad | Unidades |
|-----------|----------|----------|
| Tm | 407.048 | N m |

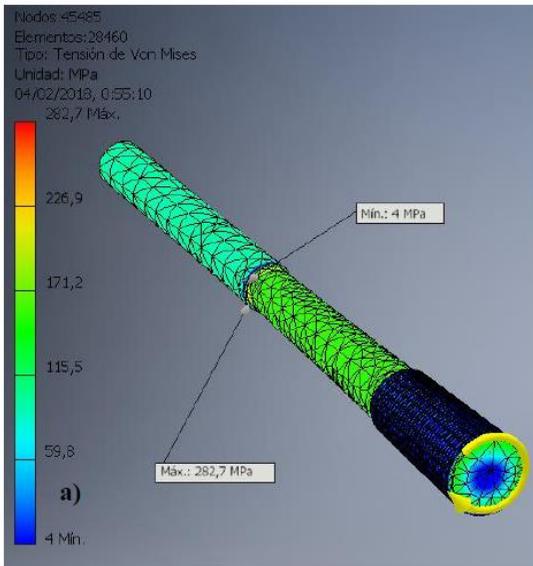
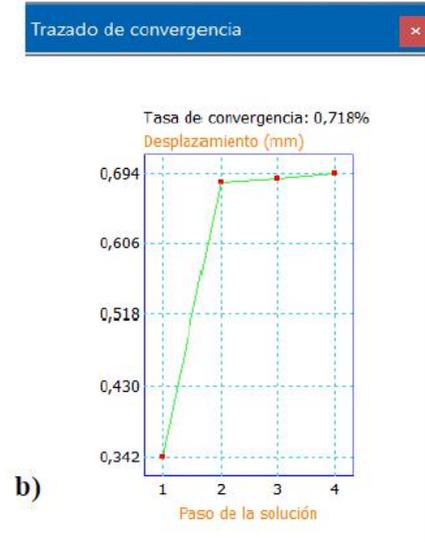
Malla del eje:
28460 elementos y 45485 nodos



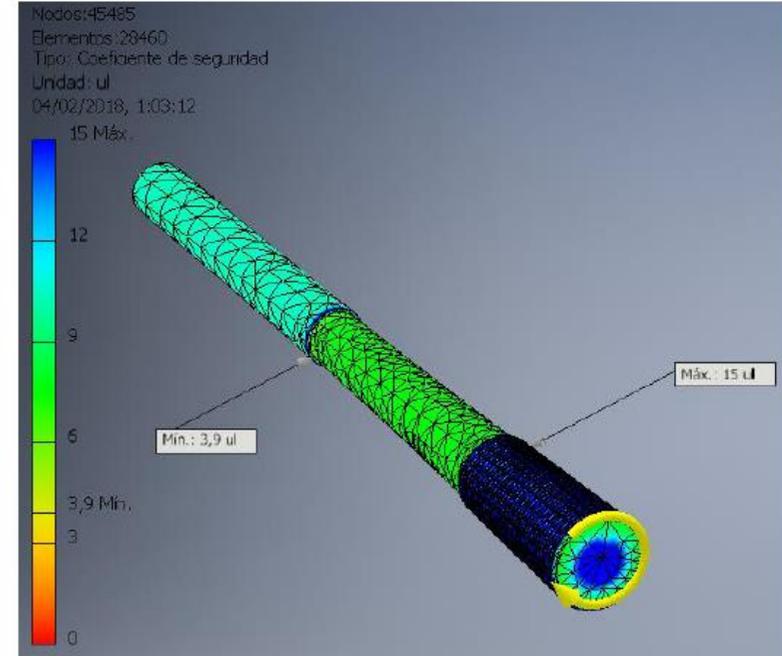
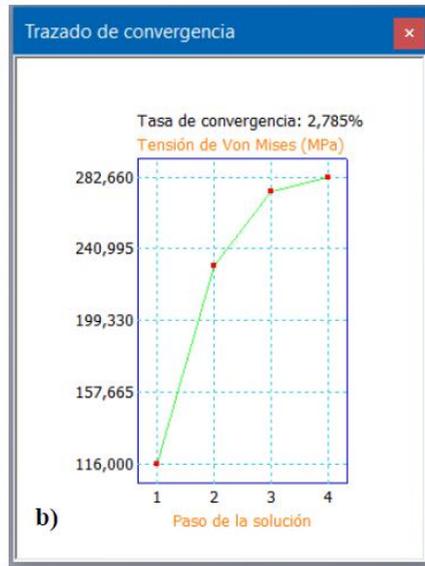
Resultados del Eje de Transmisión



•Desplazamiento



•Tensión de Von Mises



•Factor de Seguridad

Selección del Sistema de Control

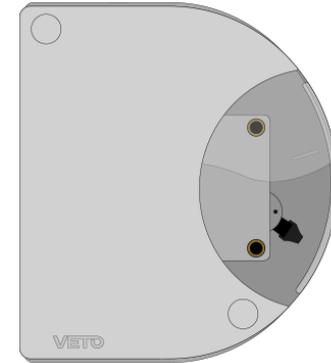
- Los elementos del sistema de control son trifásicos



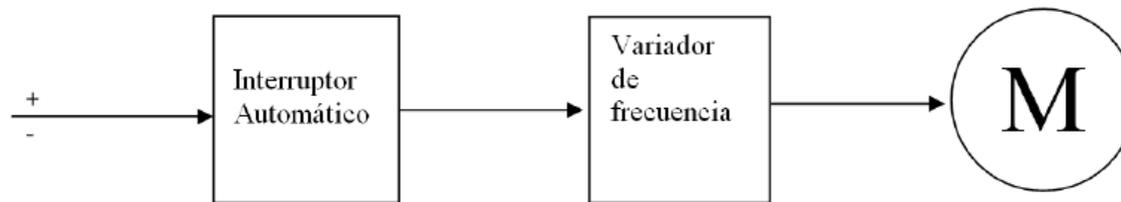
• Motor Baldor (865 RPM)



• Variador de frecuencia Weg



• Interruptor industrial Veto de 32 A.



• Esquema del diseño de control

Resultados del cálculo teórico

| Resultados de los cálculos por medio de la teoría | | | | |
|---|--|-----------|-----------|-------------------|
| # | Descripción | Símbolo | Resultado | Unidades |
| 1 | Volumen Total | Vtotal | 0,058 | m ³ |
| 2 | Masa Total | Mtotal | 458,256 | kg |
| 3 | Inercia | Itotal | 5,79 | kg m ² |
| 4 | Velocidad Angular | ω | 2,094 | rad/s |
| 5 | Velocidad Lineal | \vec{V} | 0,077 | m/S |
| 6 | Momento de los elementos montados al torno | M | 12,126 | N m |
| 7 | Fuerza para sacar del reposo a los elementos montados al torno | Fe | 381,91 | N |
| 8 | Torque de apriete de la tuerca en el tornillo | T | 1421 | N m |
| 9 | Fuerza del apriete de la tuerca en el tornillo | Ft | 289100 | N |

| | | | | |
|----|--|----------------|---------|------|
| 10 | Fuerza que se aplica a cada pin | F | 48180 | N |
| 11 | Ángulo Alfa | α | 18,43 | ° |
| 12 | Ángulo Beta | β | 71,57 | ° |
| 13 | Fuerza que actúa sobre la cara inferior del Pin | Fx | 15230 | M Pa |
| 14 | Reacción normal a la fuerza Fx | Fp | 14450 | M Pa |
| 15 | Fuerza para generar el momento angular que mueve a todo el sistema | Fc | 11080 | N |
| 16 | Potencia del motor eléctrico | Pm | 852,522 | W |
| 17 | Potencia del motor eléctrico en caballos de potencia | Pm | 1,1 | HP |
| 18 | Torque generado por el motor eléctrico | Tm | 407,048 | N m |
| 19 | Esfuerzo que se ejerce sobre el eje de transmisión | σ_{Eje} | 203,1 | M Pa |
| 20 | Esfuerzo que se ejerce sobre un pin retráctil | σ_{Pin} | 375,9 | M Pa |
| 21 | Factor de seguridad del eje de transmisión | F.S. eje | 4,2 | s/n |
| 22 | Factor de seguridad de un pin retráctil | F.S. pin | 4.23 | s/n |

Resultados de la simulación

| Resultados de la simulación del Pin Retráctil | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------|
| Dato | Cantidad máxima | Cantidad mínima | Unidades |
| Esfuerzo de Von Mises | 227.8 | 131.2 | M Pa |
| Tasa de Convergencia del Esfuerzo de Von Mises | 2.086 | --- | % |
| Desplazamiento | 0 | 0.01468 | mm |
| Tasa de Convergencia del Desplazamiento | 0.248 | --- | % |
| Factor de seguridad | 8.399 | 4.838 | N/A |

| Resultados de la simulación del Eje de Transmisión | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------|
| Dato | Cantidad máxima | Cantidad mínima | Unidades |
| Esfuerzo de Von Mises | 282.7 | 4 | M Pa |
| Tasa de Convergencia del Esfuerzo de Von Mises | 2.785 | --- | % |
| Desplazamiento | 0 | 0.694 | mm |
| Tasa de Convergencia del Desplazamiento | 0.718 | --- | % |
| Factor de seguridad | 15 | 3.9 | N/A |

Error en los cálculos

En el cálculo del error se tomó el valor del factor de seguridad calculado como teórico (X_t) y el simulado como valor práctico (X_p).

$$E = \frac{x_t - x_p}{x_t} * 100 \%$$

$$E_{Pin} = \left| \frac{4.23 - 4.838}{4.23} \right| * 100 \% = 14.374 \%$$

$$E_{Eje} = \left| \frac{4.2 - 3.9}{4.2} \right| * 100 \% = 7.143 \%$$

Conclusiones

- La alternativa mecánica escogida si va a suplir la necesidad de adaptarse al torno, puesto que en la simulación los elementos no presentaban fallas. Por otro lado, la mayoría de partes del sistema se van a fabricar en el taller, y los materiales se los consigue en distribuidoras con las que la empresa tiene contacto, entonces su costo va a ser bajo.
- Se concluyó que el material escogido, el acero AISI 4340, fue el correcto. Al momento de realizar las simulaciones de factor de seguridad en el pin, se llegaba a esta primicia porque el resultado siempre era 4.23 o semejante. En el eje pasaba lo mismo. Pero principalmente es porque el error mostrado entre éste resultado y el valor encontrado teóricamente varía dentro del 15% permisible de error en la ingeniería.
- La ejecución de la simulación, mostró las convergencias del esfuerzo de Von Mises y del desplazamiento que realizan estos componentes, el pin retráctil y el eje de transmisión, e indican que éstos lo hacen al tener valores de la tasa de convergencia muy próximos a cero.

Recomendaciones

- Usar aceros bonificados para la elaboración de elementos que vayan a estar sometidos a mucha carga ya que la composición química de éste acero, por la presencia de molibdeno, logran resistir mucha carga y las tensiones en el metal son bajas al ser templado y revenido.
- Tener conocimiento de algún software de simulación de esfuerzos, ya que para realizar esta prueba, se debe dibujar el elemento. Esto es de gran ayuda al momento de realizar los planos por que ya se tiene una figura modelada la cual se va a dimensionar de un modo más sencillo.

GRACIAS