

Actuadores Eléctricos: Resistivos y Lineales



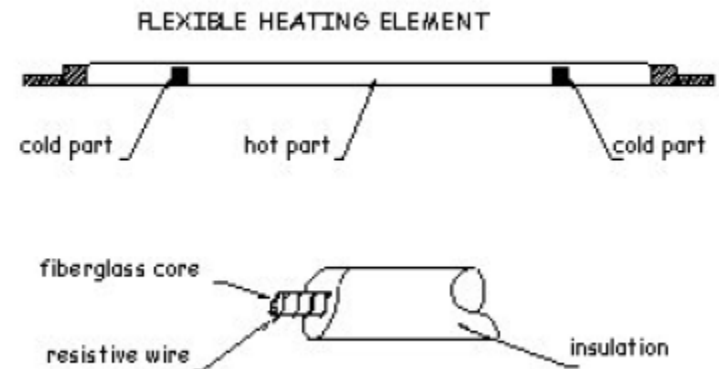
Dr. Luis Amezquita Brooks

Resistencia Eléctrica

- Resistivos

FLEXIBLE HEATING ELEMENTS

- Thread resistance wined on glass fibre
- PVC insulated material for temperatures up to 105°C
- Silicone insulated material for temperatures up to 200°C
- Glass fibre insulated material for temperatures up to 350°C
- Executions with single or double insulation, on request also covered with glass fibre and/or metal braids
- Diameter upon customer's choice: values between 1.6 and 8 mm
- Resistance value: values between 0.1 and 30.000 ohm/m
- Possibility to have cold end included
- Power upon customer's choice (it is possible to create areas with differentiated specific powers)
- Elements to be supplied on continuous length coils
- Wide range of accessories and bipolar plugs



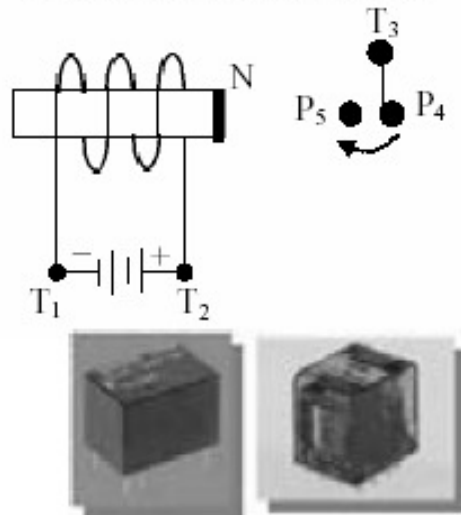
Tarea

- Investigar tres opciones comerciales de actuadores resistivos con las siguientes características
 - 400watts
 - 150 °C
 - Sumergible
- ¿Explique las diferencias entre las 3 opciones?
- ¿En que aplicaciones será mejor cada una de ellas?

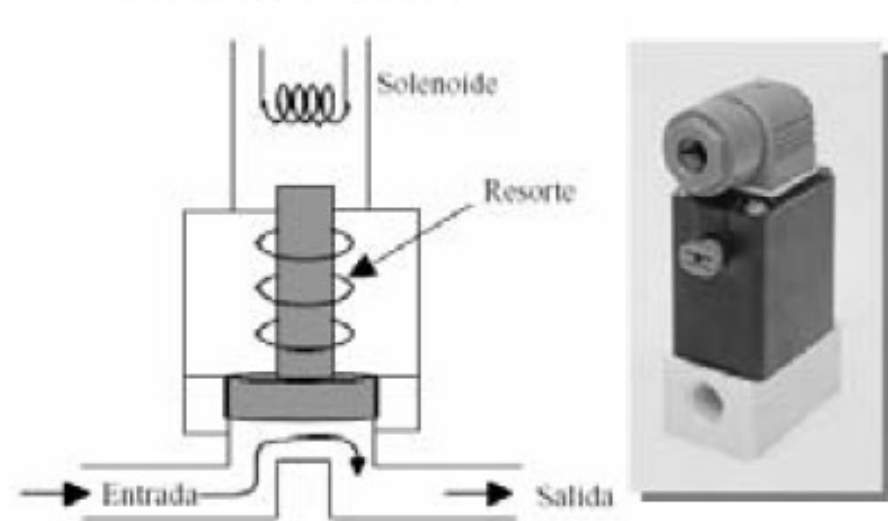
Solenoides

En general, una bobina de alambre conductor de más de una vuelta recibe el nombre de solenoide. Son la base para relevador y electro-válvulas. Se usan para abrir/cerrar circuitos.

Relevador eléctrico

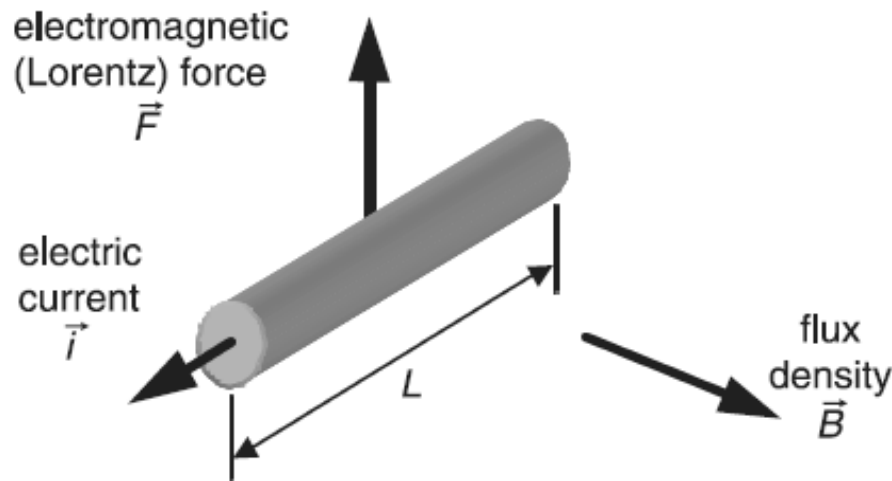


Electro-válvula



Principios de Funcionamiento

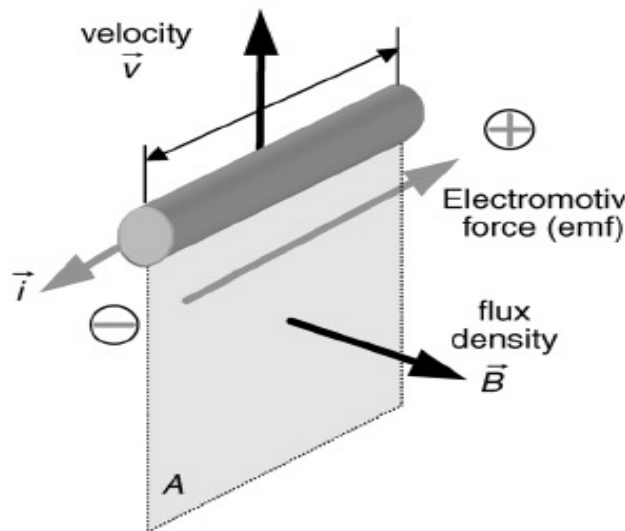
- Ley de Lorentz (Fuerza electromagnética)
 - Si un conductor de largo L con corriente i está dentro de un campo magnético con una densidad de flujo B , el conductor estará sujeto a una fuerza F



$$F = |\vec{F}| = BLi$$

Principios de Funcionamiento

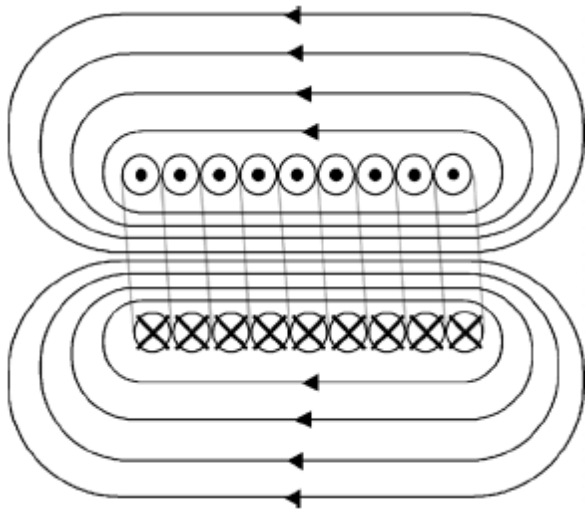
- Inducción electromagnética (Generación de corriente)
 - Si un conductor eléctrico se mueve a través de un campo magnético ϕ (o dicho campo cambia en el tiempo) en este se generará una diferencia de potencial E (Voltaje). Este voltaje, a su vez puede generar una corriente dentro del conductor



$$E = -\frac{d\phi}{dt}$$

Ley de Boit-Savart (Electroimanes)

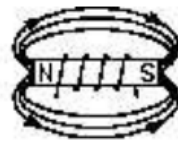
- Una bobina de largo L con un número de vueltas N que conduce una corriente i produce un campo magnético con una densidad de flujo B donde μ es la permeabilidad del núcleo



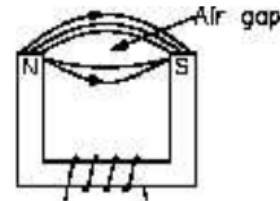
$$B = \mu \frac{N}{L} \cdot i$$

Reluctancia

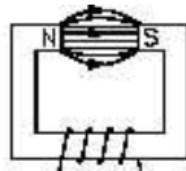
- La reluctancia es la resistencia al campo magnético
 - El campo magnético sigue la ruta con menor reluctancia
 - Las fuerzas magnéticas tienden a mover a los elementos a configuraciones de menor reluctancia.
 - Ejemplo. Un imán atrae al hierro ya que este tiene una menor reluctancia que el aire.



(a) High reluctance



(b) Lower reluctance



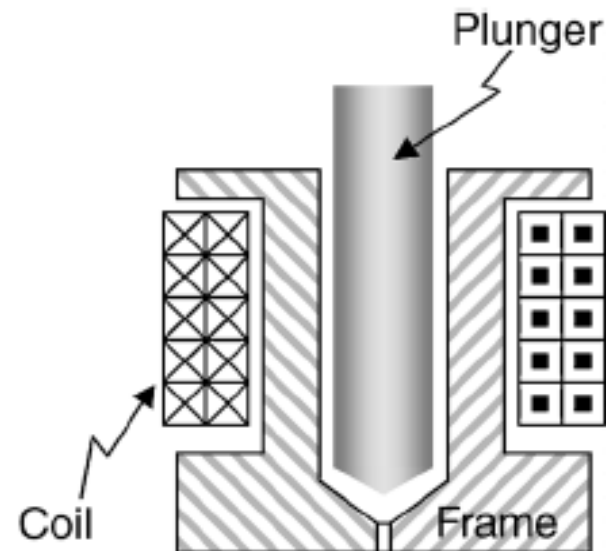
(c) Still lower reluctance



(d) Lowest reluctance

Solenoides

- Funcionan con el principio de que al hacer pasar una corriente por la bobina, el vástago se retrae para “llenar” el espacio vacío, reduciendo así la reluctancia del sistema



Solenoides

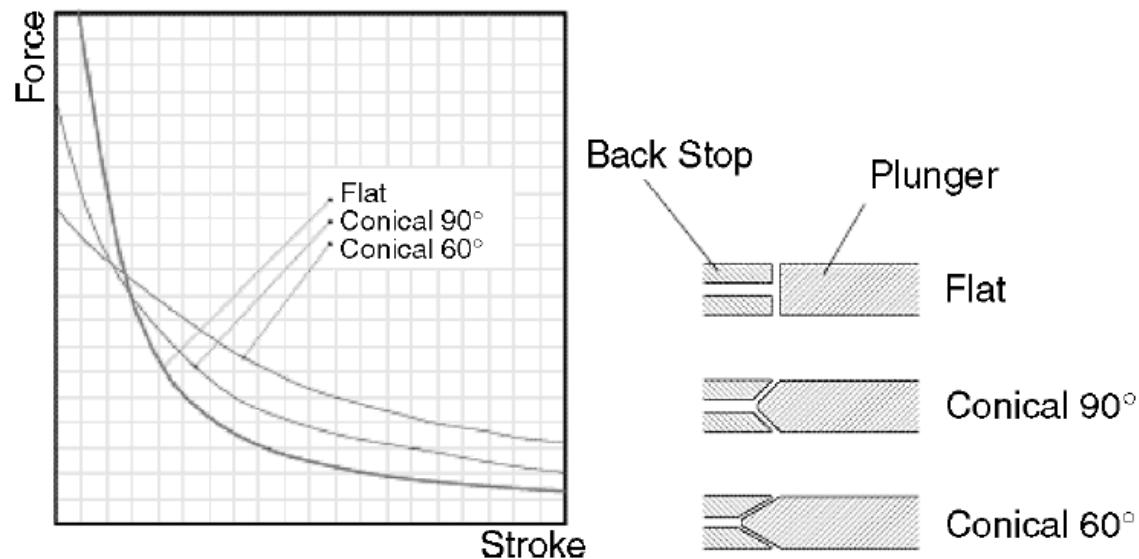
- La fuerza con la que se mueve el vástago es aproximadamente proporcional al cuadrado de la corriente i entre la longitud del desplazamiento total δ .

$$F \propto \frac{i^2}{\delta^2}$$

- La constante de proporcionalidad depende de varios factores, incluyendo:
 - *Bobina: Largo, numero de vueltas, área*
 - *Vástago: Material, forma*

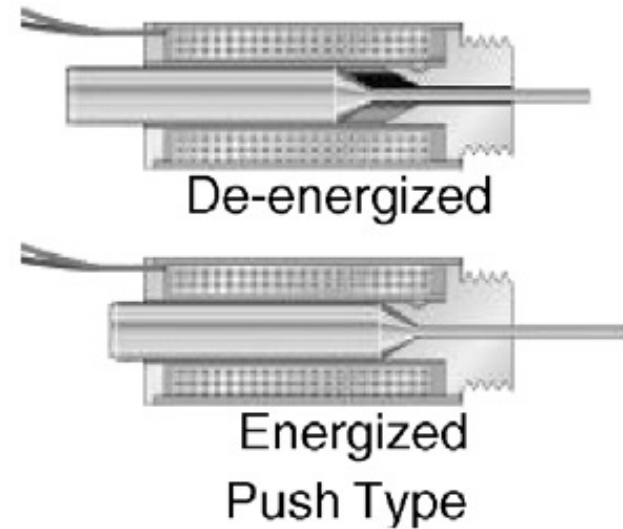
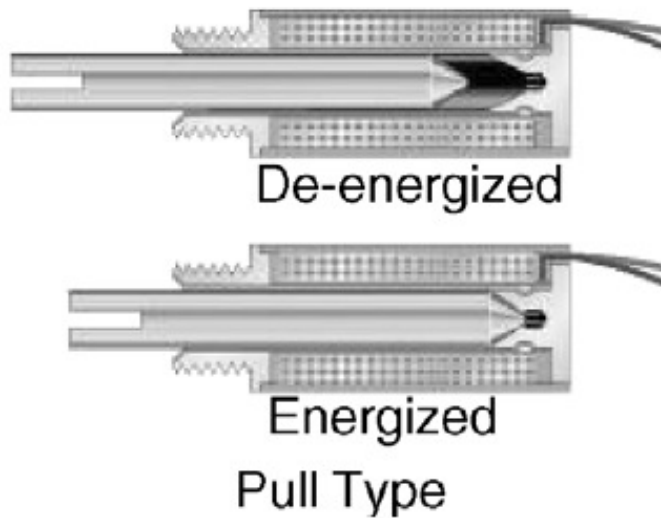
Solenoides

- Efecto de la forma de terminación del vástago
 - Movimiento largo: Mejor es el cónico de 60°
 - Movimientos cortos: Mejor es el plano



Solenoides

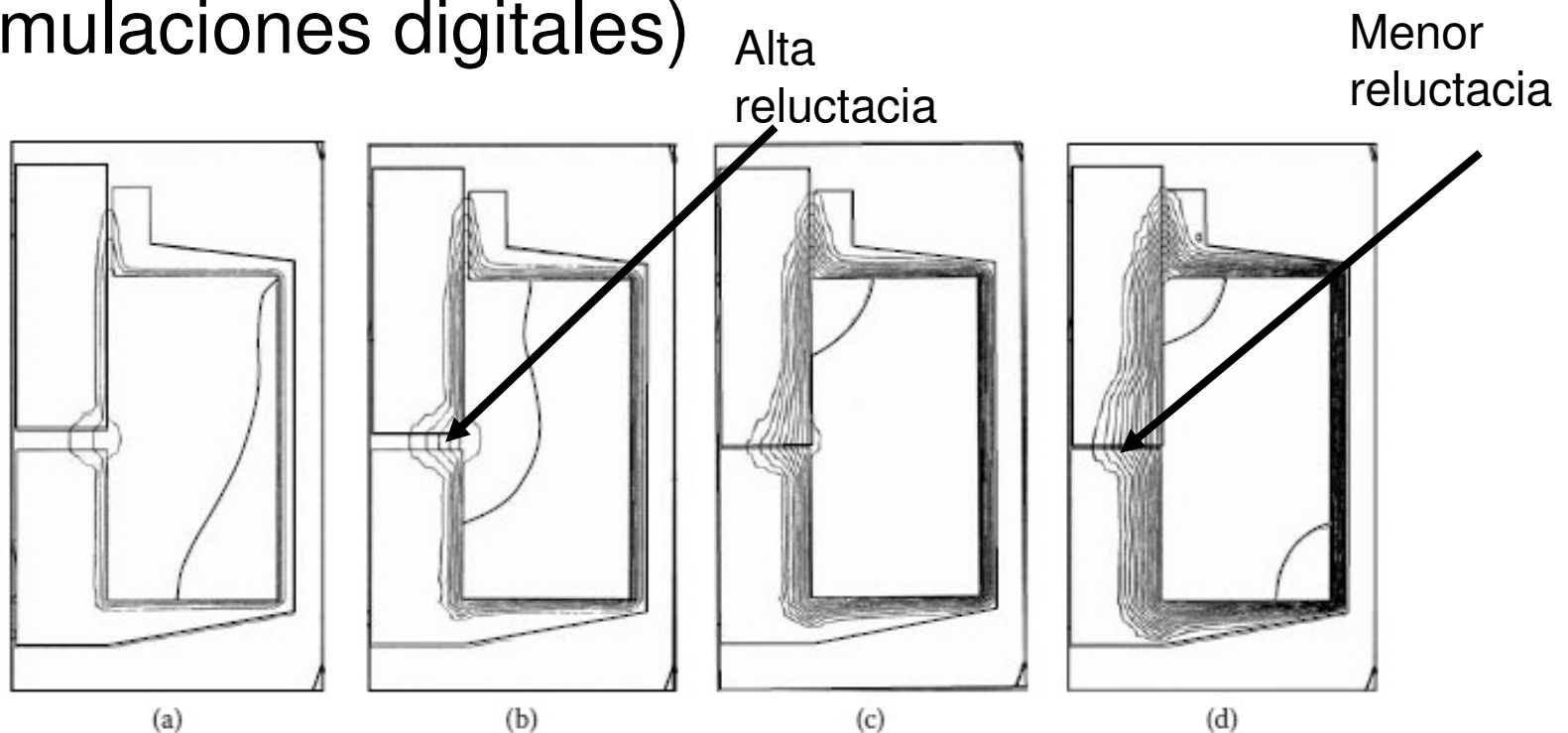
- Tipo PUSH o PULL



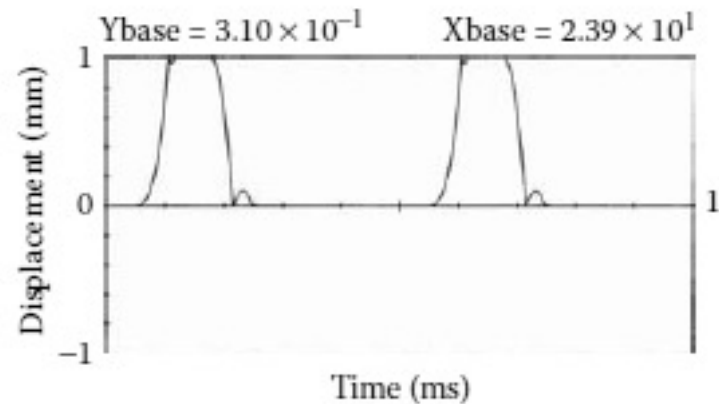
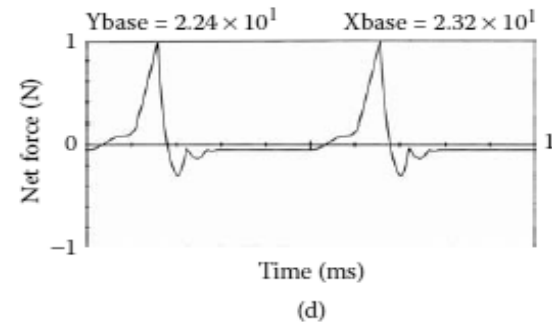
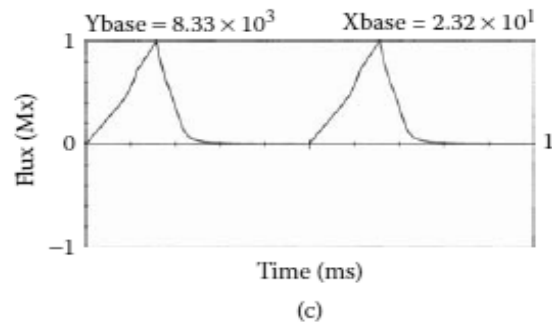
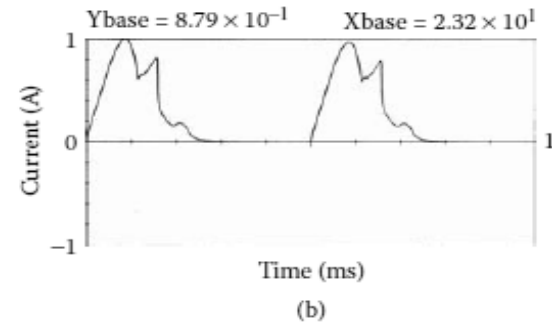
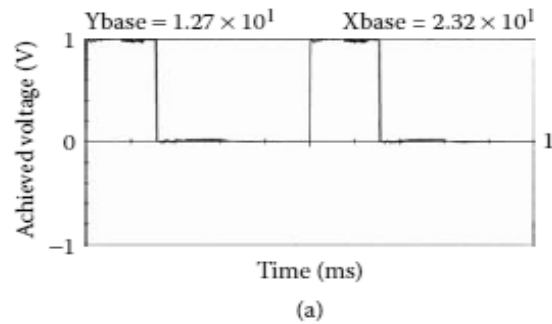
Solenoides: Modelos de diseño

- Modelos complejos:
- Optimización del diseño por medio del análisis computacional de los campos electromagnéticos (simulaciones digitales)

$$\nabla \times (v \nabla \times \bar{A}) = \bar{J}_s + \bar{J}_{pm} - \sigma \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} + \sigma \bar{V} \times \nabla \times \bar{A}$$



Solenoides: Simulaciones digitales [Delphi]



Tarea

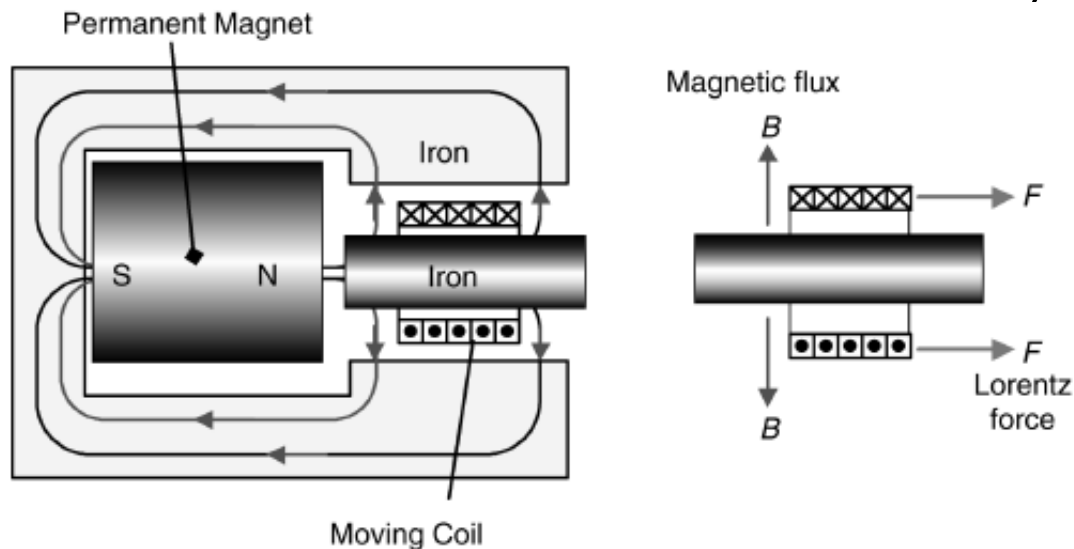
- Investigue dos componentes comerciales basados en solenoides para cada una de las siguientes aplicaciones y resuma sus características técnicas:
 - Válvulas de paso para fluidos
 - Válvulas de paso para gases
 - Otra aplicación para solenoides
- ¿El tipo de especificaciones técnicas es el mismo para las diferentes aplicaciones? ¿Qué se puede concluir de esto?

Motores de Bobina de Voz (voice-coil)

- Sistema utilizado en:
 - Bocinas de audio, discos duros
- Relación lineal entre fuerza y corriente

$$F \propto i$$

- Requiere de lazos de control (la fuerza no es normalmente la variable de salida deseada)



Solenoides VS Bobinas de Voz

- Solenoides:

- Modelado y respuesta transitoria compleja: Difícil optimizar diseño

- +Construcción simple: Baratos

- Los solenoides normalmente se utilizan en un régimen de prendido apagado

- Bobinas de Voz

- +Modelado y respuesta transitoria mas simple: Mayores prestaciones dinámicas

- Construcción compleja, pueden requerir de lazos de control: Más caros

- Las bobinas de voz se utilizan en regímenes de operación en regulación

Bobinas: Generalidades de diseño

- En general, se busca aumentar la densidad del flujo de los electroimanes, esto se logra:
- Aumentando la corriente
 - Ventaja: Es fácil si se tiene fuentes de suficiente voltaje
 - Desventaja: Aumenta el nivel de pérdidas, se requieren conductores más robustos (las bobinas tienen resistencia)
- Disminuyendo la reluctancia (incluyendo un núcleo)
 - Ventaja: Es relativamente económico
 - Desventaja: No es posible en todas las configuraciones
- Aumentando el área de la bobina
 - Ventaja: Es relativamente fácil
 - Desventaja: En muchos diseños el tamaño del dispositivo está limitado

Bobinas: Generalidades de diseño

- Cambiando la forma del electroimán
 - Ventaja: Se optimiza el flujo disponible
 - Desventaja: Requiere de un rediseño total y de herramientas de análisis complejas
- Aumentando el número de vueltas
 - Ventaja: Es fácil
 - Desventaja: Para lograrlo se requiere disminuir el calibre del cable con lo que se tiene una mayor resistencia y mayores pérdidas
- Considerando que tanto aumentar el número de vueltas como aumentar la corriente producen mayores pérdidas, la capacidad de los embobinados para soportar altas temperaturas es crucial

Bobinas: Aislamiento

- El aislamiento del cable de los embobinados se clasifica como sigue:

Insulation Classification		Temperature Rating	
Class A	Class 105	105°C	221°F
Class E	Class 120	120°C	248°F
Class B	Class 130	130°C	266°F
Class F	Class 155	155°C	311°F
Class H	Class 180	180°C	356°F
Class N	Class 200	200°C	392°F

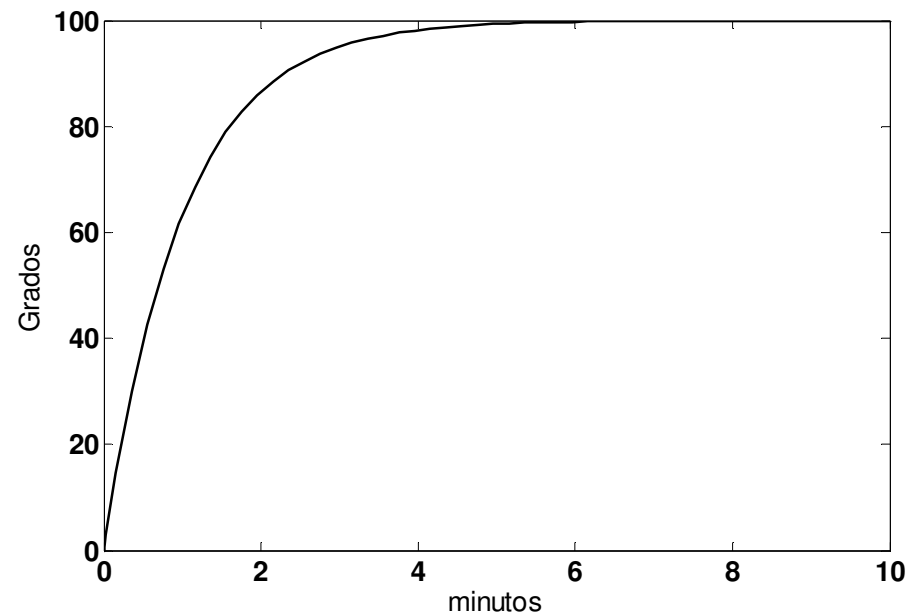
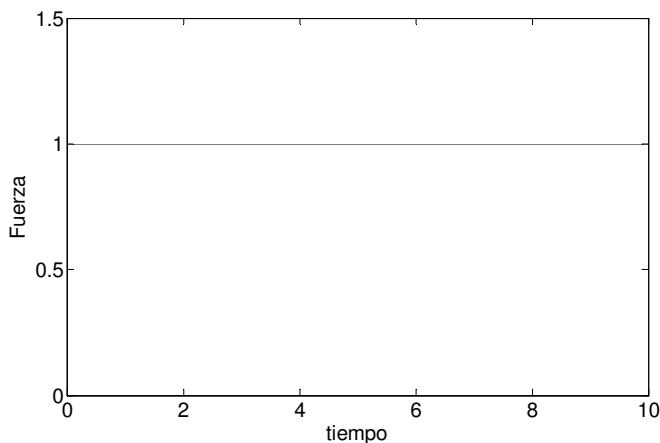
- La clase de aislamiento es un dato de placa

Regimenes de Operación

- La fuerza generable con los actuadores basados en electroimanes está limitada por las pérdidas y el calor que el embobinado puede disipar sin superar su temperatura máxima.
- El comportamiento dinámico de los sistemas térmicos es similar a un circuito RC (estable, sobreamortiguado, exponencial)
- Lo anterior abre la posibilidad de aumentar el torque operando los dispositivos de diferentes formas

Regimenes de Operación

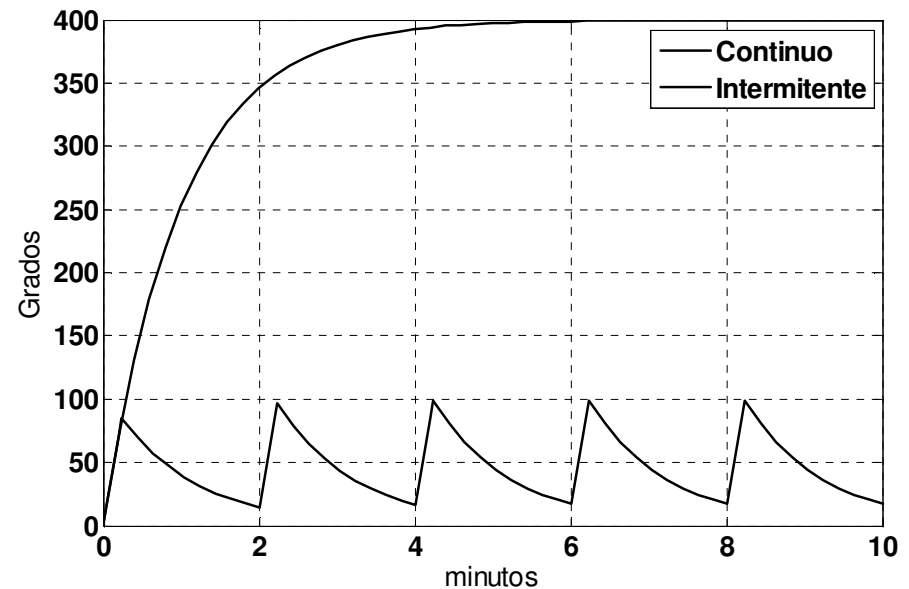
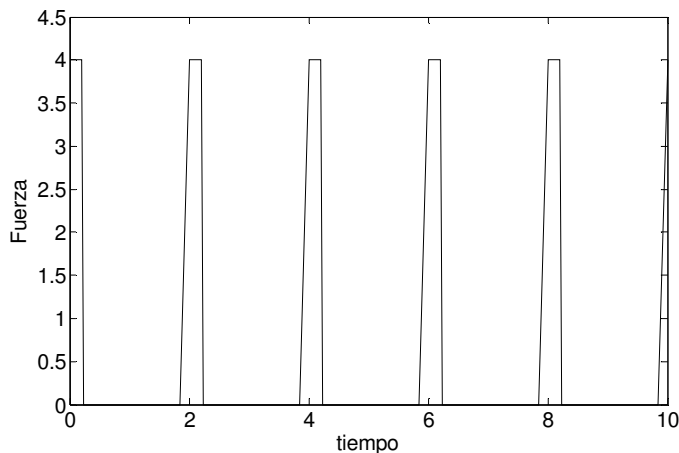
- Existen dos regimenes de operación
 - Continuo
 - Se opera todo el tiempo si sobrepasar la T_{max} (100°C en el ejemplo)
 - El torque máximo esta limitado por la corriente máxima que no sobrecalienta al sistema (1N para el ejemplo)



Regimenes de Operación

–Intermitente

- Se opera de manera intermitente, buscando que nunca se supere la T_{max} .
- El torque máximo ahora puede ser muy superior al de operación continua (4N contra 1N). Entre menor sea la duración de los pulsos (“duty cycle”), mayor podrá ser el torque máximo.



Tarea

- Investigue dos modelos de motores lineales basados en el principio de bobina de voz (“voice coil motor”)
 - Reporte y comente sus características técnicas incluyendo:
 - Fuerza en operación continua
 - Fuerza en operación intermitente (incluyendo duty cycle)
 - Constante de fuerza (*Newton/Ampere*)