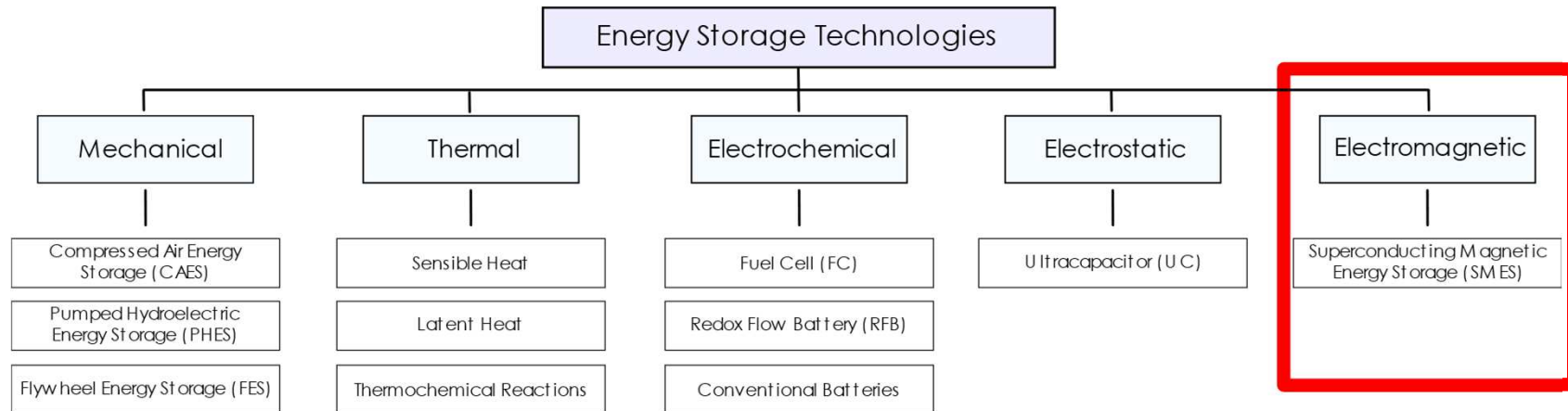


# **Almacenamiento de energía electromagnética**

# Tecnologías de almacenamiento de energía.



E. Garayalde, *Sistemas híbridos de almacenamiento de energía mediante convertidores electrónicos de potencia*

# Introducción

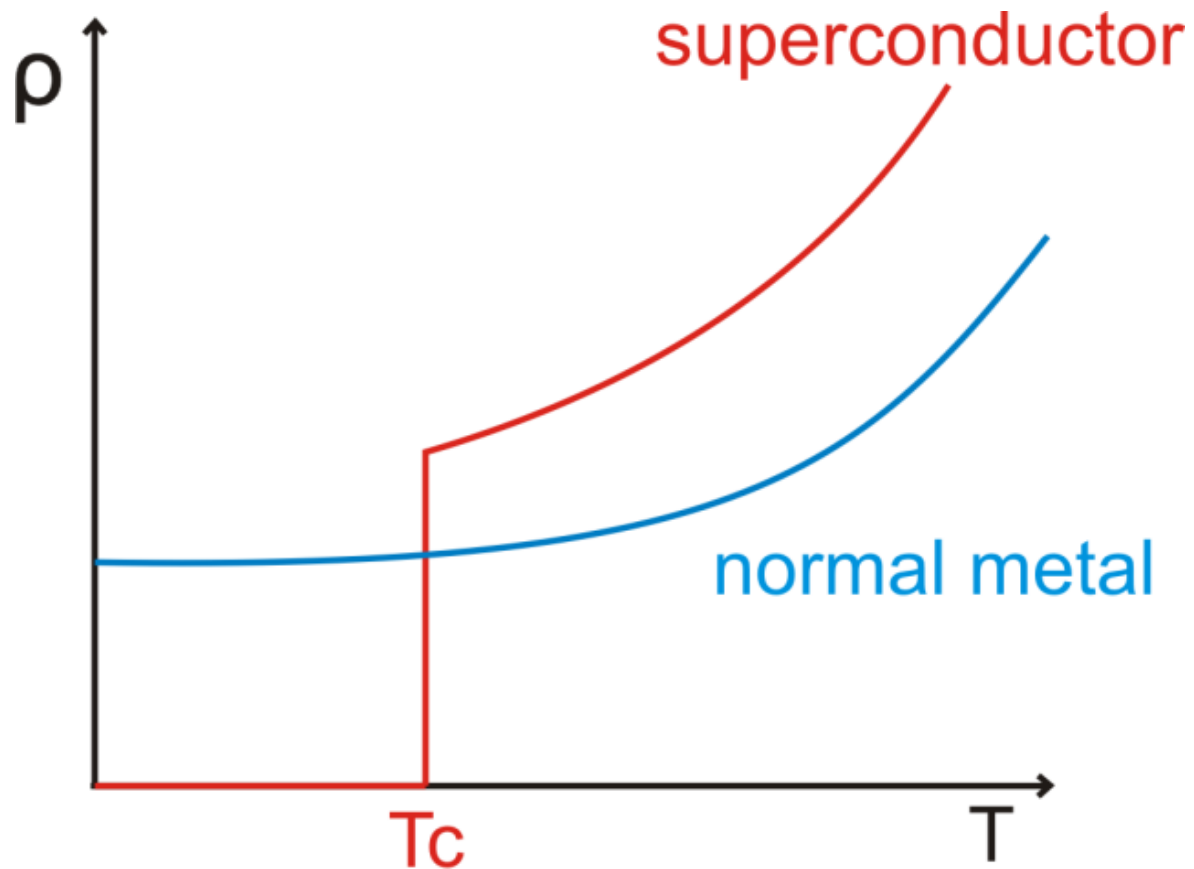
Tradicionalmente, el almacenamiento electromagnético se limitaba a los inductores. Sin embargo, los avances en el campo de los materiales han permitido el desarrollo de superconductores. (Básicamente, este es un inductor enorme con una **resistencia muy baja**).

Estos avances han permitido el uso de estos dispositivos en aplicaciones a mayor escala.

Energía acumulada:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

# Concepto



- Los superconductores son materiales que por debajo de una temperatura disminuyen su resistencia hasta casi 0.
- De esta forma, si se diseña una bobina con un superconductor, ésta puede almacenar energía en forma de campo magnético durante un tiempo idealmente infinito.
- $\tau = L/R$

# Definición de SMES

**Definición :** Los sistemas de almacenamiento de energía magnética superconductora (SMES) almacenan energía en el campo magnético creado por el flujo de corriente continua en una bobina superconductora.

La bobina ha sido enfriada criogénicamente a una temperatura inferior a su temperatura crítica superconductora.

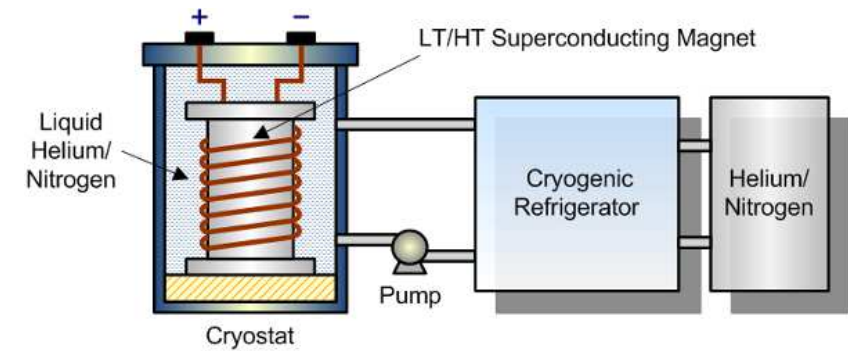
El uso de estos sistemas de almacenamiento suele mejorar la calidad y la estabilidad de la energía a corto plazo .

El 90% de los fallos de la red son caídas y cortes que duran menos de un segundo pero son responsables de costosos daños, por lo que es necesario evitarlos.

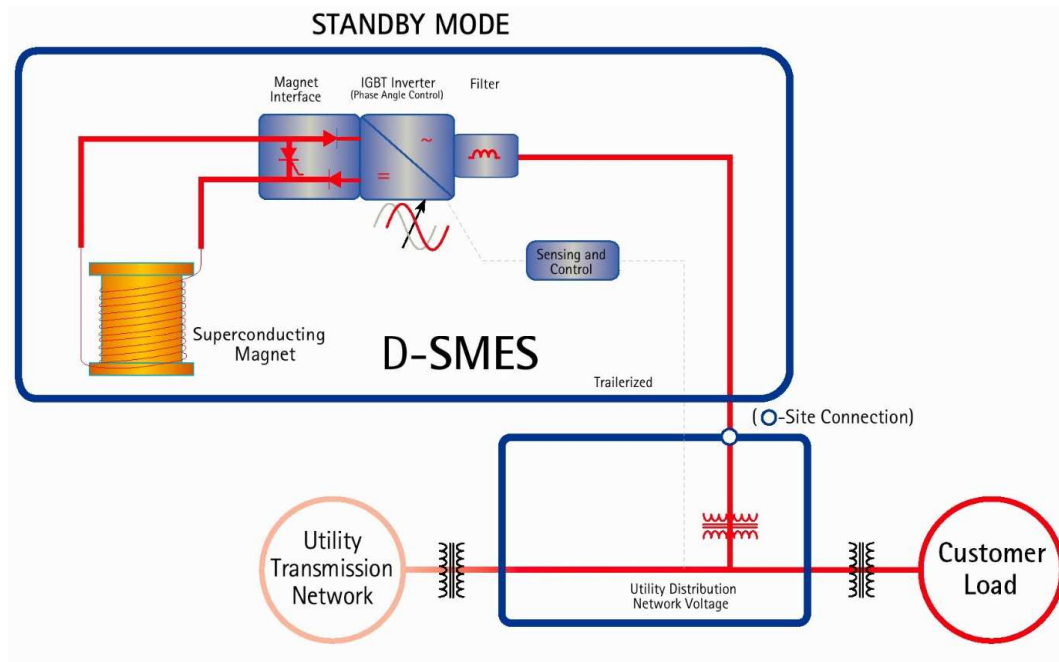
# Principales componentes de las SMES

Hay cuatro componentes principales en una SMES:

- El superconductor.
- La refrigeración.
- El recipiente de contención.
- El convertidor de potencia.

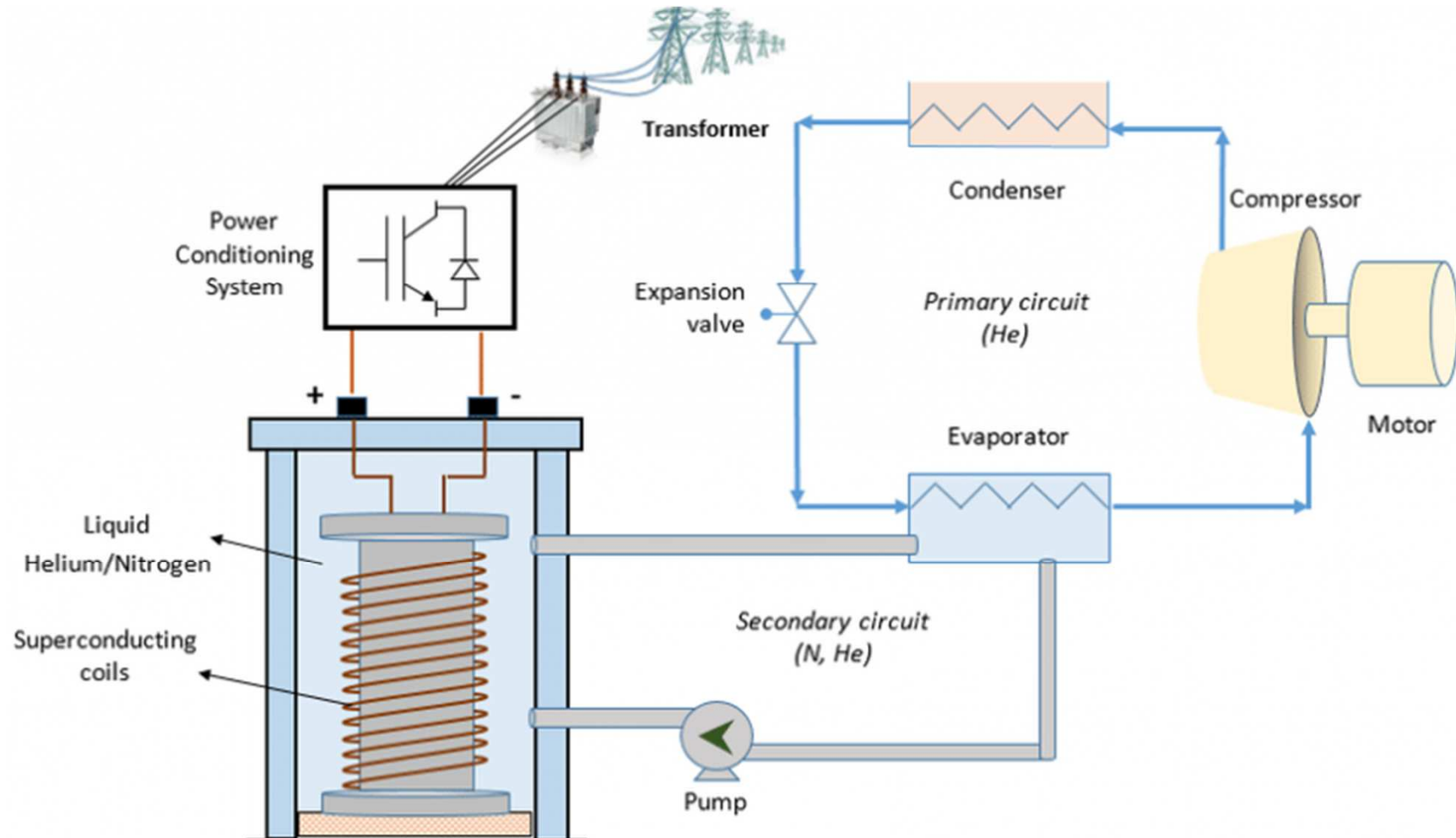


<https://revolution-green.com/superconducting-magnet-energy-storage-system/>



<https://www.climatetechwiki.org/technology/jiqweb-ee>

# Configuración típica de SMES



<https://newsregal.com/2019/08/23/superconducting-magnetic-energy-storage-smes-system-market-2016-2024-end-users-region-growth-rate-and-sales/>

# Almacenamiento de energía magnética superconductora (SMES)



Largo ciclo de vida



Alta eficiencia



Respuesta rápida



Tasas de descarga muy altas



Energía específica



Coste



Necesidad de un sistema de refrigeración enorme

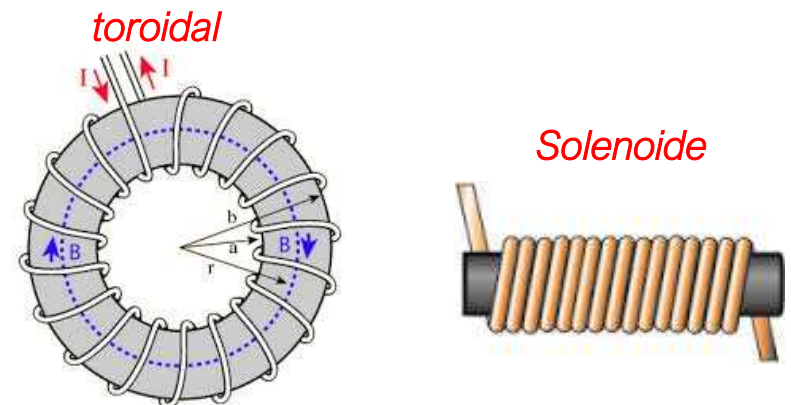


# Almacenamiento de energía magnética superconductora (SMES)

Como estos sistemas son sistemas de energía, mezclarlos con otros sistemas de energía puede ser una solución adecuada dependiendo de la aplicación desarrollada. Combinar SMES con sistemas UPS tradicionales de baterías de plomo ácido puede ser una solución para aplicaciones de en las que se necesite dar energía y potencia.

Respetuoso con el medio ambiente, pero aún quedan en estudio algunas preocupaciones debido a la influencia de los campos magnéticos elevados en nuestra salud. Que yo sepa son sistemas sobre los que principalmente se investiga pero no se despliegan en campo

Dos formatos para el núcleo superconductor:



# Almacenamiento de energía magnética superconductora (SMES)

Las topologías solenoides tienen más campos magnéticos dispersos (Dispersión del campo magnético). *Desventaja*

Los enfoques toroidales reducen esta dispersión de campo pero la complejidad mecánica es mayor.

Dependiendo del tipo de superconductor utilizado la temperatura de trabajo es diferente.

- Aleaciones metálicas como el niobio titanio.  $-249^{\circ}\text{C}$ . Usado en el pasado

El creciente coste del helio para enfriar los materiales y la investigación en superconductores basados en óxidos cerámicos llevan a que los materiales trabajen a  $-138^{\circ}\text{C}$ , lo que permite el uso de nitrógeno líquido más barato.

La tendencia del coste de los superconductores es a la baja al igual que ocurre con los transistores y otras tecnologías similares, por lo que en el futuro pueden ser una opción.

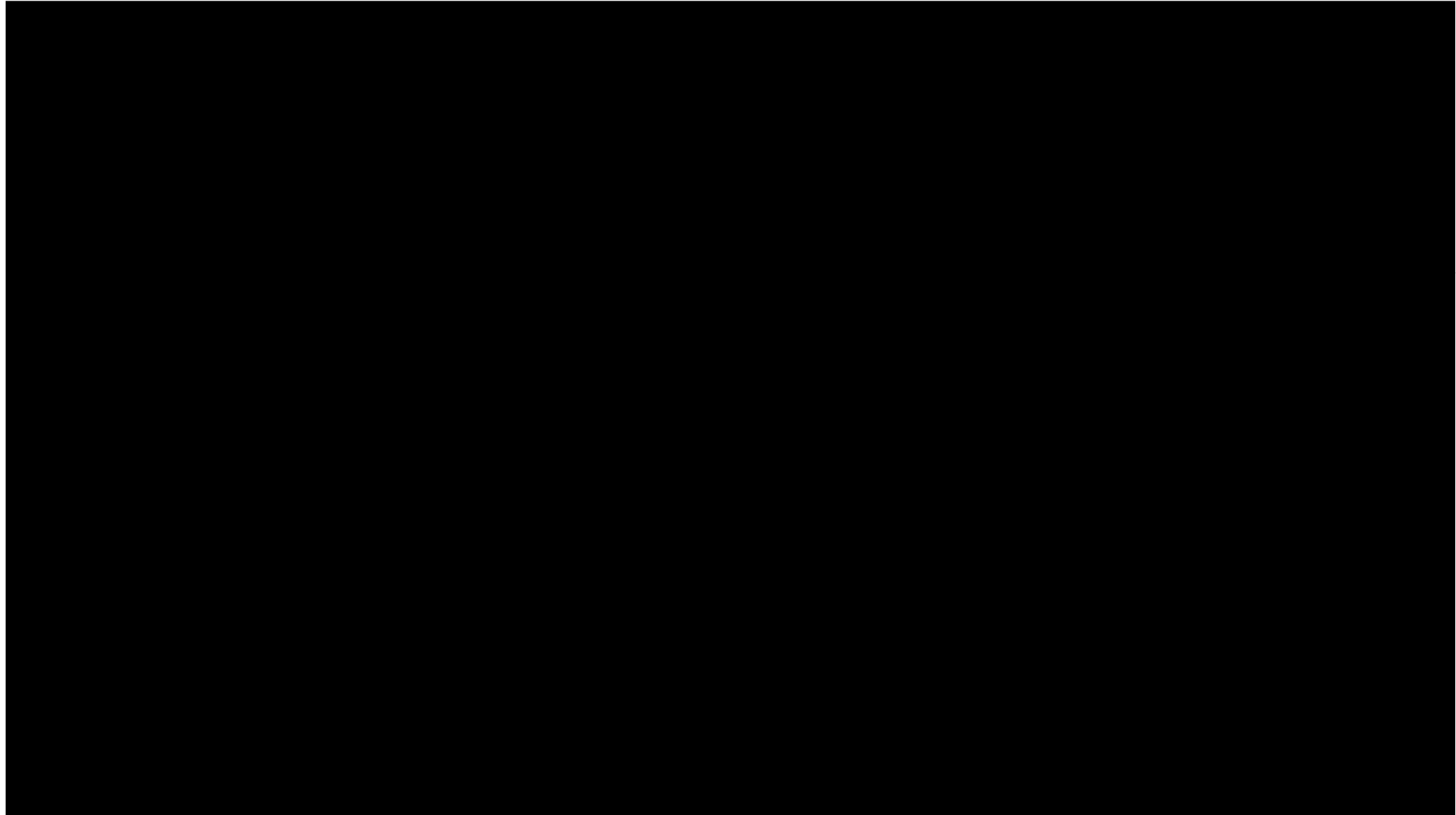
Las cuestiones más importantes que se están estudiando son la criogenia y la conversión de energía, no el superconductor en sí.

# Almacenamiento de energía magnética superconductora (instalación real SMES)



Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología

# SMES – Aplicación



<https://youtu.be/zPqEEZa2Gis>

# SMES – Aplicación

## Levitación

<https://www.youtube.com/watch?v=NYtgIXfWaYM&t=18s>

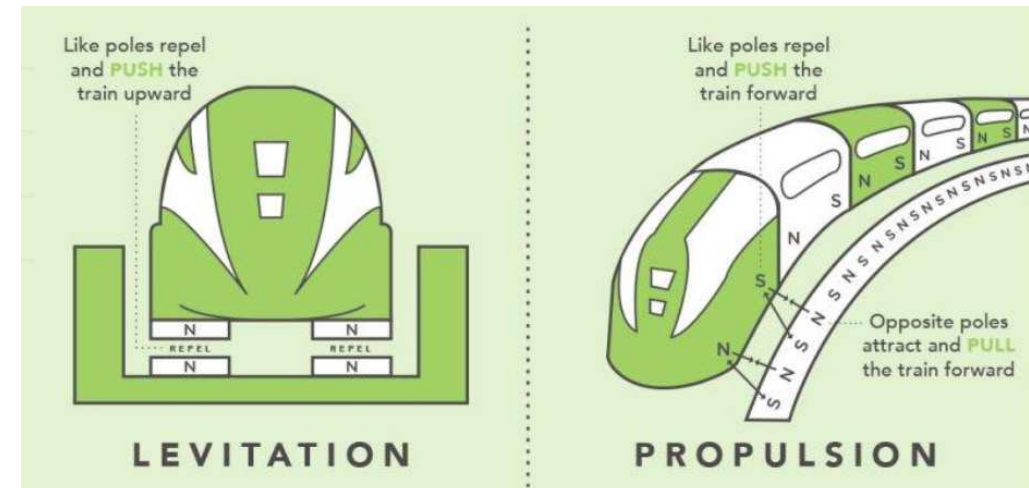
## Efecto Meissner, superconductores.

<https://www.youtube.com/watch?v=NVeAmKUbXvA&t=285s>

## Tren de levitación magnética

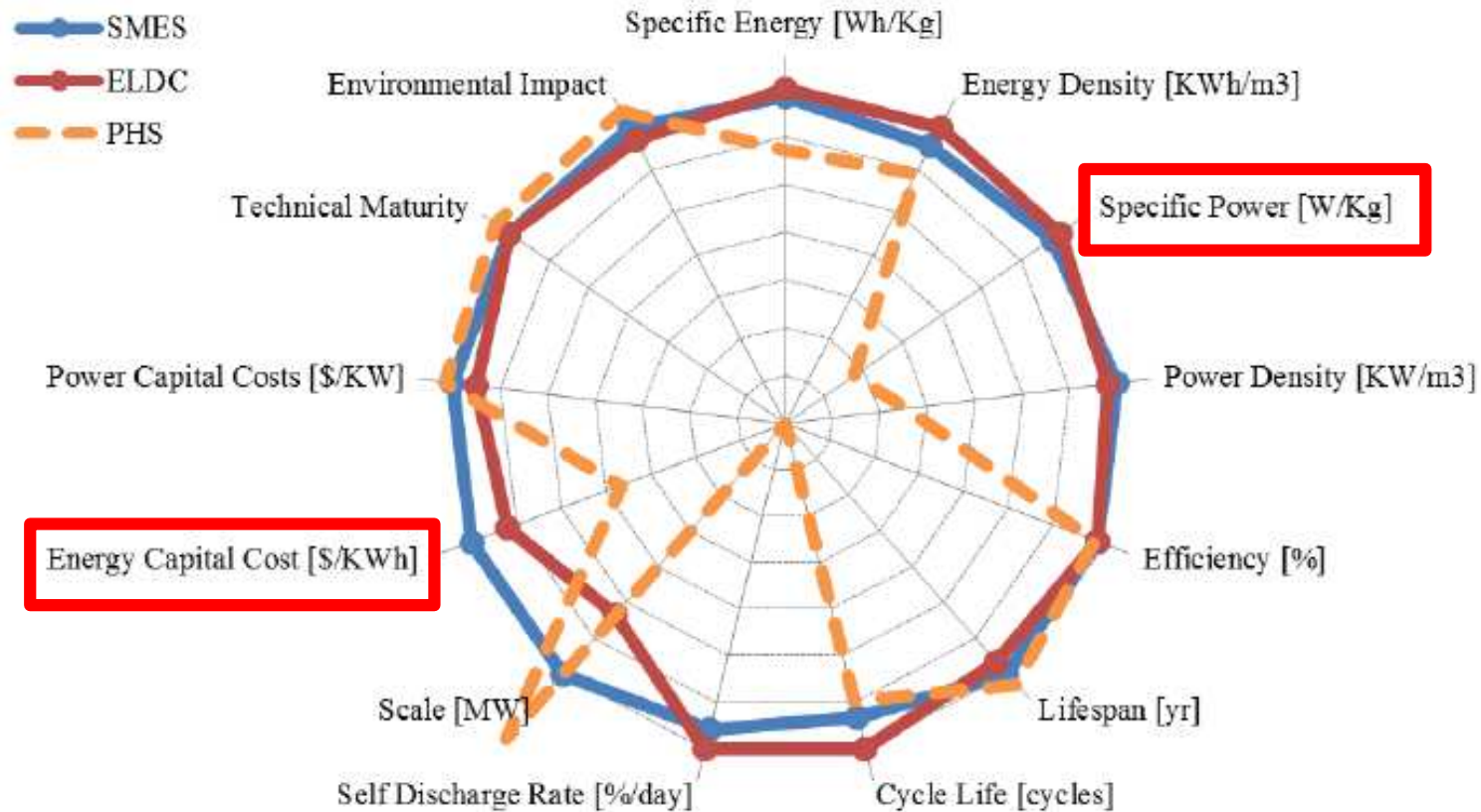


<https://www.youtube.com/watch?v=hXVZ19Ebrqc>





## Electromagnetic Energy Storage





**Mondragon  
Unibertsitatea**

Faculty of  
Engineering

Eskerrik asko  
Muchas gracias  
Thank you

Unai Iraola

uiraola@mondragon.edu