



15/11/2024

# **Semana de la ciencia Sincrotrón ALBA**

Laura Torino

¿Qué hacemos?

¿Por qué el hielo se derrite a  $0^{\circ}\text{C}$  y el cobre a  $1080^{\circ}\text{C}$ ?

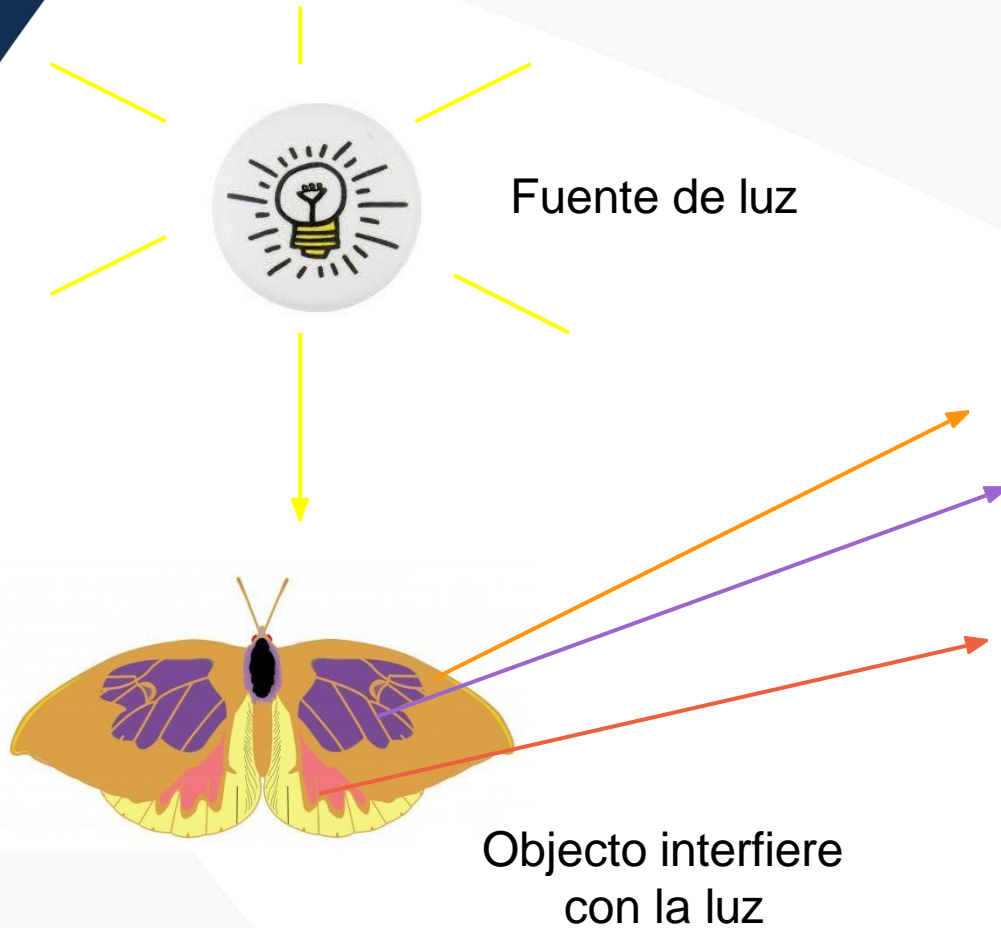
¿Por qué el diamante es duro y la cera es blanda?

¿Cómo se contraen los músculos?

Todo esto lo hemos aprendido a lo largo de los años...  
Entendemos cómo son las cosas y cómo funcionan porque sabemos cómo  
está organizada la materia por dentro  
... pero ¿cómo lo sabemos?

.... observando ...

¿Cómo observamos?

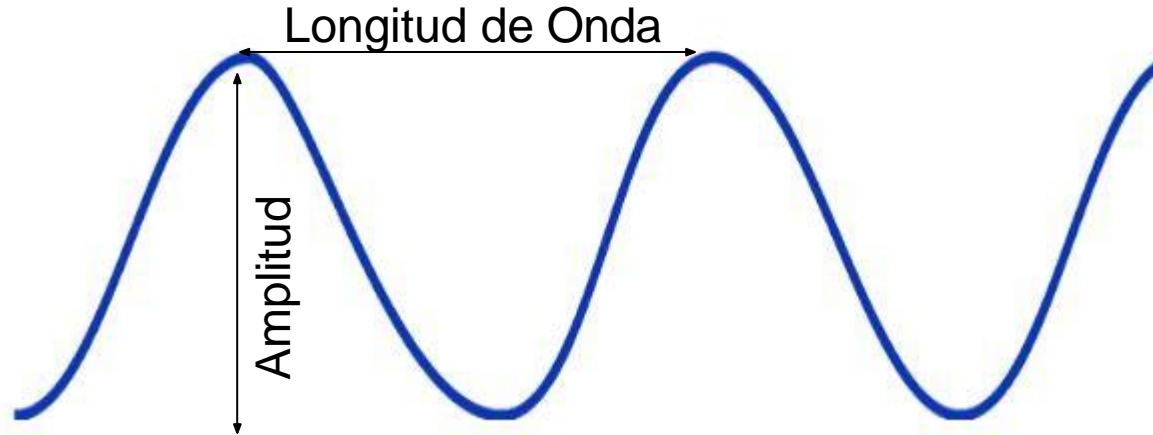


Instrumento para registrar la luz que interfiere con el objeto



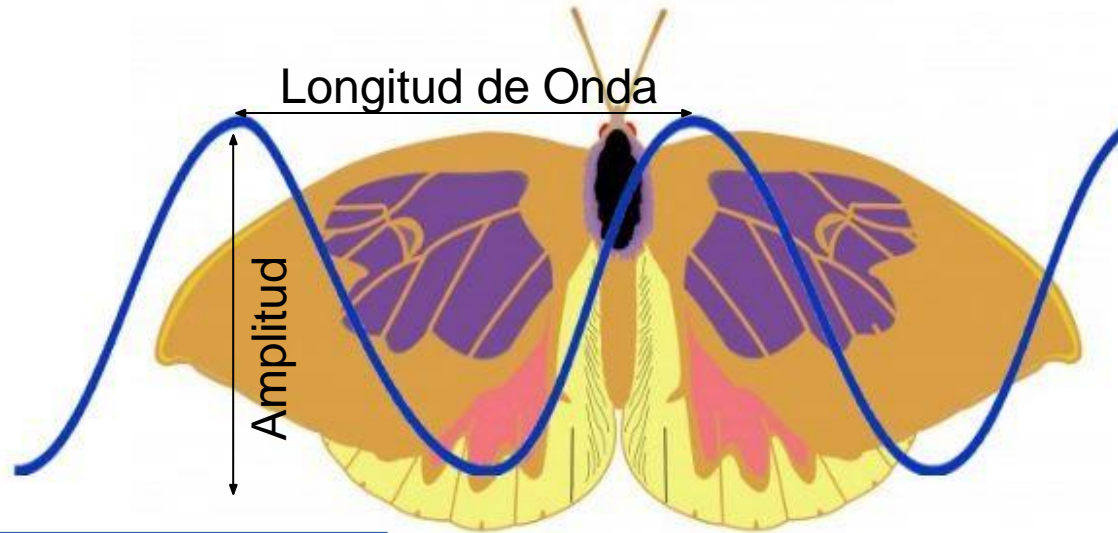
## ¿Interferir con el objeto?

La luz es un onda → Definida por amplitud y longitud de onda



# ¿Interferir con el objeto?

La luz es un onda → Definida por amplitud y longitud de onda

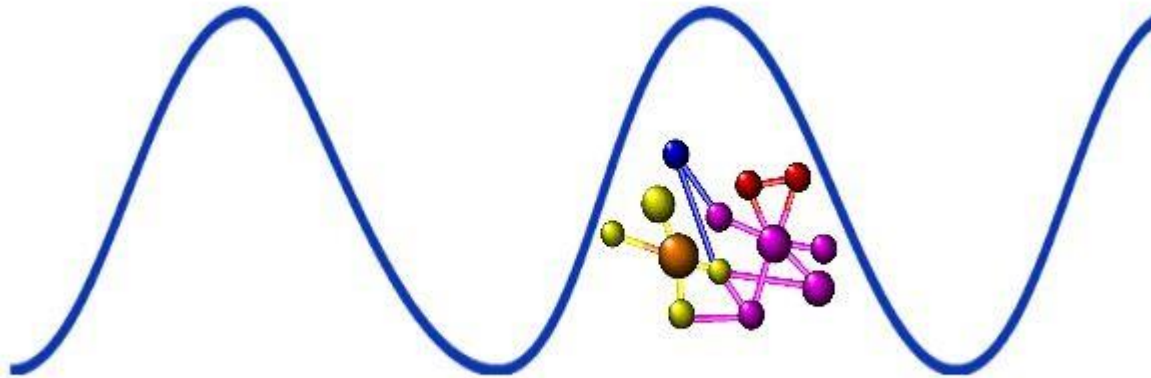


La longitud de onda de la luz visible nos permite ver objetos macroscópicos

Si la longitud de onda es comparable o menor que el tamaño del objeto → hay interferencia

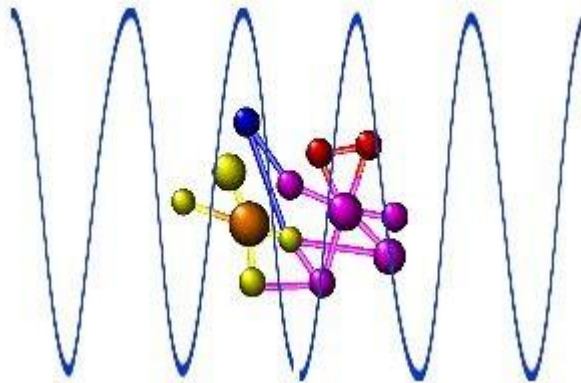
¿Interferir con el objeto?

¿Y si queremos ver cosas más pequeñas?  
La luz visible ya no nos vale...



¿Interferir con el objeto?

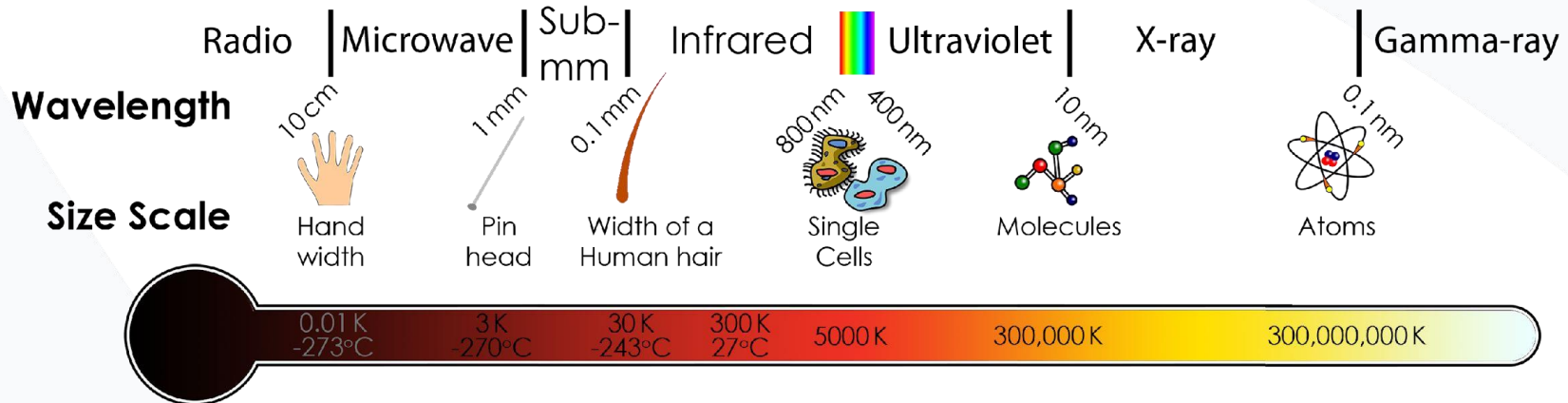
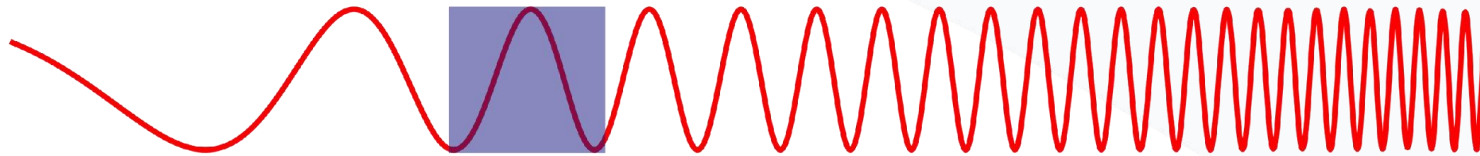
¡Pero podemos utilizar luz con una longitud de onda más pequeña!



Rayos X

# Luz distinta para ver cosas distintas...

Herschel





¡O para ver dentro de las cosas!

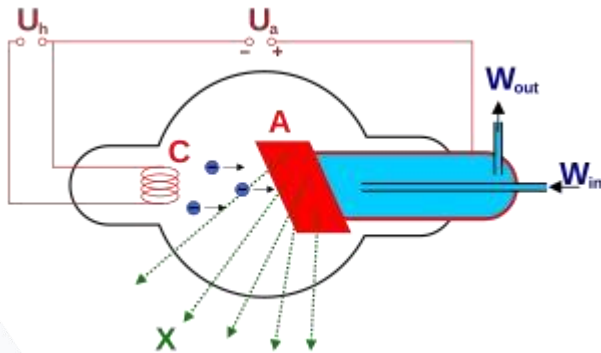


Los rayos X permiten interactuar más profundamente con los sustratos porque penetran más en la materia.

# ¿Cómo se producen los rayos x?

Algunos materiales los sueltan de manera natural.  
Otros con una pequeña ayuda...

## Tubo de rayos x



[https://es.wikipedia.org/wiki/Tubo\\_de\\_rayos\\_X](https://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_rayos_X)

Los electrones producidos por el cátodo chocan con el ánodo. Algunos átomos del ánodo entran en un **“estado excitado”** y liberan rayos X para *relajarse* y volver al **“estado fundamental”**

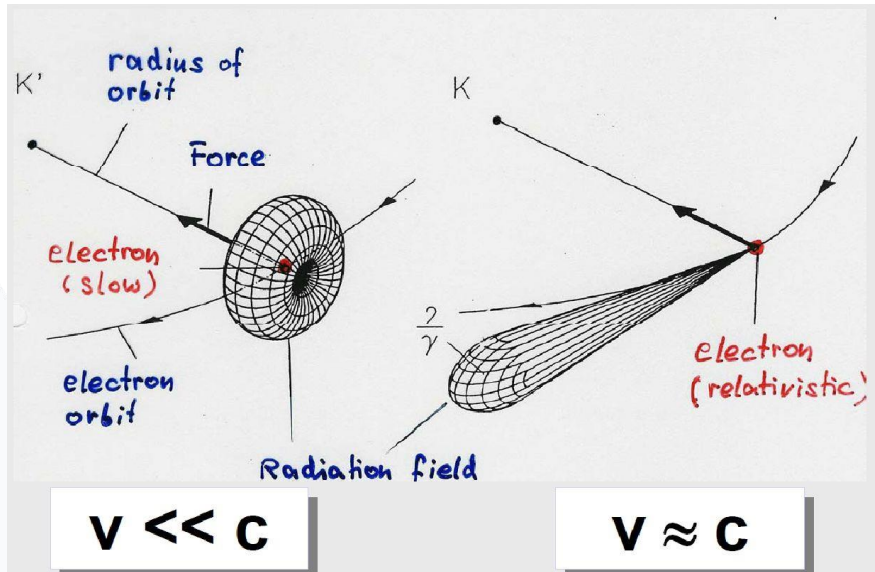
Lo que tenemos en este caso es una  
“bombilla” de rayos-X.

¿Cómo podemos obtener un “láser”?



# Fuentes de Luz de Sincrotrón

Se basan en una propiedad fundamental de la física de que cuando una partícula cargada se acelera (gira), emite fotones → Luz de Sincrotrón.



Más energéticas son las partículas, más direccionado es el haz de luz.

# Primera Luz de Sincrotrón



1947 a General Electric en EEUU  
primera observación de la luz de  
sincrotrón desde el sincrotrón que  
utilizaban para otras cosas

También se  
observa en el  
espacio, por  
ejemplo...



## ¿Qué es un Sincrotrón?

Un sincrotrón es un tipo de acelerador de partículas que modifica sincrónicamente imanes y RF.

¿Qué es un acelerador de partículas?

¿Qué son los imanes?

¿Qué es la RF?

???



# ¿Qué es un acelerador de partículas?

[https://es.wikipedia.org/wiki/Acelerador\\_de\\_part%C3%ADculas](https://es.wikipedia.org/wiki/Acelerador_de_part%C3%ADculas)

## Acelerador de partículas

Artículo [Discusión](#)

[Leer](#) [Editar](#)

Un **acelerador de partículas** es un dispositivo que utiliza **campos electromagnéticos** para acelerar **partículas cargadas** a altas velocidades y así hacerlas colisionar con otras partículas.<sup>1</sup> De esta manera se genera una multitud de nuevas partículas que



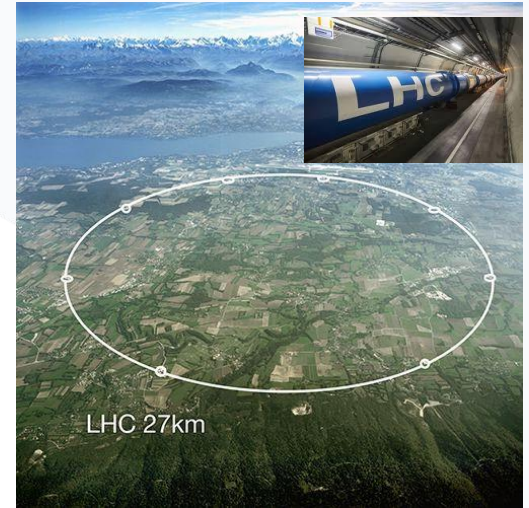
ALBA



## Tele gordas de tubo

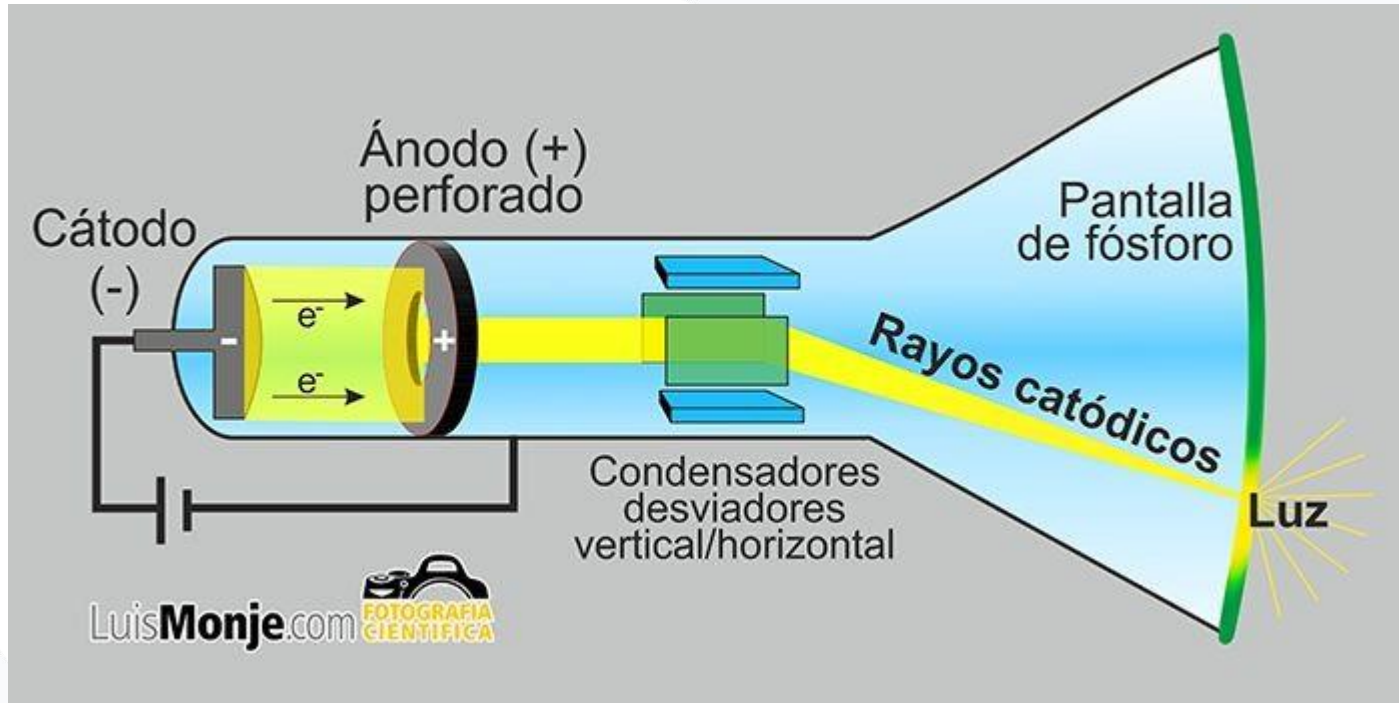


## LHC - CERN



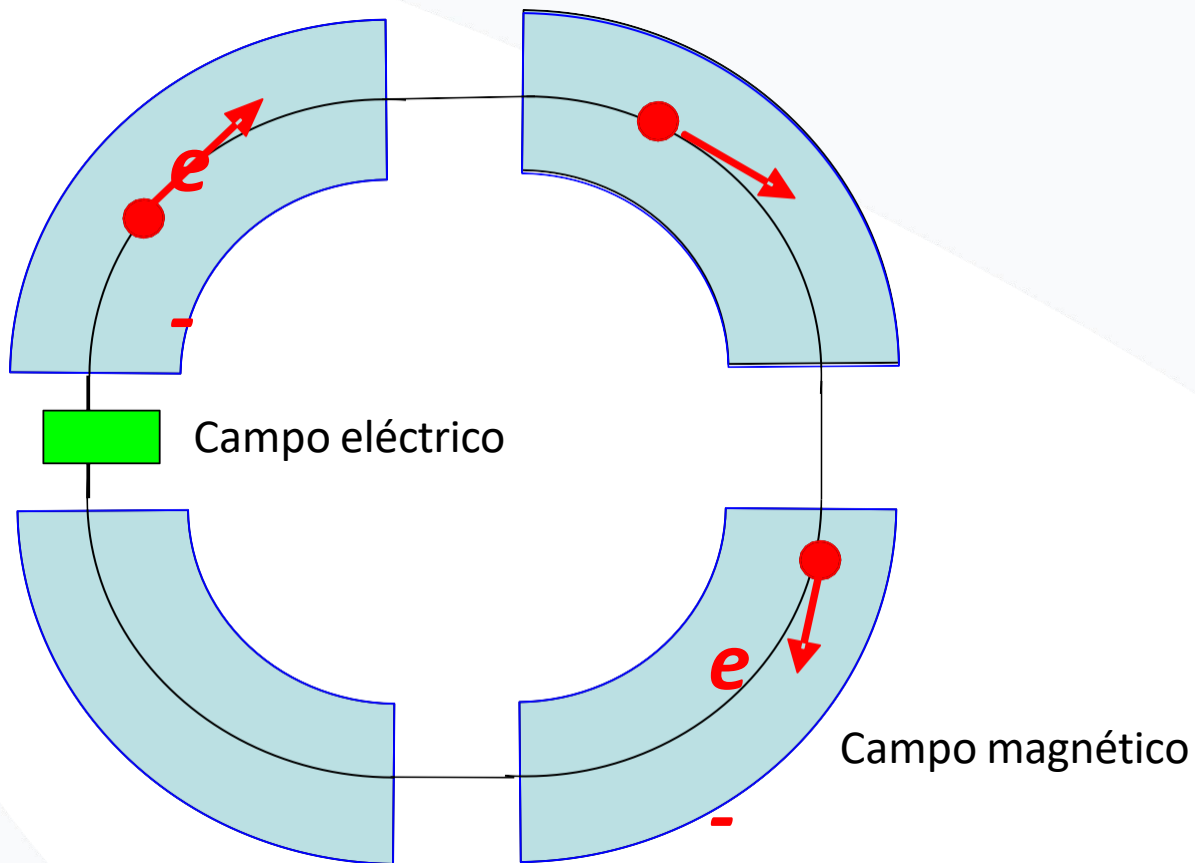
# Teles gordas de tubo

## Tubo de rayos catódicos





# Acelerador de Partículas Esquemático



# Acelerador de Partículas: Fuente de Luz de Sincrotrón

Se aceleran  
electrones para  
producir luz de  
sincrotrón





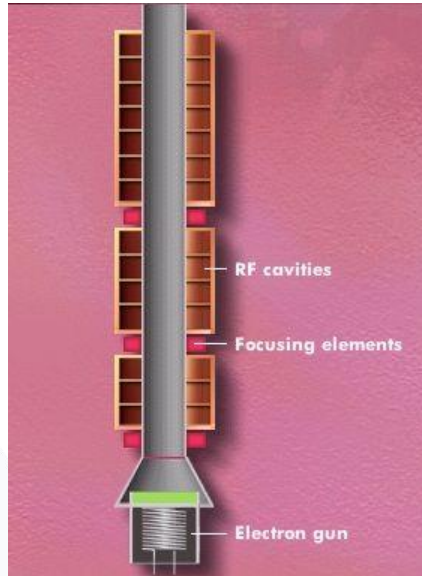
Filamento de Tungsteno a 1200 grados

Entre Ánodo y Cátodo hay una diferencia de potencial de 100 kV  
Los electrones salen a una energía de 100 keV que corresponde a una velocidad de ~60% de la velocidad de la luz!

Velocidad de la luz:  
 $c \sim 300.000.000 \text{ m/s}$

# Primera Aceleración: LINAC

Se aceleran las partículas de 100 keV a 100 MeV (x 1000!)

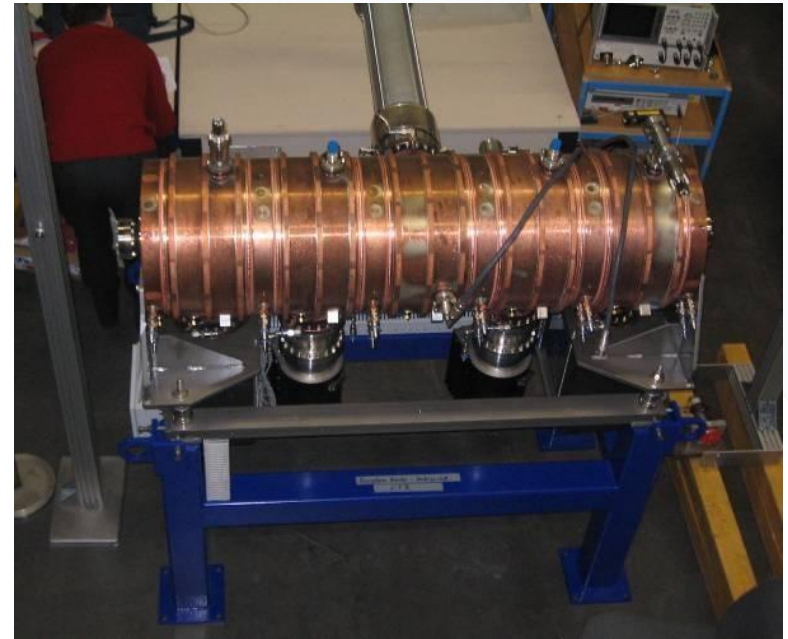
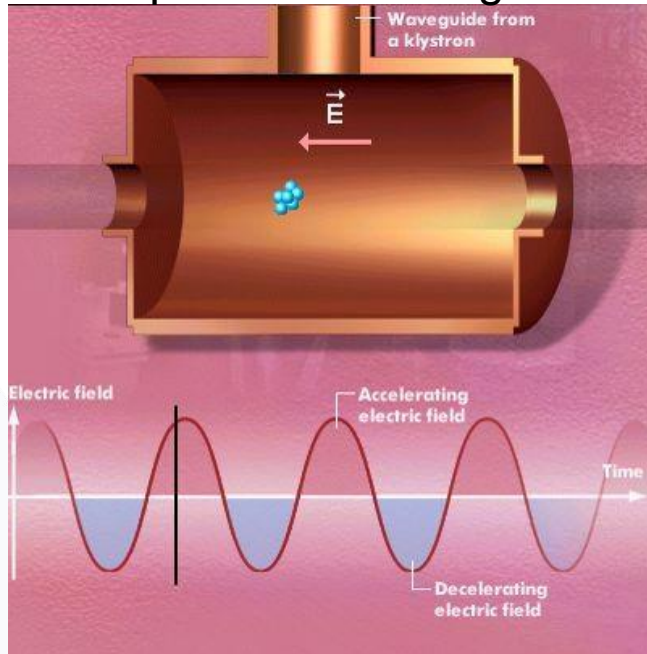


99% de  
c

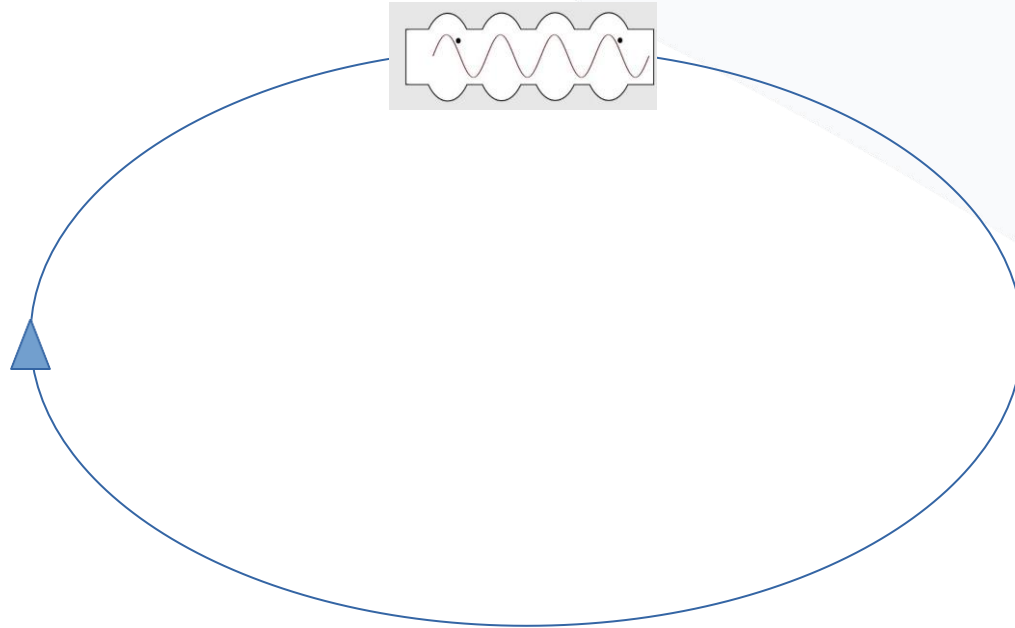
# Aceleracion: Cavidad de Radiofrecuencia

La estructura de una cavidad de RF permite de generar un campo eléctrico que transporta las partículas pasándole energía

En 14 m vamos de 100 keV a 100 MeV  
Tenemos que llegar a 3 GeV (x 3000)



La idea es utilizar la misma cavidad RF varias veces → acelerador circular

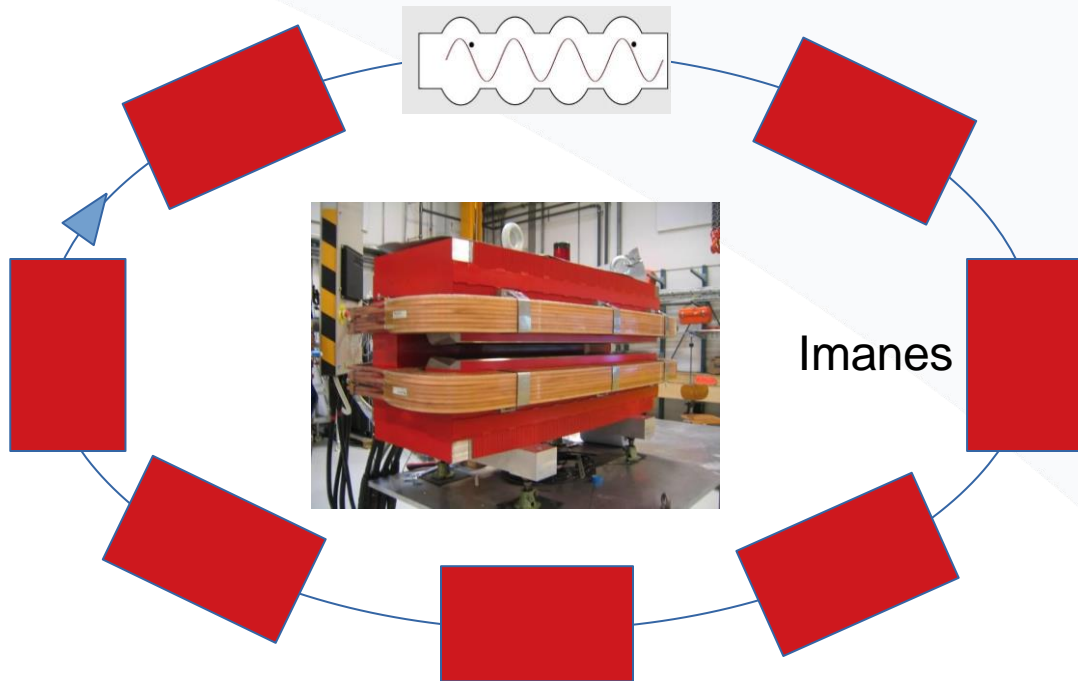
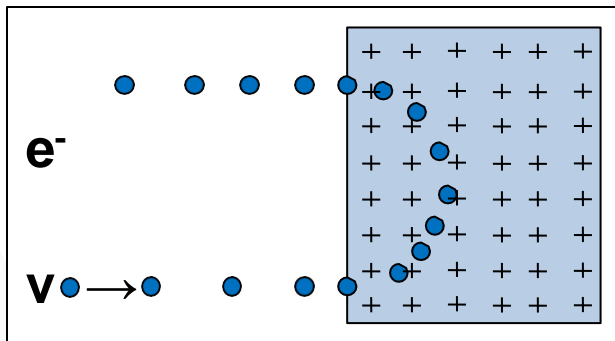




# Imanes

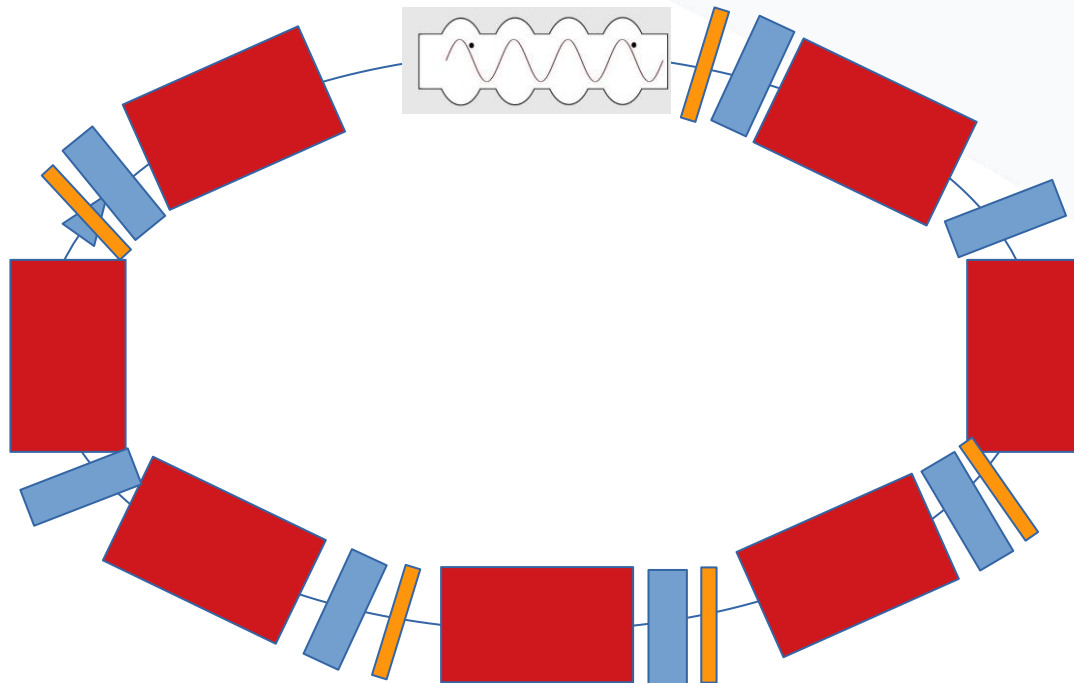
Campo magnético curva las partículas (Fuerza de Lorentz)

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$



## Anillo de almacenamiento

Solo podemos acelerar pocas partículas a la vez, si queremos más tenemos que almacenar

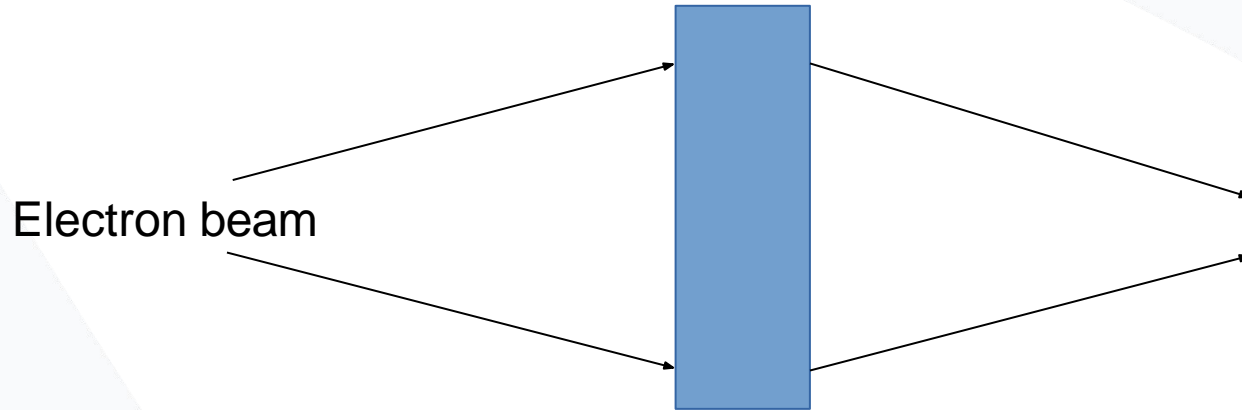


Desde este anillo sacamos la luz de sincrotrón



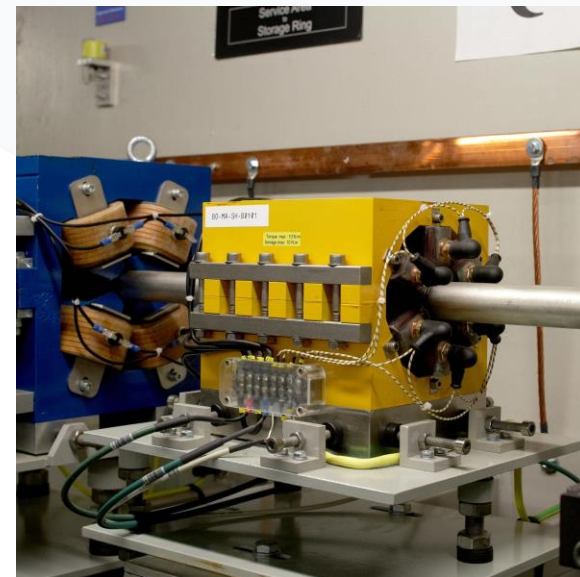
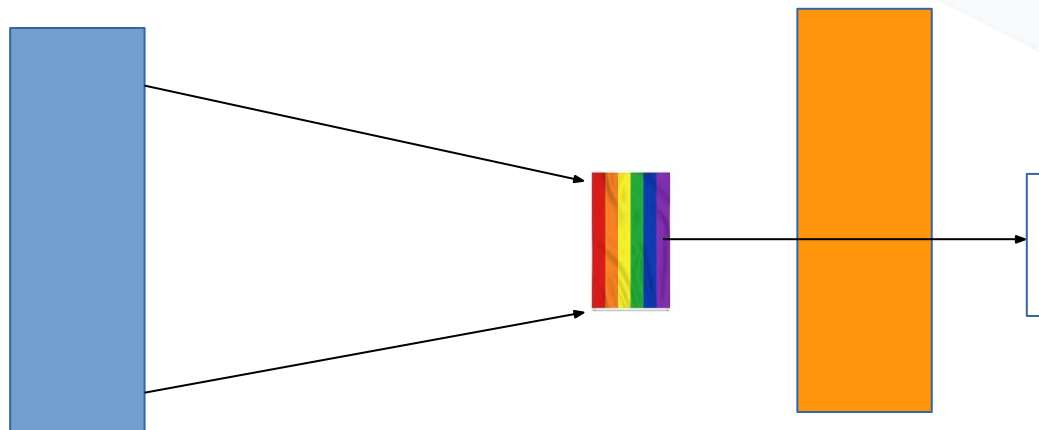
# Imanes cuadrupolares

El haz de electrones es divergentes → lo focalizamos



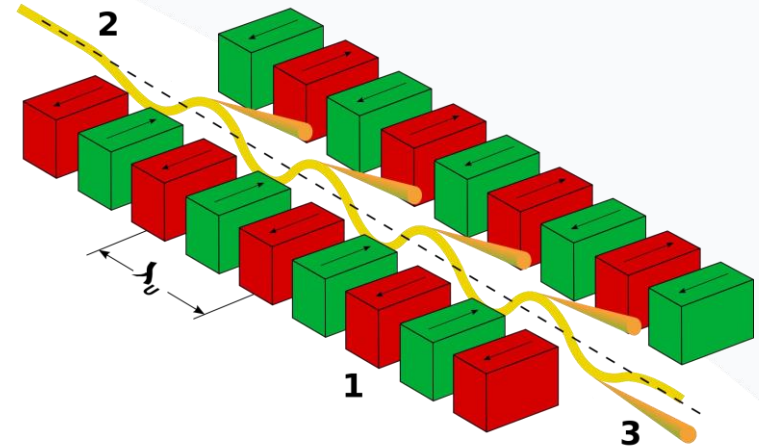
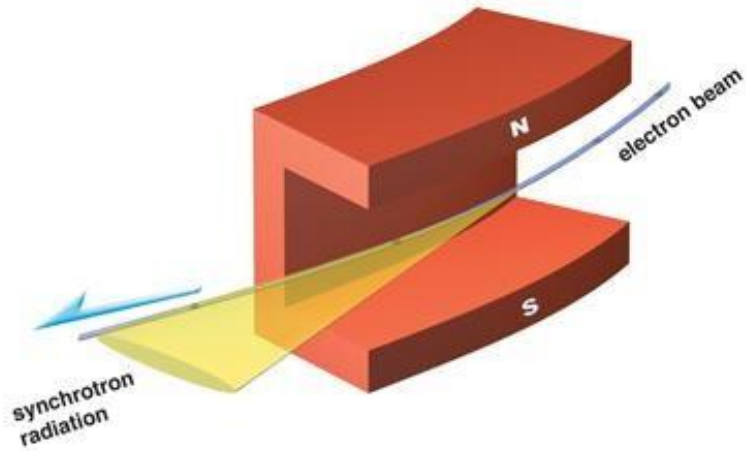
# Imanes sextupolares

El haz de electrones es tiene energías distintas → lo compactamos

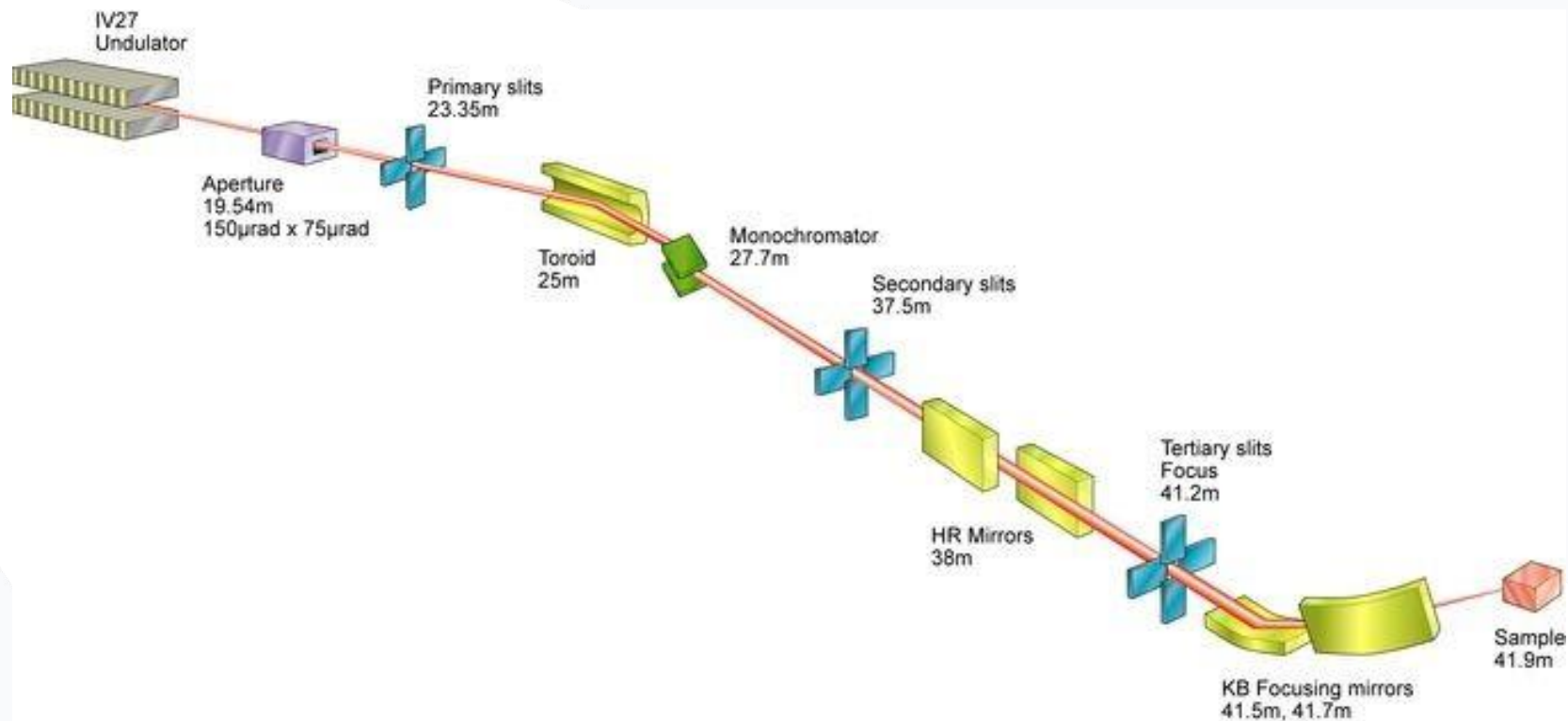


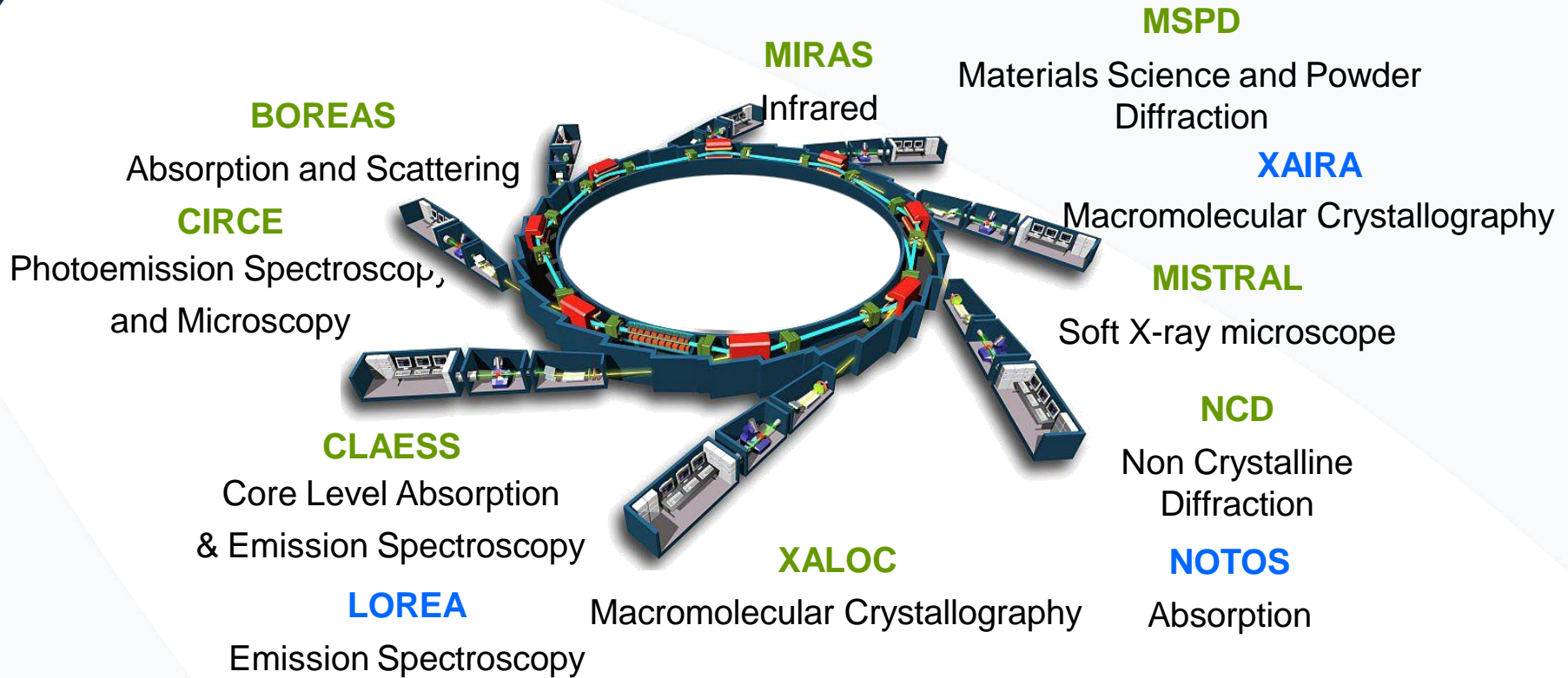
# Dispositivos de inserción

Una vez que el haz es bonito, ¡producimos luz!



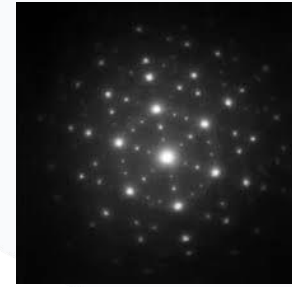
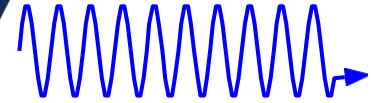
# Líneas de luz



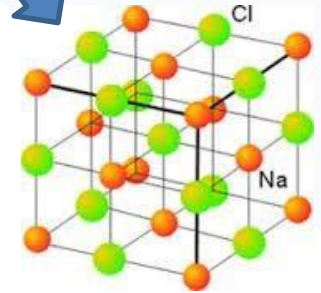


# Difracción

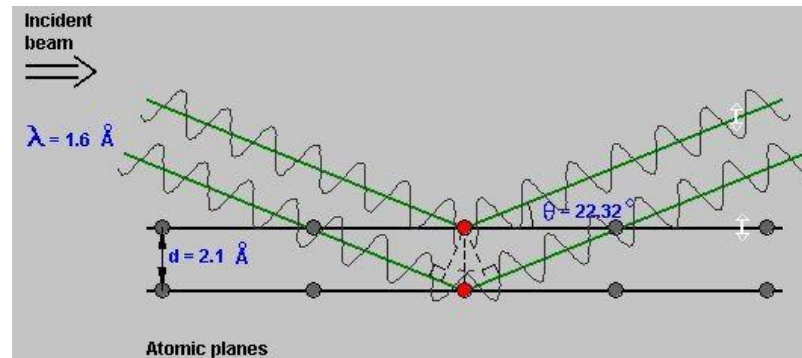
RX

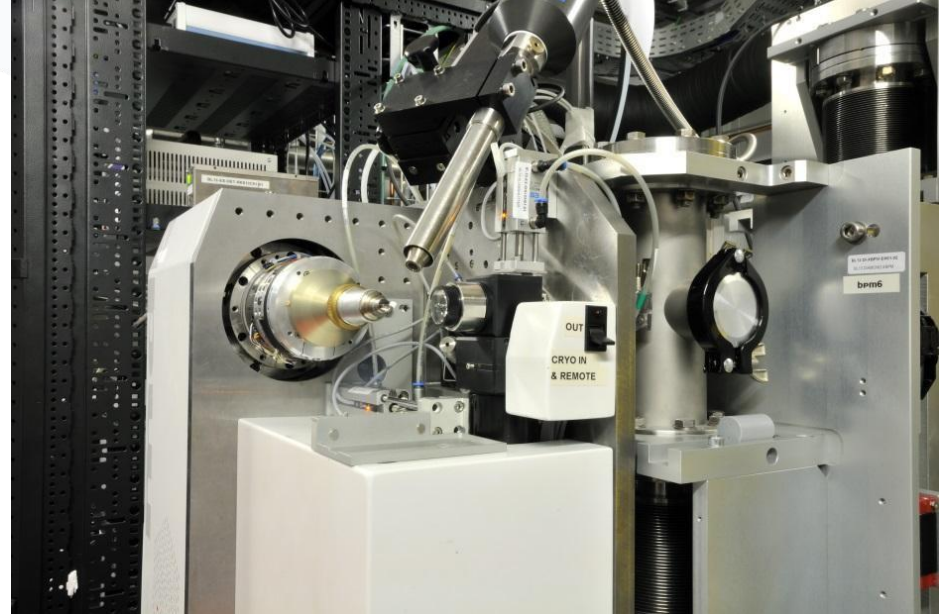
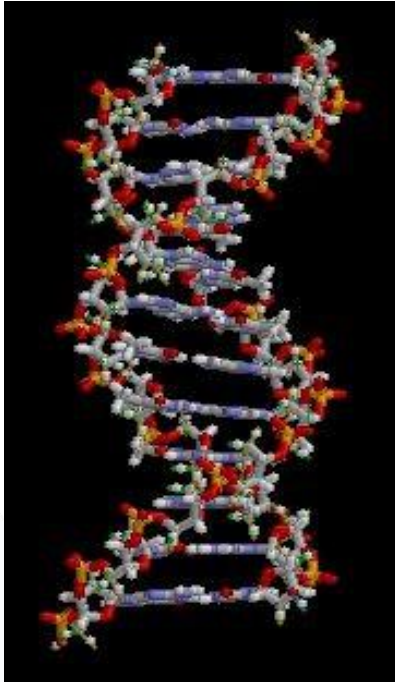


Patrón de difracción



Estructura interna

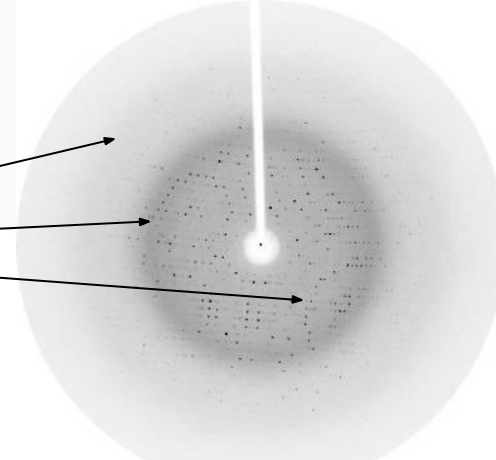
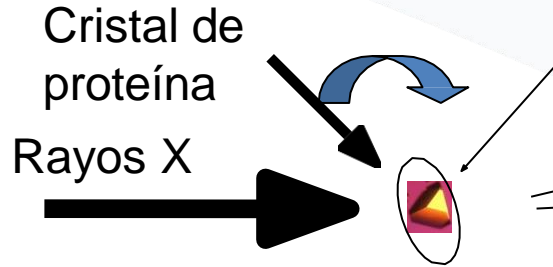




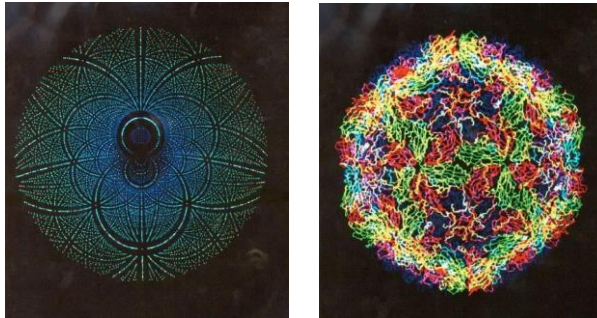
Observación de la estructura a doble hélice del ADN 1953  
Premio Nobel en Medicina 1962  
M. Wilkins, J. Watson, F. Crick



# Ejemplos de Difracción 2



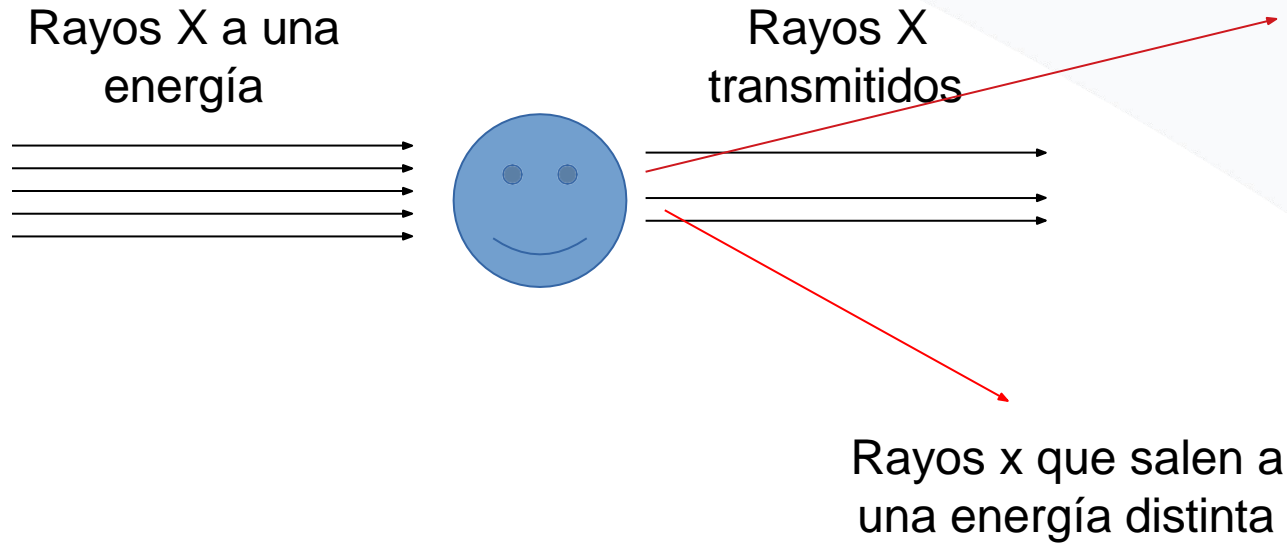
**Patrón de difracción**



Identificación de estructura de moléculas



Para estudiar la estructura de los átomos y cómo se agrupan entre ellos





Estudios hechos para entender la diferente composición de las pinturas en diferentes periodos históricos y porque se conservaban de manera distinta.

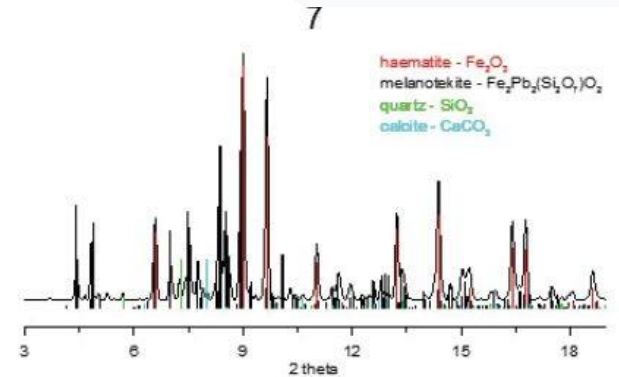
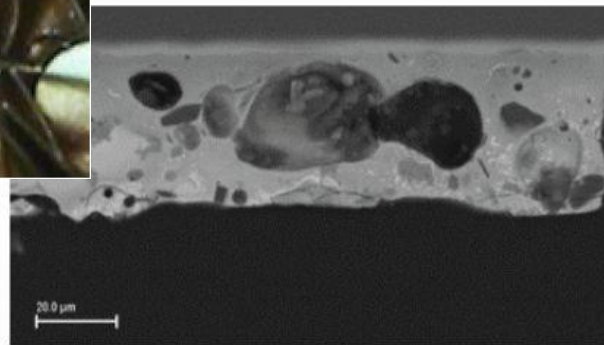
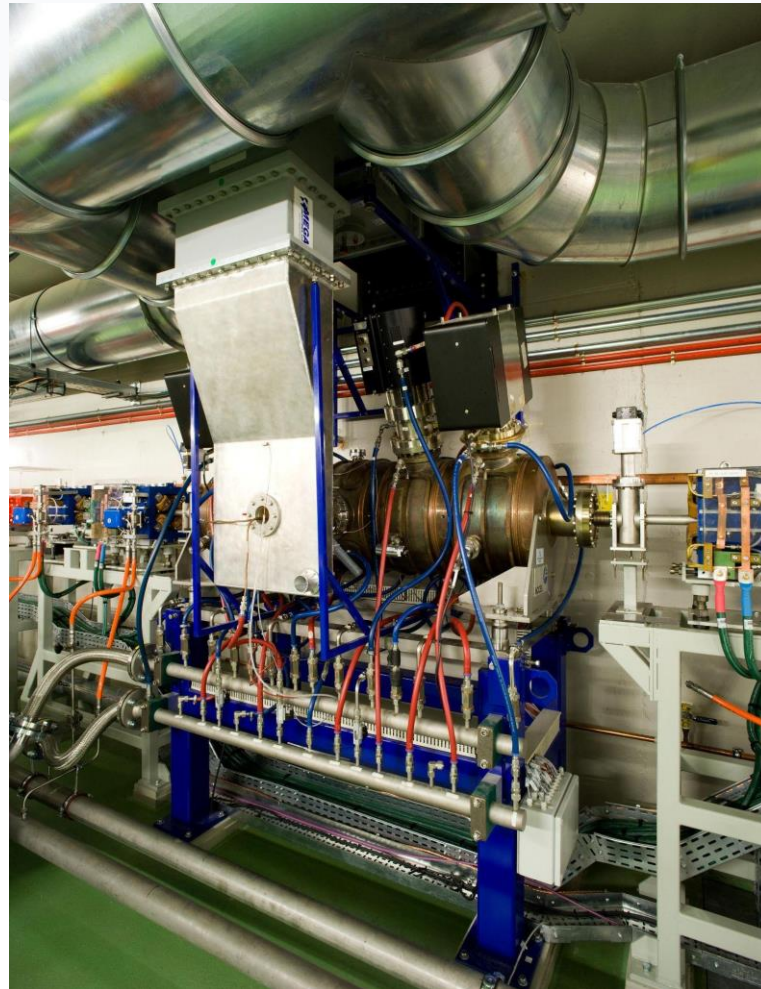


Figure 17: Typical A) 16<sup>th</sup> B) 17<sup>th</sup> and C) 19<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> century grisaille microstructures and characteristic XRD patterns of the microcrystallites.



# RF Propulsor

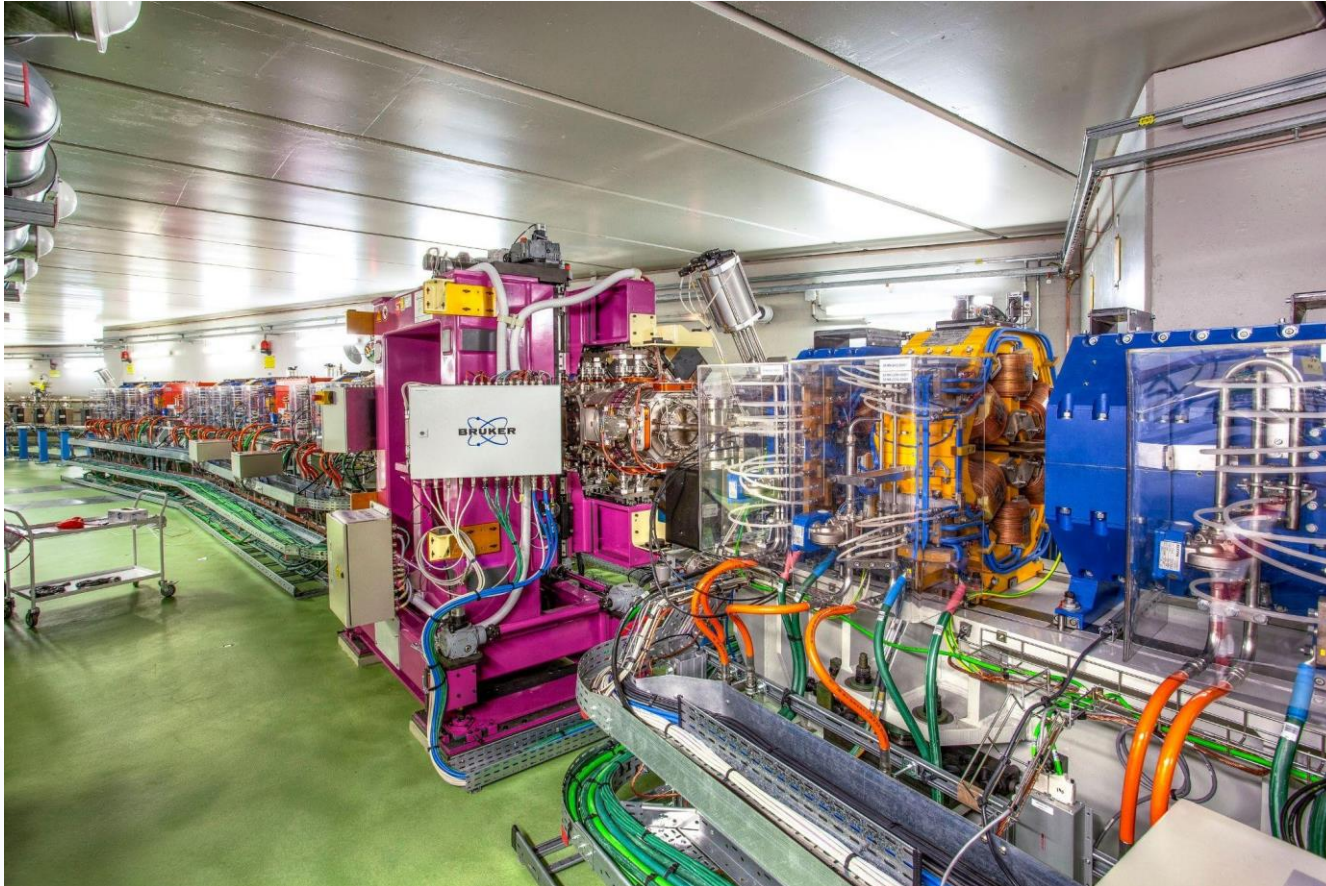




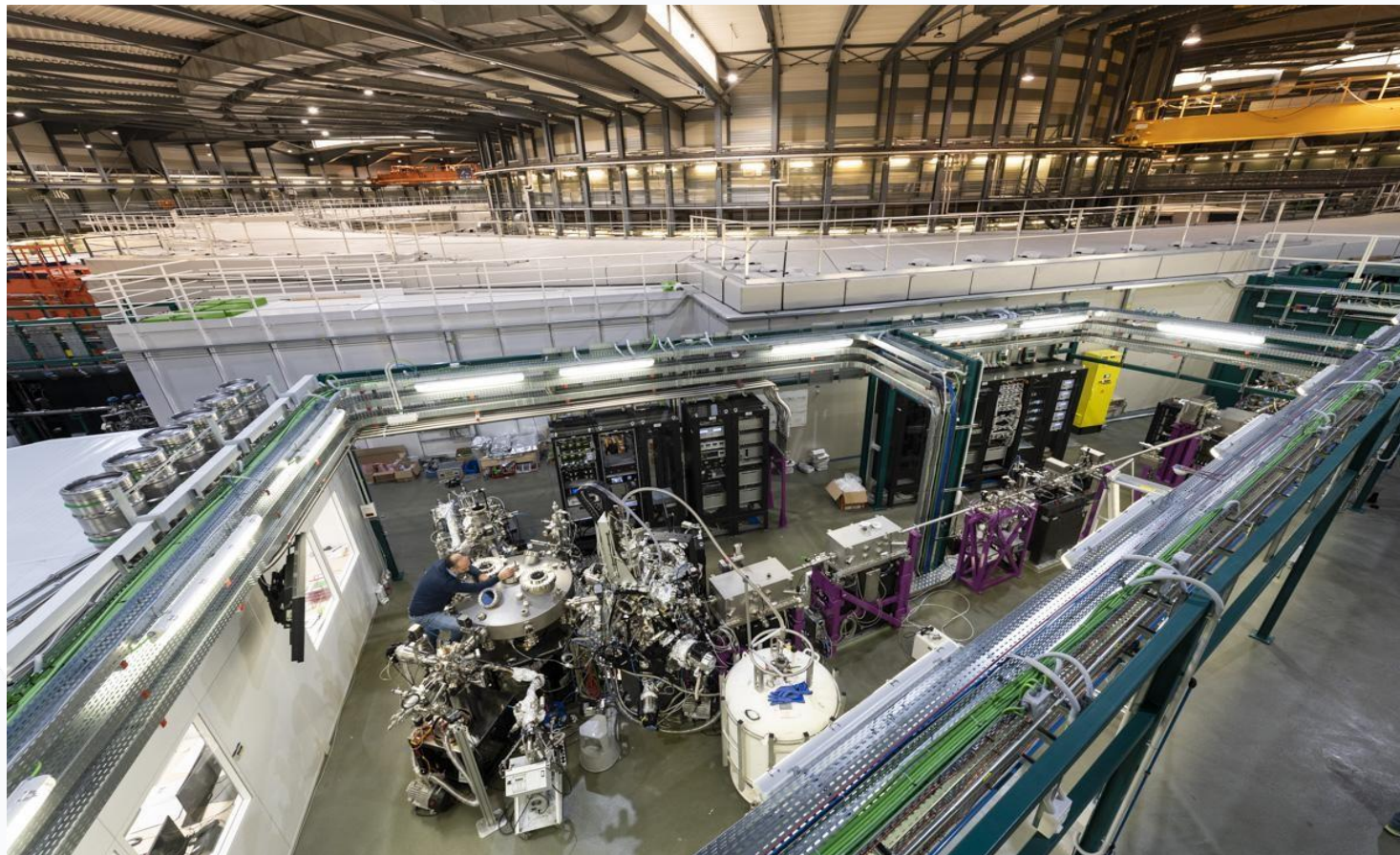
# Propulsor y Anillo de Almacenamiento



# Dispositivo de inserción













Científicos, ingenieros, informáticos, técnicos, administrativos, legales...

<https://www.cells.es/en>

<https://www.cells.es/en/public/newsletter>

<https://www.cells.es/en/public/visits>

<https://www.cells.es/en/public/know-alba>