

# Patrón Primario de Frecuencia de Átomos Fríos, CENAM CsF-1



División de Tiempo y Frecuencia  
CENAM



Tiempo y Frecuencia

# Contenido

**Introducción**

**Trampa Magneto Óptica de Cs**

**Región de Vuelo**

**Sistema Óptico**

**Oscilador Local**

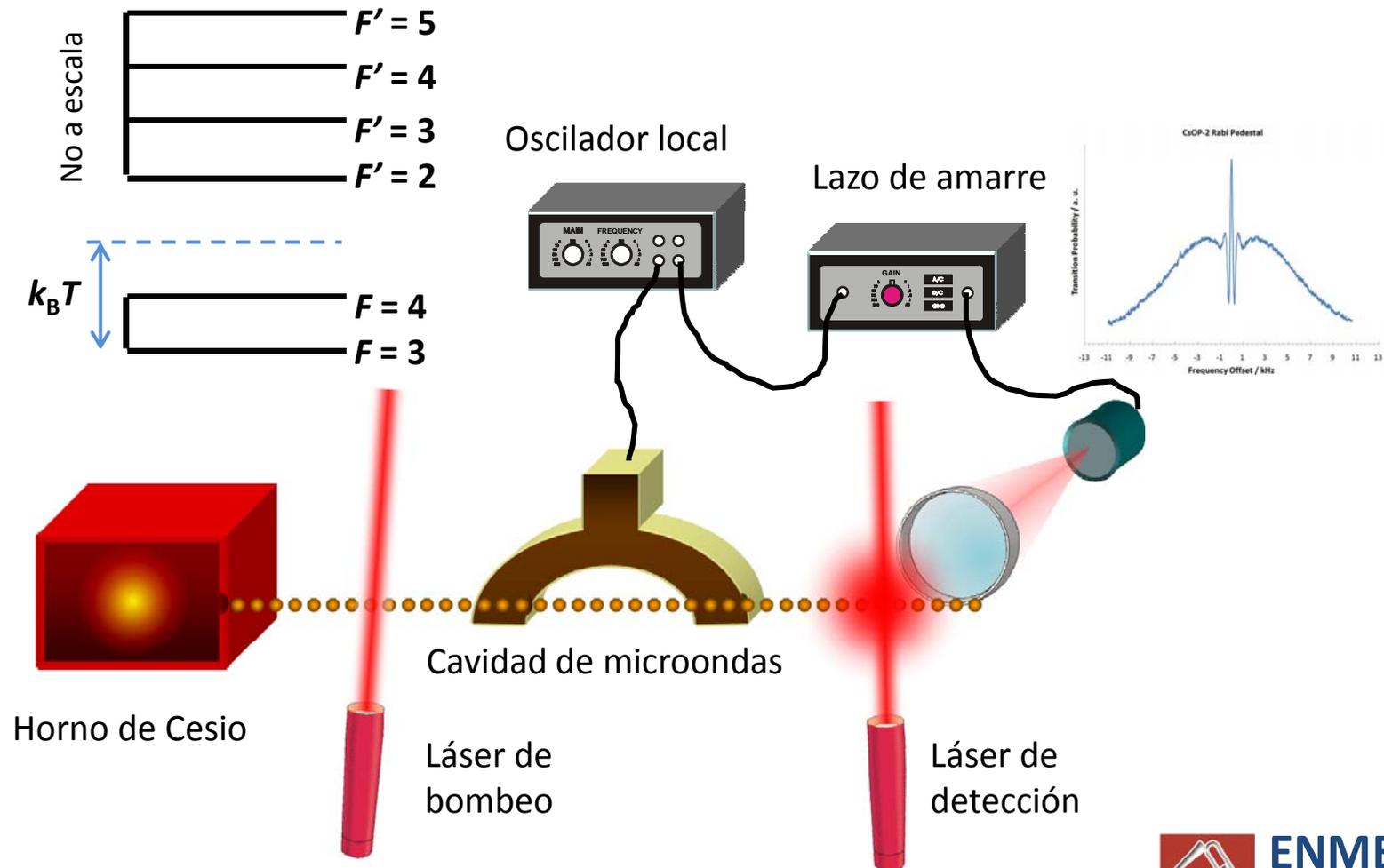
**Conclusiones**



Tiempo y Frecuencia

# Introducción

## Reloj atómico de haz térmico con bombeo óptico





Tiempo y Frecuencia

## Limitaciones de un Patrón Primario de Frecuencia

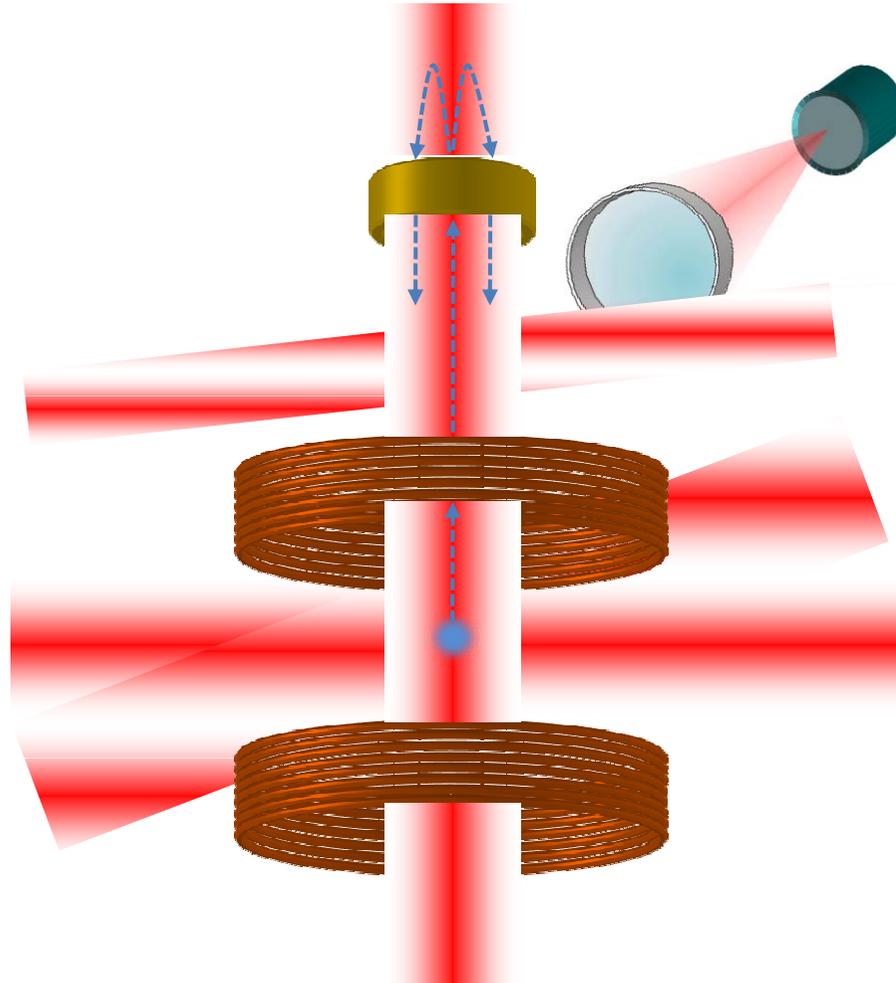
### El principio de incertidumbre de Heisenberg

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad E = h\nu$$

$$\Delta \nu \approx 100 \text{ Hz}$$

Incertidumbre en la reproducción del segundo  $\approx 1 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-14}$

# Cavidades más grandes o átomos más lentos?



$$\Delta\nu \approx 1 \text{ Hz}$$

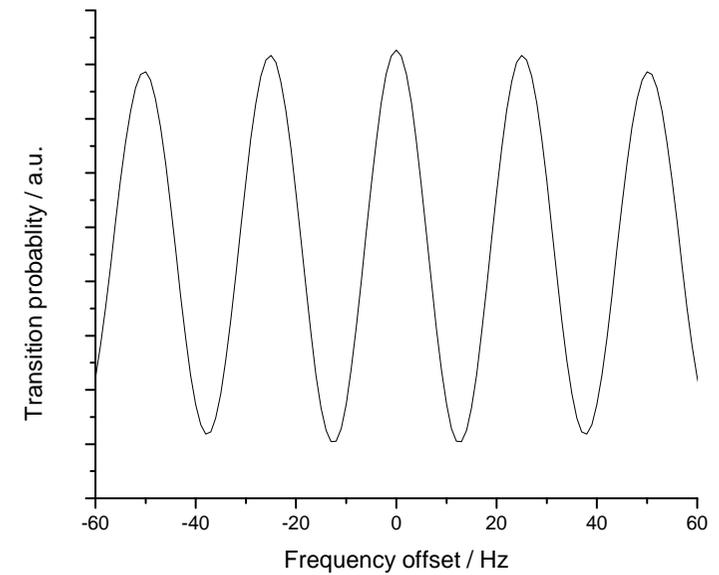
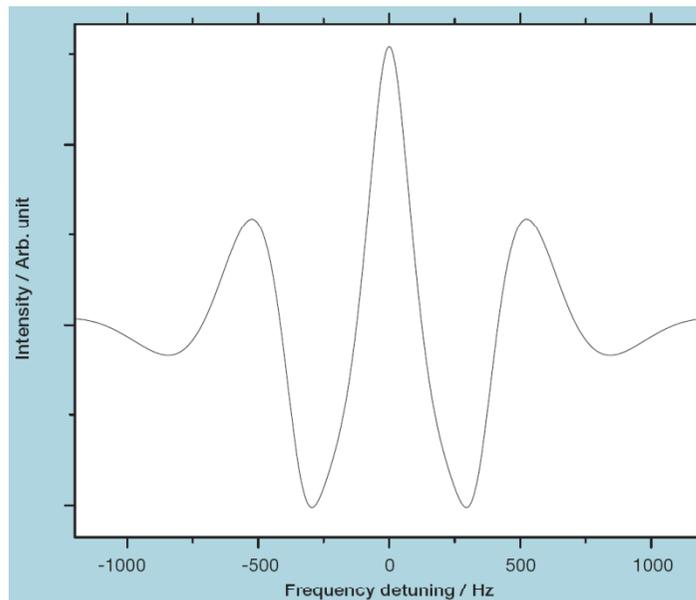
Incertidumbre

$$\approx 1 \times 10^{-15} - 1 \times 10^{-16}$$

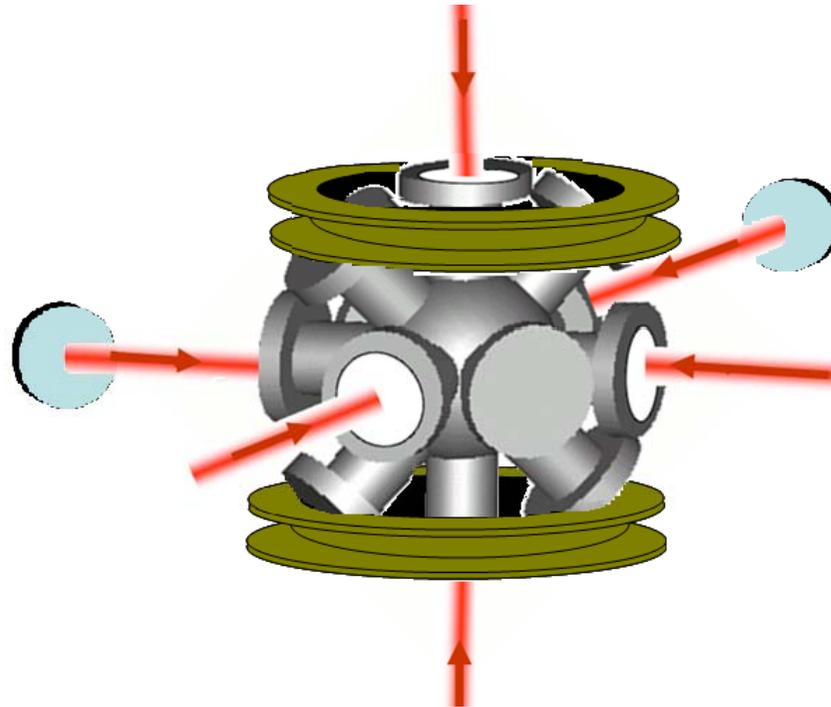


Tiempo y Frecuencia

## Reloj de Haz Térmico Vs Fuente Atómica



# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica



## Características:

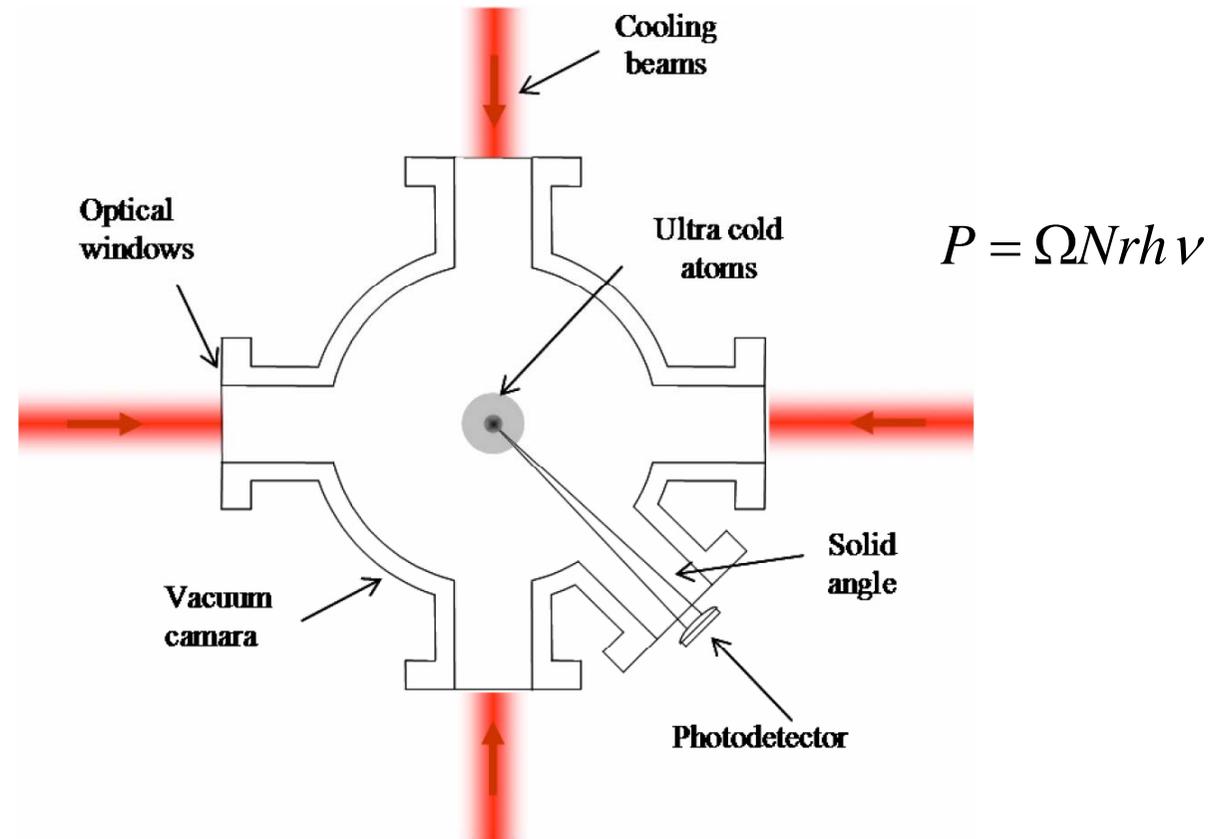
Esfera de 15 cm de diámetro de acero inoxidable de 12 puertos.

Ventanas con cubierta antirreflejante, transmisión mayor a 99 % para 852 nm.

Dos bobina en configuración anti-Helmholtz, 15 cm de radio, 2 A.

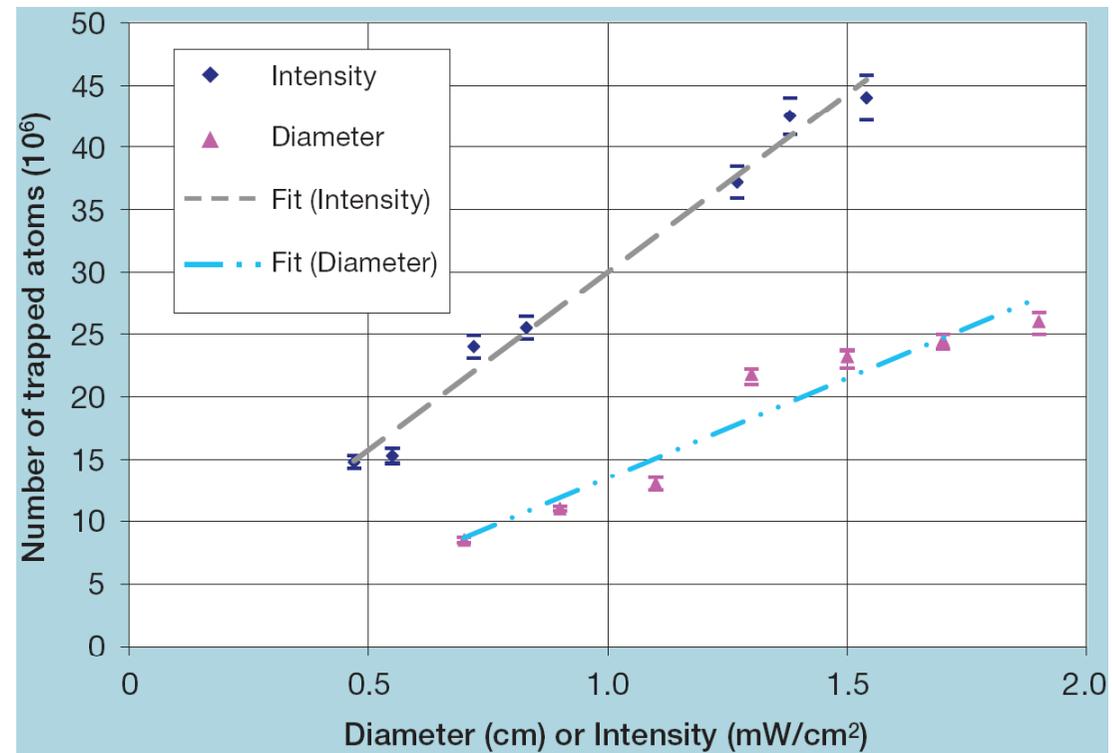
# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

Caracterización: Número de átomos atrapados



# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

## Caracterización: Número de átomos atrapados

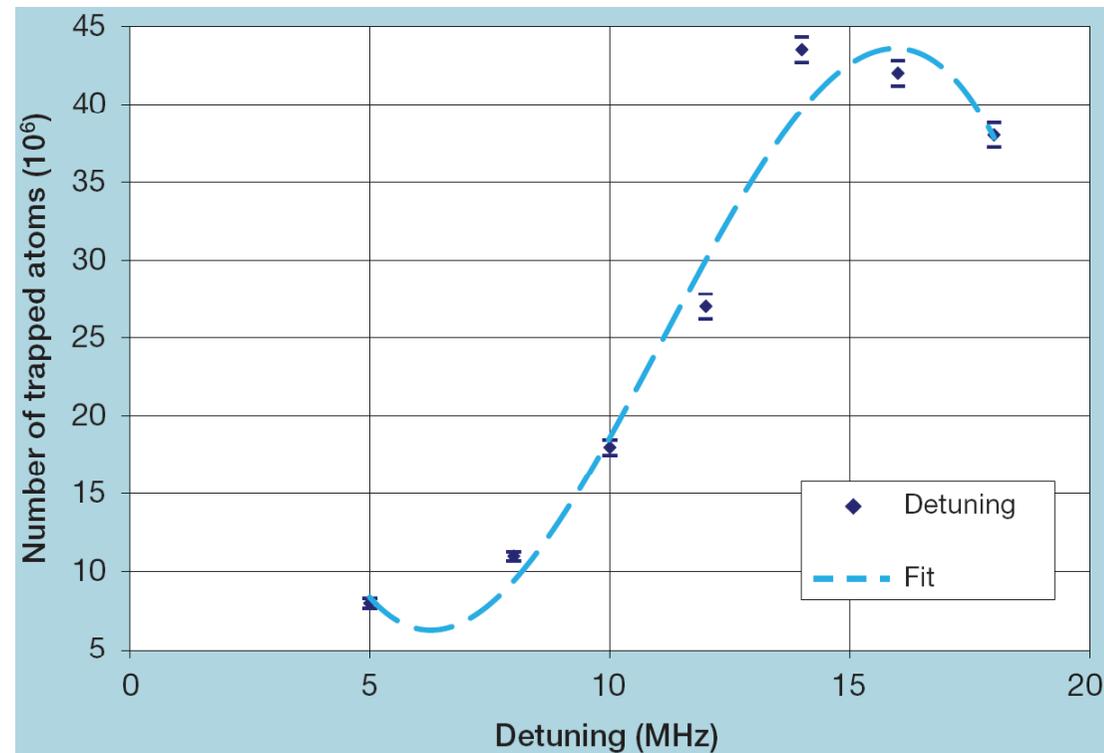




Tiempo y Frecuencia

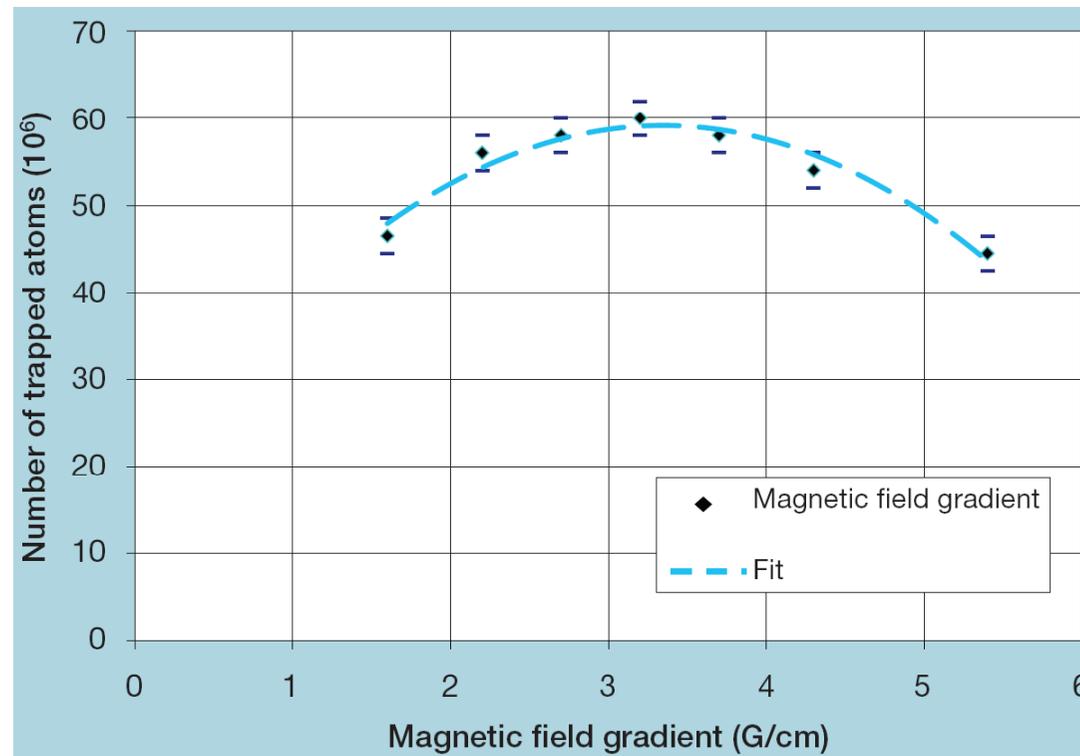
# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

## Caracterización: Número de átomos atrapados



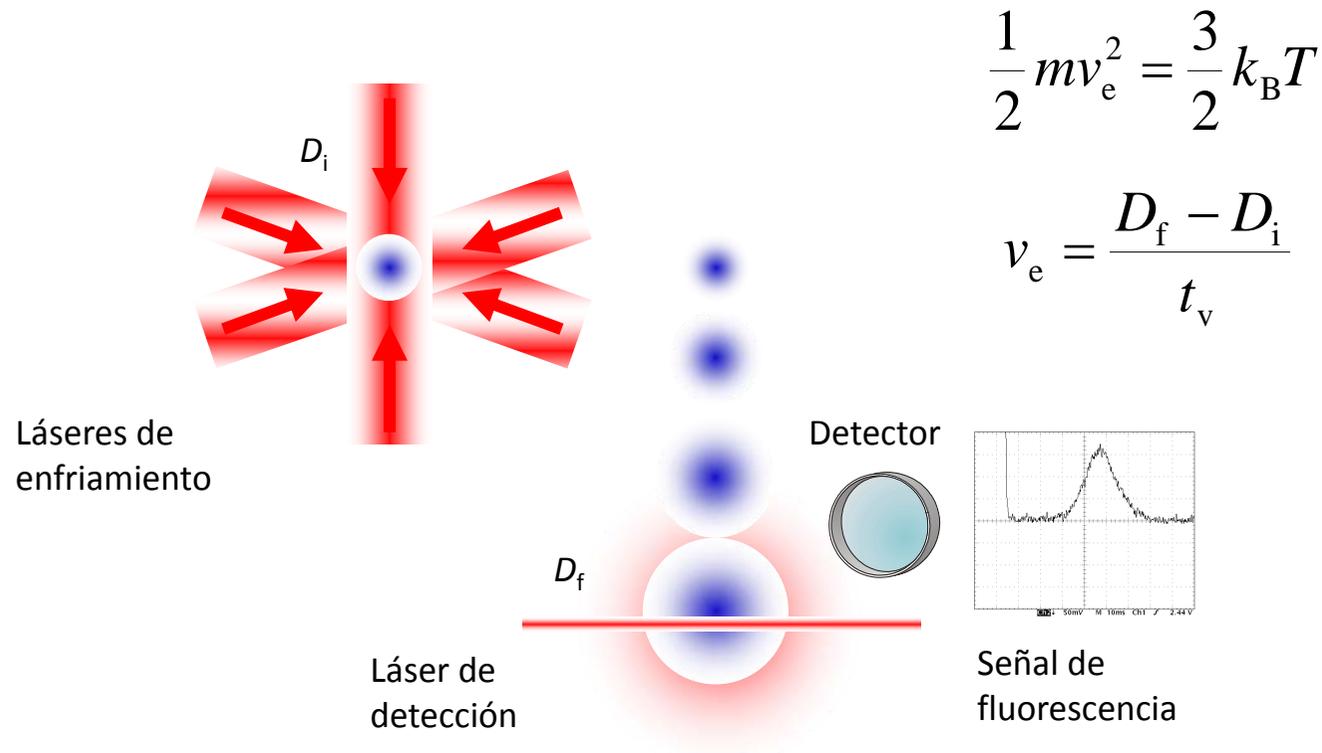
# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

## Caracterización: Número de átomos atrapados



# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

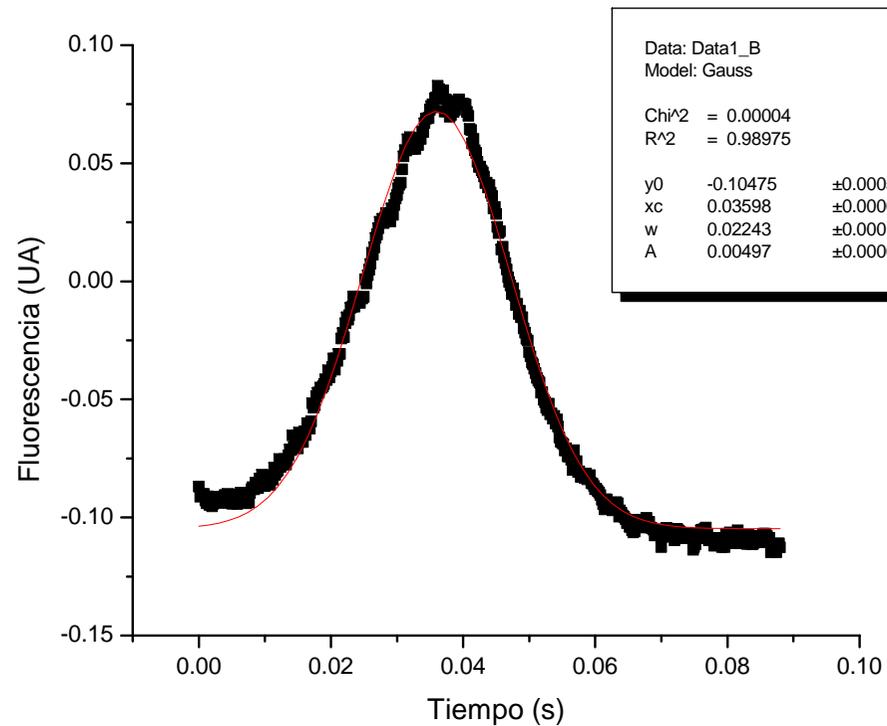
## Caracterización: Temperatura Nube Atómica





# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica

## Caracterización: Temperatura Nube Atómica



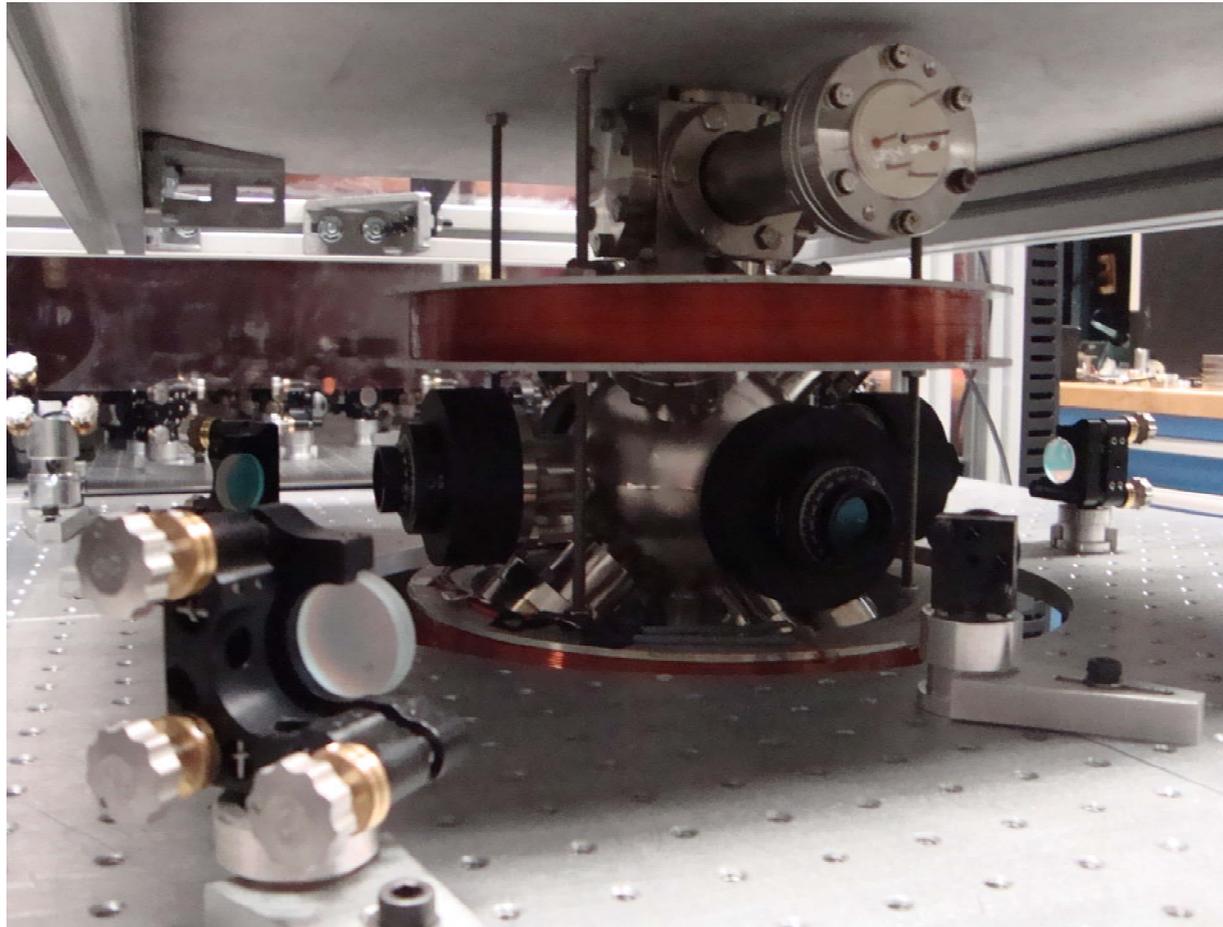
$$v_e \approx 12 \text{ cm/s}$$

$$T \approx 80 \mu\text{K}$$

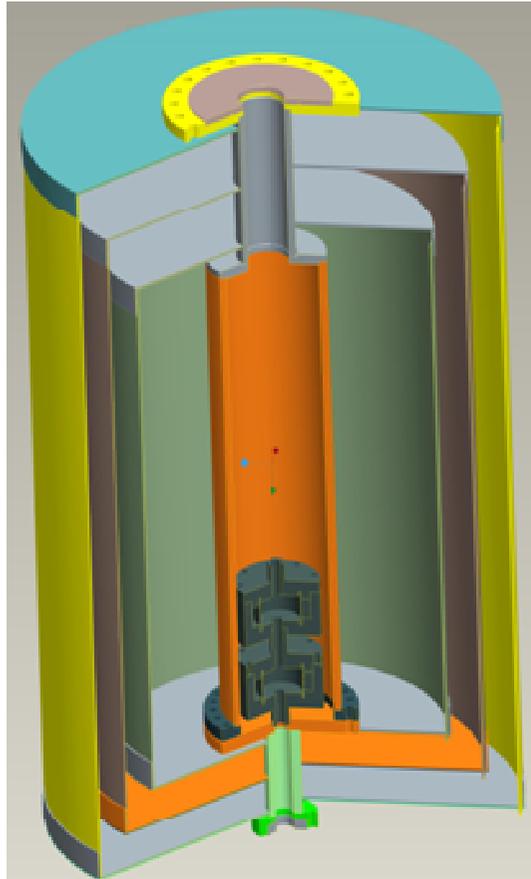


Tiempo y Frecuencia

# CENAM CsF-1: Trampa Magneto Óptica



## CENAM CsF-1: Región de Vuelo



### Características:

Contenedor cilíndrico de cobre (tubo de vuelo) de 0.5 m de longitud y 0.13 m de diámetro.

Tres cilindros concéntricos de  $\mu$ -metal (blindaje magnético). Dimensiones del cilindro interno 0.34 m de diámetro por 0.656 m de altura

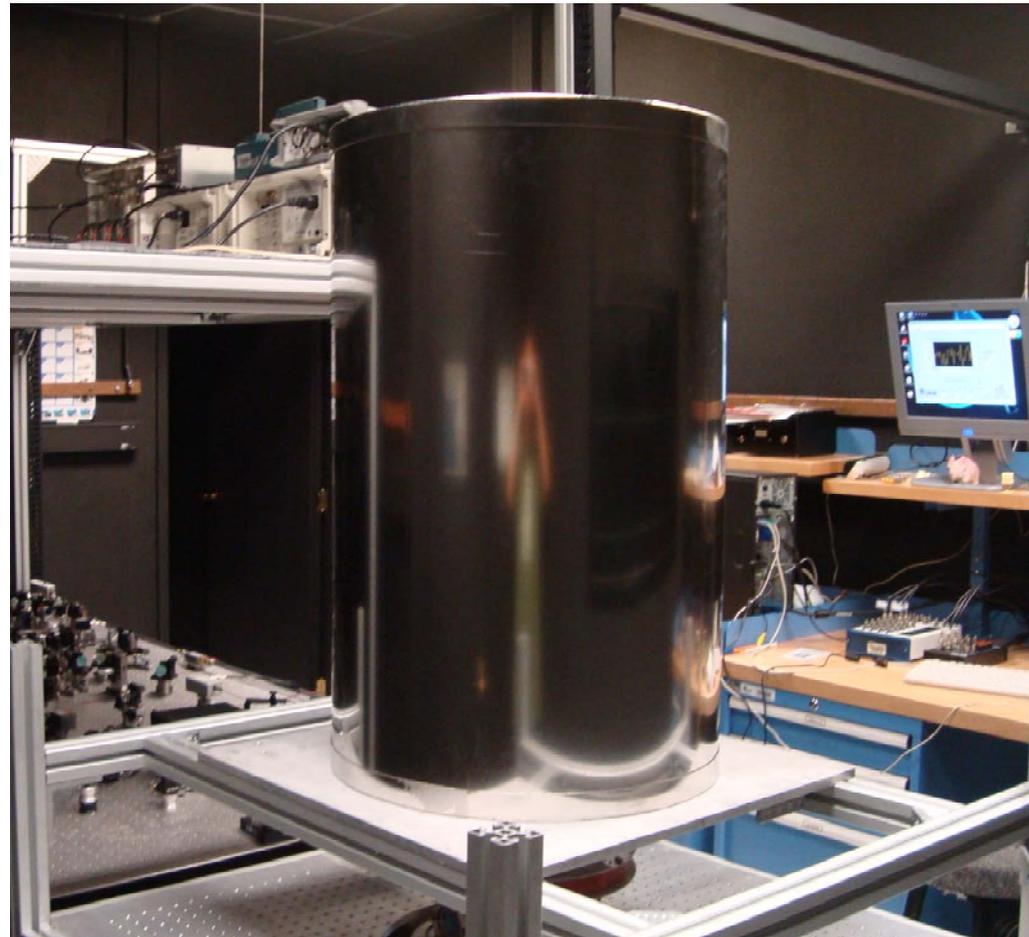
Dos cavidades de microondas cilíndricas de cobre.

Una bobina de 15 cm de diámetro fuera del tubo de vuelo.

# CENAM CsF-1: Región de Vuelo



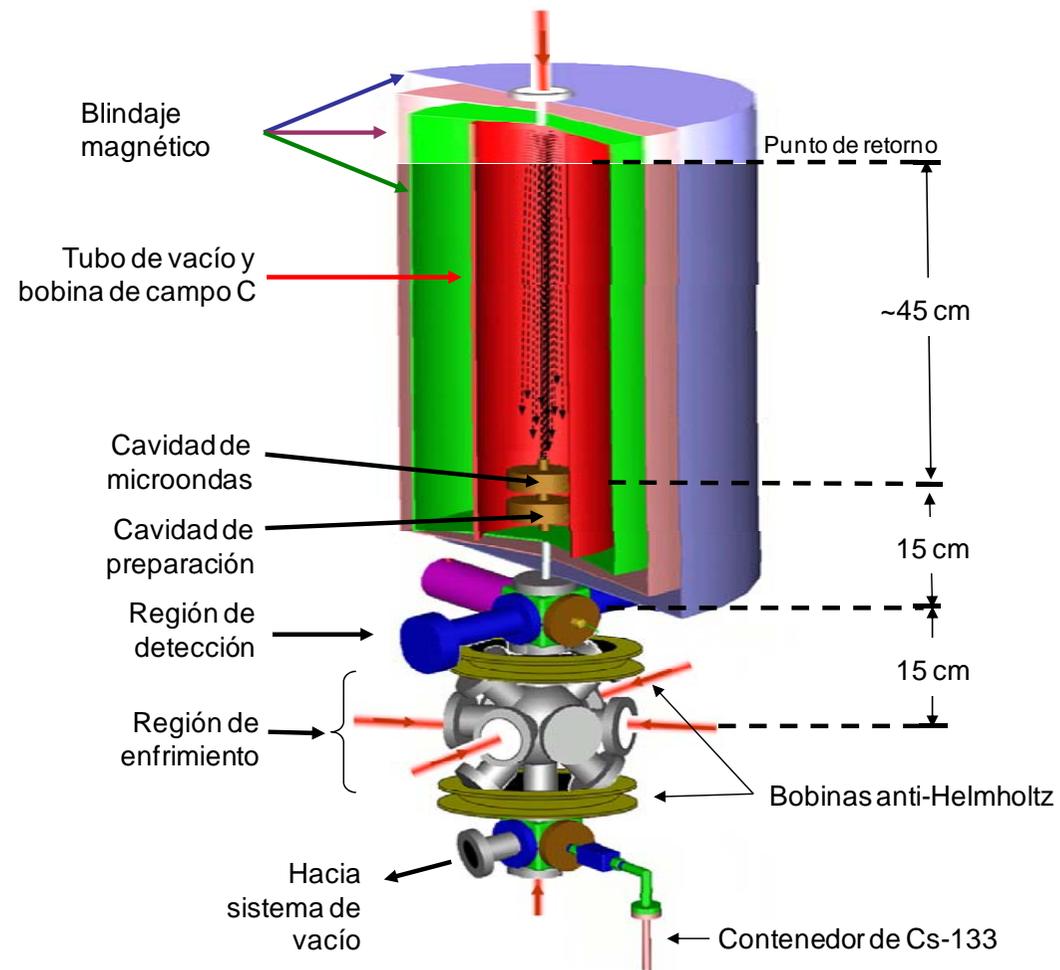
Tiempo y Frecuencia



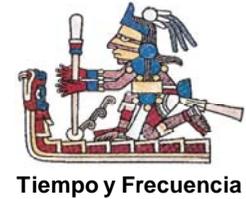


Tiempo y Frecuencia

# CENAM CsF-1: Región de Vuelo



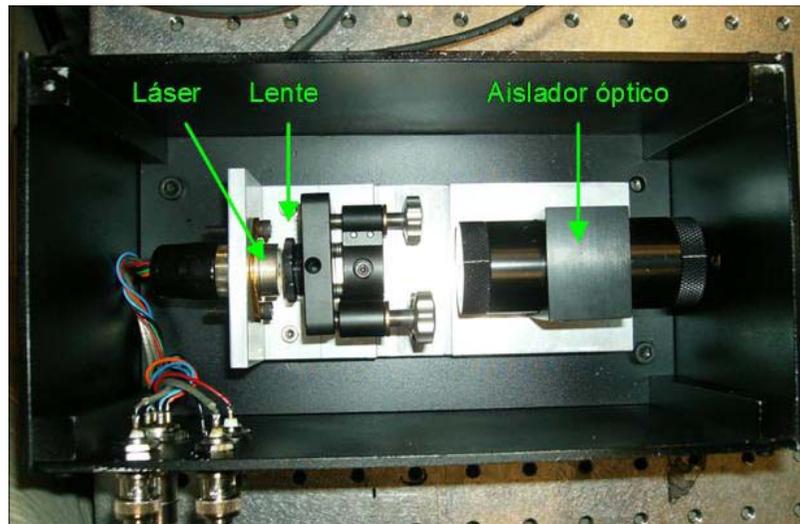
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico



## Fuentes de Luz



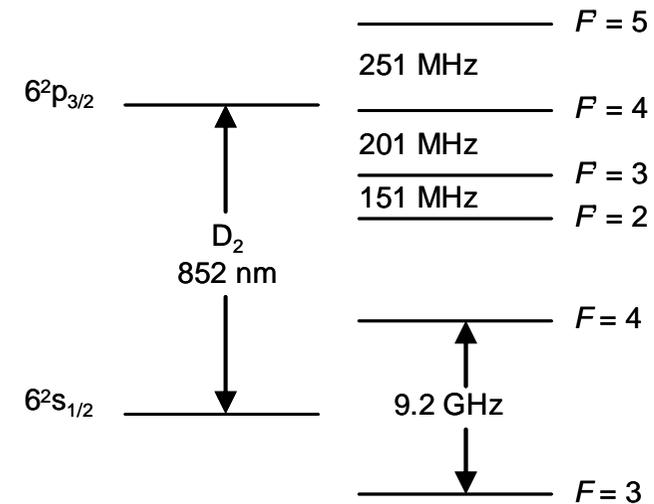
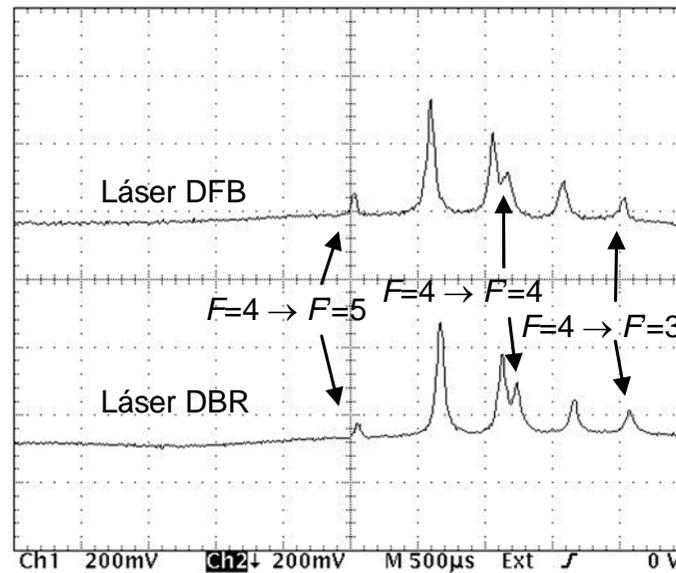
Láser DFB Eagleyard  
EYP-DFB-0852-00150-1500-TOC03-0000



Longitud de onda 852 nm  
150 mW de potencia  
Termistor y TEC incluido

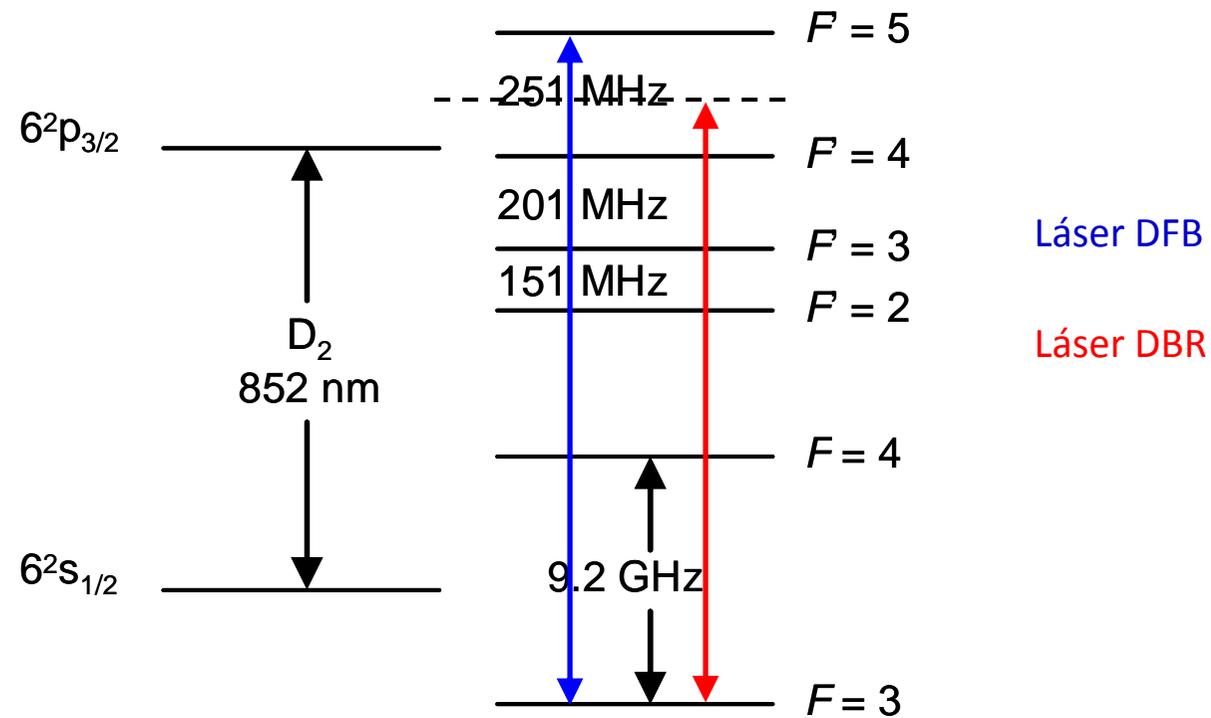
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

## Fuentes de Luz: Características espectrales



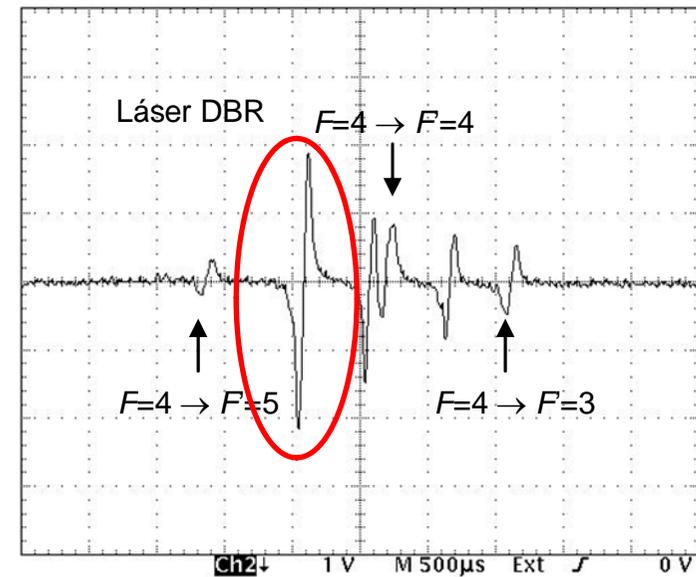
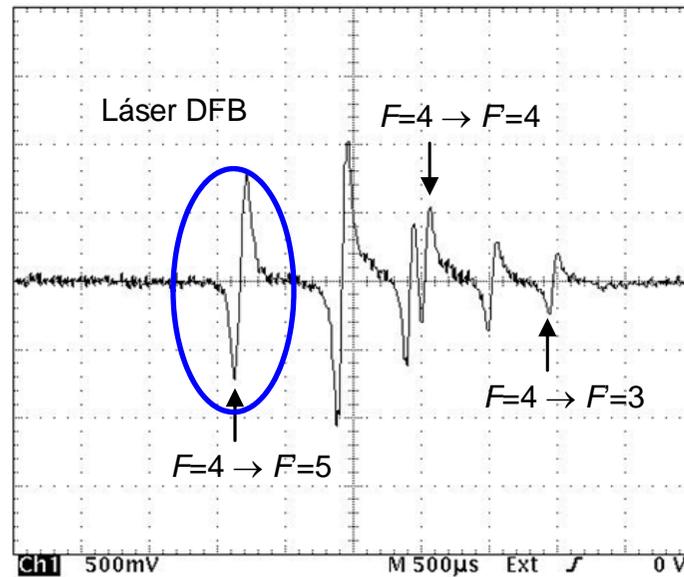
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

## Fuentes de Luz: Características espectrales



# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

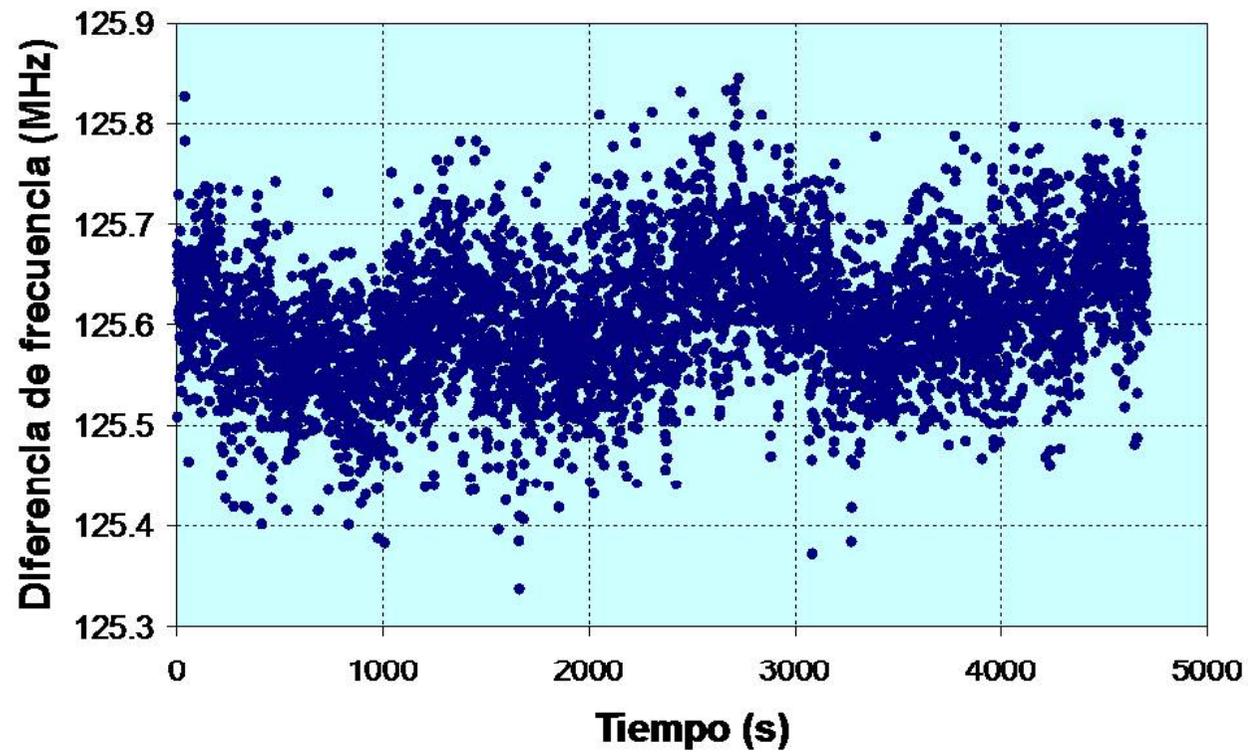
## Fuentes de Luz: Características espectrales





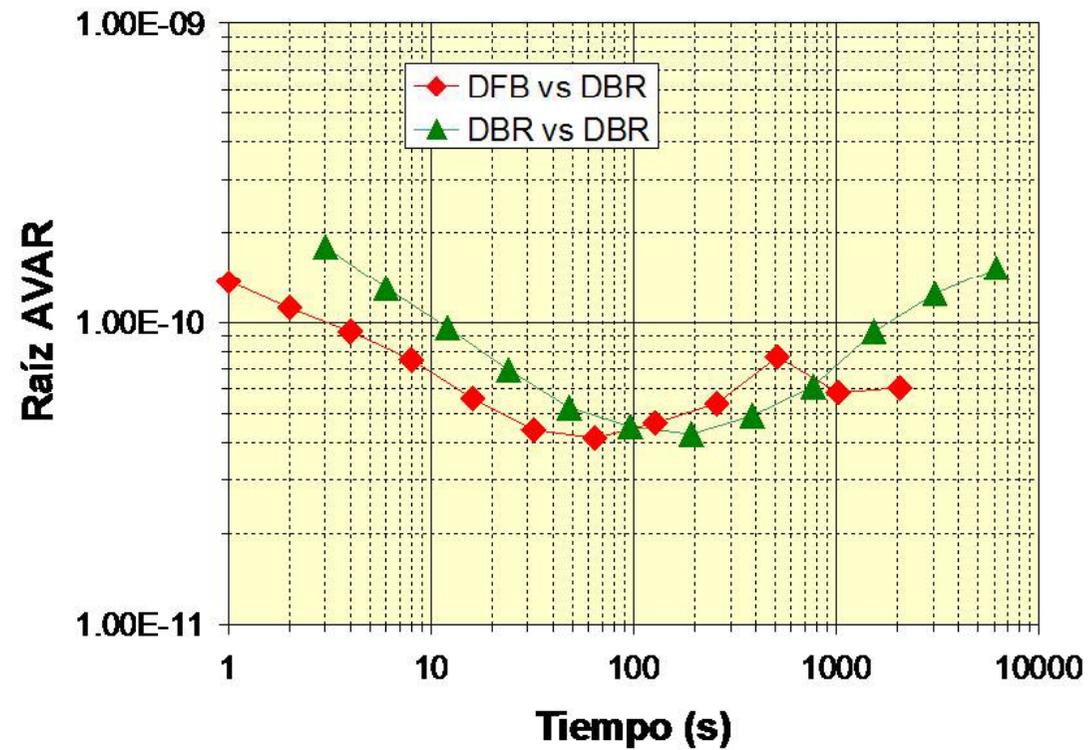
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

## Fuentes de Luz: Características espectrales



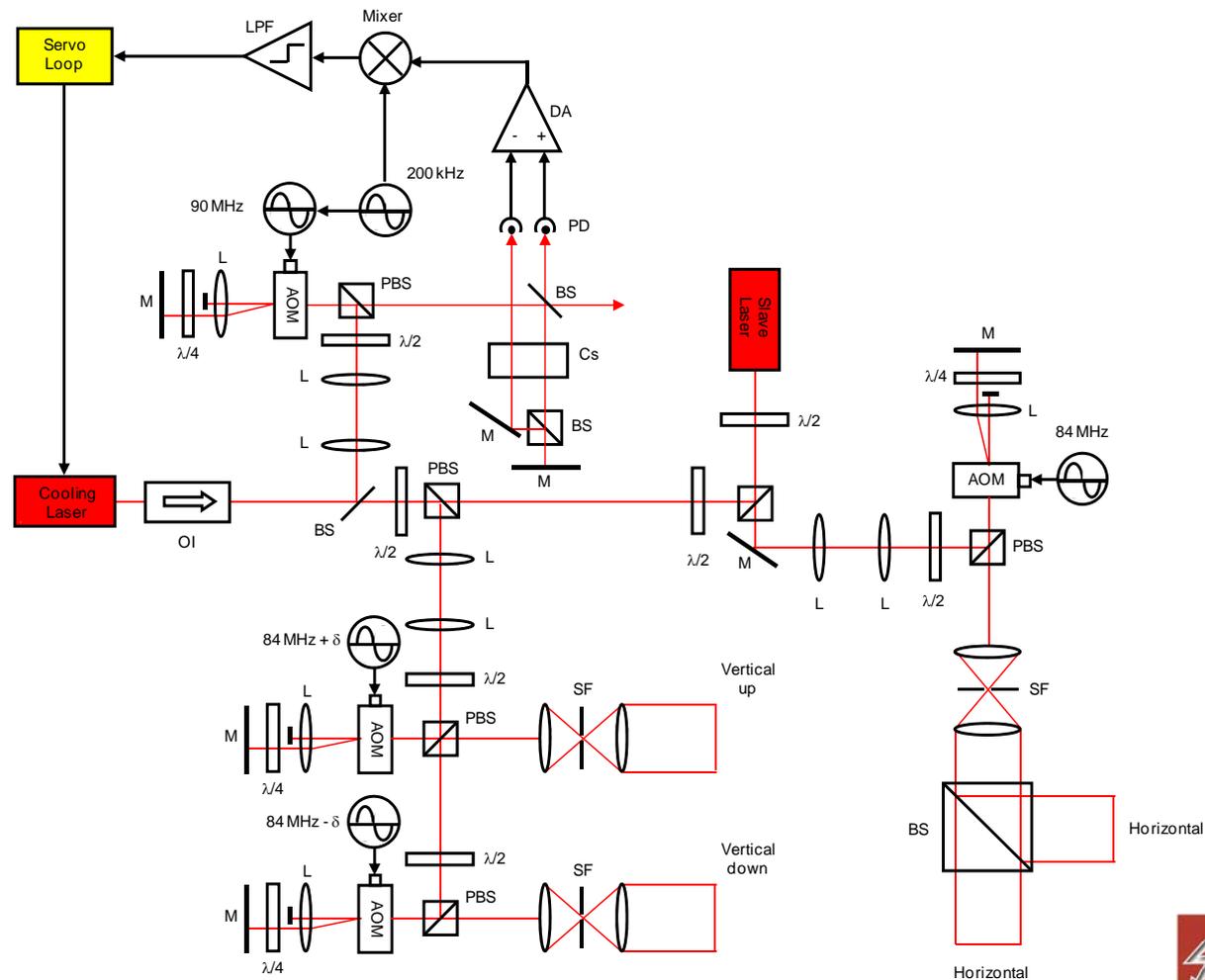
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

## Fuentes de Luz: Características espectrales



# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

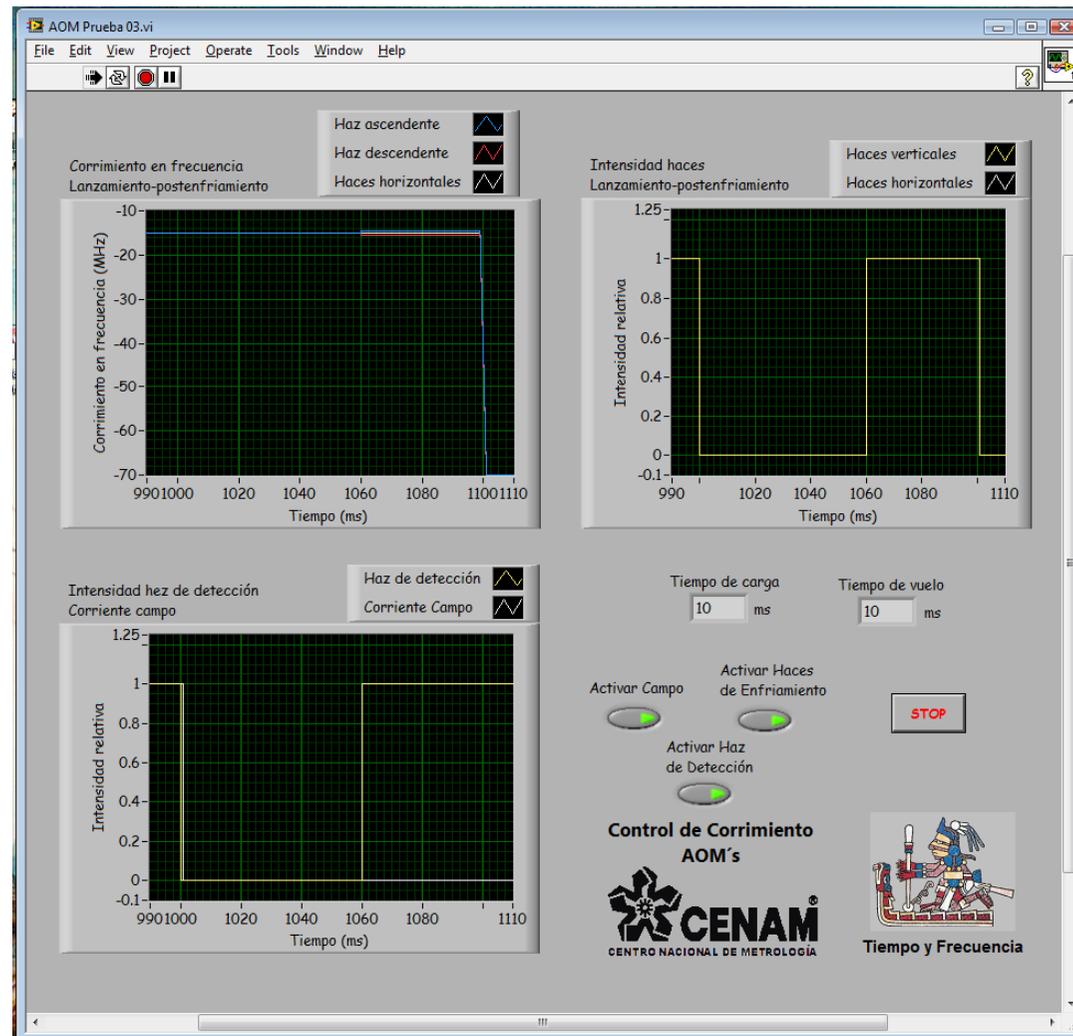
## Arreglo óptico láseres de enfriamiento



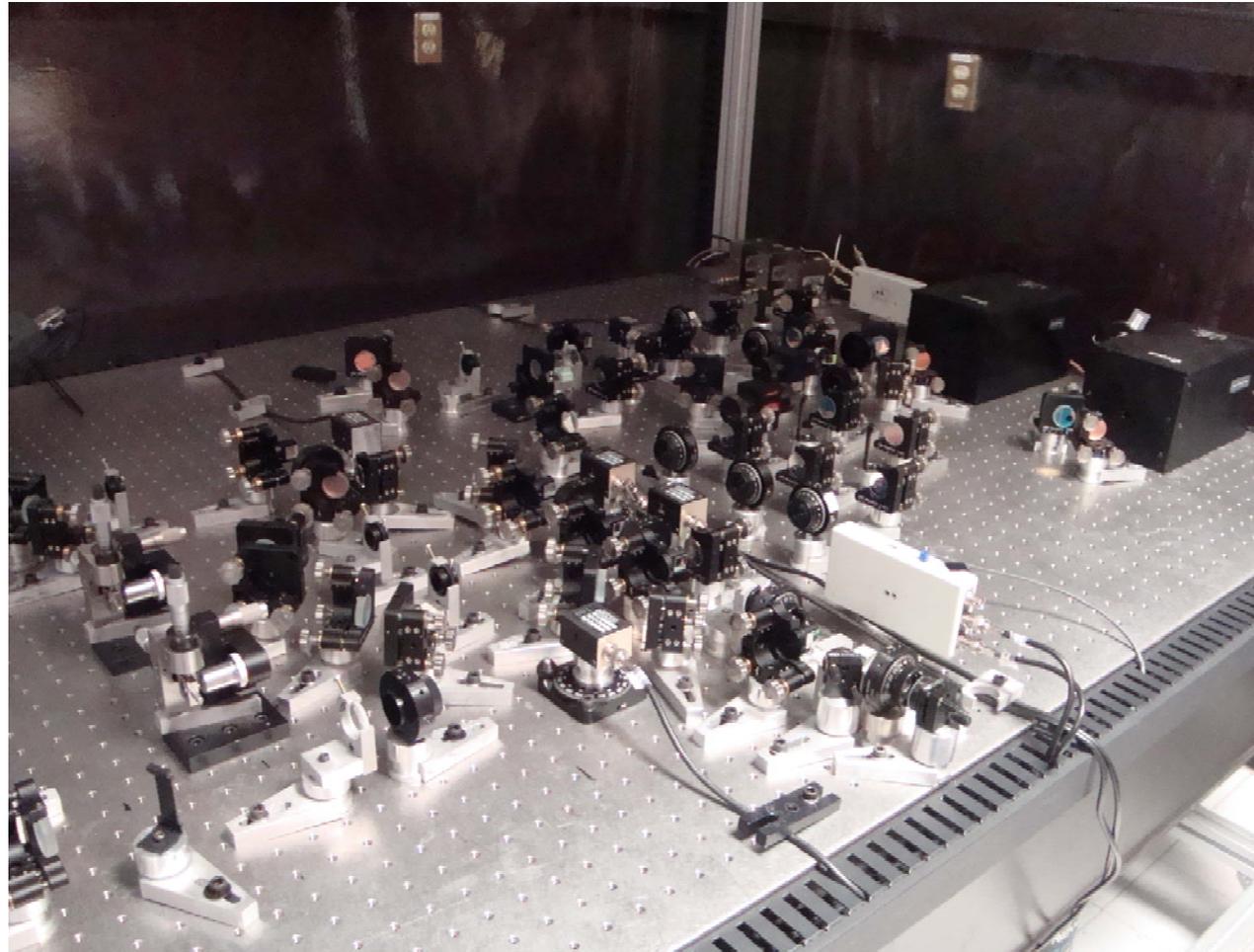
# CENAM CsF-1: Sistema Óptico



## Sistema de adquisición de datos



# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

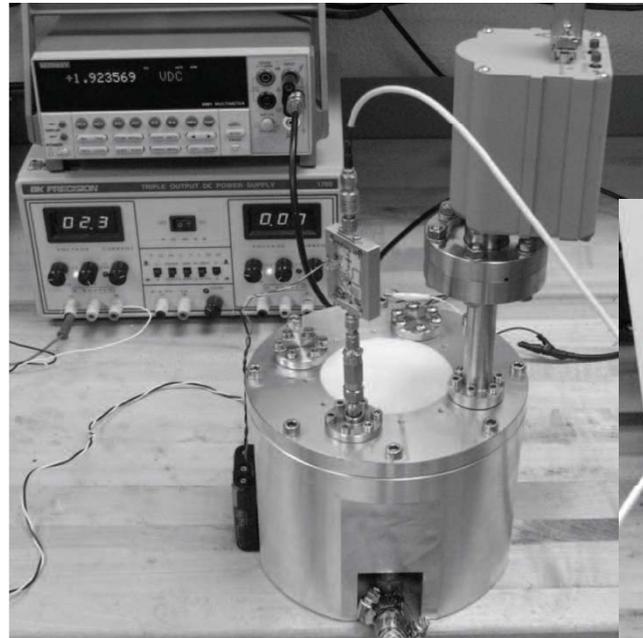


# CENAM CsF-1: Sistema Óptico

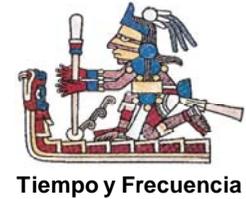


# CENAM CsF-1: Oscilador Local

Osciladores de Zafiro de ultra bajo ruido de fase



# Conclusiones



El CENAM CsF-1 se encuentra en las etapas finales de construcción.

Se están empezando a realizar las primeras pruebas de post-enfriamiento y lanzamiento de la nube atómica.

En los próximos meses se espera obtener los primeros espectros de Ramsey.

Después del análisis de errores sistemáticos se espera alcanzar una exactitud en la reproducción del segundo del orden de  $10^{-15}$  o mejor.

