

# **PRESION de RADIACION**

**Dr. Andrés Ozols**

**FIUBA**

**Agosto 2005**

## **CRONICA DE UN VIAJE FOTÓNICO:**

*¿Cómo despegar de la nave nodriza?  
Y no morir en el intento...*

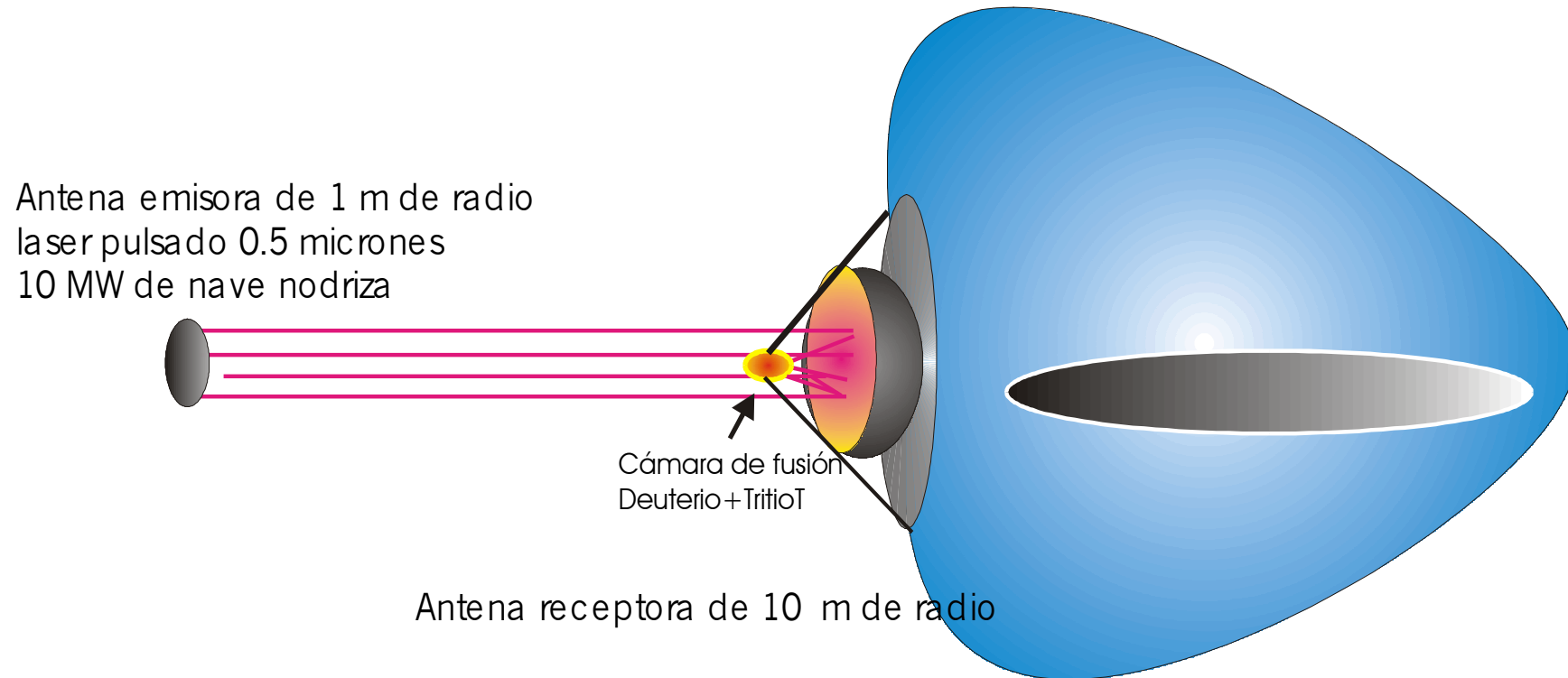
### **Cálculo de la energía de ignición**

transferida por la nave nodriza para el encendido del reactor de fusión de Deuterio + Tritio

*Notas del fabricante ..... según el manual de vuelo de abordó.*

- Antena emisora de casquete esférico de radio  $R_a = 1 \text{ m}$
- La fuente de láser genera pulsos de  $\tau = 1 \text{ ns}$  y una longitud de onda  $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$
- La potencia promedio por pulso es de  $P_p = 10 \text{ MW}$

## ESQUEMA de la NAVE ( Molelo *GALATIC -Turbo DT*)



***¿Qué debo saber antes de meter la llave de encendido?***

**a) ¿Cual es la frecuencia de la onda del láser infrarrojo?**

$$=(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})/(5 \cdot 10^{-7} \text{ m})= 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

**b) ¿Cuál es la energía total en cada pulso?**

$$E_p = P_p \tau = 107 \text{ W} \cdot 10^{-9} \text{ s} = 10^{-2} \text{ J}$$

**c) ¿Cuál es el flujo de energía S?**

$$S \equiv \text{Energía/ (unidad de área) x (unidad de tiempo)} \quad \frac{E_r}{A \Delta t} = \frac{P_p}{A_a}$$

$$A_a = \text{área de la antena emisora} = 2 \pi R_a^2 = 2\pi \text{ m}^2 = 6.28 \text{ m}^2$$

## **S = Vector de Poynting**

$$S = \frac{P_p}{A_a} \quad \mathbf{S} = 10^7 \text{ W} / 6.28 \text{ m}^2 = 1.59 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$$

**d) Cuál es la densidad de energía promedio contenida en cada pulso?**

**U = Densidad de energía de la onda = (Energía)/ (unidad de volumen)**

*$\Delta V$  elemento de volumen definido por el recorrido de la onda durante un  $\Delta t$  a través de una sección A del espacio*

$$U = \frac{E_r}{\Delta V} \quad \Delta V = c\Delta t A$$

$$U = \frac{E_r}{\Delta V} = \frac{E_r}{c\Delta t A} = \left( \frac{E_r}{\Delta t A} \right) \frac{1}{c} = \frac{S}{c}$$

## La densidad de energía

$$U = \frac{S}{c} \quad U = (1.59 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2) / (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = 5.31 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^3$$

e) ¿Cuál es la intensidad de los campos Eléctrico E e Inducción Magnética B de esta antena de láser?

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} (\vec{E} \times \vec{B})$$

$\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6}$  weber s/(coulomb m) permeabilidad del vacío  
En primera aproximación antena genera haces paralelos con un frente casi plano

**Para la onda plana**  
 **$E/B = c$  y  $E \perp B$**

$$S = \frac{B^2 c}{\mu_0} \quad B = \left( \frac{S \mu_0}{c} \right)^{1/2}$$

$$B = [1.59 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2 (1.257 \cdot 10^{-6} \text{ weber s/(coulomb m)}) / (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})]^{1/2}$$

$$B = 8.16 \cdot 10^{-5} \text{ weber/ m}^2$$

$$E = c B = 2.45 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

f) ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre la antena receptora de la nave cuando parte de la estación espacial?

$$F = \text{Prad } A_r$$

*Equivale al trabajo realizado por la onda durante su desplazamiento  $d$  por unidad de volumen*

Prad es la presión ejercida por la onda sobre una superficie de área  $A_r$   
Prad es la *presión de radiación*

$$A_r = \text{área de la antena receptora} = 2 \pi R^2 r = 2\pi (10 \text{ m})^2 = 6.28 \cdot 10^2 \text{ m}^2$$



## La presión de radiación

$$P_{rad} = \frac{F}{A} = \frac{1}{A} \frac{dP}{dt} \quad \text{Variación de impulso)/ (unidad de área) x (unidad de tiempo)}$$

Si la antena tiene una *superficie absorbente*

$$P_{rad} = \frac{Fd}{Ad} = \frac{E_r}{\Delta V} = U$$

$$Prad = 5.31 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^3 = 5.31 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$$

(  $\text{J/m}^3 = \text{N.m/ m}^3 = \text{N/ m}^2 = \text{Pa}$ )

## La presión de radiación

Si la antena tiene una *superficie reflectora*

En una incidencia normal el impulso transferido es el doble

$$F = A_r P_{rad} = 6.28 \cdot 10^2 \text{ m}^2 \cdot 10.62 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} = 6.66 \text{ N} \quad \text{en el intervalo de 1 ns}$$

g) Si misma antena receptora enfoca toda la potencia de la antena receptora sobre la cámara de combustión.

¿Cuál es la compresión de las gotas de combustible?

Un gota (Deuterio + Tritio) DT de  $r_g = 500 \text{ } \mu\text{m}$

$$P_{rad} = \frac{S_g}{c} \cong \frac{P}{4\pi r_g^2 c}$$

$$P_{rad} = 107 \text{ W} / (4 \pi (5 \cdot 10^{-7} \text{ m})^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = 1.06 \cdot 10^{10} \text{ Pa!!!!}$$

***Prad  $\cong 1.06 \cdot 10^4$  Mpa  $\cong 1.06 \cdot 10^5$  atm !!!***

***Inició la fusión, puedo pisar el acelerador!!!***

