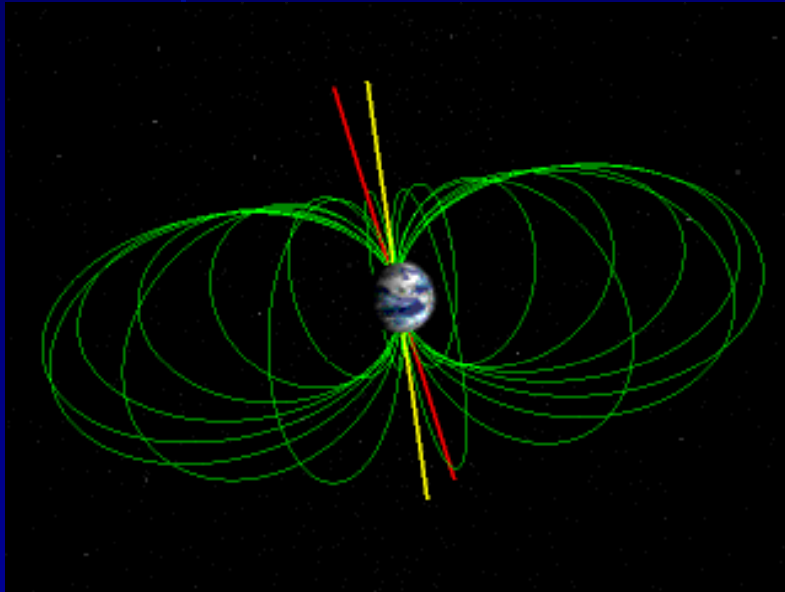




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



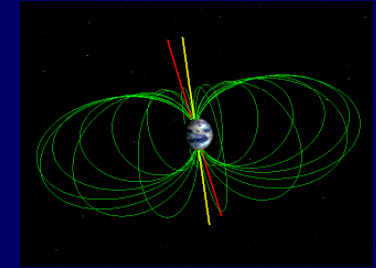
Curso:

**TEORÍA DE CAMPOS
ELECTROMAGNÉTICOS**

PROFESOR: ING. JORGE MONTAÑO PISFIL



ASPECTOS GENERALES



¿QUE ES UN CAMPO?

Un campo se define como una función que especifica una cantidad particular en cualquier punto de una región.

Un campo es la distribución de una cantidad, la cual puede o no ser función del tiempo. Si el campo es independiente del tiempo se denomina *permanente o estacionario*.

Un **Campo escalar** es una función de posición que está completamente determinada por su magnitud en todos los puntos del espacio.

Notación de un campo escalar:

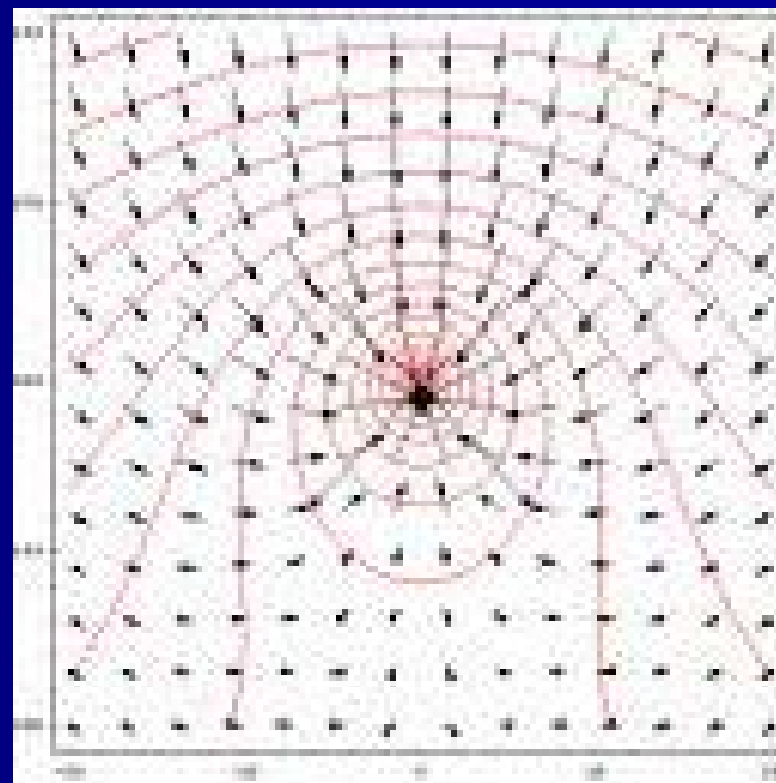
$\varphi(u_1, u_2, u_3)$, si el campo escalar es estacionario.

$\varphi(t, u_1, u_2, u_3)$, si el campo escalar es variable con el tiempo.



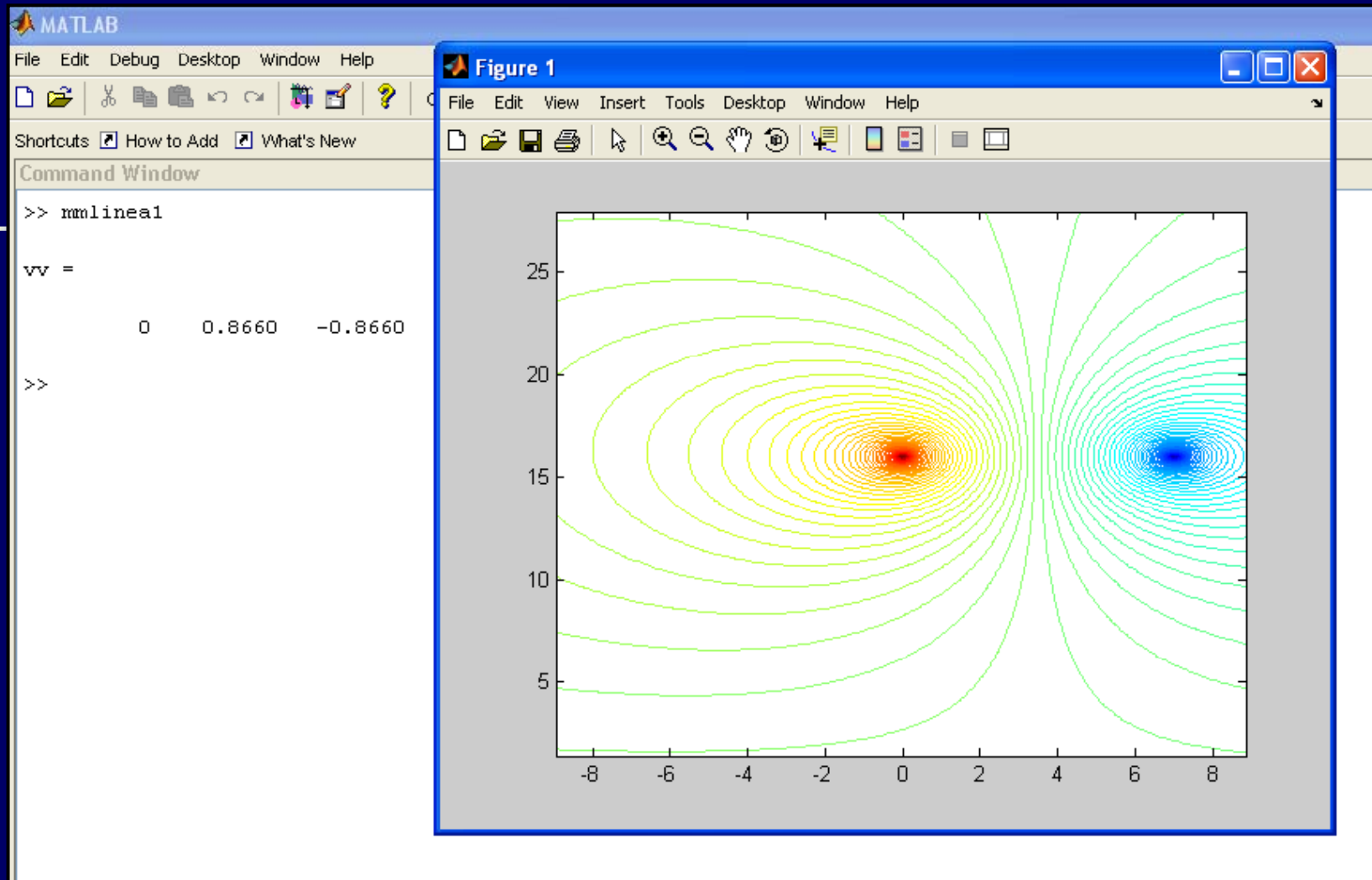
CAMPOS ESCALARES

Son campos escalares por ejemplo: los potenciales eléctricos en puntos situados alrededor de una carga eléctrica en reposo, las energías electrostáticas en puntos situados alrededor de una carga eléctrica en reposo, las temperaturas en cada punto interior o sobre la superficie de la tierra, en un cierto instante.



Las líneas continuas representan al campo escalar POTENCIAL ELÉCTRICO alrededor de una carga eléctrica.

Campos Escalares: Aplicaciones con MATLAB



En la figura mostrada, las líneas cerradas representan las superficies equipotenciales correspondientes al CAMPO ESCALAR: POTENCIAL ELÉCTRICO alrededor de dos de las tres fases de una línea de transmisión de alta tensión de 60 kV, donde la fase S está a mayor potencial (0.8660: tensión por unidad) y por esa razón se observa esta fase de color rojo que indica un mayor potencial, mientras que la fase T, que tiene potencial negativo (-0.8660: tensión por unidad), se observa de color azul.



CAMPOS VECTORIALES

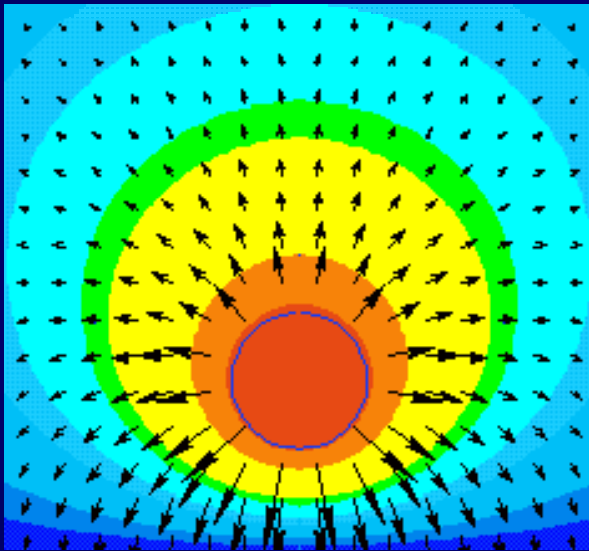
Un *Campo vectorial* es una función de posición que está completamente determinada por su magnitud y dirección en todos los puntos del espacio.

Notación de un campo vectorial:

$\vec{F}(u_1, u_2, u_3)$, si el campo vectorial es estacionario

$\vec{F}(t, u_1, u_2, u_3)$, si el campo vectorial es variable con el tiempo

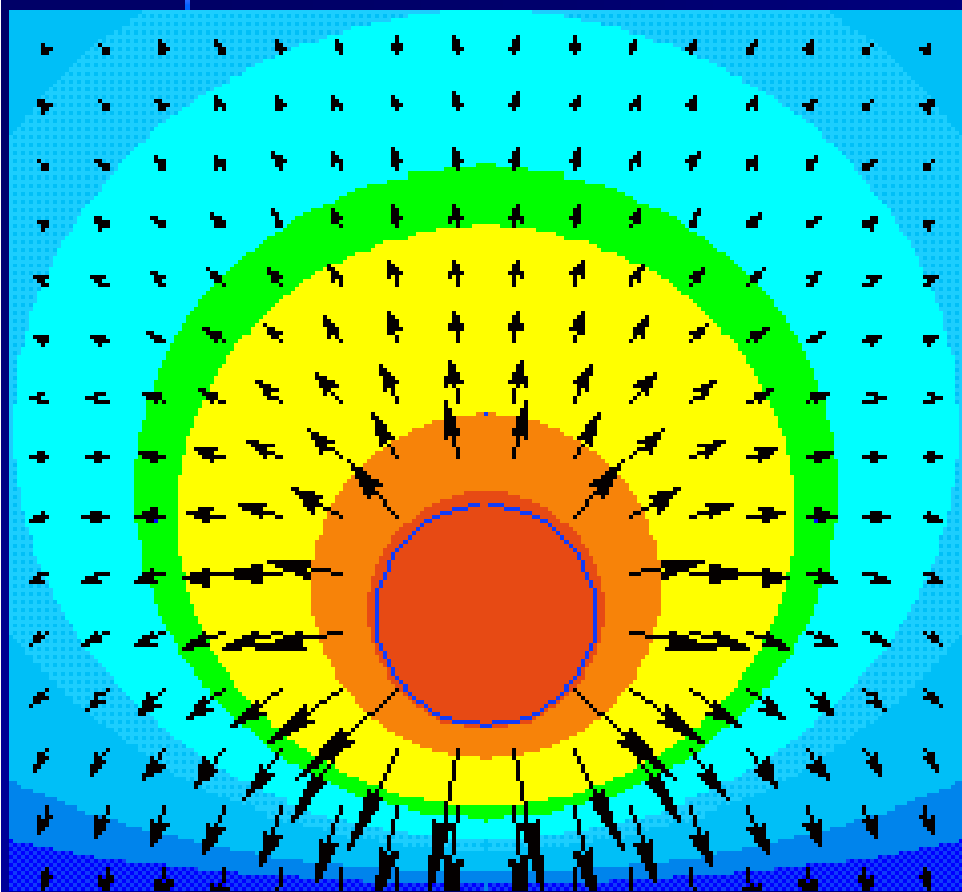
Son campos vectoriales por ejemplo: la intensidad de campo eléctrico en puntos situados alrededor de una carga eléctrica en reposo, las velocidades en cada punto en el interior de un fluido en movimiento, en un cierto instante.



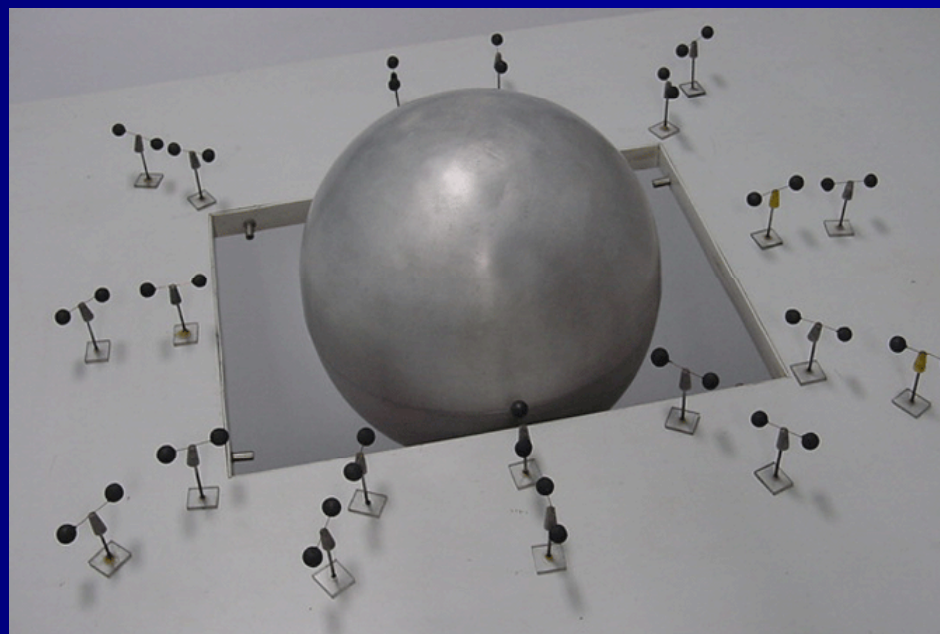
La figura muestra la representación gráfica del campo vectorial correspondiente al campo eléctrico creado alrededor de una carga eléctrica positiva.



ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

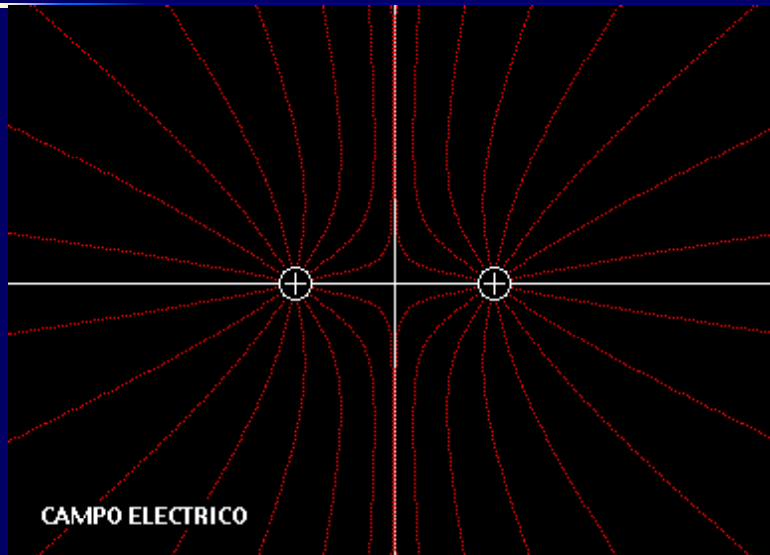


Campo eléctrico debido a una carga esférica de signo positivo



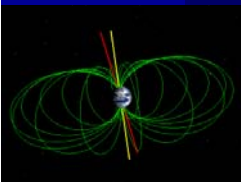
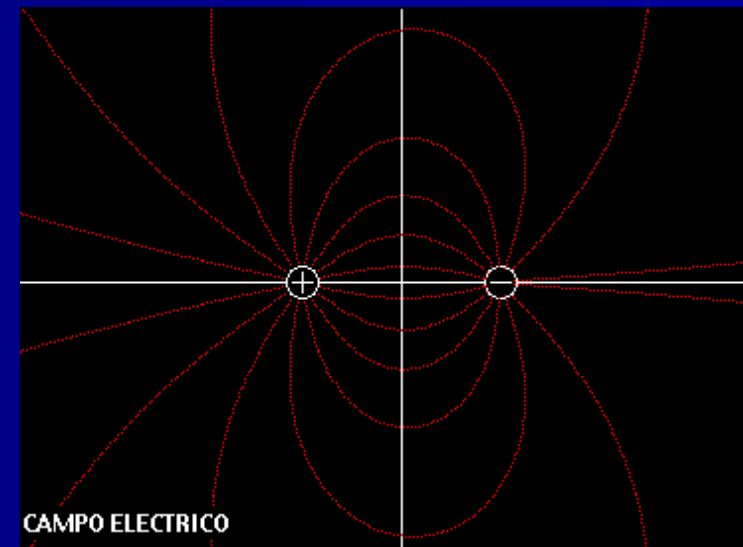


ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

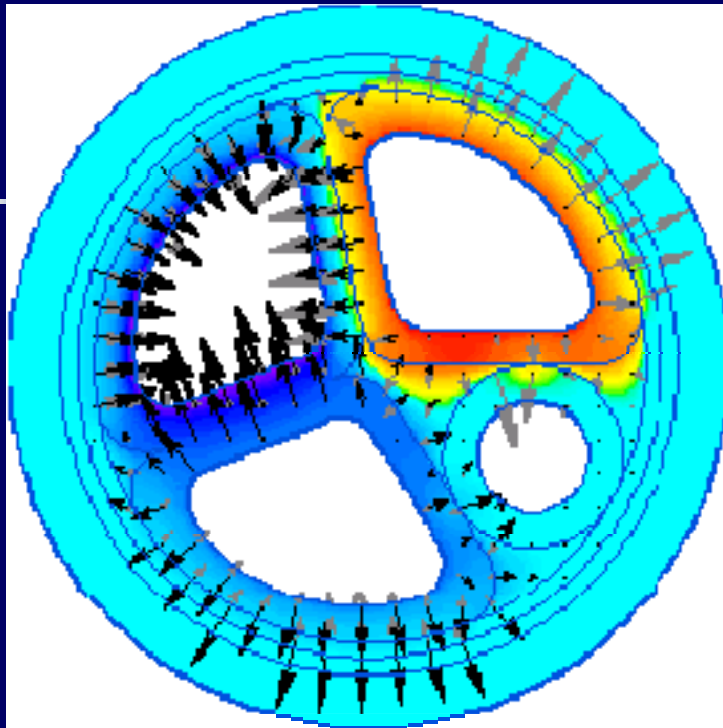


*Representación gráfica del **Campo eléctrico** debido a dos cargas puntuales de igual magnitud y de igual signo.*

*Representación gráfica del **Campo eléctrico** debido a dos cargas puntuales de igual magnitud y de diferente signo.*

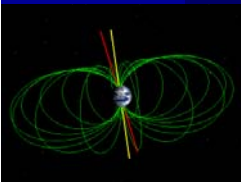
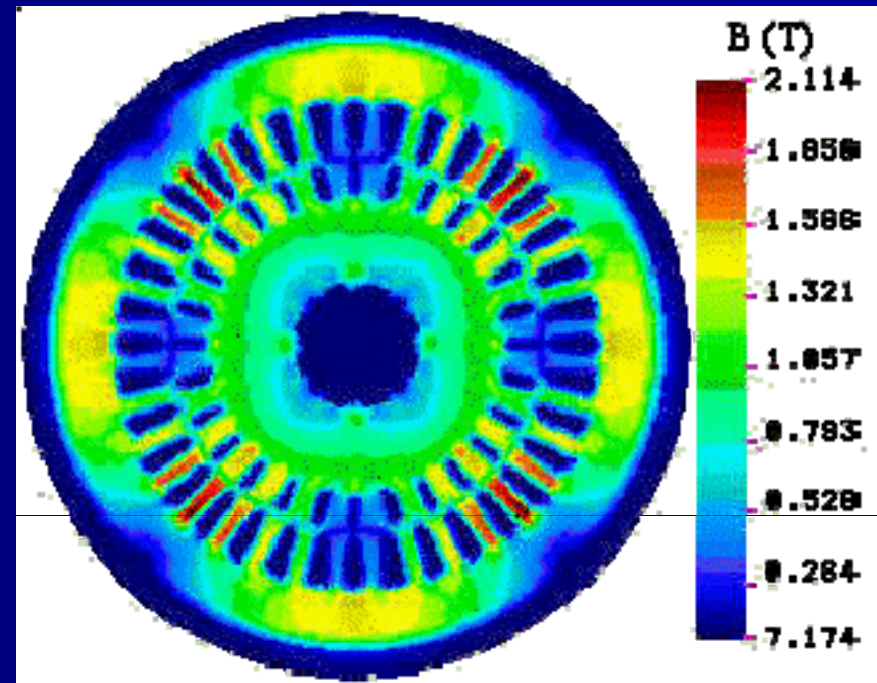


ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



Campo eléctrico debido a una corriente alterna

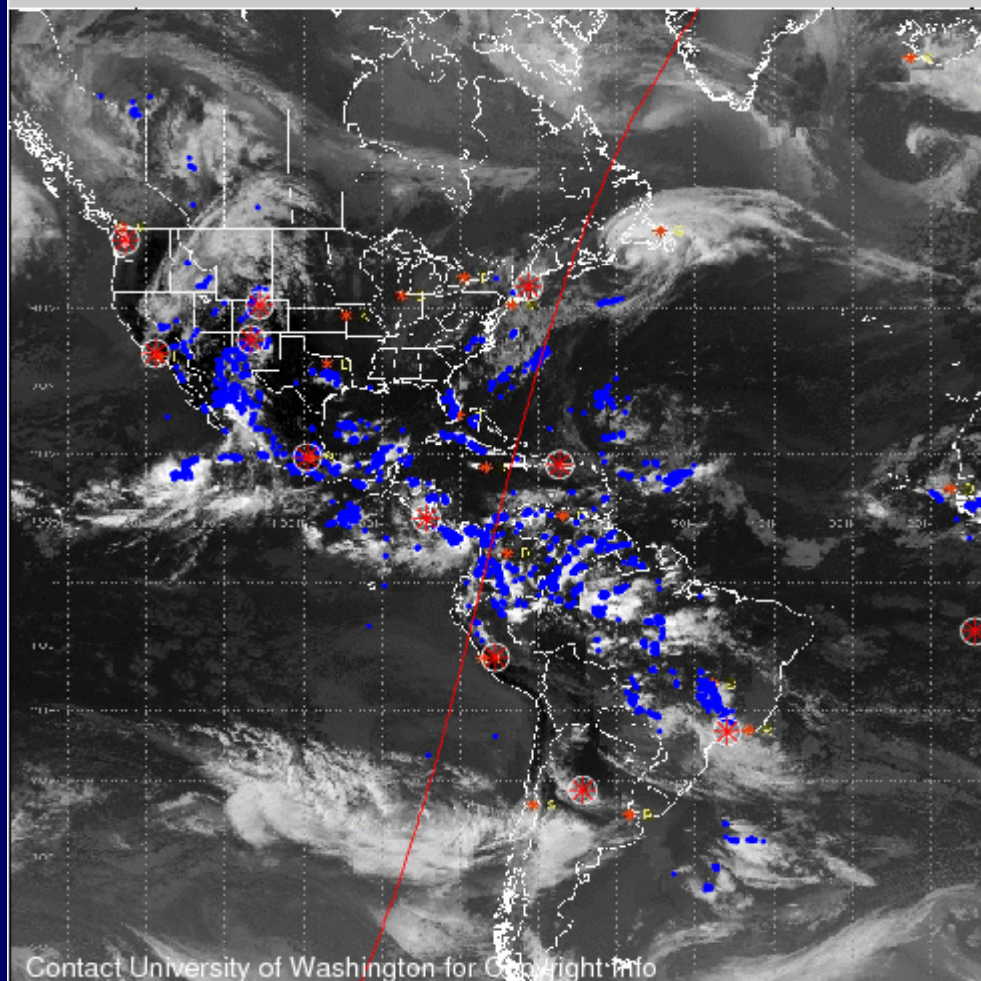
Campo magnético en un motor



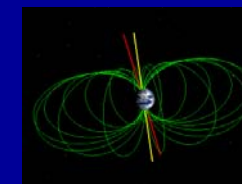


ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Lightning (blue dots) on 23/08/2009, 60min prior to 23:20:00 UT

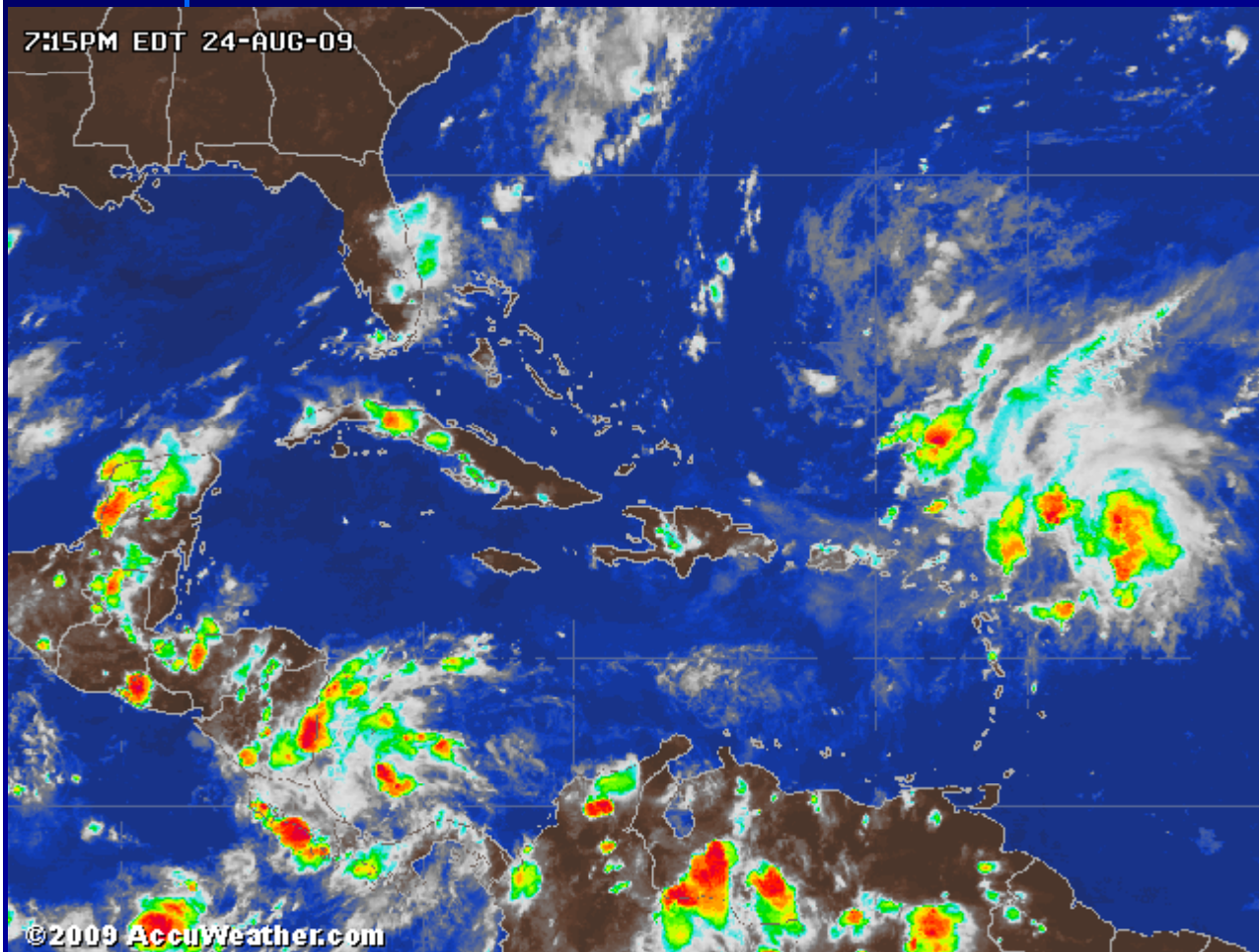


*Campo eléctrico
atmosférico y
descargas
eléctricas
atmosféricas*

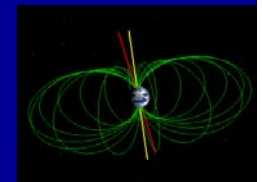




ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

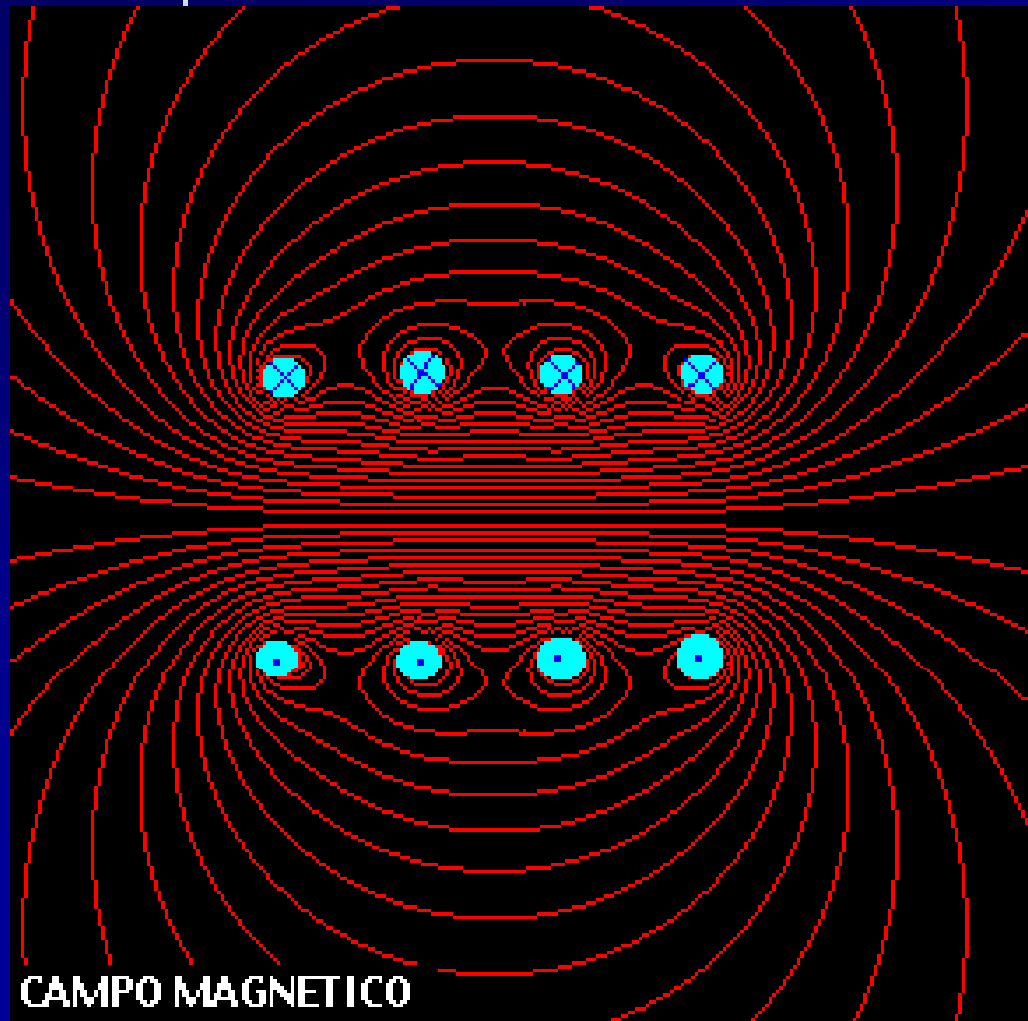


*Monitoreo de
Campo
Eléctrico
Atmosférico*



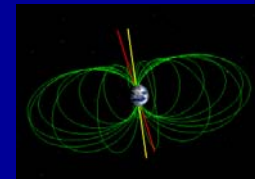


ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



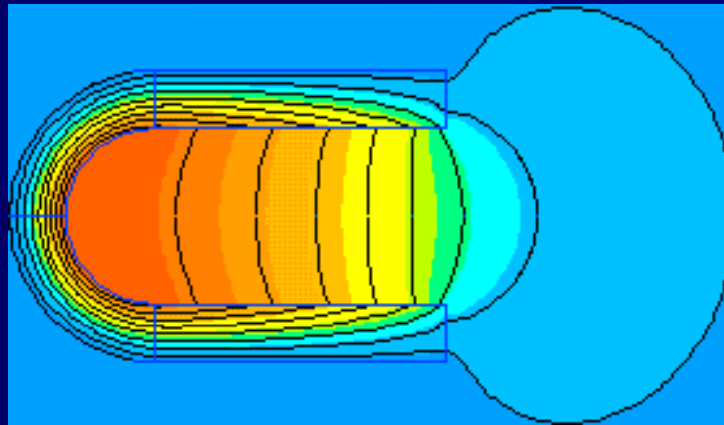
CAMPO MAGNETICO

La figura muestra el Campo magnético debido a un solenoide, el cual se representa mediante líneas cerradas.

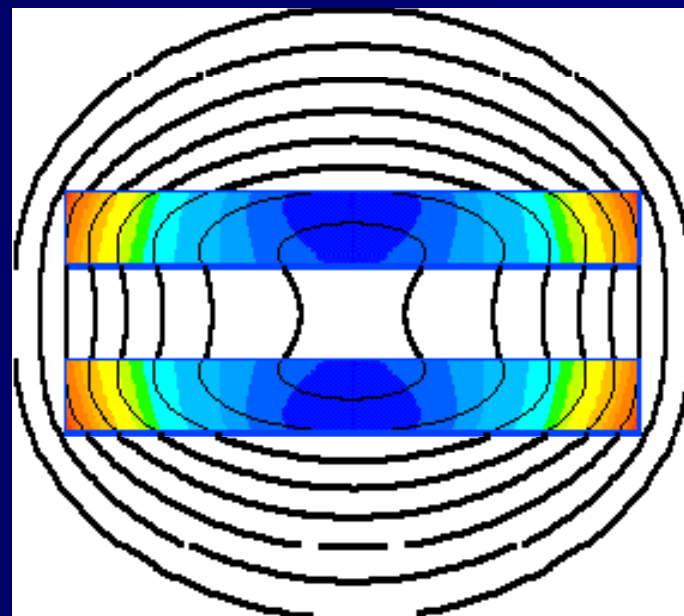




ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



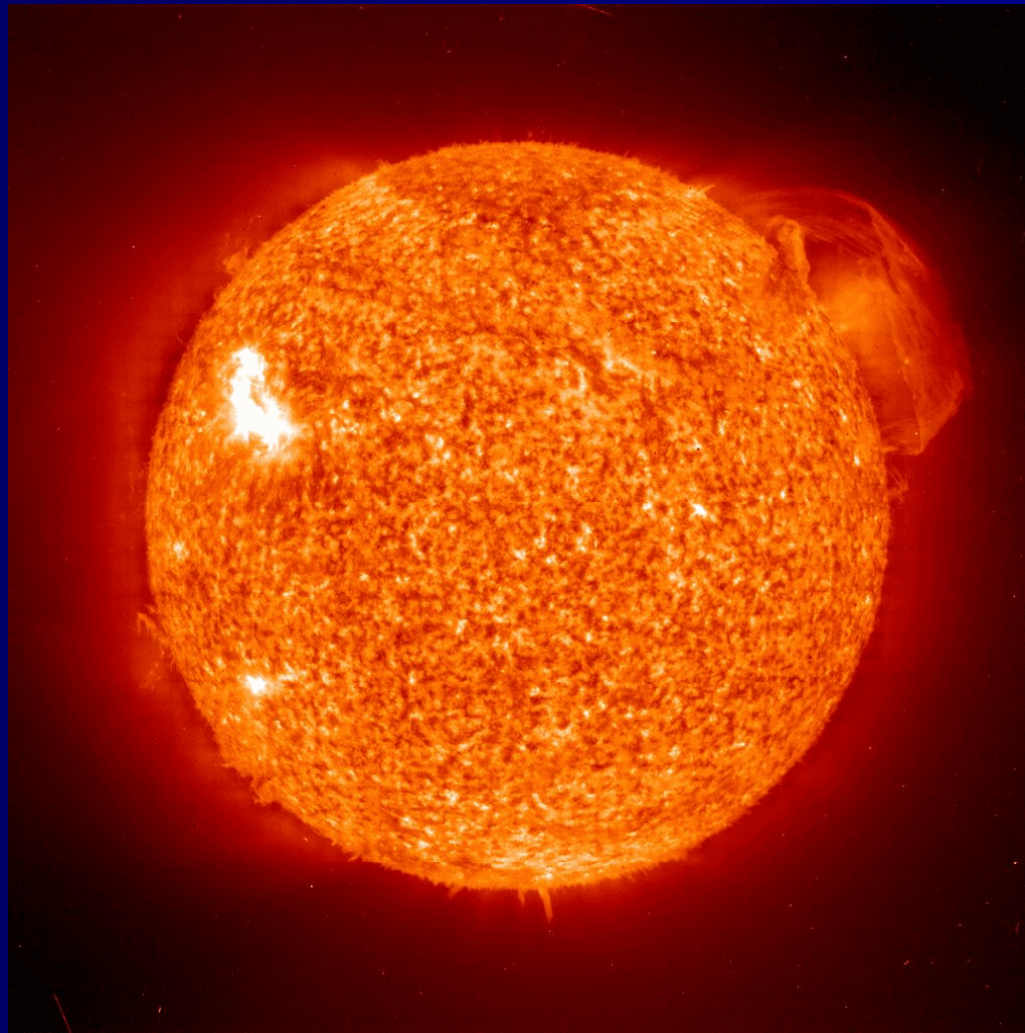
Campo magnético debido a una corriente continua



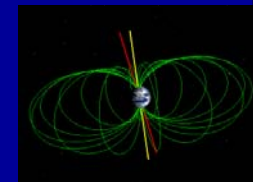
Campo magnético debido a una corriente alterna



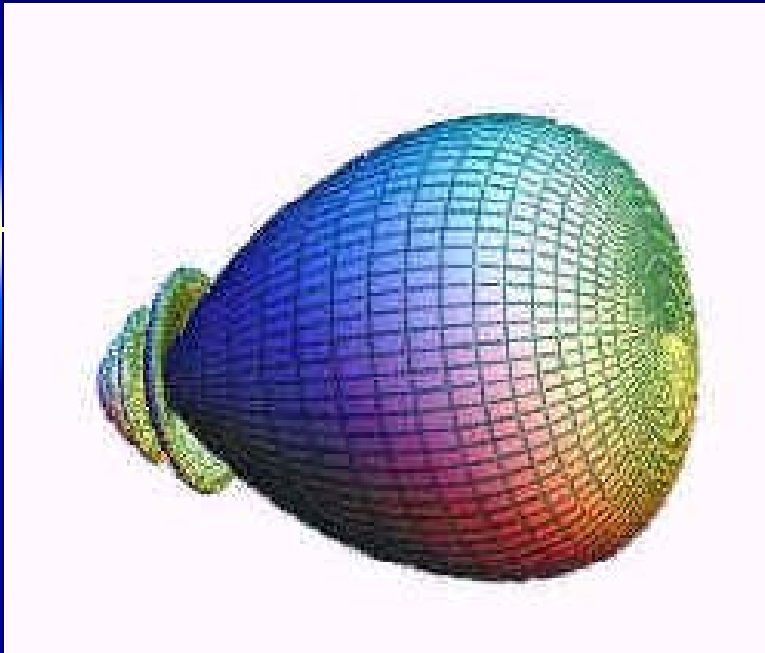
ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



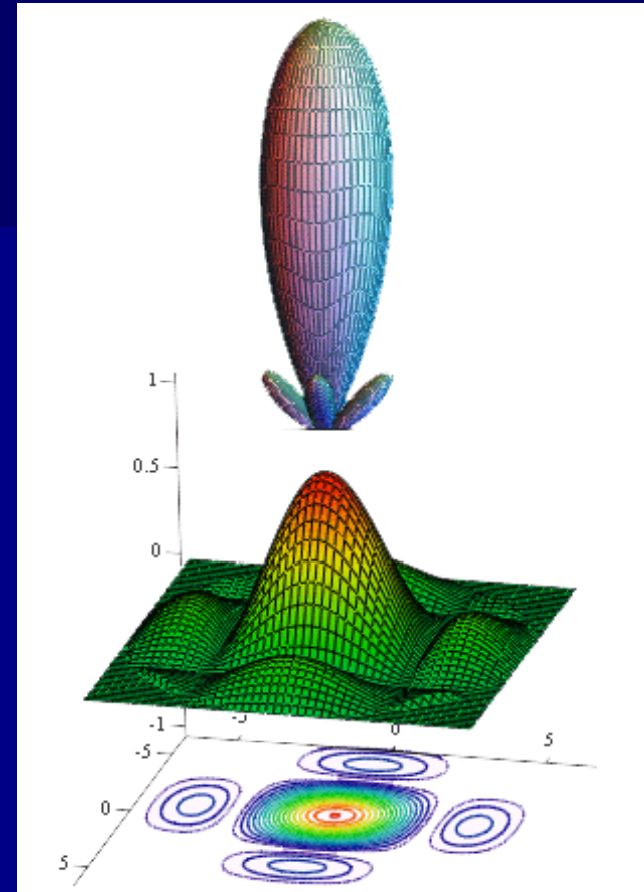
*Campo
magnético solar*



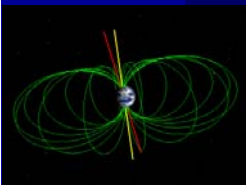
ALGUNOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



Representación tridimensional de los Campos radiados por una antena



Las gráficas corresponden a una antena bidimensional. En este caso se utiliza métodos de representación en forma de curvas de nivel o en forma de funciones tridimensionales.





LAS CUATRO CANTIDADES FUNDAMENTALES DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

TIPO DE CAMPO	CANTIDAD DE CAMPO	SIMBOLO	UNIDAD S.I.
ELÉCTRICO	Intensidad de campo Eléctrico	\vec{E}	V/m
	Densidad de flujo eléctrico	\vec{D}	C/m ²
MAGNÉTICO	Densidad de flujo magnético	\vec{B}	T
	Intensidad de campo magnético	\vec{H}	A/m



RELACIÓN ENTRE \vec{D} y \vec{E} :

En el vacío o espacio libre: $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$

En cualquier medio: $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$; $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$

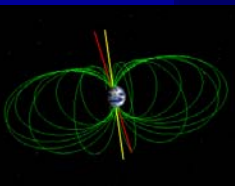
Donde: ϵ = permitividad del medio ; ϵ_0 = permitividad del vacío ; ϵ_r = permitividad relativa

RELACIÓN ENTRE \vec{B} y \vec{H} :

En el vacío o espacio libre: $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$

En cualquier medio: $\vec{B} = \mu \vec{H}$; $\mu = \mu_0 \mu_r$

Donde: μ = permeabilidad del medio ; μ_0 = permeabilidad del vacío ; μ_r = permeabilidad relativa.





TRES CONSTANTES UNIVERSALES EN EL ESTUDIO DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

1. *Velocidad de la onda electromagnética*

(incluyendo la luz) *en el vacío o espacio libre, C .*

Se ha comprobado que en el vacío o espacio libre la velocidad de la onda electromagnética es

$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

2. *Permitividad del vacío o espacio libre, ϵ_0 .*

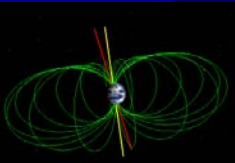
En el SI, la permitividad del espacio libre " ϵ_0 " es

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F / m}$$

3. *Permeabilidad del vacío o espacio libre, μ_0 .*

En el SI, la permeabilidad del espacio libre " μ_0 " es

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H / m}$$





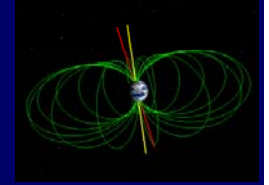
CLASIFICACIÓN DE LOS CAMPOS VECTORIALES

CUADRO DE TIPOS DE CAMPO VECTORIALES

TIPOS DE CAMPO VECTORIALES	VALOR DE SU DIVERGENCIA Y SU ROTACIONAL	EJEMPLO
Solenoidal e Irrotacional	$\nabla \cdot \vec{F} = 0$ y $\nabla \times \vec{F} = 0$	Campo eléctrico estático en una región libre de carga.
Solenoidal pero no Irrotacional	$\nabla \cdot \vec{F} = 0$ y $\nabla \times \vec{F} \neq 0$	Campo magnético estático en un conductor que transporta corriente.
Irrotacional pero no solenoidal	$\nabla \times \vec{F} = 0$ y $\nabla \cdot \vec{F} \neq 0$	Campo eléctrico estático en una región con carga.
Ni solenoidal ni Irrotacional	$\nabla \cdot \vec{F} \neq 0$ y $\nabla \times \vec{F} \neq 0$	Campo eléctrico en un medio cargado con campo magnético variable en el tiempo.



Teorema de Helmholtz



Establece que:

“Un campo vectorial está determinado si su divergencia y su rotacional están especificados en todos los puntos”

Para el desarrollo del presente curso “TEORÍA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS” nos apoyaremos en el teorema de Helmholtz. En cada uno de los temas enunciaremos los postulados fundamentales, es decir especificaremos la divergencia y el rotacional, de los vectores de campo básicos necesarios para el estudio de los campos electromagnéticos.