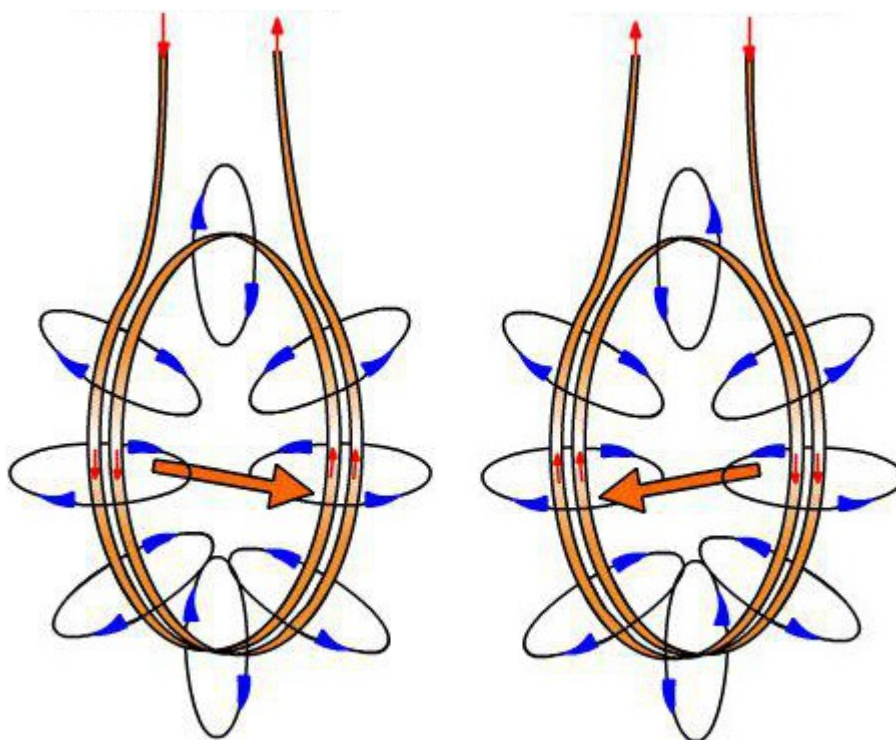


UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Proyecto de Ingeniería:

**Sistemas de Transferencia de Energía mediante Acoplamiento Inductivo  
como carga de dispositivos con estándar usb**

**MEMORIA DESCRIPTIVA  
ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL  
PRESUPUESTO**



INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Director: D. Félix Biscarri  
Febrero 2013

Francisco Javier Ortiz Márquez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica

## Índice de la Memoria Descriptiva

<b>Capítulo 0: Introducción</b>	4
---------------------------------	---

### **Capítulo I: Antecedentes.**

1.1. Antecedentes históricos.	6
1.2. Particulares.	7
1.3. Equivalente mecánico.	8

### **Capítulo II: Diseño básico**

2.1. Conceptos de diseño	10
2.2. Creación de potencia sin cable	10
2.3. Consumo	11

### **Capítulo III: El proceso**

3.1. Análisis y desarrollo	14
3.2. Factor de calidad Q	15
3.3. Factor de acoplamiento K	16

### **Capítulo IV: Apantallamiento**

4.1 Eficacia de los apantallamientos	20
--------------------------------------	----

### **Capítulo V: Diseño**

#### **Capítulo VI: Reemplazo por energías inalámbricas**

6.1 Eficacia energética	24
6.2 Consumo de energía	25
6.3 Eficiencia de transferencia	26
6.4 Estudio de carga en espera para cargas simples	27
6.5 Estudio de consumo energía total	29

### **Capítulo VII: Líneas de investigación**

#### **Estudio de salud medioambiental**

1.1. Propiedades de campo cercano	35
1.2 Límites de campo EMF	37

#### **Presupuesto**

### Agradecimientos:

Quiero dedicar unas breves lineas a las personas que me han ayudado y acompañado en este camino: A mi madre y a mi padre los cuales son los primeros en apoyarme en cualquiera de mis objetivos y este proyecto no ha sido excepcion y con su perseverancia han conseguido que me mantuviera en la carrera a pesar de las muchas dificultades, compatibilizar trabajo y estudios, muchas veces trabajos mal remunerados, enfermedades familiares etc.

Al Físico, Miguel Angel que me ha propuesto ideas , mejoras y me ha supervisado en gran medida.

A Enrique Personal por ponerme los pies en la Tierra y ayudarme en las perspectivas del proyecto.

Y a Miguel Angel Leal Diaz,el cual me ha visto trabajar día a día en los laboratorios midiendo campos ,intensidades y echandome una mano en la realizacion fisica de las pruebas experimentales.

A Vicente Simón, que me ayudo a elegir los componentes mas adecuados para el diseño de los bloques.

Por supuesto a mi tutor Felix Biscarri , que ha soportado mis constantes interrupciones,me ha guiado en la resolucion de este proyecto y me inspiro en su asignatura de electrónica de potencia.

Al departamento de electronica que todo fueron facilidades en la fase experimentacion por la disposicion y prestamo de materiales.

Y muy especialmente a Blanca quien sin su ayuda no hubiera llegado a este punto,me apoyo material y moralmente cuando las asignaturas se ponian mas dificiles y siempre confio en mi capacidad,supo sacar lo mejor de mi y se sacrifico cuando mas horas necesitaba.

Merecedores del mayor respeto y consideración. Gracias a todos.

## Capítulo 0: Introducción:

Se ha realizado un estudio de los sistemas actuales de transferencia de potencia a través del aire tanto desde un punto de vista electromagnético como circuital. Se ha realizado un estudio del diseño, tipo y disposición de bobinas para aumentar el factor de acoplamiento y un mejor comportamiento frente al desacople entre ellas.

Se han definido las dimensiones óptimas que han de tener las bobinas en geometría rectangular en función de la distancia a transferir, para minimizar las pérdidas. Se han realizado comprobaciones con apantallamiento. Se ha demostrado que el acoplamiento resonante inductivo es mucho más eficiente frente a un no-resonante.

Se ha estudiado el comportamiento del sistema para la carga de baterías. Los estudios analizados y los resultados obtenidos han sido puestos en práctica para su validación en los laboratorios del Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla de la E.U.P y E.S.I.

Diferentes cuestiones a niveles de consumo y de desarrollo se han tenido en cuenta en los diseños.

¿Es segura la energía inalámbrica?

¿Cuál es el costo adicional?

¿De qué manera esta tecnología llegará al mercado?

¿Es eficaz?

¿Hay una solución universal, interoperable?

¿Cuánta potencia es capaz dicha tecnología de manejar?

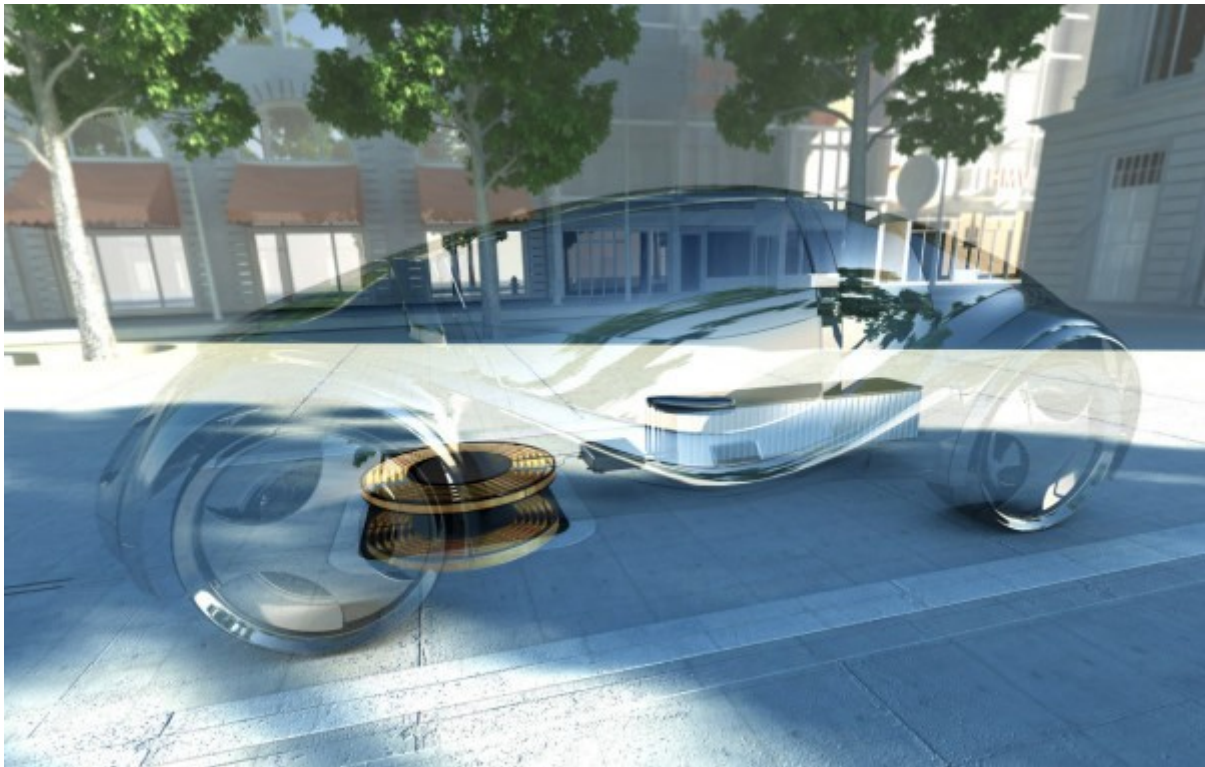
Se han estudiado múltiples soluciones que van desde el acoplamiento inductivo de conductor de radio frecuencia (RF) y otras tecnologías de radiodifusión que reunieron en la industria de la emergente energía inalámbrica.

Las siguientes figuras muestran tipos de dispositivos que se pueden aprovechar de esta tecnología.

Imaginen, tienen una nueva tv y quieren colgarla en la pared. ¿Cuántas personas quieren atarlo a la pared? Piensen en ello, no quieren esos desagradables cables por la pared. Imagínense que se pueden deshacer de ellos.

Esos cables debajo de tu escritorio, apuesto que todos aquí tienen algo parecido, o montones de pilas.





Y finalmente, vehículos electrónicos. Estos autos electrónicos son hermosos. Pero ¿quién va a querer enchufarlos? Imagínense llegar al garaje, y el auto se carga por sí solo. Porque existe una colchoneta en el suelo que esta enchufada a la pared. Y lo que hace que el auto se cargue de forma segura y eficiente.

Implantes cocleares



OTRAS APLICACIONES



Después hay una gran variedad de aplicaciones. Tarjetas de crédito, aspiradoras robots, dispositivos de implantes médicos. La gente ya no tiene que morir a causa de infecciones si no se tiene que intervenir ,ni operar para cambiar la batería de un elemento electromédico.

Mediante el acoplamiento inductivo la energía eléctrica inalámbrica que no es utilizada por el receptor no dispersa radiación en los alrededores ni el medio ambiente sino que permanece en las inmediaciones de la emisora. Este hecho garantiza la seguridad, así como el desperdicio mínimo de energía.

## Capítulo I: Antecedentes.

### 1.1 Antecedentes históricos.

Desde los últimos 180 años los mas notables incluyendo a Hans Christian Ørsted, Faraday Michael, Nikola Tesla y Marconi Guglielmo, vieron en la transmisión de energía una tecnología llena de posibilidades y promesas de mayores niveles de comodidad y libertad para los consumidores de todo el mundo.

Nuestros antepasados se maravillaron con la invención de la bombilla incandescente por Thomas Edison en 1879. Sin embargo, en el siglo XXI, la luz de las bombillas no es nada fuera de lo común. Mientras las computadoras, teléfonos celulares, portátiles, iPods, y todo tipo de dispositivos se han ido inventando, la forma de cargarlos/alimentarlos no ha variado en absoluto.

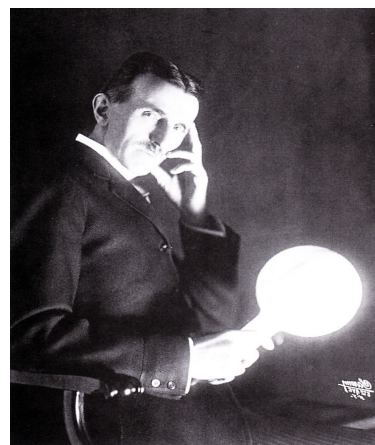
Sin embargo, en la época en la que vivimos estamos condicionados por todos estos dispositivos. Tanto es así que la carga de todos estos aparatos se ha convertido en algo engorroso.

Cada aparato tiene su propio conjunto de cargadores, y con todas las familias de productos propietarios y copyright, los cajones están llenos de todos los tipo de cables, adaptadores y cargadores. Cuan incomodo es que su teléfono móvil avise con poca batería cuando mas ocupado está o mas lo va a necesitar. No seria práctico que el móvil obtuviera la carga de forma automática y silenciosa sin tener que enchufarlo plug&play, ni tocar nada, de hecho puede ser aun mejor ya que muchos dispositivos funcionan siempre en el mismo lugar (por ejemplo en el hogar) luego no tendrían necesidad de tener baterías ni estar enchufados .

Las primeras visiones de la energía eléctrica inalámbrica en realidad las tuvo Nikola Tesla básicamente hace 100 años. El pensamiento de transmitir la energía eléctrica sin cables, nunca antes la tuvo nadie. A pesar de que Tesla ya mostraba visos de futuro, en su época, quien iba a necesitar cargar dispositivos de forma inalámbrica Pero de hecho él realizó grandes avances que hoy gozamos ampliamente , además de numerosos experimentos.

Construyó la bobina de Tesla. Esta torre fue construida en Long Island en los inicios del S.XX.

Y la idea fué, que supuestamente debía trasmitir la energía a cualquier lugar de la tierra. Nunca sabremos si en realidad esto funcionó. En realidad creo que el FBI la demolió por razones de seguridad, en algún momento de los inicios del S.XX.



Tal y como entendemos hoy el efecto de resonancia. Cuando una fuerza se aplica repetidamente a un sistema con la frecuencia natural del mismo el resultado es la aparición de oscilaciones de gran amplitud, este fenómeno se llama resonancia.

Al igual que una cantante rompe una fina copa con su voz o el balanceo oscilatorio del puente de Tacoma (EE.UU) producido por el viento resonante, se aplica a su homólogo eléctrico el mismo concepto. Pulsar repetidamente un sistema oscilante incluso con un pequeño impulso cada vez, hace que las sucesivas oscilaciones vayan siendo cada vez mas grandes, el resultado son oscilaciones de creciente amplitud.

Este concepto de la electricidad inalámbrica no es nuevo. Por otra parte,

todos somos conscientes del uso de la radiación electromagnética (Ondas de radio), que es bastante conocido para la transferencia inalámbrica de la información. Además, el láser también se han utilizado para transmitir la energía sin cables. Sin embargo, las ondas de radio no son factibles para transmisiones de potencia debido a la naturaleza de la radiación es tal que se extiende por todo el lugar, lo que resulta en una gran cantidad de radiaciones se desperdicia. Y en el caso del láser, además del requisito de que la línea de transmisión debe estar libre de obstáculos, es también muy peligroso.

De hecho el sistema de acoplamiento por resonancia puede ser un millón de veces mas eficiente en comparación con la de Nikola Tesla.



## Tecnología Inalámbrica

### Resonancia :

- Intercambio eficiente energía solo ocurre entre objetos resonantes
- Muy baja energía es transferida a objetos extraños o no resonantes

### 1.2. Particulares.

El auge de estudios de transferencia inalámbrica de energía e investigación de la tecnología ha conducido a sistemas con una eficacia más alta y mayor aplicabilidad a distancias variables.

El aumento del interés en la tecnología de transferencia inalámbrica de energía es natural tanto desde el punto de vista técnico y consumo.

Mejoras en la eficiencia de los sistemas de transferencia resonante de energía han provocado el aumento rápido de aplicaciones que están adaptando esta tecnología. Como consecuencia de la ubicuidad de estas aplicaciones y las radiaciones electromagnéticas que podrían ser emitidas, es necesario velar por su respeto al medio ambiente. Esto ha llevado al estudio sobre el impacto de esta tecnología en la biosfera, sobre todo en los seres humanos.

Diferentes tecnologías suelen resumirse en la expresión "transferencia inalámbricas de potencia" tal que resultan confusas y erróneas en el estudio de su impacto ambiental y humana.

Esto es debido a que la frecuencia de funcionamiento a una distancia de la fuente varía considerablemente. Por lo tanto discutir la tecnología sin separarlos a lo largo de este apartado, puede resultar engañoso. Uno de los objetivos es examinar un subconjunto de esta tecnología, las tecnologías inalámbricas de transferencia inductiva. La atención se centrará en sus características no-radiativos con respecto a la distancia de la fuente y la frecuencia. Este tema puede aclarar no sólo a los ingenieros en el campo y los consumidores de estos productos inalámbricos, sino también puede ayudar con los requisitos reglamentarios para esta tecnología y sus aplicaciones.

Los sistemas inalámbricos de transmisión de energía se han vuelto comercialmente viables y aplicables en la década reciente. Este proyecto se ha centrado en la solución de los problemas inherentes que la aplicación de esta tecnología engendra, que incluyen eliminación de la energía del campo electromagnético emisión de radiodifusión junto con la libertad espacial de transferencia de potencia para sistemas receptor resonante. Las soluciones a estos dos retos requieren confinar el

flujo EM tan sólo a sistemas resonantes y con un área arbitraria grande para la transferencia de potencia.

Este trabajo presenta un sistema de potencia de transmisor que aborda estos retos mediante la creación de un simple campo magnético sobre un área arbitraria, siguiendo las configuraciones de transmisión de la bobina. El sistema transmisor está diseñado con los límites de potencia estándar inalámbrico para la eficiencia adecuada. Este transmisor cumple la libertad y el confinamiento espacial del campo EM en los sistemas de carga, manteniendo la simplicidad en la construcción y el control.

La transferencia eficiente de energía inductiva se ha convertido en un área de creciente interés científico, ya que puede resolver algunos problemas asociados con la transmisión tradicional de cable o contacto de potencia. Estos incluyen pero no se limitan a la corrosión, fricción mecánica, implantes y falta de sentido práctico en lugares como aplicaciones subacuáticas y subterránea.

La transferencia de energía inalámbrica es posible gracias a la optimización de la inducción electromagnética, el circuito de frecuencia resonante los soluciona en su totalidad con la electrónica de potencia avanzada. Uno de los componentes de esta tecnología es la entrega precisa de los campos electromagnéticos incidentes a la ubicación precisa a la que se convierte en energía a través de la inducción, sin emisión indiscriminada de estos campos electromagnéticos ineficiente en las áreas circundantes. Este documento presenta un método para lograr la libertad limitada espacial utilizando flujo de saturación de guía para la entrega de flujo a una o más bobinas secundarias para la transferencia de energía inductiva sin contacto. Usando apantallamiento, con el fin de "abrir" un camino de flujo desde la bobina primaria a la secundaria para mejorar la transferencia de energía inductiva.

### 1.3. Equivalente mecánico

En su homólogo mecánico tenemos:

$$F = -kx$$

como todos los sistemas oscilantes este tiene una resistencia a cualquier perturbación  $k$

$$ma = -kx$$

$$m \frac{\partial v}{\partial t} = -kx \quad \Rightarrow \quad m \frac{\partial x^2}{\partial t^2} = -kx \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial x^2}{\partial t^2} = \frac{-k}{m} x$$

Ecuación diferencial cuya solución es una función senoidal es:

$$x(t) = C_0 \sin(w_0 t) \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial x(t)}{\partial t} = w_0 C_0 \cos(w_0 t) \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial x^2(t)}{\partial t^2} = w_0^2 C_0 \sin(w_0 t)$$

Que oscila a una frecuencia natural que depende de las características del sistema en este caso  $k$  y  $m$ .

$$w_0^2 C_0 \sin(w_0 t) \quad \Rightarrow \quad \frac{-k}{m} C_0 \sin(w_0 t) \quad \Rightarrow \quad w_0^2 = \frac{-k}{m}$$

Si estimulamos el sistema con una perturbación conocida

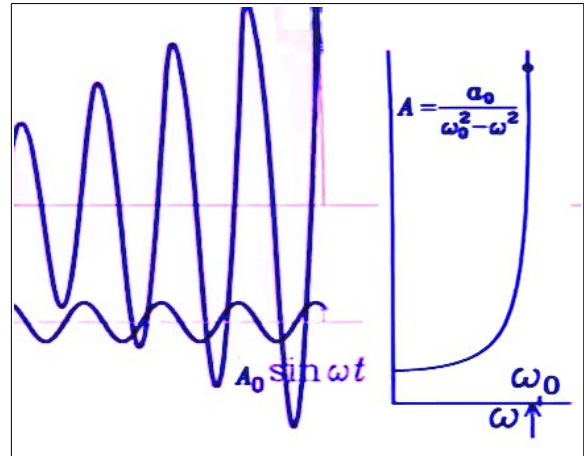
$$\frac{\partial^2 x(t)}{\partial t^2} = w_0^2 C_0 \sin(w_0 t) - A_0 w_r^2 \sin(w_r t)$$

y calculando de igual manera

$$A \sin(wt) = \frac{A_0}{w_0^2 - w_r^2} \sin(wt)$$

donde se puede observar que cuanto mas se acerque la frecuencia de resonancia a la frecuencia natural del sistema mayor será la amplitud :

$$A = \frac{A_0}{w_0^2 - w_r^2}$$



## Capítulo II: Objeto del diseño básico.

### 2.1 Conceptos de diseño básico

Dentro de un transformador estándar hay dos bobinas de cable que están arrolladas a un núcleo férreo. Y esas dos bobinas de cable están muy cerca entre sí, y en realidad sí transfieren energía magnéticamente y de forma inalámbrica, sólo que entre una distancia muy corta e ineficientemente.

Entonces un transformador inalámbrico con núcleo de aire ¿cómo funciona?

Partiendo de una bobina, y un condensador unido a ella también. Se puede lograr que el sistema haga resonancia, lo que pasa es que hará un pulso, en las frecuencias de corriente, con una frecuencia bastante alta (150 KHz).

Y si se puede acercar otro dispositivo lo suficientemente cerca de la fuente, sólo funcionará a exactamente a esa frecuencia, transfiriendo una energía magnética entre ellos. Luego como se hace es, empezar con electricidad, transformarlo en un campo magnético, tomar ese campo magnético, y se vuelve a transformar en electricidad. Para después poder ser utilizada.

Sin embargo, hasta hace poco, con la invención del microprocesador, la energía inalámbrica no ha sido una solución viable para los desafíos que enfrentan las tecnologías cableadas debido a la ineficacia y la falta de control. Se han presentado soluciones a los retos que retrasan la introducción de la energía inalámbrica eficiente para la adopción masiva, pero este desarrollo positivo ha traído consigo un nuevo conjunto de desafíos incluyendo el problema de las soluciones propias frente a la creación de un estándar global. Una consulta al consumidor sugiere que una norma universal es la solución preferida, por lo que corresponde ahora a las empresas interesadas en el desarrollo y fabricación de estas soluciones para desarrollar una norma que permitirá a los consumidores de todo el mundo alimentar sus dispositivos a través de una amplia gama de marcas y necesidades de potencia bajo un solo estándar y protocolo común.

Como la energía inalámbrica se ha desarrollado a lo largo de los años, un número creciente de empresas plantean soluciones propias utilizando varias tecnologías, incluyendo el acoplamiento inductivo, acoplamiento conductor y la frecuencia de radio (RF). Lamentablemente, el enfoque patentado para llevar la energía al mercado inalámbrico está creando un desafío potencial que refleja una de las actuales grandes cuestiones: la de ofrecer a los consumidores una solución única y mundialmente aceptada para la alimentación de los diferentes dispositivos con diferentes necesidades de energía en una amplia gama de las marcas.

### 2.2 Creación de potencia sin cable

La energía inalámbrica es una tecnología que al igual que Bluetooth y Wi-Fi, cambia radicalmente la manera como la gente es capaz de vivir su vida, ofreciendo nuevos niveles de movilidad, comodidad y seguridad.

Tiene la capacidad de agregar valor y crear una mayor flexibilidad en el desarrollo y uso de productos en una amplia gama de necesidades de energía e industrias. Como tal, es imperativo que una aplicación estándar de esta tecnología sea introducido para crear la mayor oportunidad para la adopción masiva y la integración en los estilos de vida de los consumidores. Las preguntas sobre la posibilidad de un estándar universal que permitirá a los consumidores una fuente conveniente para alimentar sus dispositivos sin el inconveniente de adaptadores y cables de alimentación, no importa la marca, se encuentran en la fuente de las conversaciones de energía inalámbrica que suceden alrededor del mundo, y sin un estándar universal, este seguirá siendo un reto.

Además de los desafíos relacionados con las distintas organizaciones en desarrollo de soluciones

propias, el número de segmentos de mercado representados a través de los diferentes niveles de potencia es otro factor importante que se debe considerar. Es evidente que la tecnología se necesita para llenar un rango más amplio de lo que cada fabricante individualmente se esperaría.

El concepto de que una fuente de alimentación de 60 vatios pueda suministrar los requisitos de los dispositivos adecuados se ha visto, peligroso y costoso. Con el advenimiento de tecnologías avanzadas, tecnología de bajo costo de alimentación, esta posibilidad se convierta en realidad. La adopción de esta filosofía ha de aproximarse a las expectativas de los consumidores. Si la búsqueda de un estándar universal no se hace prioritaria, sin duda podría limitar la adopción generalizada de la tecnología de electricidad inalámbrica.

Además de abordar cuestiones sobre la viabilidad de una solución universal, el desarrollo cooperativo de una norma también aborda otras cuestiones clave que podrían amenazar la adopción generalizada de la tecnología de electricidad inalámbrica.

La solución es seguir el ejemplo de organizaciones como Wi-Fi y publicar una norma única mundial a través de una organización cooperativa de programadores internacionales, fabricantes y distribuidores, que servirá como modelo para la utilización en todo el mundo la aplicación de energía. Integrándose masivamente la energía inalámbrica a través de este método, muchas preguntas, incluidas las consideraciones cadena de suministro, de precio, de dispositivos y de infraestructura de integración, la eficiencia, la seguridad y la gama de necesidades de energía se abordarán colectivamente.

Vivimos en un mundo que avanza aceleradamente hacia un nuevo y mayor nivel, de conectividad y libertad. Esta es la era de la energía inalámbrica y revolución de las comunicaciones, donde todo, desde productos electrónicos de consumo portátiles, como aparatos electrodomésticos, como en el transporte pueden incluir tecnologías inalámbricas para crear nuevos niveles de comodidad, interacción y seguimiento.

Si bien se ha hecho un tremendo esfuerzo para que tecnologías como Bluetooth, Wi-Fi, radio frecuencia (RF), Ultra Wide Band (UWB) y los sistemas de posicionamiento global (GPS), liberen a los consumidores de las "cuerdas" que todavía les impide dar el salto a un completo estilo de vida inalámbrico.

Además de las cuestiones de desarrollo, un reto a enfrentar contra las tecnologías cableadas comienza a surgir: las empresas se centran en el desarrollo de aplicaciones propias y de ser el primero en el mercado en lugar de perseguir un estándar mundial, que se ocupe de estas cuestiones. Este enfoque ha segmentado la industria de la energía inalámbrica y, como resultado, conflicto desde múltiples puntos de vista, dependiendo de la realización que se está implementado, crean confusión acerca de las tecnologías en el mercado y podría retrasar la implementación de nuevas formas de realización útiles de energía inalámbrica.

## 2.3 Consumo

Al igual que el modelo establecido por Wi-Fi, ha estado trabajando para crear y manejar un estándar global para la energía inalámbrica. En un principio, la norma se podría establecer para aplicaciones de baja potencia (5 vatios y menos). Sin embargo, también son posibles para soluciones de media y alta, creando nuevas oportunidades para las empresas de desarrollo de aplicaciones avanzadas, lo que abre la posibilidad de desarrollar soluciones interoperables de energía inalámbrica a través de un amplio espectro de necesidades de energía y marcas.

Dispositivos	10% de las cargas anuales	Pot. carga (W)	Pot. en espera (W)	Carga horas / semana	Horas en Espera / por semana	Pot. Carga KW-Hr/ año	Pot. Standby KW-Hr/ año	Ahorros potenciales en KW Hr @ 10%
Teléfonos	120.000.000	4	0,5	7	161	1,456	4,186	502.320.000
Laptops	15000000	45	0,5	14	154	32,76	4,004	60060000
Auriculares	26000000	1	0,5	5	163	0,26	4,238	110.188.000
Cámaras	12500000	4	0,5	4	164	0,832	4,264	53.300.000
Ordenador	20000000	2	0,5	7	161	0,728	4,186	83720000
Media Players	21100000	3	0,5	9	159	1,404	4,134	87.227.400
Videocámaras	2000000	8	0,5	10	158	4,16	4,108	8216000
Total Anual KW-Hr @ 10%								905.031.400
El total de euros a 0.08/KW-Hr								72.402.512

Nota: los datos de volumen y uso se proporcionan como un ejemplo. El 10% es un volumen estimado que podría tener el 100% del tiempo enchufado.

Sobre este punto, la potencia de espera del dispositivo es un aspecto crítico en la fabricación de los adaptadores de corriente y la conservación de energía y promete ser un atributo clave en el desarrollo de soluciones de energías inalámbricas.

Mediante la comprensión de los hábitos de los ciclos de carga y alimentación, en algunos casos, la energía consumida de standby es en realidad mayor que el consumo de energía durante el uso. Hasta siete veces el consumo se puede utilizar en funcionamiento en espera frente a funcionamiento normal. Estudios de mercado ha demostrado que los consumidores no quieren los inconvenientes de desconectar cuando el dispositivo portátil está completado.

También hay que señalar que la eficiencia de la energía inalámbrica se considera generalmente en el contexto de una configuración básica de alambre. En algunos casos, esto sería cierto, pero por lo general, los elementos de la fuente de corriente de la pared o de la fuente, la conexión y las fuentes de alimentación de dispositivos, cargadores y administración de energía todos juegan un factor en esta comparación. Esta es la razón por la que la energía inalámbrica puede considerarse comparable a las soluciones cableadas.

Producto	Pot.(W)	Toneladas métricas de CO2	# 1000 MW de centrales eléctricas
Teléfono celular	21	4,200,00	0,7
Teléfono DECT	5	1000000	0,2
Cámara Digital	2	400.000	0,1
Set Top Box	5	1000000	0,2
Cuidado Personal	1	200.000	0,0
Std. Cargador de batería	3	600.000	0,1
Cargador de herramientas	4	800.000	0,1
Impresora	4	800.000	0,1
Laptop	2	400.000	0,1
Otro	10	2000000	0,3

*Cuadro 2: Total de Energía para la Producción, Distribución, Fin de vida CO2 generada por el carbón*

Además, de acuerdo a la normativa técnica los cargadores de la pared, también llamados "vampiros

de energía", provistos de tantos dispositivos electrónicos son a menudo fuentes de alimentación lineales, que tienen aproximadamente un 30-40 por ciento de eficiencia.

Eso significa que desperdician hasta 70 por ciento de la energía que es utilizada por el dispositivo al que está conectado. Desafortunadamente, cuando el dispositivo está apagado, se continúa consumiendo energía. "El efecto de esta energía perdida se puede sentir no sólo en la ineficiencia, sino también en el impacto ambiental. Sólo en 2008, 3,2 mil millones fuentes de alimentación externas se fabricaron en todo el mundo, con 737 millones fuentes de alimentación externas enviados a Europa. Por otra parte, 434 millones de fuentes de alimentación externas se retiró en los Europa. solamente, y sólo el 12,6 por ciento de ellos serán reciclados, dejando 379 millones fuentes de alimentación externas van a los vertederos. De acuerdo con la EPA "estas fuentes de alimentación están fabricadas con materiales tóxicos y no tienen una gran cantidad de elementos reutilizables que los hacen poco atractivos para los recicladores"

La energía inalámbrica es una emocionante nueva frontera, lo que abre nuevas posibilidades para los fabricantes y consumidores de todo el mundo. Esta nueva frontera tendrá un gran impacto en muchos segmentos del mercado además, proporcionará ahorros ambientales, simplifica la interfaz humana con la infraestructura y crea nuevas formas de interactuar con el diseño de ambos dispositivos y productos complementarios.

## Capítulo III: El proceso.

### 3.1 Análisis y desarrollo

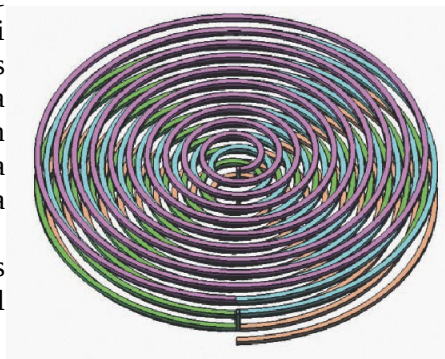
En este capítulo analizamos la transferencia de potencia con una configuración circular y un acondicionamiento de circuito en serie-paralelo.

Después de estudiar las diferentes configuraciones de bobinado, se ha elegido una bobina circular bobinada sobre si misma en el mismo plano axial, dada que esta configuración es la mas idónea para la transferencia, una vez hallada la inductancia y la resistencia del bobinado se acopla un condensador de acuerdo a las condiciones de resonancia definidas en las ecuaciones de la memoria de calculo, para la configuración SP.

Una vez aquí ya tenemos el sistema transmisor solo debemos alimentarlo a la señal convenida la cual es característica del sistema

Para averiguar la frecuencia de resonancia en el circuito de resonancia serie, se ha de hacer un barrido de frecuencias midiendo al mismo tiempo la tensión en

$R_1$ , y para saber la frecuencia de resonancia se ha de tener  $R_1$  a la máxima tensión y en el circuito de resonancia paralelo se ha de tener en  $R_1$  la mínima tensión.

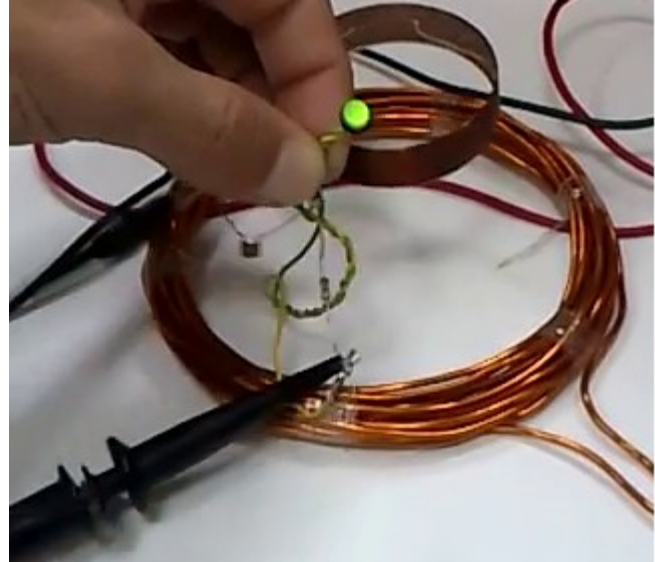
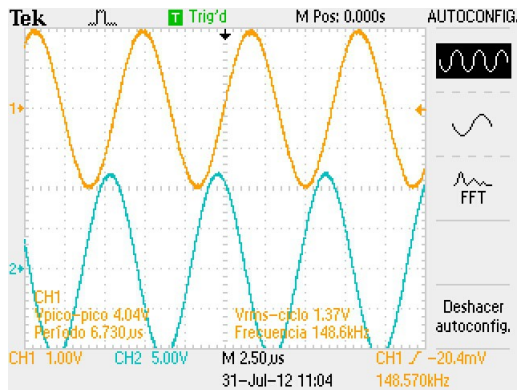


Cuando el circuito entra en resonancia, y la tensión en la bobina es la misma tensión que en el condensador, entonces eso quiere decir que el valor óhmico se iguala

$$(X_L = X_C).$$

Al realizar los cálculos frecuenciales, debido a la inductancia (L) de la bobina que varía de la teórica a la práctica, el ajuste frecuencial es necesario. Una vez calculado el valor de la bobina diseñada mediante triangulo de impedancias, se calcula el valor del condensador necesario para entrar en resonancia a la frecuencia deseada. Con un generador de funciones se aumenta progresivamente la frecuencia hasta llegar a la frecuencia de resonancia dada por la configuración del circuito, a esta frecuencia se puede comprobar en el osciloscopio como el acoplamiento inductivo crece

enormemente y se produce la máxima transferencia de energía en la bobina receptora (resonante con la primera) y con la frecuencia de trabajo de la fuente senoidal. comprobamos la transferencia de potencia entregada al circuito primario y la suministrada por el bobinado secundario ,viendo que la eficiencia es del 65%.



### 3.2 Factor de Calidad Q

La relación entre la resistencia R y la inductancia L de una bobina permanece constante para diferentes configuraciones del bobinado en el mismo volumen y forma.

La tensión, que es inducida por la misma corriente en un inductor en función de la frecuencia f y por lo tanto la potencia aparente en el dispositivo. La definición general del factor de calidad se basa en la relación de la potencia aparente a las pérdidas de potencia en un dispositivo. De esta definición, el factor de calidad de una bobina da lugar a:

$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad \text{con } \omega = 2\pi f$$

El factor de calidad Q puede tener un valor entre 0 e infinito. Pero técnicamente es difícil obtener valores muy por encima de 1000 para las bobinas. Para la producción en masa se puede esperar valores en torno a 100. Un factor de calidad por debajo de 10 no es muy útil. Estos valores tienen que ser considerados como el orden de magnitud típico.

El factor de calidad Q sólo depende de la forma y el tamaño de la bobina y de los materiales utilizados para una frecuencia de funcionamiento fijo.

### 3.3 Factor de Acoplamiento k

Si la bobina del receptor está a una cierta distancia de la bobina emisora, sólo una fracción del flujo magnético, que es generado por la bobina transmisora, penetra en la bobina receptora y contribuye a la transmisión de potencia. El flujo es máximo cuando las bobinas están perfectamente acopladas. El grado de acoplamiento se expresa por el factor k de acoplamiento.

El factor de acoplamiento es un valor entre 0 y 1. 1 expresa acoplamiento perfecto, es decir, todo flujo generado penetra en la bobina receptora. 0 expresa un sistema, en donde las bobinas transmisora y receptora son independientes uno de otro.

El factor de acoplamiento se determina por la distancia entre los inductores y su tamaño relativo.

Además, se determina por la forma de las bobinas y el ángulo entre ellos. Si las bobinas están

alineadas axialmente, un desplazamiento provoca una disminución de  $k$ . La figura muestra este efecto para una disposición ejemplar de bobinas planas con un diámetro de 30 mm. Se muestra el factor de acoplamiento medido y calculado para bobinas paralelas a distancias diferentes de desalineación en el eje horizontal. Factores de acoplamiento en el rango de 0,3 a 0,6 son típicas.

Tenga en cuenta que un factor de acoplamiento negativo significa que el receptor capta el flujo magnético "por detrás".

La definición del factor de acoplamiento está dado por:

$$k = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_{11}L_{22}}}$$

Es el resultado de la ecuación general para el sistema de inductores acoplados:

$$U_1 = j\omega(L_{11}I_1 + L_{12}I_2) \quad U_2 = j\omega(L_{12}I_1 + L_{22}I_2)$$

donde  $U_1$  y  $U_2$  son los voltajes aplicados a las bobinas,  $I_1$  y  $I_2$  son las corrientes en las bobinas,  $L_1$  y  $L_2$  son las auto inductancias,  $L_{12}$  es la inductancia mutua de acoplamiento y  $\omega = 2\pi f$  es la frecuencia circular.

El factor de acoplamiento se puede medir en un sistema existente como tensión de bucle abierto:

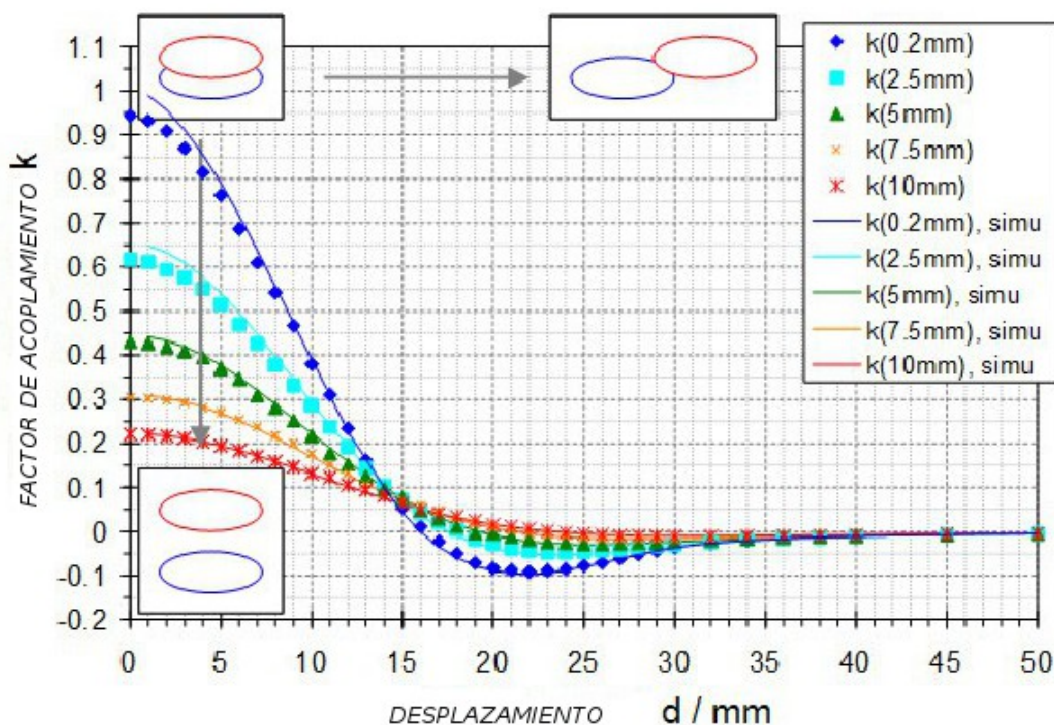


Fig 5 FACTOR DE ACOPLAMIENTO PARA 2 BOBINAS ( $\varnothing$  30 CM)

$$u = \frac{U_2}{U_1} = k \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

Si las dos bobinas tienen el mismo valor de la inductancia, la medida de lazo abierto de voltaje es igual a  $k$ .

Transferencia máxima de potencia en el espacio limitado por las recomendaciones ICNIRP

La potencia que se puede tomar de un campo magnético homogéneo  $B$  es dependiente de la tensión inducida  $V_{ind}$  en la bobina del receptor utilizado. Teniendo en cuenta que la forma de la señal es sinusoidal resulta como:

$$V_{ind} = 2\pi fAB$$

donde  $f$  = frecuencia y  $A$  = Área de la bobina.

Con la misma densidad de flujo, una energía mayor puede ser transferida a frecuencias más altas.

Esto significa que el producto de los tiempos máximos de densidad de flujo magnético de la frecuencia es relevante para la transmisión de potencia.

Una aplicación de energía inalámbrica requiere un campo magnético en cualquier posición arbitraria en ese espacio.

Teniendo los valores de referencia de estas guías en cuenta, la máxima transferencia de potencia en función del campo magnético dado se puede calcular. El resultado se muestra en la Figura 10.

Para la gama de frecuencia técnicamente interesante entre 100 kHz y 10 MHz la potencia máxima es independiente de la frecuencia de funcionamiento. Para frecuencias inferiores a 150 kHz, la potencia máxima se reduce con la reducción de la frecuencia. Para frecuencias mayores de 10 MHz, debería ser posible transmitir más potencia, sin embargo, los supuestos para calcular la máxima transferencia de potencia pueden no ser válidos.

La figura muestra que para un tamaño de receptor que se ajuste a un dispositivo móvil (diámetro del bucle 0,04 m a 0,1 m) la transmisión de potencia debe permanecer por debajo de 2 mW a 30 mW. a fin de no perjudicar a cualquier persona. Esto es aproximadamente dos órdenes de magnitud por debajo para aplicaciones de energía en general.

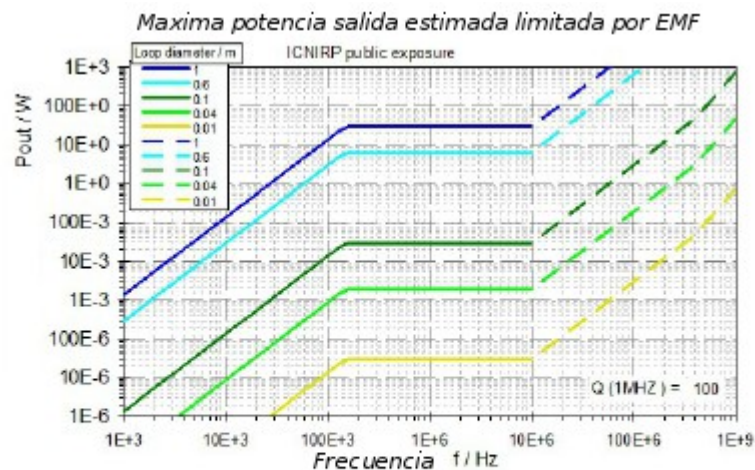


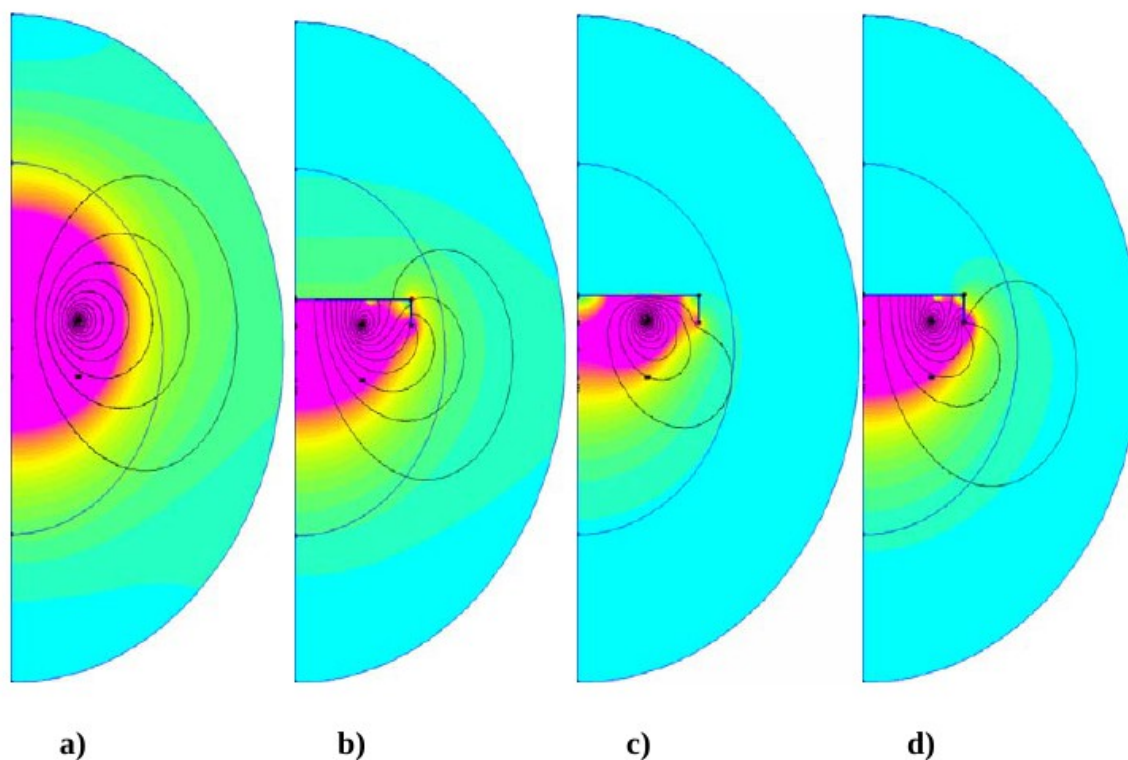
Fig 10: Máximo potencia recibida en referencia a las normas ICNIRP de exposición pública

## Capítulo IV: Apantallamiento

La aplicación a la que va destinado este estudio es a la carga de baterías eléctricas mediante acoplamiento inductivo, conlleva la posibilidad de que ésta se realice en la cercanía de personas, con el consiguiente peligro de exposición a la radiación electromagnética. Será necesario, por tanto, un apantallamiento adecuado para que la radiación a la que se vean sometidas las personas esté por debajo de los límites máximos permitidos (norma ICNIRP).

Los materiales típicos que se utilizan en apantallamiento de sistemas son el aluminio y las ferritas [P-15]. La presencia de estos materiales puede alterar el comportamiento del acoplamiento inductivo modificando el coeficiente de inducción mutua o el coeficiente de autoinducción del secundario; en definitiva alterando significativamente la capacidad de transferencia de potencia y por tanto invalidando los análisis posteriores.

Para comprobar esta influencia, se han considerado 3 configuraciones de apantallamiento en la parte superior del acoplamiento, de distintos materiales pero de las mismas dimensiones y espesor total.



**Fig. 34.** Distribución del campo magnético mediante el programa Femm. a) Sin apantallamiento, b) apantallamiento mediante ferrita, c) apantallamiento mediante aluminio y d) apantallamiento con ferrita y aluminio.

En la Fig. 34 se observa la distribución de campo magnético para las 4 posibilidades estudiadas y en la Tabla 13 los valores de coeficientes de inducción y capacidad de transferencia de potencia obtenidos para un ejemplo aplicado a dos bobinas circulares de radio 0,22 m formadas por 8 espiras de 1 mm<sup>2</sup> y separadas una distancia entre sí de 0,15 m.

Se van a comparar los datos obtenidos para las bobinas sin apantallamiento (Tabla 13.a), con los siguientes casos :

- Apantallamiento con una placa de ferrita de 4 mm de espesor con la disposición de la Fig. 34.b.
- Apantallamiento con una placa de aluminio de 4 mm de espesor con la disposición de la Fig.34.c.
- Apantallamiento con una placa de ferrita de 2 mm de espesor y otra de aluminio de 2 mm de espesor con la disposición de la Fig. 34.d

Tabla 13. Coeficientes de auto-inducción, de inducción mutua y capacidad de transferencia de potencia para las diferentes posibilidades de apantallamiento consideradas.

	a) sin apantallamiento	b) apantallamiento con ferrita ( $\mu_r=2000$ )	c) apantallamiento con aluminio	d) apantallamiento con aluminio y ferrita
$L_1$	81,4	81,7	78,55	80
$L_2$	81,4	92,3	68,29	86,3
M	11,32	14,81	6,82	11,45
$\frac{M^2}{L_2} (\times 10^{-6})$	1,57	2,37	0,68	1,52

A la vista de estos resultados se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- El apantallamiento con ferritas (Fig. 34.b) aumenta el coeficiente de autoinducción de la bobina receptora en un 13,4 % y el coeficiente de inducción mutua en un 31 % con lo cual el comportamiento del sistema calculado se ve alterado notablemente, tanto en la frecuencia de resonancia como en la capacidad de transferencia de potencia, que aumenta en un 50 % (Tabla 13. b). Además, el apantallamiento no es perfecto ya que la disminución de campo en la parte superior de la bobina receptora no es completo. Esto se puede solucionar aumentando el espesor de la ferrita y por tanto encareciendo el sistema y aumentando las pérdidas en la ferrita.
- Con aluminio, se consigue un apantallamiento perfecto respecto a la parte superior de la bobina receptora (Fig. 34.c), sin embargo, disminuye el coeficiente de autoinducción de la bobina receptora en un 16 % y el coeficiente de inducción mutua en un 40 % con lo cual el comportamiento del sistema calculado se ve alterado notablemente, tanto en la frecuencia de resonancia como en la capacidad de transferencia de potencia, que en este caso se ve disminuida un 56 % (Tabla 13.c).
- El apantallamiento con ferrita y aluminio, ha demostrado ser la solución idónea para apantallar sistemas de acoplamiento inductivo. En primer lugar, el aluminio apantalla perfectamente el sistema (Fig. 34.d), y en segundo lugar, la disminución de los coeficientes de inducción se ve compensada con el incremento que conlleva la presencia de ferrita; de tal forma que con una geometría adecuada se pueden mantener constantes estos valores y la capacidad de transferencia de potencia como se observa en la Tabla 13.d.

Este estudio demuestra que es posible apantallar el sistema perfectamente sin modificar los parámetros fundamentales del acoplamiento, de tal forma que todo el estudio posterior es válido para el correcto diseño de un sistema ICPT a través del aire.

De cualquier forma, el análisis de los apantallamientos en cuanto a espesor de los materiales de apantallamiento, disposición más apropiada, distancias a la bobinas,... requiere de un estudio en

profundidad que se sale de los límites del presente Proyecto y que forma parte de una de las futuras líneas de investigación.

#### 4.1 Eficacia del apantallamiento

El apantallamiento añadido bajo la primaria y por encima de la secundaria es importante para la operación segura de la transferencia de energía inalámbrica. Sin apantallamiento, los problemas pueden ocurrir los siguientes:

1. el campo magnético puede interferir con el dispositivo u otros objetos;
2. puede provocar el calentamiento de la batería
3. que puede circular corriente en las partes metálicas

Existen dos métodos básicos para la protección contra baja a media frecuencia fuentes magnéticas: El desvío del flujo magnético con materiales de alta permeabilidad y la generación de flujo a través de oponerse a la ley de Faraday. Suponiendo que el medio externo es el espacio libre con  $\mu = \mu_0$  y la pantalla está construida de un material ferromagnético que tiene  $\mu = \mu_r \mu_0$  con  $\mu_r \gg 1$ , el campo magnético tenderá a concentrarse en el camino de baja reluctancia ferromagnética, y como tal será desviado de afectar a la región de espacio libre. Para conseguir este efecto, la placa de ferrita tiene que ser lo suficientemente gruesa, de lo contrario, el flujo de fuga en el espacio libre es considerable, como se muestra en la figura 2 (a). Una alternativa es la combinación de ambos de los dos mecanismos mencionados anteriormente.

La figura 2 (b) muestra la distribución de campo cuando una hoja de cobre se une a la placa de ferrita. De acuerdo con la ley de Faraday, una corriente circula en la lámina de cobre y el flujo magnético asociado se genera. El flujo magnético inducido es de una polaridad o dirección como para contrarrestar el campo magnético incidente original, y por lo que el campo magnético neto en las proximidades del bucle se reduce.

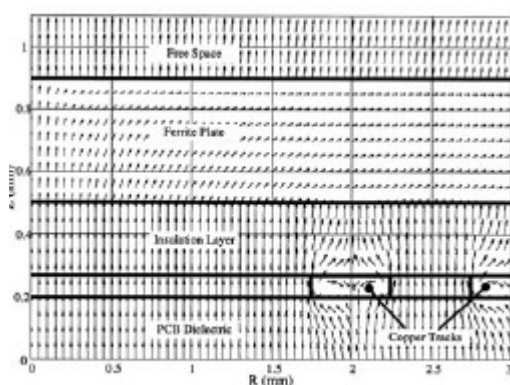


Fig 2(a) Shielded with ferrite plate

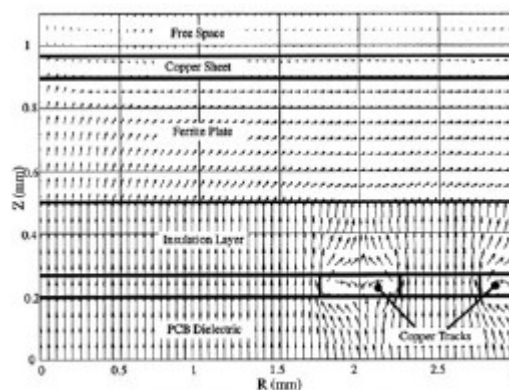
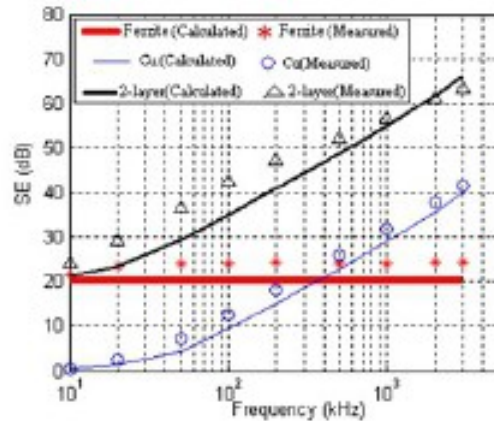


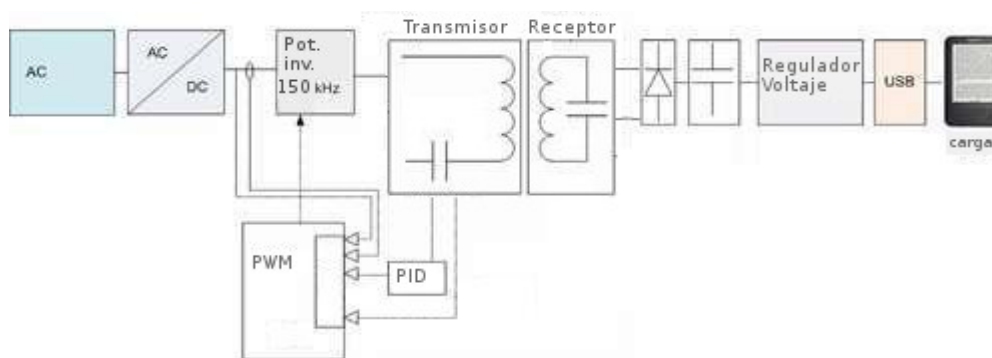
Fig 2(b) Shielded with ferrite plate and copper sheet

Efectividad de protección (SE) es un parámetro usado para la evaluación de apantallamiento, que se define como la relación entre la intensidad de campo, a una distancia dada de la fuente, sin la interposición escudo y la intensidad de campo con el escudo interpuesta. La figura 3 muestra la efectividad de apantallamiento de cobre cuando se utiliza sólo ferrita, solo y la combinación de ellos. Para cumplir con diferentes requisitos (SE) en diferentes situaciones, diferentes materiales o combinación puede ser elegido.

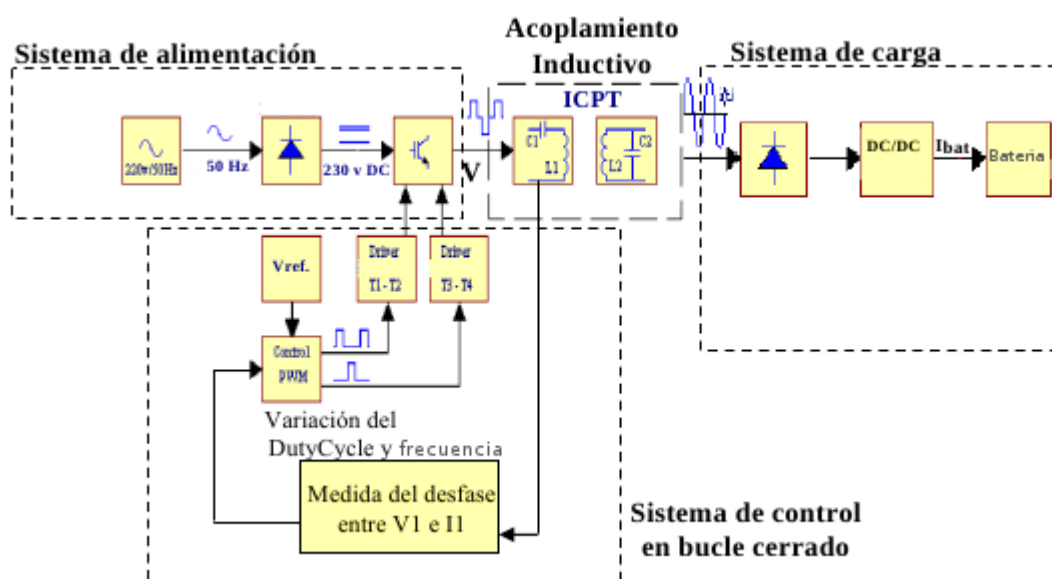


## Capítulo V: Diseño

Entre los muchos diseños estudiados se ha optado por el mas económico y universal posible. El diseño realizado pretende la carga de dispositivos, cuya batería necesita de 5V y 0.5A (2'5 W, estándar USB) , para recargarse. Medida estandarizada en la actualidad en todos los dispositivos .El diseño de bloques siguiente muestra un esquema general de funcionamiento y modelo propuesto. La fuente de potencia alimenta el circuito emisor siendo pulsada su tensión mediante control PWM a 150 KHz, esta bobina tiene retroalimentación (PID) pues al acercar otro dispositivo receptor a cargar, su intensidad aumenta pudiendo ser medido dicho desfase y corrigiéndolo mediante el control PWM. Se han desarrollado diferentes formas de control PWM finalmente el modelo seleccionado se realiza con un integrado SG3524 y un integrado 555 para su simulación por su bajo coste y estandarización en el mercado, en línea con drivers IRF150 los cuales atacan la puerta de los mosfet , pulsando así la tensión en la bobina ,si el sistema resuena naturalmente a la frecuencia de resonancia elegida,la transferencia de energía es eficiente.



Conocido el valor deseado de potencia en el secundario de 2'5 W , y realizadas las respectivas pruebas en los laboratorios de las escuelas E.U.P (E.P.S) y E.S.I (Escuela Superior Ingenieros) Podemos concluir que con los valores de potencia suministrados en el punto de resonancia la potencia para recargar una batería estandar como la de un móvil queda satisfecha recibiendo en el secundario una potencia efectiva equivalente de 3 W. Con una eficiencia del 65%.Para las simulaciones se ha diseñado un circuito capaz de satisfacer el rango de frecuencias usadas para ello



se ha usado un circuito integrado 555.

Los elementos que componen cada conjunto o bloque son:

Para la alimentacion del sistema :

- bateria 12 voltios y 0,5 amperios
- rele conmutador
- transformador 240 voltios a.c – 12 voltios d.c
- 4 mosfets IR150/IRF830 configurados en H.

El acoplamiento inductivo consta de bobina de valor 0,21 mHenrios

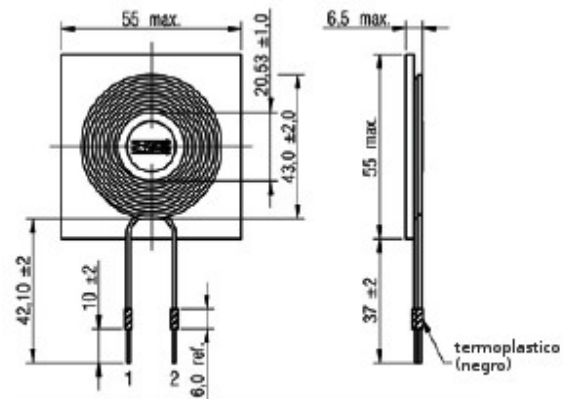
La bobina utilizada tanto en el receptor como en el emisor es descrita en la imagen a continuacion, esta va acompañada con un condensador de 0.25 uF acoplados en resonancia .

Tambien son necesarios para el sistema de control

- 2 bloques PWM formado cada uno por controlador de ancho de pulso, SG3524
- 2 driver de potencia IR2110 para puente mosfet.
- Tension de referencia de 1V.

El sistema de carga debe rectificar la potencia recibida mediante

- puente de diodos rectificador 60APU04PBF
- limitadores de potencia LM317



Dimensiones (mm)

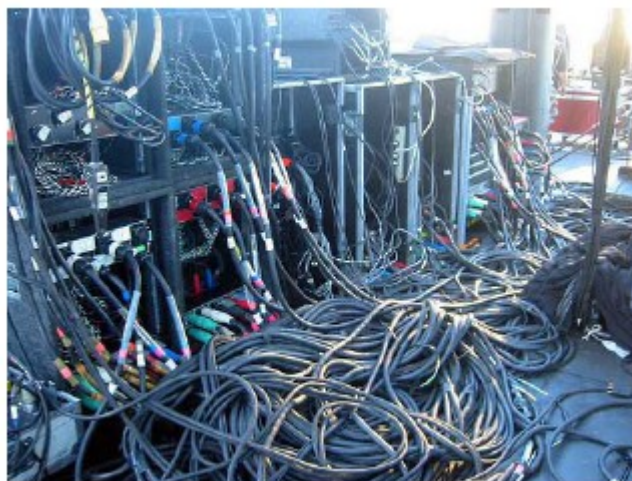
## Capítulo VI: Reemplazo por energías inalámbricas

Pero lo único que tenemos claro de la electricidad es que la queremos demasiado. Me refiero a que piensen cuánto la queremos. Si sólo se sale a caminar, hay miles de billones de euros que han sido invertidos en infraestructura en todo el mundo, solo colocando cables, para obtener energía de donde se crea hasta donde se utiliza.

Algo que también nos encantan son las pilas y para aquellos que tenemos una conciencia medioambiental hay más o menos 40 mil millones de baterías desechables cada año.

Baterías nada eficientes, cuando en realidad a pocos centímetros o metros se encuentra disponible energía a muy bajo coste.

Algo que un buen amante de la electrónica no puede soportar es una maraña de cables quien no se ha encontrado en situaciones parecidas, no sería hermoso para el técnico poder trabajar libremente sin “ataduras”, poder cruzar dispositivos sin que sus alimentadores se enrollen y haga más difícil su labor.



Otra cosa que supone un derroche de eficiencia son las pilas, se fabrican 40 mil millones de baterías desechables cada año. ¿qué es lo que le sucede a estas baterías después de su consumo?

Se rompen, se desintegran, y terminan en vertederos como este.

Entonces cuando hablan de energía cara el costo por kilovatio hora para abastecer con energía a algo es del orden de doscientos a trescientos euros.

La red de energía más cara en el mundo es una milésima de eso.

Se han obtenido resultados aproximadamente un 65 por ciento de eficiencia.

Por cierto, eso es casi mil veces más eficiente de lo que sería una pila, haciendo lo mismo.



### 6.1 Eficacia de la energía inalámbrica

El consumo de energía de los cargadores de baterías cuenta con dos colaboradores principales: la eficiencia de carga y el consumo de energía de reserva, consumo en espera.

Desafortunadamente, muchas personas dejan los cargadores y soportes conectados a la red eléctrica cuando el cargador no se utiliza. El consumo de energía en espera (también llamado "sin carga") es significativo. Un simple cálculo muestra que la energía consumida en el modo de espera es aproximadamente la misma que la energía consumida cuando se carga la batería.

Suponemos que muchas personas también mantendrá su cargadores de baterías inalámbrico continuamente conectado a la red eléctrica. Las tecnologías inalámbricas tienen los mismos componentes que un cargador de cable (un adaptador de CA-CC + electrónica de carga) y un componente adicional: el cable de cobre que conforma el bobinado.

## 6.2 Consumo de energía

Un transmisor de energía inalámbrica puede ser más eficiente, que los cargadores de cable que reemplaza. Depende del número de cargadores de cable que se reemplazan. También depende del tipo de cargadores, y de los hábitos del propietario.

Se estima que en situaciones típicas un cargador de energía inalámbrica se equipara incluso con los cargadores con cable si reemplaza a dos cargadores con cable.

Una estimación del consumo de energía en los cargadores inalámbricos.

### 6.2.1 Consumo de energía del cargador con cable

Veamos primero en el consumo de energía de un cargador de teléfono móvil clásico. Estos cargadores son llamados "adaptadores de alimentación externos".

- Eficiencia @ carga máxima: 72% en promedio para los adaptadores de 5 vatios
- Consumo de energía @ sin carga: 0.12W en promedio con adaptadores de 5 vatios, excepcionalmente con buenos adaptadores bajan a 0,01 W.

Suponiendo que se utiliza el adaptador 1 hora al día, y que sigue siendo conectado por el resto del día. Eso no es una buena práctica, pero es muy común dejar adaptadores de corriente continuamente conectados a la red eléctrica.

Entonces se ve que el consumo total de energía es:

- carga: 1 hora \* 2 W / 72% = 2,8 W/h (esto supone que un cargador de 5 W suministrará, en promedio, 2 W durante un ciclo completo de carga)
- standby (sin carga): 23 horas \* 0,12 = 2,8 W

Se puede apreciar como la potencia de espera contribuye de manera significativa al consumo total de energía de un cargador de teléfono móvil.

### 6.2.2 Validación de los cargadores inalámbricos

Los cargadores inalámbricos también contienen un adaptador de corriente AC-DC. Supongamos que se tiene la misma eficacia (72%). Supongamos también asume que tiene la misma potencia en espera (0,12 W).

El cargador inalámbrico puede tener una potencia mucho más baja de espera, pero esto mantiene la comparación más fácil.

La eficacia de la transferencia de la potencia del enlace inalámbrico es típicamente 70%. Asumiendo que el cargador inalámbrico reemplaza 2 cargadores con cable. El consumo total de energía es:

- En carga: 1 hora \* 4 W / 72% / 70% = 7,9 Wh (capacidad para 2 dispositivos al mismo tiempo)
- standby (sin carga): 23 horas \* 0,12 = 2,8 W

¿Cómo se compara con los cargadores por cable?

Consumo total de dos cargadores con cable:  $2 * (2.8 + 2.8) = 11.2 \text{ W}$

El consumo de energía total de un cargador inalámbrico con dos receptores:  $7,9 + 2,8 = 10,7 \text{ W}$

El consumo total de energía es comparable. Aunque la transferencia inalámbrica obviamente no es tan eficiente como el transporte a través de un alambre de cobre, los transmisores inalámbricos de energía ahorran en standby y cuando el transmisor inalámbrico reemplaza múltiples adaptadores de

alimentación externos.

### 6.3 Eficiencia de transferencia

La Figura 2 muestra la eficiencia óptima calculada alcanzable de un sistema. Todas las dimensiones son reducidas para el diámetro de la bobina  $D$  más grande (transmisor o bobina receptora). Los valores se muestran como una función de la distancia axial de las bobinas ( $z/D$ ). El parámetro es el diámetro de la bobina más pequeña  $D_2$ .

La figura muestra que:

- La eficiencia disminuye drásticamente en mayor distancia ( $z/D > 1$ ) o con una diferencia de gran tamaño de la bobina ( $D_2 / D < 0,3$ ).
- Una alta eficiencia ( $> 90\%$ ) se puede lograr en la distancia cercana ( $z/D < 0,1$ ) y para las bobinas de tamaño similar ( $D_2 / D = 0,5 \dots 1$ )

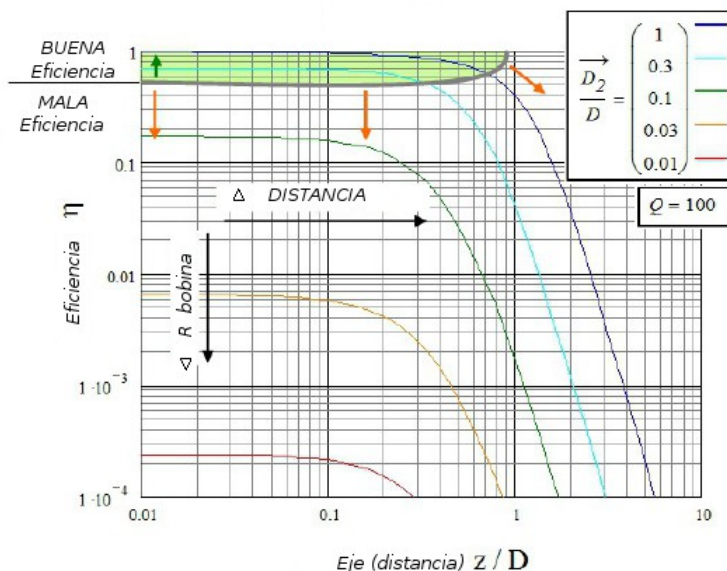


Figure 2 Eficiencia n un sistema de un sistema inductivo de transferencia de potencia inalámbrica consistente por bobina inductora dependiente del eje  $z$

Esto muestra que la transmisión de energía inductiva sobre una gran distancia, es muy ineficiente.

Hoy en día, no podemos darnos el lujo de desperdiciar energía para aplicaciones de potencia en general mediante el uso de dicho sistema.

Por otro lado, la figura muestra que la transmisión de energía inductiva en la proximidad de los dispositivos, por ejemplo, en una superficie, puede ser muy eficiente y competitivo a soluciones cableadas. La transmisión inalámbrica de energía en la proximidad combinan comodidad y facilidad de uso con los requisitos actuales de ahorro de energía.

Comparativa de ahorro de energía basado en el uso de sistemas de carga inalámbricos y con cargadores de cable convencionales

El uso del sistema de carga inalámbrica para una gama de productos electrónicos portátiles de consumo tiene el potencial de:

1. Formar una plataforma común de tarificación de una amplia gama de productos electrónicos de consumo.
2. Reducir el número de cargadores convencionales (es decir, los cargadores innecesarios) en el futuro.
3. Reducir el consumo de energía y recursos naturales necesarios para fabricar y empaquetar a estos cargadores convencionales.
4. Reducir la cantidad de energía para el transporte en el transporte de estos cargadores convencionales.
5. La reducción de la cantidad de residuos electrónicos tóxicos y no biodegradables derivadas de una gran variedad de cargadores convencionales, debido a la falta de plataforma de carga común.
6. Reducir la cantidad de mano de obra, recursos, instalaciones y energía (consumo de energía)

en el manejo y la limpieza de la basura electrónica que resulta de la gran cantidad de residuos electrónicos procedentes de los cargadores convencionales.

En este apartado, se estudian dos escenarios para comparar las ventajas y desventajas de los adaptadores de corriente tradicionales con cable y cargadores de móvil en términos de consumo de energía. Las comparaciones se hacen en los dos siguientes sistemas:

1. Un externo de AC-DC de alimentación (comúnmente conocido como un adaptador de alimentación).
2. Un suministro de energía inalámbrica que se compone de:
  - un adaptador AC-DC
  - electrónica de transmisión
  - bobinas de transmisor
  - bobinas en el receptor
  - rectificación circuito en el receptor.

#### 6.4 Estudio de carga y potencia en espera para cargas simple y múltiple

Este estudio investiga el consumo de energía de adaptadores cable de alimentación y cargadores inalámbricos incluyendo tanto (i) la potencia de carga y (ii) la energía de reserva. Dado que las técnicas de reducción de energía de reserva ya están disponibles y se pueden aplicar tanto a los cargadores de cable e inalámbrica, datos técnicos sobre la pérdida de energía de reserva y la eficiencia de la información pública disponible, y se utilizaron para este estudio.

Las siguientes consideraciones y supuestos se utilizan en este estudio:

- Uso "sin carga o el consumo de energía en espera" de adaptadores AC-DC de alimentación externos del sitio web de Energy Star.
- A partir de ahí, se puede observar que un cargador con cable de 5W típicamente consume 0,14 vatios sin carga (es decir, en espera de alimentación es 0,14 vatios). Puesto que la potencia de pico se requiere sólo en la etapa inicial de carga y potencia de carga debe ser reducida cuando la batería se llena, la potencia de carga promedio se supone que es 2W.
- Suponga que los adaptadores de alimentación externos estén conectados las 24 horas del día, y se utiliza durante 1 hora por día.
- Supongamos que el cargador inalámbrico reemplaza 1, 2, 3, ..., 6 cableadas adaptadores de potencia.
- Supongamos que el cargador inalámbrico consume una energía de reserva de 0,14 vatios.
- Supongamos que el cargador inalámbrico está conectado en 24 horas por día y hora utilizado X por día (como dispositivos se puede cargar en paralelo, X tiene el valor que va de 1 a n, donde n es el número de adaptadores de potencia cableadas sustituyen por el inalámbrico cargador.).
- Supongamos que el adaptador de alimentación de cable tiene una eficiencia del 72% durante la carga.
- Debido a la circuitería adicional y componentes en el sistema inalámbrico, se supone que el cargador inalámbrico tiene 70% de la eficiencia del cargador de cable (es decir, aproximadamente 50%) durante la carga.

Con base en las anteriores consideraciones y supuestos, la comparación se muestra en la Tabla 1.

En modo de espera adaptador de corriente con cable (vatios)	0,14
En modo de espera cargador inalámbrico (vatios)	0,14

El tiempo de carga del adaptador de corriente con cable (horas por día)	1
Tiempo en espera de adaptador de corriente con cable(horas por día)	23
El tiempo de carga del cargador inalámbrico horas por día)	X
Tiempo de espera del cargador inalámbrico (horas por día)	24-X
Eficiencia de transferencia inalámbrica de carga (% de adaptador de corriente con cable)	70%
La potencia media suministrada durante la carga (vatios)	2
Eficiencia de la fuente de alimentación con cable durante la carga (%)	72%

<b>Nr. de cargadores externos reemplazados por inalámbrico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
total de energía consumida durante el modo de espera de adaptador de corriente con cable (Wh por día)	3,22	6,44	9,66	12,88	16,10	19,32
total de energía consumida durante el modo de espera de cargador inalámbrico cuando X = 1 (Wh por día) MÁXIMO	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
total de energía consumida durante el modo de espera de cargador inalámbrico cuando X = n (Wh por día) MÍNIMO	3,22	3,08	2,94	2,80	2,66	2,52
total de energía suministrada a una carga (Wh por día)	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00
energía consumida por cable adaptador de corriente durante la carga (Wh por día)	2,78	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67
energía consumida por el cargador inalámbrico durante la carga (Wh por día)	3,97	7,94	11,90	15,87	19,84	23,81

#### **Diario:**

consumo total de energía adaptador de corriente con cable (Wh por día)	6,00	12,00	17,99	23,99	29,99	35,99
consumo total de energía del cargador inalámbrico (Wh por día) MAX	7,19	11,16	15,12	19,09	23,06	27,03
consumo total de energía inalámbrica cargador (Wh por día) MIN	7,19	11,02	14,84	18,67	22,50	26,33
Ahorro de energía del cargador inalámbrico (Wh por día) MIN	-1,19	0,84	2,87	4,90	6,93	8,96
Ahorro de energía del cargador inalámbrico (Wh por día) MAX	-1,19	0,98	3,15	5,32	7,49	9,66

#### Anual:

consumo total de energía adaptador de corriente con cable (kWh al año)	2,19	4,38	6,57	8,76	10,95	13,14
consumo total de energía del cargador inalámbrico (kWh al año) MAX	2,62	4,07	5,52	6,97	8,42	9,87
consumo total de energía del cargador inalámbrico (kWh al año) MIN	2,62	4,02	5,42	6,82	8,21	9,61
Ahorro de energía del cargador inalámbrico (kWh al año) MIN	-0,43	0,31	1,05	1,79	2,53	3,27
Ahorro de energía del cargador inalámbrico (kWh al año) MAX	-0,43	0,36	1,15	1,94	2,73	3,52

*Tabla 1: Comparación de la carga y el consumo de energía en espera de cables y cargadores inalámbricos*

### 6.5 Estudio de consumo de energía total

Encuesta sobre el comportamiento de los consumidores en productos electrónicos indica que los consumidores tienden a comprar productos nuevos con frecuencia. El ciclo de vida de productos electrónicos portátiles tales como teléfonos móviles oscila entre 12 meses a 18 meses en promedio. El siguiente análisis se basa en el consumo de energía entre los adaptadores de corriente con cable y sistemas inalámbricos de carga. Vamos a examinar los siguientes factores:

1. La cantidad de consumo energético para la carga durante un período de 5 años.
2. La cantidad de consumo energético para la fabricación de las cajas de plástico para los dos sistemas.

Las hipótesis empleadas en el análisis incluyen:

1. El ciclo de vida del teléfono móvil es 1,5-2 años (debido al comportamiento de los consumidores y empresas).
2. Cada venta de nuevo producto implica la producción de un teléfono móvil y un adaptador de alimentación cableado, si no se utiliza cargador inalámbrico.
3. Dentro de los 5 años siguientes, 3 adaptadores cableados de alimentación convencional se hacen para la sustitución de los teléfonos móviles, mientras que el sistema de carga inalámbrica se utiliza el mismo para cualquiera de los teléfonos móviles.
4. El consumo de energía para la fabricación de los componentes electrónicos se ignora.

5. El consumo de energía necesario para la minería de los recursos naturales para la fabricación de los productos se ignora.
6. El consumo de energía necesario para el transporte de los productos se ignora.
7. El consumo de energía y otros recursos para el transporte y la limpieza de residuos electrónicos tóxicos y no biodegradables son ignorados.
8. El consumo de energía necesario para el proceso de moldeo de plástico.

#### 6.5.1. Comparación de la eficiencia de transferencia de energía

En este apartado comparamos el consumo de energía total en un período de 5 años estudio del caso:

La eficiencia del sistema de medio inalámbrico cargador N sistema inalámbrico = 0,50 (50%)

La eficiencia del sistema de cable promedio adaptador de corriente N sistema de cable = 0,72 (72%)

Supongamos que la potencia de carga media es de 2W.

Con base en los resultados de los datos de estudio:

La energía total utilizada por el cargador inalámbrico (P utilizada de forma inalámbrica) a los 5 años  
 $= 2,62 \times 5 = 13,10 \text{ kWh}$

La energía total utilizada por el adaptador de corriente con cable (P-utilizado por cable) más de 5 años  
 $= 2,19 \times 5 = 10,95 \text{ kWh}$

#### 6.5.2 La comparación de la energía utilizada para la fabricación de las cajas de plástico de los sistemas de carga (otros componentes electrónicos no se consideran)

Durante el estudio de investigación, se encontró que para cada kilogramo de policarbonato (un plástico común utilizado para el cargador), son necesarios para su fabricación una cantidad de 107MJ (o 29,72 kWh).

En base a la experiencia práctica:

El peso aproximado de material plástico en un cargador inalámbrico (W inalámbrico) es de 80g

El peso aproximado de material plástico en un adaptador de alimentación de cable (cable W) es 50g

Por lo tanto, la energía utilizada para fabricar un cargador inalámbrico es de  $107 \text{ MJ} \times 0,08 = 8,56 \text{ MJ} = 2,37 \text{ kWh}$ .

La energía utilizada para hacer un adaptador de cable de alimentación es  $107 \text{ MJ} \times 0,05 = 5,35 \text{ MJ} = 1,49 \text{ kWh}$

Suponiendo que el consumidor va a cambiar sus teléfonos móviles tres veces por cada 5 años, por lo que la energía total usada para hacer los productos correspondientes son:

Cargador inalámbrico (Mat. inalámbricos usados) es de 2.37 kWh

Adaptador de cable de alimentación (Mat. cableado utilizado) es de  $3 \times 1,49 \text{ kWh} = 4,47 \text{ kWh}$

#### 6.5.3 Comparación global del consumo total de energía de una carga durante un período de 5 años

Consumo total de un cargador inalámbrico en 5 años es (E-inalambrica utilizada) + (M utilizado de forma inalámbrica) =  $13,10 \text{ kWh} + 2,37 \text{ kWh} = 15,47 \text{ kWh}$

La energía total utilizada por 3 adaptadores de corriente con cable en 5 años es (E-cableado utilizado) +  $3 \text{ (M-cableado utilizado)} = 10,95 \text{ kWh} + 3 \times 1,49 = 15,42 \text{ kWh}$ .

	Carga de Energía Consumida durante 5 años (kWh)	Fabricación de productos de plástico de energía (kWh)	Energía para el tratamiento de los desechos electrónicos (kWh)	Transporte de energía para el cargador (kWh)	Energía estimado (KWh)
Un cargador inalámbrico	13,10	2,37	X	Y	15,47 + (X + Y)
Un cable cargador	10,95	1,49	X	Y	12,44 + (X + Y)
Dos cargadores con cable	10,95	2,98	2X	2Y	13,93 + (2) (X + Y)
Tres cargadores con cable	10,95	4,47	3X	3Y	15,42 + (3) (X + Y)

*Tabla 2 Comparación basada en la carga de una carga de más de 5 años.*

Nota:

1. La cantidad de energía para la fabricación de los componentes electrónicos, cables y tomas de corriente de las fuentes de alimentación no incluidos.
2. El desperdicio de materiales del producto no está incluido.
3. X se refiere a la cantidad de energía requerida para la manipulación y limpieza de los residuos electrónicos tóxicos y no biodegradables.

De la Tabla 2, se indica que:

1. A pesar del hecho de que el estudio de la Tabla1 se centra en el consumo de energía para la alimentación de una carga única, los resultados de la Tabla 2 indican que el sistema inalámbrico, que tiene el potencial de eliminar la necesidad de algunas unidades de alimentación de cable, podría consumir menos energía, materiales y recursos.
2. Siempre y cuando  $(X + Y) > 1,54$  kWh (es decir,  $15,47$  kWh -  $13,93$  kWh), utilizando un cargador inalámbrico para reemplazar dos o más adaptadores de corriente con cable puede traer el beneficio de ahorro de energía.
3. A más adaptadores de alimentación cableadas sean sustituidos por el cargador inalámbrico, más ahorros de energía se puede lograr.
4. El uso de un protocolo de carga común basado en el sistema de carga inalámbrica es beneficioso, es la eliminación de los cargadores individuales. La Tabla 2 indica que si una almohadilla universal de carga inalámbrica para la carga múltiple, con capacidad para 3 cargas, 3 adaptadores de alimentación externos pueden ser eliminados. Así, los objetivos medioambientales de ahorro de energía y la eliminación de los residuos electrónicos se pueden alcanzar simultáneamente.

#### 6.5.4 Conclusiones

Este estudio es un intento de comparar el consumo energético de los sistemas de carga inalámbricos y los adaptadores de energía tradicionales. Sobre la base de los dos conjuntos de resultados en los dos casos de estudio, es evidente que el uso de un sistema de carga inalámbrico con función de carga múltiple de carga tiene ventajas distintivas sobre el uso de cada uno-a-uno con cables adaptadores de corriente. Esta ventaja es clara, y se hace más significativa cuando el cargador inalámbrico puede reemplazar dos o más adaptadores de potencia cableadas.

Las ventajas de ahorro de energía se derivan de la reducción de la energía de reserva y de la reducción de la energía de fabricación y transporte de innecesarios de alimentación de cable.

Además de los aspectos de ahorro de energía, la reducción potencial de la enorme cantidad de residuos electrónicos procedentes de la eliminación del número de adaptadores de corriente convencionales también contribuye en gran medida a la protección del medio ambiente en el largo plazo. Esta cantidad de beneficio no se ha incluido en este análisis.

## Capítulo VII: Líneas de investigaciones

En los años venideros, observaremos como cada vez mas, los dispositivos y aparatos que usamos se vuelven mas autosuficientes energéticamente, no disponiendo de intervención humana para su alimentación energética buscando esta, en el medio que le rodea de diferentes formas,solar, eólica,.. una muy apropiada puede ser la inducción magnética resonante

Las posibilidades de esta tecnología todavía están por descubrir, sin embargo notese que las antenas emisoras pueden ser configuradas de forma idéntica tal que el emisor (primario) pueda también actuar de receptor (secundario) y viceversa.

En cuanto a las tomas publicas, mientras no se implante un estándar serio (el mini-USB) no son de gran utilidad aparte de que un un enchufe publico acabará por dañarse. El estándar definitivo va a ser la carga por inducción ya que es cómoda y no se degrada con el tiempo.

Como toda innovación y cambio en las costumbres y usos cotidianos, la sociedad de la información, en la que algunos denominan que ya estamos, en principio se hace resistente a los cambios, pero esta vía de trabajo y de investigación de las llamadas tecnologías "blandas" como son todas las relacionadas con la información y su aliada la comunicación terminan creando grandes expectativas, tanto para las Empresas que trabajan e investigan en estos campos, como para el comercio, así como para los usuarios finales, que ven como sus vidas y trabajos mas usuales de cada día se ven realizados de forma mas cómoda , mas económica y con resultados mas satisfactorios, por ello entendemos que esta vía de investigación , tiene un largo recorrido, y que si hoy parece de difíciles resultados a corto plazo, si lo será a medio y largo plazo, pues el hombre con su ciencia y tecnología, termina por vencer todos los obstáculos que impiden el avance de la humanidad.



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**Proyecto de Ingeniería:**

**Sistemas de Transferencia de Energía mediante Acoplamiento Inductivo  
como carga de dispositivos estándar usb**

**ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL**

Las preocupaciones de seguridad asociadas a esta tecnología siguen siendo retos de gran interés para la expansión de esta y su adopción. Detección selectiva y cualitativa de objetos extraños alrededor del sistema (objetos metálicos o magnéticos) es de vital importancia debido a su capacidad para absorber la energía del campo de suministro de energía inalámbrica en la forma de calor (calefacción parasitarias) y posiblemente convertirse en un peligro.

La pregunta número uno que siempre nos hacemos, una de las principales preocupaciones en la emisión de energía y campos electromagnéticos es el tema de la seguridad y la salud medioambiental, con este propósito dedicamos este tema para garantizar que los niveles de exposición cumplen con las normativas vigentes:

1. ICNIRP 2010
2. ISBN 3-980478
3. UNE-ENV 50166-2:1996
4. NTP 522

En la última década, el aumento del interés en la tecnología de transferencia inalámbrica de energía es evidente desde la técnica y perspectivas de los consumidores. Eficiencias mejoradas del sistema debido a la aparición de la transferencia resonante de energía han engendrado el rápido aumento de las aplicaciones que están surgiendo para esta tecnología. Esto ha llevado a un aumento de estudios sobre los efectos de esta tecnología en la biosfera, y sobre todo en los seres humanos.

- Lo primero es que no es una tecnología radiactiva. No irradia.
- No existen campos eléctricos aquí, es un campo magnético.
- Y se mantiene, ya sea con lo que llamamos la fuente, o con el dispositivo.
- Y el campo magnético que estamos usando es básicamente el mismo que el campo magnético de la tierra. Vivimos rodeados de campos magnéticos.
- Y la otra cosa que es buena de esta tecnología es que sólo transfiere energía a cosas que funcionan en la misma frecuencia. Y es virtualmente imposible en la naturaleza, conseguir que esto ocurra.
- Y finalmente tenemos los órganos gubernamentales que regularan todo lo que se hace. Y prácticamente han establecido los límites de exposición del campo.

Diferentes tecnologías suelen resumirse en el término "tecnologías inalámbricas de transferencia de potencia" y producen malentendidos y errores en el estudio de su impacto ambiental y humano. Esto es porque la frecuencia de operación sobre una distancia desde la fuente, varía considerablemente. Por lo tanto discutir la tecnología sin separar esta definición puede ser engañoso. Uno de los objetivos de esta escritura es examinar un subconjunto de esta tecnología, las tecnologías inalámbricas de transferencia inductiva. La atención se centrará en sus no-radiativas características con respecto a la distancia de la fuente y la frecuencia. Este apartado puede traer claridad no sólo a los ingenieros en el campo y los consumidores de estos productos inalámbricos, pero también puede ayudar con los requisitos reglamentarios para esta tecnología y sus aplicaciones.

En un sistema de transferencia de energía inductiva, un campo electromagnético alterno se induce en la bobina receptora debido a una corriente alterna en un sistema transmisor de bobinas. Esto se basa en la ley de Faraday de la inducción electromagnética.

### 1.1 Propiedades del campo cercano

Cualquier fuente de campo electromagnético (partícula, antena dipolo, o bobina) produce ondas electromagnéticas en su periferia. Las características de estos campos y cómo interactúan con el medios marca la diferenciación en cuanto a los componentes radiativos, y no radiativos de ondas o

campos electromagnéticos.

Estos campos son normalmente separados en el campo cercano y campo lejano, teniendo en cuenta su distancia de la fuente, pero lo más importante, debido a las características de onda de las ondas dominantes en esta región. Estos límites regionales se describen generalmente en términos de la longitud de onda de la fuente de campo. Por lo tanto, la longitud de onda de una electromagnético (EM) de onda, que está relacionada con su energía, describe su interacción con lo que rodea. A menos que se indique lo contrario, la fuente de la onda EM se considera un inductor simple como se utiliza en la tecnología de la energía inalámbrica. Como se muestra en la figura 1, las longitudes de onda de la fuente de campo EM (Antena) se utilizan para representar las distancias que son generalmente aceptados para delimitar las regiones.

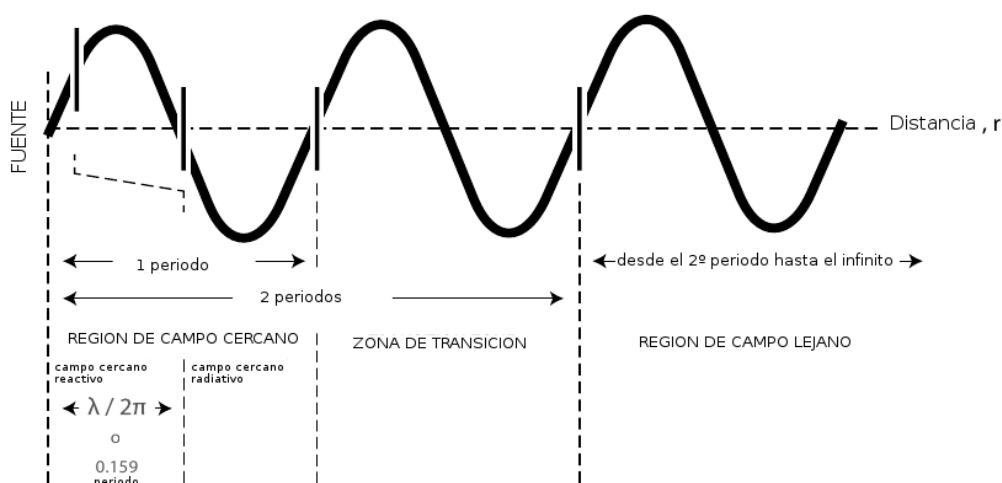


Figura. 1: Los campos típicos para las fuentes de EM que muestran diferenciación región de longitudes de onda

La comprensión de baja frecuencia para transferencia de energía no radiativo.

Una fuente de inductor ideal produce campos eléctricos y magnéticos (campos E y H) respectivamente, a su alrededor. Para ahorrar energía, el circuito conduce corriente en el campo y en el campo de inducción conduce de nuevo de alimentación en el circuito de la fuente y por lo tanto no hay pérdida de energía. Este intercambio de energía cíclico durante cada ciclo medio asegura que el voltaje (V) y la corriente (I) del circuito de permanecer mutuamente ortogonales, lo que resulta en la ausencia de un componente real de la impedancia del circuito.

Por consiguiente, esta región se denomina el campo cercano reactivo. Si otro circuito con una carga se introduce, ambos circuitos van a interactuar e intercambiar energía. En otras palabras, el circuito de la fuente va a conservar su energía hasta que un circuito de carga es introducido en su vecindad. El sistema de origen sólo da transferencia de energía a un sistema de carga cuando es necesario, es decir, sólo "reacciona" a las necesidades energéticas y no irradia cuando no son necesarios. Cabe señalar que el campo reactivo cercano (generalmente aceptado 0,159 multiplicado por la longitud de onda de la fuente de EM, como se muestra en la fig. 1) sólo existen cuando la fuente está encendida. En los sistemas más realistas, este campo reactivo cercano está compuesto de inductivo, electrostática, campos eléctricos y magnéticos, con un poco de energía intrínseca limitada pero radiada (debido a las cargas en inductor). Debido a las relaciones de fase complejas entre E y H de esta región cercana, estudiar las características individuales de este campo cercano no es ni trivial ni muy instructivo. Estos campos generalmente decaen con  $1/r^2$ , mientras que los componentes la radiación de la descomposición por  $1/r$  (donde r es la distancia desde la fuente). Como resultado de ello, si vamos más lejos de la fuente en el campo lejano, los campos de radiación se hacen más prominentes como el decaimiento de campo cercano reactiva rápidamente.

Además, en este campo lejano, campos E y H son necesariamente perpendiculares entre sí.

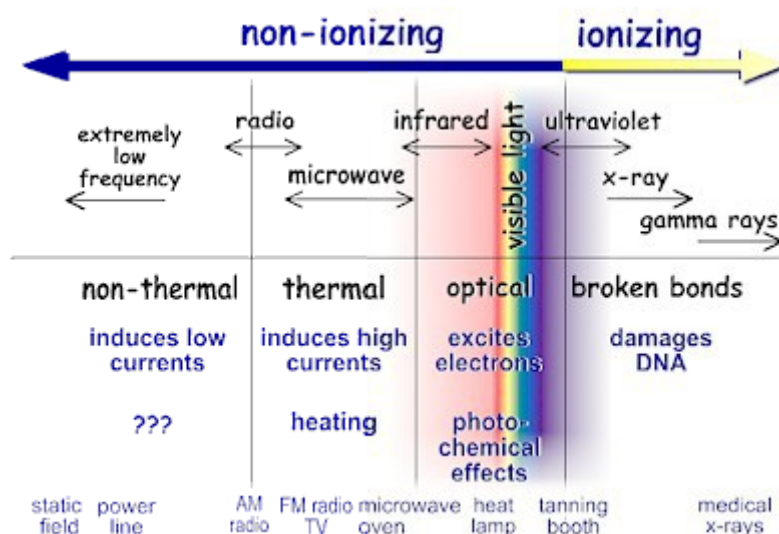
Usando la figura. 1 como una guía, para calcular las diferencias de contorno en algunas frecuencias utilizadas en las tecnologías de transferencia de potencia, para determinar su máxima intensidad de campo y la distribución de contenido de energía. Como se muestra estos límites caen en  $\lambda/2\pi$ , y más allá del campo reactivo, de radiación y las regiones de campo lejano, respectivamente. Los límites del campo son 0,5 m, 47,5 m y 477,5 m para 100MHz, 1 MHz y 0,1 MHz, respectivamente. Por lo tanto, se puede decir que las tecnologías de transferencia de potencia por debajo de 1MHz predominantemente no tendrá campos radiantes EM como su método de la transferencia de energía dada en la "zona tapón", se prevé los ~50m su campo cercano, como los fenómenos de campo cercano es estrictamente un efecto a corto plazo.

La innovación es fundamentalmente inductivo y no radiativa en esencia.

## 1.2 Límites de Campos Electromagnéticos Límites EMF (ICNIRP )

El acrónimo FEM (campos electromagnéticos) es ampliamente utilizado para expresar la exposición de los humanos a campos electromagnéticos. La exposición a los campos electromagnéticos cubre un amplio rango de frecuencias (0 - 300 GHz). EMF es a veces conocido como radiación electromagnética (EMR) o energía electromagnética (EME). Los campos electromagnéticos están presentes por todas partes en el medio ambiente la tierra, el sol y la ionosfera son fuentes naturales de campos electromagnéticos.

Los campos eléctricos y magnéticos son parte del espectro de la energía electromagnética que se extiende desde los campos eléctricos estáticos y magnéticos, frecuencias de alimentación de red (50/60Hz) a través de radiofrecuencia, infrarrojos y luz visible a los rayos X.

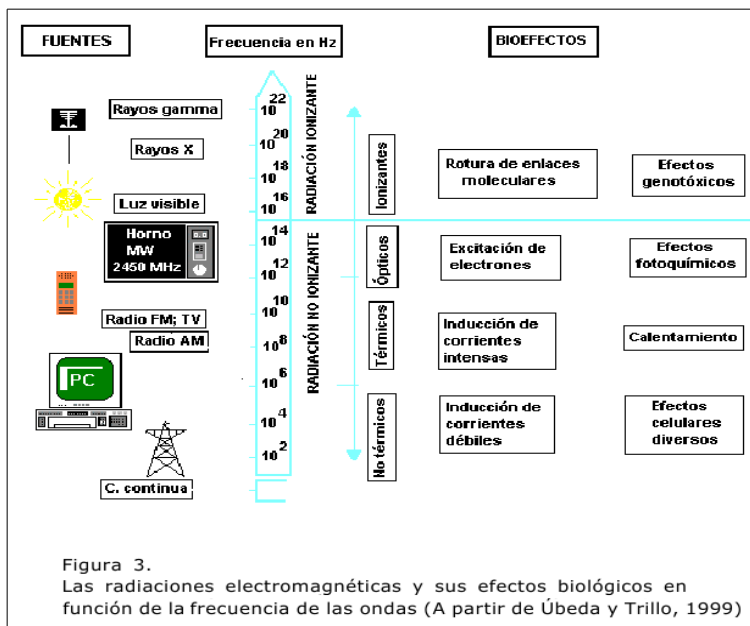


**Espectro electromagnético** - Este diagrama muestra el espectro electromagnético con secciones ionizantes y no ionizantes. La tecnología usada utiliza ondas electromagnéticas en la zona marcada como no ionizante del espectro electromagnético. En los medios no ionizantes, la energía de las ondas es demasiado bajo como para ionizar tejidos. Sólo las ondas electromagnéticas dentro de la zona ionizante puede ionizar las moléculas y puede causar daños a los tejidos humanos.

Los campos electromagnéticos también se crean en cualquier aparato eléctrico, incluyendo a muchos en el uso diario, tales como neveras, secadores de pelo y computadoras. Muchos aparatos eléctricos no sólo crean campos electromagnéticos sino que dependen de ellos para trabajar. Cepillos de dientes eléctricos recargables, mandos a distancia y muchos otras aplicaciones utilizan campos EM. Lo mismo ocurre con los cargadores inalámbricos.

Con el fin de proteger contra cualquier tipo conocido de efectos en la salud, un Comité Científico

ICNIRP (Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes) ha publicado recomendaciones (límites de exposición) para una exposición máxima.



Se basan en un amplio número de publicaciones relacionadas con científicos, evaluados por los autores del comité ICNIRP y han sido revisados hasta hoy por más de 35 comités de expertos nacionales. ICNIRP establece que: "No hay pruebas sustanciales de que los efectos adversos para la salud, incluyendo el cáncer, puede ocurrir en personas expuestas a niveles iguales o por debajo de los límites de la ICNIRP".

Las directrices ICNIRP incluyen restricciones básicas para la densidad de corriente en el cuerpo de un humano expuesto. Los límites de exposición (restricciones básicas) están disponibles para "exposición ocupacional", y para "la exposición del público en general", véase el tabla 4. Los límites para el público en general son aplicables para aplicaciones de consumo.

Los niveles de referencia se proporcionan para los propósitos prácticos evaluación de la exposición para determinar si las restricciones básicas son susceptibles de ser superado, ver tabla 7. El cumplimiento del nivel de referencia garantizará el cumplimiento de la restricción básica pertinente.

Si el valor medido o calculado supera el nivel de referencia, no significa necesariamente que la restricción básica se superará. Sin embargo, cada vez que un nivel de referencia se excede es necesario comprobar el cumplimiento de la restricción básica pertinente.

**Tabla 4** Restricciones básicas de tiempo de variación eléctrica y campo magnético para frecuencias hasta 10 GHz

Exposure characteristics	Frequency range	Current density for head and trunk (mA m <sup>-2</sup> )(rms)	Whole-body average SAR (W kg <sup>-1</sup> )	Localized SAR (head and trunk) (W kg <sup>-1</sup> )	Localized SAR (limbs) (W kg <sup>-1</sup> )
Occupational exposure	up to 1 Hz	40	—	—	—
	1–4 Hz	40/ <i>f</i>	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
	1–100 kHz	<i>f</i> /100	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	<i>f</i> /100	0.4	10	20
General public exposure	10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20
	up to 1 Hz	8	—	—	—
	1–4 Hz	8/ <i>f</i>	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
	1–100 kHz	<i>f</i> /500	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	<i>f</i> /500	0.08	2	4
	10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

**Tabla 7** Niveles de referencia de exposición pública al tiempo variación eléctrica y magnética

Frequency range	E-field strength (V m <sup>-1</sup> )	H-field strength (A m <sup>-1</sup> )	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density <i>S</i> <sub>eq</sub> (W m <sup>-2</sup> )
up to 1 Hz	—	3.2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	—
1–8 Hz	10,000	3.2 x 10 <sup>4</sup> / <i>f</i> <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>4</sup> / <i>f</i> <sup>2</sup>	—
8–25 Hz	10,000	4,000/ <i>f</i>	5,000/ <i>f</i>	—
0.025–0.8 kHz	250/ <i>f</i>	4/ <i>f</i>	5/ <i>f</i>	—
0.8–3 kHz	250/ <i>f</i>	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	0.73/ <i>f</i>	0.92/ <i>f</i>	—
1–10 MHz	87/ <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0.73/ <i>f</i>	0.92/ <i>f</i>	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2000 MHz	1.375/ <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0.0037/ <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0.0046/ <i>f</i> <sup>1/2</sup>	<i>f</i> /200
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10



## **UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

### **Proyecto de Ingeniería:**

**Sistemas de Transferencia de Energía mediante Acoplamiento Inductivo  
como carga de dispositivos estándar usb**

### **PRESUPUESTO**

Presupuesto:

Bloque Rectificador				
Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
6	60APU04PBF	Ultra fast recovery 60A	5,93	35,58
1	Lr	Inductor 0.01 H 50A	0	0
1	Cr	Condensador electrolítico 470 uF 63V	1,37	1,37
1	R	Resistencia ¼ W	0,1	0,1
1	Proto	Placa prototipo para placa impresa	4	4
			Subtotal	41,05

Bloque PWM				
Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
1	SG3524	Controlador modulación	0,97	0,97
1	R	Resistencia ¼ W 50k	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 4k7	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 1k	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 11k	0,1	0,1
1	C	Condensador 1nF 16V	0,15	0,15
1	Cb1	Condensador electrolítico 12mF 63V	18	18
1	Db1	Diodo estandar recovery 40-85A	5,93	5,93
1	Lb1	Inductor 0,25 uH	0	0
1	Zb1	Diodo Zener 60V 5W	0,6	0,6
1	Tb1	IGBT 400V	6	6
1	IR2110	Driver IGBT	4,2	4,2
1	R	Resistencia ¼ W	0,1	0,1
2	C	Condensador 100nF 16V	0,1	0,2
1	Proto	Placa prototipo para placa impresa	4	4
			Subtotal	40,55

#### Bloque Driver

Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
1	IR2110	Driver MOSFET	4,2	4,2
1	R	Resistencia ¼ W 50k	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 4k7	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 1k	0,1	0,1
1	R	Resistencia ¼ W 79k	0,1	0,1
1	C	Condensador 1nF 16V	0,15	0,15
1	Cb2	Condensador electrolítico 470uF 400V	9	9
1	Db2	Diodo estandar recovery 40-85A	5,93	5,93
1	Lb2	Inductor 0,25 uH	0	0
1	Zb2	Diodo Zener 300V 50W	1	1
1	IRF830	Mosfet de potencia 500V-4A	4,4	4,4
1	R	Resistencia ¼ W	0,1	0,1
2	C	Condensador 100nF 16V	0,1	0,2
1	Proto	Placa prototipo para placa impresa	4	4
			<b>Subtotal</b>	<b>29,38</b>

#### Bloque Alimentación

Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
1	BAT	Batería 12V	220	220
1	P.S	Panel Solar SKR500 Sonnekraft	100	100
1	A.O	Amplificador Operacional Relé	0,2	0,2
1	Rao	Resistencia ¼ W	0,1	0,1
1	Lr	Inductor 0,25 uH	0,1	0,1
1	Db3	Diodo estandar recovery 40-85A	5,93	5,93
1	Vr	Tension Relé	1,2	1,2
1	BJT	Transistor relé TIP41	0,35	0,35
1	trafo	Transformador coleman 240-12 v	25	25
1	Proto	Placa prototipo para placa impresa	4	4
			<b>Subtotal</b>	<b>356,88</b>

#### Bloque Tx y Rx

Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
2	R	Resistencia ¼ W	0,1	0,2
2	C	Condensador 100nF 16V	0,1	0,2
2	Lb1	GE-137 bobina carga inalámbrica	1,3	2,6
1	Rtf	Rectificador de tension Rx	2,3	2,3
1	Lim	LM317 limitador Rx (5V-0,5A)	1,9	1,9
1	Proto	Placa prototipo para placa impresa	4	4
			<b>Subtotal</b>	<b>11,2</b>

Costes de Ingeniería				
Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
15	H1	Estudio Preliminar	35	525
28	H2	Diseño	35	980
19	H3	Simulación	35	665
15	H4	Documentación	35	525
Subtotal				2695
Subtotal costes				2695
IVA 18%				485,1
TOTAL				3180,1

Costes Indirectos				
Cantidad	Identificador	Descripción	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
2,00%	D1	Material de documentación		63,602
Subtotal				63,602
Subtotal costes				63,602
IVA 18%				11,44836
TOTAL				75,05036

TOTAL FINAL	12952,57472
-------------	-------------