

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

**Sistema de reciclado de energía que utiliza señales electromagnéticas
presentes en el espacio de acción**

D'Alonzo, Federico Nicolás – LU 1039989

Ingeniería en Telecomunicaciones

Nowotny, Alan Nicolás – LU 123312

Ingeniería en Telecomunicaciones

Tutor:

Ing. Esposito, Pablo, Universidad Argentina de la Empresa

Cotutor:

D'Alonzo, Humberto Alderico, NEC Argentina

2020



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Agradecimiento

Agradezco en primera instancia a mi familia, la cual me apoyó en todo momento para lograr mis objetivos y alcanzar mis metas, principalmente a mi padre quien accedió a tomar la responsabilidad de cotutor para nuestro trabajo final de ingeniería.

A Mariano Szafowal, un gran amigo que supo guiarme en mis primeros pasos por el ciclo Universitario.

A mi compañero de tesis, por haberme ofrecido realizar este proyecto junto a él.

Especial mención a mi compañero de trabajo, Lisandro Luque, quien más de una vez supo orientarme cuando me creí perdido compartiendo amablemente todo su conocimiento y experiencia en el ámbito de las Telecomunicaciones y Electrónica.

Por último, a Pablo Esposito, nuestro tutor, por sus consejos e inagotable paciencia.

Federico N. D'Alonzo

Agradecimiento

Agradezco a mi familia y mis amigos por el apoyo en todos estos años de esfuerzo que represento la presenta carrera de grado.

A mi compañero de tesis, por la paciencia y la predisposición.

Por último, a Pablo Esposito, nuestro tutor, por sus consejos e inagotable paciencia y a Humberto D'Alonzo por la predisposición y el acompañamiento.

Alan N. Nowotny

Abstracto

El presente proyecto Final de Ingeniería en Telecomunicaciones propone una idea innovadora basada en dos pilares: Cuidado del medioambiente y aprovechamiento de un recurso indispensable, la electricidad.

Hoy en día la contaminación global es un tema emergente con un nivel de concientización en crecimiento.

El uso de las pilas es una problemática de gran envergadura en la actualidad, debido a que la disposición final de las mismas es un tema aún por resolver en muchos países.

Como agravante a esta situación, muchos fabricantes de electrónica las incorporan en concepto de obsequio en las ventas de sus productos, cuando en realidad la intención es deshacerse de las mismas fuera de su región (Por ej., en la compra de televisores que incluyen las pilas para el control remoto).

Por otro lado, el consumo energético está constantemente en aumento debido a la incorporación de inteligencia en cada vez más objetos de uso cotidiano.

Nuestro objetivo es optimizar ambos aspectos:

- Desde el punto de vista ecológico, prescindir de las pilas por dispositivos electrónicos pasivos que permitan el reciclaje de energía de electromagnética.
- Respecto al campo energético, aprovechar la energía ya propagada de radio frecuencia para usos comerciales.

En este proyecto, se detalla el estudio de radio frecuencias aptas para reutilizar, optimizar su conversión y redireccionar su energía.

CAPÍTULO I	9
INTRODUCCIÓN	9
1. Capítulo I: Introducción	10
1.1. Fundamentación	10
1.2. Situación problemática	10
1.2.1. Contaminación	10
1.2.2. Aplicaciones y tipos	11
1.2.3. Niveles de consumo y desecho	11
1.2.4. La importancia del reciclado	11
1.3. El nuevo requirente de energía inalámbrica: IoT	12
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Impacto ambiental	12
1.4.2. Espectro radioeléctrico	12
1.4.3. Aprovechamiento de energía gratuita existente	13
1.5. Alcance	13
CAPÍTULO II	14
MARCO HISTORICO Y EVOLUCION TECNOLOGICA	14
2. Capítulo II: Evolución tecnológica	15
2.1. Arte previo	15
2.2. Particularidades	15
2.2.1. Definición	15
2.2.2. Composición	16
2.2.3. Funcionamiento	17
2.3. Clasificación por tipo de trabajo y composición	17
2.3.1. Recargables	17
2.3.1.1. Composición	17
2.3.2. No recargables	18
2.3.2.1. Composición	18
2.4. Principales inconvenientes	18
2.4.1. Sulfatación	18
2.4.2. Degradación	18
2.4.3. Disposición final	19
2.5. El auge del IoT	19
CAPÍTULO III	20
MARCO TEORICO	20
3. Capítulo III: Fundamentos teóricos	21

3.1.	Conceptos básicos	21
3.1.1.	El espacio libre	21
3.1.2.	El campo magnético	21
3.1.3.	El campo eléctrico	21
3.1.3.1.	Semejanzas y diferencias	22
3.1.4.	Frecuencia y Longitud de onda	22
3.1.5.	Frecuencia electromagnética	23
3.1.6.	El fotón	23
3.1.7.	El espectro electromagnético	23
3.2.	Antena	24
3.2.1.	Dipolo y radiador isotrópico	25
3.2.1.1.	Radiador isotrópico	26
3.3.	Características técnicas de la Antena	26
3.3.1.	Lóbulo de radiación	26
3.3.2.	Polarización	26
3.3.3.	Relación frente espalda	27
3.3.4.	Ganancia, eficiencia y directividad	28
3.4.	Transmisión	29
3.4.1.	Ecuaciones de maxwell	29
3.4.2.	Vector de poynting	30
3.4.3.	Tipos de propagación	31
3.5.	Recepción e inducción de la energía	31
3.5.1.	La relación entre la longitud de onda y la antena	31
3.5.2.	Frecuencia de resonancia	32
3.5.3.	Área efectiva	33
3.5.4.	Frente de onda	33
3.5.5.	Sintonizador	33
3.6.	Dispositivos electrónicos básicos	33
3.7.	Rectificación	34
3.7.1.	Media onda	34
3.7.2.	Onda completa	34
3.8.	Resonancia	36
CAPÍTULO IV		39
4.	Capítulo IV: Desarrollo	40
4.1.	Estudio social utilización de pilas.	40
4.1.1.	Conclusiones	42
4.2.	Solución propuesta	43

4.3.	Campo de aplicación	43
4.4.	Análisis y estudio del espacio libre	44
4.4.1.	Premisas	44
4.4.2.	Análisis de frecuencias de trabajo	44
4.4.3.	Cálculo del dipolo resonante	45
4.4.3.1.	Conclusiones	46
4.4.4.	Medición de energía en el espacio libre	46
4.4.4.1.	Equipamiento	47
4.4.4.2.	Protocolo de pruebas	48
4.4.4.3.	Conclusiones	53
4.5.	Circuitos Activos y Pasivos	54
4.5.1.	Circuito sumador-acumulador	55
4.5.1.1.	Circuito de Villard	55
4.5.1.1.1.	Simulación	55
4.5.1.2.	Circuito de Greinacher	56
4.5.1.2.1.	Simulación	57
4.5.1.3.	Análisis en alta frecuencia	58
4.5.1.3.1.	Simulación	59
4.5.2.	Conclusión	60
4.6.	Desarrollo de la antena	61
4.6.1.	Consideraciones de la antena	61
4.6.2.	Construcción de la antena	61
4.6.2.1.	Consideraciones físicas	62
4.6.2.1.1.	Obtención de valores	62
4.7.	Construcción del circuito y determinación de componentes	63
4.7.1.	Pruebas empíricas	65
4.7.1.1.	Construcción	66
4.7.2.	Generador de energía electromagnética	66
4.7.3.	Adaptación de impedancia	67
4.7.4.	Observaciones	68
4.8.	Correcciones en el diseño del prototipo	69
4.9.	Construcción de la nueva antena	69
4.9.1.	Obtención de valores	70
4.9.2.	Pruebas empíricas	70
4.9.2.1.	Construcción	71
4.9.3.	Nuevas observaciones	71
CAPÍTULO V		73

5. Capítulo V: Conclusiones	74
5.1. Conclusión	74
CAPÍTULO VI	77
6. Capítulo VI: Bibliografía	78
6.1. LIBROS	78
6.2. PÁGINAS WEB	78
6.3. PAPERS	79
6.4. OTROS SOPORTES	79
CAPÍTULO VII	80
7. Capítulo VII: ANEXOS	81
7.1. Componentes electrónicos	81
7.1.1. Capacitor	81
7.1.2. Bobina	81
7.1.3. Resistor	82
7.1.4. Diodo	82
7.1.4.1. Rectificador	83
7.1.4.2. Schottky	83
7.1.4.3. Emisores de luz	84

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Capítulo I: Introducción

1.1. Fundamentación

Con la invención de elementos revolucionarios, como el transistor, se logró acercar la tecnología al usuario incorporándola a objetos de uso cotidiano como la radio o controles remoto. Con el avance de los años, se desarrollaron dispositivos portátiles, tales como videojuegos, que requerían de una fuente de energía capaz de abastecerlos sin depender de la conexión a la red eléctrica directa.

Este incremento en la demanda obligó al desarrollo de un dispositivo con la capacidad de generar corriente o de almacenarla, dando origen a lo que hoy día conocemos como pilas y baterías.

También, la aparición de Internet de las cosas o IoT (Del inglés: Internet of Things) está llevando la tecnología a lugares antes impensados como cestos de basura con sensores para notificar que están por completarse. Todos estos objetos que en principio eran simplemente cosas colocadas en su lugar, ahora requieren de energía para que los circuitos y sensores instalados en ellos funcionen. Provisionarlos con energía eléctrica convencional, es decir corriente eléctrica por cable, no siempre es la solución más práctica ni mucho menos económica, por lo que nuevamente aparece el uso de pilas y baterías dependientes de, por ejemplo, paneles solares.

El auge por satisfacer el consumo de la sociedad tanto con los dispositivos móviles como así también mejorando la calidad de vida con respuestas como el IoT, desvió el foco de la mayor debilidad de estos dispositivos de energía remota, y es que su principal elemento de sustentación es altamente contaminante: elementos químicos.

1.2. Situación problemática

Tanto las pilas como las baterías (O pilas secundarias) cumplen la función de almacenar energía, con la principal diferencia que las baterías pueden recargarse periódicamente extendiendo su vida útil a más de 12 años dependiendo del tipo uso. Sin embargo, las pilas no poseen esta cualidad por lo que son descartadas una vez se agotan debido a la degradación de sus componentes internos, estos últimos muy nocivos para el medio ambiente y los seres vivos, pues son eminentemente tóxicos pudiendo provocar enfermedades o incluso la muerte.

1.2.1. Contaminación

Los componentes químicos de las pilas (También llamados “Metales pesados” por su composición interna) las convierten en dispositivos altamente contaminantes. Por ej., una pila tipo “botón” con dimensiones físicas: 11,6 mm de diámetro y 4.2 mm de alto, puede contaminar un total de 2.500.000 litros de agua, el equivalente a una pileta olímpica completa de 3 metros de profundidad aproximadamente.

1.2.2. Aplicaciones y tipos

Ambos de muy amplia variedad, al punto que hoy en día es difícil imaginar un elemento de la vida cotidiana que no haga uso de estos acumuladores.

El auge por hacer más fácil la vida de las personas llevó a desarrollos, por ejemplo, como el control remoto para los televisores, donde sin ser indispensable está presente en la mayoría de los hogares y haciendo uso de las pilas.

Las hay de varios tamaños y formas, cada una de ellas diseñada para un fin en particular: Cilíndricas, rectangulares y de botón, estas dos últimas, presentan distintos valores de tensión respecto al más utilizado de 1.5 o 1.2 Volt.

1.2.3. Niveles de consumo y desecho

Un informe presentado por el Observatorio Ambiental de la Defensoría del Pueblo porteña de la Ciudad de Buenos Aires informó que se importan al país mas de 45.000 toneladas de pilas anuales con un consumo solamente en el área porteña de alrededor 40 millones unidades.

Los residuos se clasifican como RD (Residuos domiciliarios) o RSU (Residuos sólidos urbanos) porque surgen del flujo habitual de los residuos domésticos. El principal inconveniente es que, al no haber una ley o procedimiento vigente para la disposición final de las pilas, se las trata erróneamente como RD o RSU, cuando en realidad cumplen con las características de residuos peligrosos.

Su pequeño tamaño dificulta su separación por lo que logran ingresar en rellenos sanitarios, generando altas posibilidades de contaminación de aguas superficiales y subterráneas por derrames de químicos al descomponerse o romperse.

1.2.4. La importancia del reciclado

Entes de importante envergadura como Greenpeace Argentina informan que todas las pilas pueden recibir tratamientos de reciclado para recuperar hasta un 90% de sus materiales, siempre y cuando sean tratadas debidamente.

Los metales que componen a las pilas y baterías pueden generar daños neurológicos o cancerígenos, y aún se desconoce el efecto del contacto constante.

Si bien existen puntos de recepción en Buenos Aires, son muy escasos y la entrega es voluntaria. Sin embargo, existen operadores (Como empresas prestadoras de servicios de Telecomunicaciones, por ejemplo) que exportan baterías para su reciclado fuera del país, o bien contratan el servicio de terceros para su disposición final.

1.3. El nuevo requirente de energía inalámbrica: IoT

La creciente disponibilidad de dispositivos de censado de alta precisión y bajo consumo eléctrico han planteado un nuevo paradigma de control. El poder disponer de soluciones de bajo costo y de rápido despliegue ha permitido que se puedan obtener datos con un nivel de precisión nunca antes pensado. Estos dispositivos requieren de poca energía de alimentación y pueden enviar sus datos con protocolos de baja potencia (Ej.: LoraWan), esta enorme posibilidad de censado ha llevado a que se desplieguen múltiples dispositivos alimentados con baterías, lo que genera una problemática en el corto plazo para la correcta disposición final de las mismas.

1.4. Objetivos

El objetivo general del presente proyecto permitirá a los usuarios acceder a una herramienta de bajo impacto ambiental cuyo objetivo es sustituir a los dispositivos de almacenamiento de energía portátil, actualmente presentes en múltiples elementos de la vida cotidiana tales como control remoto y linternas.

La tecnología utilizada aprovechará la potencia electromagnética irradiada al espacio libre por terceros, tales como emisoras de TV, señales de radio y celulares, para redireccionarla y aprovecharla con otro fin.

1.4.1. Impacto ambiental

Uno de los pilares del proyecto es aportar una mejora significativa para el medio ambiente por medio del reemplazo de pilas en dispositivos electrónicos de mas uso en la vida cotidiana de las personas, donde también se encuentra el mayor porcentaje de desecho y recambio. Algo tan sencillo como una pila tipo “botón” (Muy comunes en controles remotos de alarmas) pueden contaminar hasta 2.500.000 litros de agua.

1.4.2. Espectro radioeléctrico

Las comunicaciones inalámbricas tienen una presencia muy fuerte en el día de hoy abarcando varios aspectos, desde comunicar dos puntos lejanos “A” y “B”, hasta de forma masiva como sucede con la televisión y la radio.

Esto se ha logrado gracias a los avances tecnológicos que permitieron la transmisión de cada vez mas información (Diferentes tipos de modulación) en el mismo medio (El espacio libre).

El espectro electromagnético se divide en varias calificaciones dependiendo del tipo de frecuencia, por ej., Frecuencias medias (MF) en el orden de 10 MHz o Frecuencias ultra altas (UHF) en el orden de 10 GHz.

Cada rango tiene un campo de aplicación diferente debido a sus particularidades, por ej., las frecuencias bajas son menos sensibles a los obstáculos (Es decir, más penetrantes) cuando las frecuencias altas permiten un mayor ancho de banda o transmisión de información vs tiempo.

1.4.3. Aprovechamiento de energía gratuita existente

El proyecto hace foco puntualmente en la banda de frecuencias utilizadas para fines comerciales porque tienen la particularidad de ser irradiadas con el objetivo de cubrir un área amplia, en otras palabras, muchos clientes. El concepto de “energía gratuita existente” se basa en la posibilidad de aprovechar la potencia de estas frecuencias.

Tienen la particularidad de estar presentes incluso aunque no se haga uso de ellas, por ej. en un hogar, independientemente de que se esté usando o no el Wi-Fi, radio AM o TDA (Televisión digital abierta), las frecuencias por las que viaja esa información están penetrando en dicha vivienda.

La presente tesis busca obtener un dispositivo con la capacidad de redireccionar esa energía para fines de uso cotidiano, por ej., independizar un control remoto de utilizar pilas para funcionar. El otro pilar de este proyecto es lograr la mayor optimización de inducción de energía, sin considerar la decodificación y demodulación de la información transmitida en las frecuencias a aprovechar.

1.5. Alcance

Los aspectos que serán contemplados en el presente proyecto se definen en función de lo descrito en los objetivos precedentes:

- Propuesta general del sistema, y de las mejoras que aportará.
- Análisis y determinación de los distintos componentes necesarios para la solución.
- Análisis de los requisitos técnicos para los distintos componentes del sistema.
- Análisis de las posibilidades actuales que podrá aprovechar el dispositivo, tales como la red WI FI, redes móviles o señales de radio dentro del espectro de rayo directo, para determinar las mejores opciones.
- Análisis y elección de las posibilidades donde se podrían aplicar de forma eficiente las cualidades del dispositivo.
- Diseño y construcción básicos de un prototipo

CAPÍTULO II

MARCO HISTORICO Y EVOLUCION TECNOLOGICA

2. Capítulo II: Evolución tecnológica

2.1. Arte previo

A lo largo de los últimos años, la historia nos ha mostrado como la carrera por la miniaturización de los dispositivos tecnológicos es cada vez mayor y revolucionaria, apañada por el afán de la superación. Con grandes impactos sociales tanto positivos, mejorando la calidad de vida de los individuos, como negativos, la automatización de procesos. Uno de los más populares es el transistor, un dispositivo compuesto por semiconductores, que nace a raíz de la necesidad de lograr Telecomunicaciones a largas distancias.

¿Qué es un semiconductor? Un elemento que en determinadas condiciones puede conducir la electricidad (Por ejemplo, a altas temperaturas), pero que fuera de ellas, evita el paso de electrones.

¿Cuál es la principal característica del transistor? El transistor está compuesto por tres partes elementales: Colector, Emisor y Base. Las dos primeras se comprenden de Silicio o Germanio contaminados con cargas negativas o positivas y la tercera (Base) con cualquiera de ellas, pero siempre al contrario que las dos primeras. Ésta última es quien, mediante la polarización correcta, controla el flujo de corriente entre colector y emisor.

El transistor llegó para sustituir a las antiguas válvulas que requerían de altas tensiones de energía, disponibilidad de espacio y un diseño específico para la disipación del calor.

Este avance logró reducir notablemente el tamaño de los dispositivos electrónicos permitiendo llevar la tecnología al bolsillo del usuario, convirtiéndola en portátil. Por lo tanto, la fuente de energía también debía serlo, cuya solución fue lo que compete a esta tesis: Las pilas.

2.2. Particularidades

Como se expuso en el capítulo anterior, las pilas están presentes en más del 95% de los hogares, con un recambio promedio de 1.5 a 2 veces al año (Entre 6 y 8 meses). Ahora bien, ¿Por qué es tan alarmante el alto consumo de pilas y su disposición final? Para responder a esta pregunta, primero debemos comprender cómo están hechas.

2.2.1. Definición

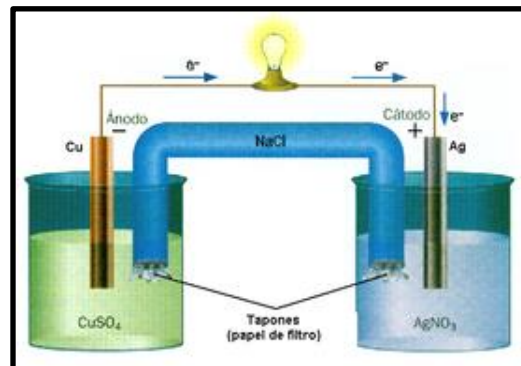
El acumulador eléctrico, o pila eléctrica, es el nombre comercial de la celda galvánica o voltaica, la batería propiamente dicha consta de varias de estas celdas conectadas ya sea en serie o paralelo según lo que se necesite: Suma de voltaje, para el primero, o de corriente, para el segundo.

2.2.2. Composición

El acumulador eléctrico, es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas (1) capaces de convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Está compuesta por dos electrodos (2), uno positivo o ánodo, y otro negativo o cátodo. Los electrolitos (3) son los que permiten que la corriente (O flujo de iones (4)) fluya entre los electrodos, es decir, fuera de la batería, y a través del puente salino (5) circula entre las celdas.

Definiciones:

1. Celda electroquímica:
 - Celda galvánica o voltaica: Consta de dos celdas mas pequeñas (O semi celdas) cargadas una positivamente (Cationes) y otra negativamente (Aniones), separadas por un puente salino o placa porosa (Dispositivos que separan los contenidos de cada semicelda, pero al mismo tiempo permiten el paso de cargas).
 - Celda electrolítica: A diferencia de la galvánica, los electrodos no necesitan estar separados en semi celdas.
2. Electrodo: También llamado “borne”, es el extremo de un conductor en contacto con un medio, del que lleva o recibe una corriente eléctrica.
3. Electrolito: Nombre dado a cualquier sustancia que en su composición posee iones libres, convirtiéndola en un semiconductor.
4. Ion: Partícula cargada eléctricamente. Es decir, que a partir de un estado neutro, un átomo o molécula ha ganado o perdido electrones.
5. Puente salino: Tubo de vidrio (Mayormente, aunque también existe de papel de filtro) que posee un electrolito en formato de gel en su interior. Su objetivo es separar químicamente las reacciones de cada celda permitiendo, al mismo tiempo, el contacto eléctrico. Su particularidad es ser inherente a las cargas de cada celda, por lo que se dice que permite el pasaje de iones.



2.2.3. Funcionamiento

Al establecerse un circuito cerrado entre los dos electrodos de la batería, éstos reaccionan con el electrolito, provocando que los electrones (Aniones) circulen por el conductor externo, y los Cationes (Cargas positivas) en el opuesto a través del puente salino, estableciendo así una corriente eléctrica sobre el conductor.

Esto se logra gracias a un proceso químico al que se someten los ácidos en cada semicelda o celda (Dependiendo del tipo celda electroquímica de la pila) llamado *reacción de reducción-oxidación* o *redox*. Se trata de una reacción química en la que uno o mas electrones se transfieren entre reactivos, provocando así cambios en sus estados de oxidación. Para que este proceso suceda, se necesita de una sustancia que se oxida (Pierde electrones) y otra que se reduzca (Acepta electrones) simultáneamente.

2.3. Clasificación por tipo de trabajo y composición

2.3.1. Recargables

Su nombre técnico es “Pila secundaria” aunque se ha masificado el apodo de “Batería”. Su particularidad es ser eléctricamente reversibles, es decir, hacia un sentido la reacción química genera corriente eléctrica (Ver ítem 2.2.3) y en sentido inverso (Al recibir corriente) la energía externa regenera los materiales consumidos.

Existen de diferentes tamaños según su aplicación, las domésticas son idénticas a las pilas AAA y AA, por ejemplo, de modo que es común encontrarlas bajo el nombre de “Pila recargable”. Para aplicaciones industriales, o bien de autonomía de infraestructura crítica (Data Centers, hospitales, etc.) son de tamaños y capacidad mucho mayores.

Es muy importante no exponer una Pila al proceso de recarga, pues su composición interna no está preparada para ello.

2.3.1.1. Composición

Las hay de varios tipos, lo que determina su vida útil y rendimiento. Entre ellas, se encuentran:

- Plomo-ácido: Comúnmente halladas en vehículos, posee dos electrodos de plomo.
- Ion-Litio: Muy inflamables, vida útil acotada pero muy livianas y de gran rendimiento. Ampliamente utilizadas en electrónica.
- Níquel: De las primeras en construirse y de bajo rendimiento. El avance tecnológico permitió optimizarlas y hoy en día se utilizan en vehículos eléctricos en su versión: Níquel-hidruro.

2.3.2. No recargables

Más conocidas como “Pilas” son de las mas comunes en el mercado. Están compuestas de celdas, cada una con una carga diferente y opuesta (Positiva y negativa) que al cerrarse el circuito entre ellas se produce un fenómeno químico permitiendo el flujo de iones a través de los bornes.

2.3.2.1. Composición

1. Zinc/Carbono: También conocidas como “salinas”, están cada vez mas en desuso por su baja capacidad frente a las alcalinas.
2. Alcalinas: Las mas comunes del tipo no-recargable en el mercado en su formato cilíndrico (AA y AAA). Destacan por lograr voltajes de hasta 12V.
3. Mercurio: La primera pila en construirse en formato tipo “botón”.

2.4. Principales inconvenientes

Hay mas de una razón por la que una pila o batería puede fallar ocasionando su desecho prematuro. En mayor porcentaje se debe a un problema inherente a las mismas, conocido como Sulfatación, proceso que afecta directamente a su energía almacenada. Más de un fenómeno puede ocasionar estas alteraciones, como las altas temperaturas, que aceleran las reacciones químicas, mientras que las bajan las ralentizan.

2.4.1. Sulfatación

Es importante destacar que se trata de un proceso que tiene lugar durante el trabajo de la batería, es decir, cuando entrega o recibe energía. Esta reacción química se produce en la descarga formando un residuo sólido del electrolito el cual volverá a su estado original, aunque en menor medida, durante la recarga.

El problema es que factores externos pueden producir que este fenómeno ocurra de forma aún más desbalanceada, rompiendo así el equilibrio entre la carga y la descarga, reduciendo la densidad del electrolito rápidamente, aumentando la resistencia interna y, por consiguiente, una menor tensión caerá sobre la carga conectada.

2.4.2. Degradación

Las pilas (Tanto primarias como secundarias) tardan no menos de 1000 años en degradarse. Sin embargo, este proceso es altamente contaminante pues al descomponerse la capa que las recubre se liberan los químicos internos (También llamados metales pesados), siendo el mercurio el mas letal. El mayor inconveniente es que estos químicos se filtran en el medio ambiente,

y por lo tanto en la cadena alimenticia, al evaporarse o bien filtrándose a las napas subterráneas al ser absorbidos por el suelo.

Tan solo una micro pila de mercurio puede contaminar hasta 600.000 litros de agua.

2.4.3. Disposición final

Ante la presencia de un elemento tan contaminante, es fundamental la concientización en la sociedad en cuanto a su correcta disposición. Es aquí donde radica el problema pues al ser arrojadas a los basurales, por ejemplo, a cielo abierto, donde se depositan también los residuos orgánicos se produce la mayor parte de la contaminación, principalmente en la quema intencional de basura. Es aquí donde las pilas se rompen y se filtran sus químicos.

Algunos países del mundo, como Reino Unido en Europa, o México en Latinoamérica, poseen plantas de reciclado o bien puntos específicos para depósito de pilas, éstos últimos exigidos a los fabricantes por ley nacional. En cuanto a Argentina, se estima un descarte de al menos 40 millones de pilas anuales solamente en la Ciudad de Buenos Aires. Si bien algunas empresas como por ejemplo Claro, del ámbito de las Telecomunicaciones, tienen puntos de recolección o bien contratan el servicio de terceros para la eliminación de sus materiales, no existe aún un circuito formal de recuperación y disposición.

2.5. El auge del IoT

El alto nivel de integración y el creciente desarrollo de las tecnologías de Big Data abrió la puerta para que despliegue el enorme potencial que IOT posee, el análisis de los datos almacenados en bases de datos permite que se pueda crear modelos determinísticos y predecir comportamientos. Para lograr tales objetivos se requiere un despliegue de dispositivos en gran escala y su respectiva alimentación. Actualmente se utilizan baterías AA o AAA, como así también baterías de óxido de plata en la gran mayoría de estos dispositivos. Dado que existes aplicaciones que envían datos cuando detectan un cambio de estado, esto permite que dispositivos como el que será explicado en los posteriores capítulos tengan un papel preponderante en el futuro.

CAPÍTULO III

MARCO TEORICO

3. Capítulo III: Fundamentos teóricos

3.1. Conceptos básicos

El presente capítulo tiene por objetivo presentar y hacer una breve reseña de los conceptos técnicos cuya aplicación es de carácter fundamental para el funcionamiento del proyecto.

3.1.1. El espacio libre

Las ondas pueden transmitirse, o propagarse, de diferentes maneras ya sea por medios confinados, como las guías de onda, o dieléctricos como el aire. Este último compete a este proyecto y se lo conoce como “El espacio libre”, donde la propagación es por la atmósfera terrestre.

3.1.2. El campo magnético

El análisis del campo magnético surge con el descubrimiento de un mineral, hoy día llamado magnetita, que posee la particularidad de que sus extremos generan una fuerza entre sí, variando en razón inversa al cuadrado de la distancia entre ellos.

Si bien estos extremos, conocidos como polos, poseen una fuerza semejante a la que existe entre dos cargas eléctricas, tienen la cualidad de presentarse siempre en parejas.

Experimentos subsiguientes llevaron al descubrimiento que hace al campo magnético inherente a este proyecto: La fuente fundamental del magnetismo no es un polo magnético, sino una corriente eléctrica. La teoría de James Clerk Maxwell indica que un campo eléctrico variable (Generado por una corriente variable, es decir, flujo de cargas móviles) produce un campo magnético.

3.1.3. El campo eléctrico

Es el nombre dado a la región del espacio en la que interactúa la fuerza eléctrica modificando sus características. Lo generan cargas eléctricas puntuales cuyo campo está dirigido radialmente hacia afuera o hacia adentro dependiendo de si son positivas o negativas respectivamente, es decir, se origina en las primeras y termina en las segundas.

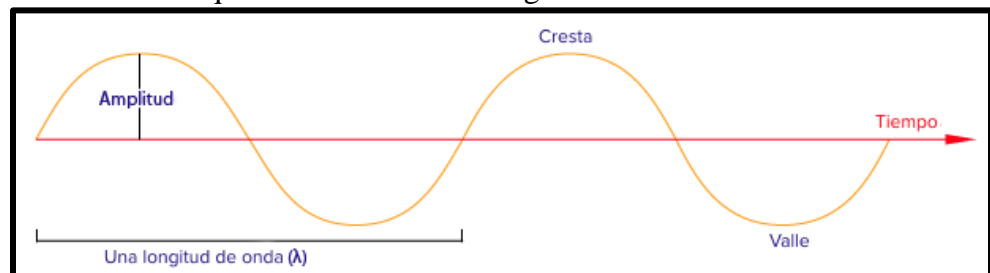
Al igual que con el campo magnético, a igual signo de carga la fuerza es repulsiva y atractiva si son de signo contrario. Este análisis se lo conoce como ley de Coulomb, que describe las fuerzas que actúan a la distancia entre dos cargas. Es decir, al introducir una carga “A” en el campo eléctrico generado por “B”, la fuerza que actúa sobre “A” será producida por el campo eléctrico en esa posición.

3.1.3.1. Semejanzas y diferencias

- Ambos son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia
- Son fuerzas a distancia
- El campo magnético se debe a cargas en movimiento, mientras que el campo eléctrico a cargas en reposo.
- Las líneas de fuerza del campo eléctrico son abiertas y las del campo magnético forman círculos cerrados.
- La unidad de medida del campo eléctrico es Newton/Culombio y la del campo magnético es Tesla.

3.1.4. Frecuencia y Longitud de onda

La frecuencia propiamente dicha no es más que una magnitud, utilizada para representar la cantidad de veces que un fenómeno periódico repite su proceso en el tiempo, alcanzando un valor máximo o amplitud para luego llegar a su valor mínimo o valle. La distancia horizontal entre dos valores máximos es lo que se conoce como Longitud de onda.



El Sistema Internacional (SI) adopta la unidad Hertz o Hercios (En honor a su descubridor Heinrich Rudolf Hertz) para expresar la cantidad de veces que una longitud de onda, de un fenómeno dado, se repite en un segundo.

De aquí se deduce que, ante una mayor frecuencia, la longitud de onda deberá ser menor, pues se repite más veces para el mismo tiempo de análisis:

Un segundo. La ecuación que las relaciona es la siguiente: $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\begin{aligned} \text{Donde: } \lambda &= \text{Longitud de onda [Mtrs]; } C \\ &= \text{Velocidad de la luz } 3 \times 10^8 \frac{\text{mtrs}}{\text{seg}} \end{aligned}$$

$$f = \text{Frecuencia } \frac{1}{\text{seg}} \text{ [Hz]}$$

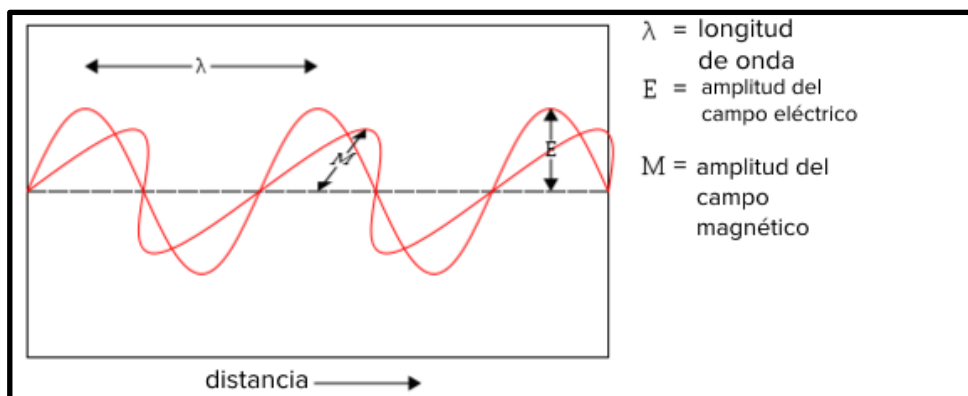
Otro concepto importante, dentro de las frecuencias, es El Periodo. Esta magnitud, cuya unidad es el tiempo [Segundos] expresa la longitud temporal que le toma a una onda describir una longitud de onda.

Matemáticamente, se expresa como la inversa de la frecuencia:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Donde } T = \text{Período [Seg]}$$

3.1.5. Frecuencia electromagnética

La radiación electromagnética es una de muchas maneras de transmisión de energía a través del espacio: la luz del sol, el calor, un microondas que calienta comida, etc. La particularidad de una frecuencia u onda electromagnética es que está compuesta por dos de éstas, una magnética y otra eléctrica ortogonales entre si, es decir, diferenciadas 90 grados:



3.1.6. El fotón

El físico Max Planck fue quien demostró que la energía se transmite de manera cuantificada, cantidad a la que se denominó “Cuantos” y se expresa mediante la ecuación:

$$E = h \times v$$

Donde: E = Energía del fotón absorbido o emitido;
 v = Frecuencia del fotón [Hz]

h = Constante de Planck = 6.626×10^{-34} [Joule] \times s [Seg]

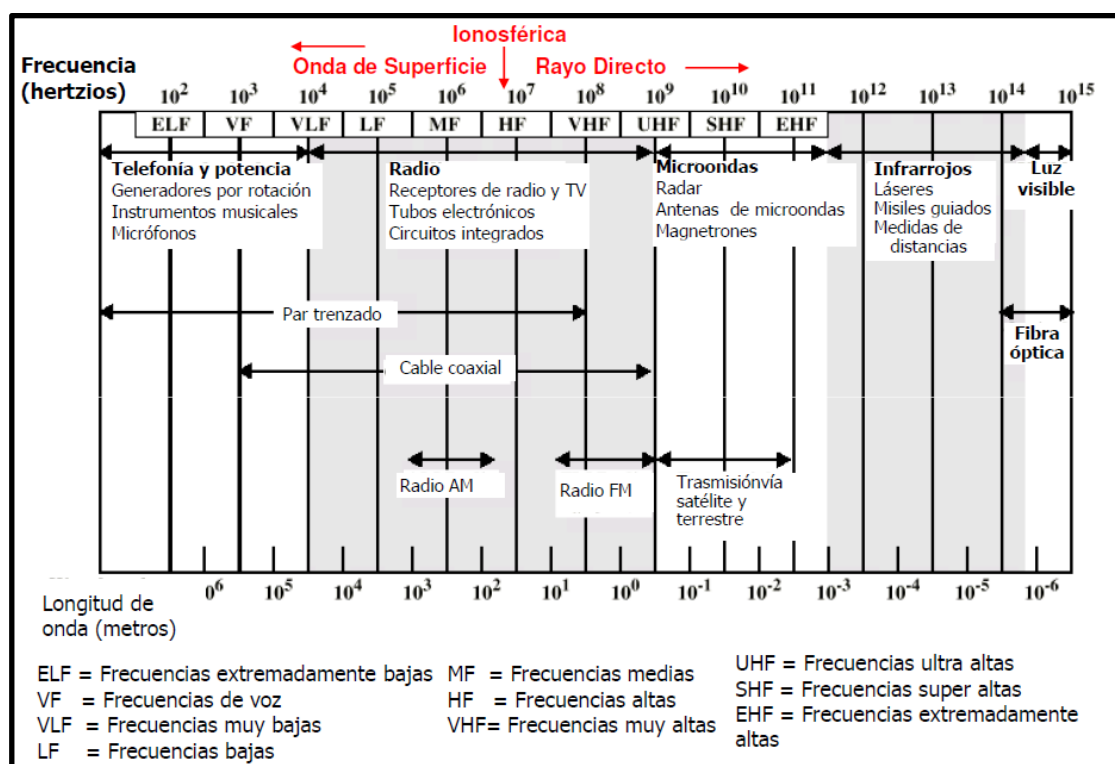
Esto quiere decir que la energía es directamente proporcional a la frecuencia del fotón emitido o absorbido.

3.1.7. El espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución del conjunto de ondas electromagnéticas, extendiéndose desde la radiación de menor longitud de onda (Rayos gamma) a la de mayor longitud (Ondas de radio). Cualquiera de ellas se desplaza a la velocidad de la luz en el vacío: 300.000 km/seg.

Toda frecuencia electromagnética tiene una longitud de onda, frecuencia y energía fotónica asociada, pudiéndose expresar entonces el espectro electromagnético en cualquiera de estas tres variables, relacionadas por medio de ecuaciones.

Para su estudio, el espectro electromagnético se compone de segmentos o bandas. Si bien la tabla a continuación tiene un límite superior e inferior, este límite está dado por la capacidad tecnológica de generar dichas frecuencias umbrales, pues formalmente el espectro es infinito y continuo.



3.2. Antena

La antena es un transductor para la frecuencia electromagnética entre un medio confinado (Cable coaxial, guía de onda, por ejemplo) y un medio no-confinado, el espacio libre, permitiendo así su radiación y propagación.

Su forma física y dimensiones están directamente ligados a la longitud de onda de las frecuencias con las que se necesita que trabajen según el campo de aplicación: Satelital, omnidireccional, punto a punto, punto a multipunto, etc. En ciertos casos se necesita que la potencia irradiada sea lo más abarcativa posible (Por ejemplo, una emisora de radio o telefonía celular) o focalizar en una dirección y lograr distancias extremadamente largas (Por ejemplo, radioenlaces entre dos puntos A y B distantes para uso privado). Estas características constructivas también definirán parámetros como su Ganancia (Potencia transmitida) y precisión (Directividad).

El objetivo de una antena es, a través de sus variaciones físicas, adaptar, direccionar, captar (En el caso de la recepción) y amplificar la energía irradiada por el dipolo, pues estos parámetros impactan directamente en su lóbulo de radiación.

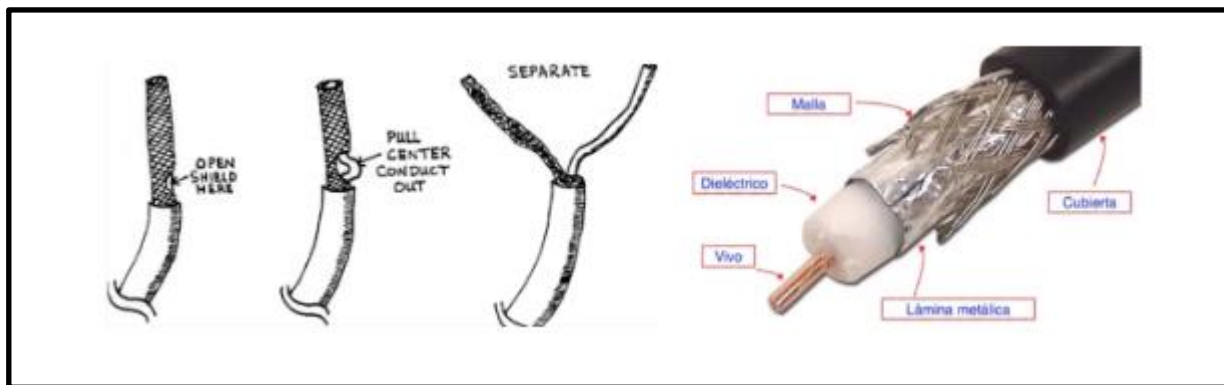
Ejemplos de antenas:



Tienen la capacidad de funcionar como emisor y receptor en simultáneo, transformando la energía eléctrica en ondas electromagnéticas y viceversa respectivamente.

3.2.1. Dipolo y radiador isotrópico

Se trata de hilos conductores donde uno de ellos estará conectado al canal “vivo” del medio confinado, y el otro, al canal de tierra o masa. El ejemplo más gráfico es imaginar un coaxial abierto donde el canal vivo es el núcleo de cobre y la tierra, la malla metálica. Cada hilo conductor será una extensión de éstos:



3.2.1.1. Radiador isotrópico

Antena hipotéticamente sin pérdidas que irradia la misma energía en todas direcciones.

3.3. Características técnicas de la Antena

Existen una serie de parámetros básicos que caracterizan describen las propiedades de una antena.

3.3.1. Lóbulo de radiación

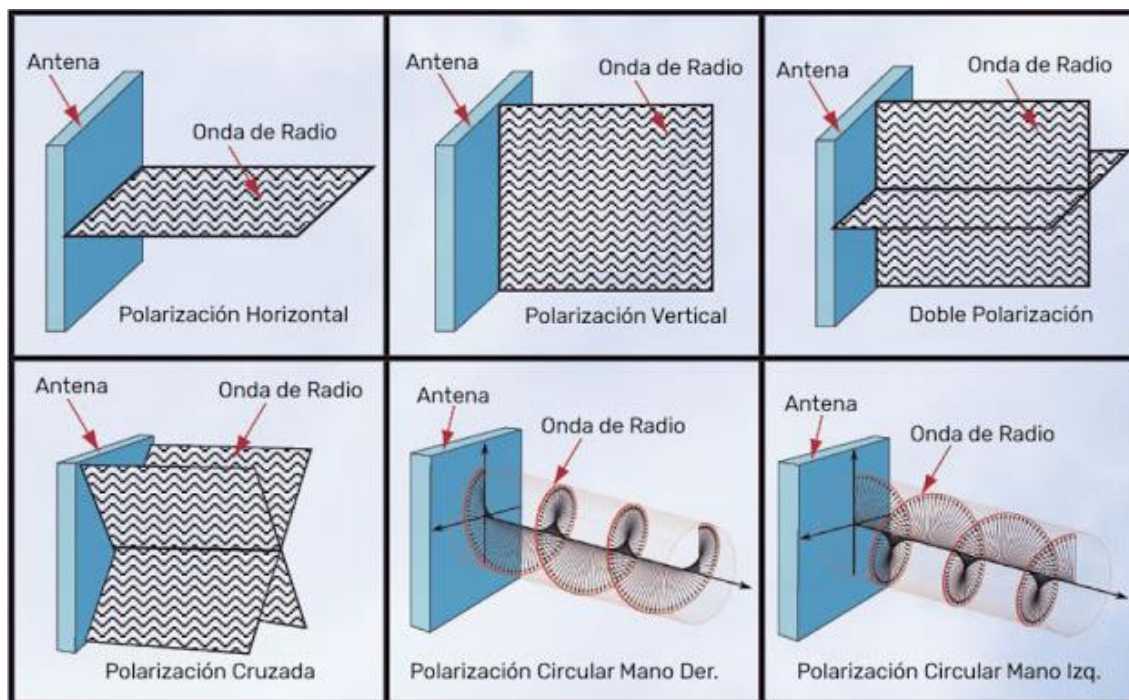
Se define de esta manera a la forma en que la antena irradia la energía al espacio libre, de aquí que se le da el nombre de: Isotrópica, omnidireccional y direccional.



3.3.2. Polarización

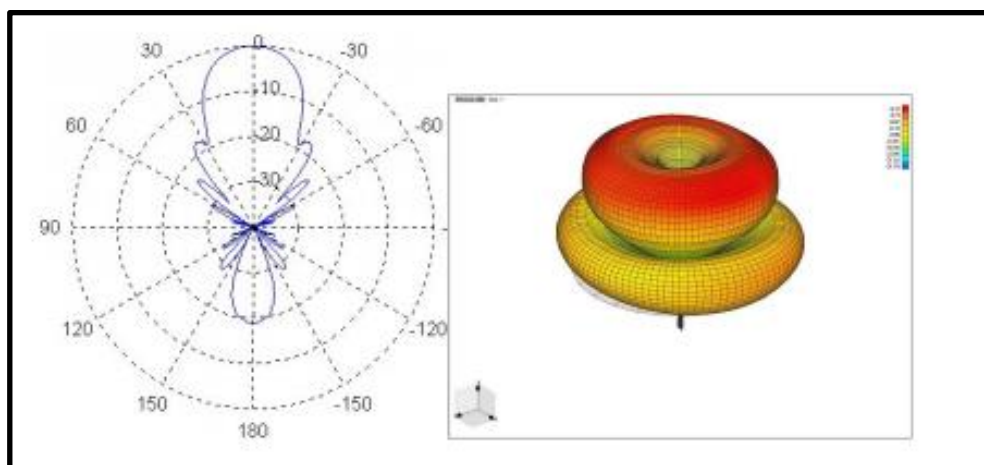
Está dada por la onda radiada por la antena en una dirección dada, tomándose como referencia la posición del vector campo eléctrico respecto al plano de tierra. Este es un parámetro fundamental en la comunicación de radioenlaces y, por lo tanto, en la recepción de la onda, pues en caso de no corresponderse, efecto denominado “Polarización cruzada”, se producen grandes pérdidas de potencia debido al *Factor de pérdida por polarización* (PLF, en inglés) pues por reciprocidad las antenas deben transmitir y recibir de la misma manera.

Este efecto puede aprovecharse y de hecho en la práctica se lo produce adrede para ocasiones donde se necesita que en la antena receptora se induzca un nivel de potencia menor a la irradiada como así también duplicar el ancho de banda de la información transmitida y recibida instalando en el mismo espacio físico dos antenas con polarizaciones diferentes, pues al estar de esta manera, no se interfieren entre sí las señales. Otra opción utilizada es que una misma antena trabaje con dos polarizaciones a la vez, como por ejemplo las de aplicaciones satelitales.



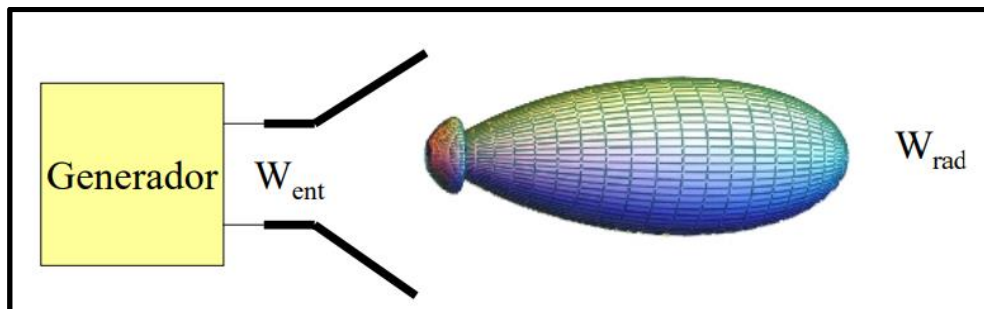
3.3.3. Relación frente espalda

Se define como la relación (Cociente) entre la potencia radiada en una dirección deseada (Numerador) y la opuesta (Denominador). Como resulta lógico, el objetivo es que esta relación sea lo mas elevada posible, para evitar interferencias entre dos antenas ubicadas a espaldas entre sí.



3.3.4. Ganancia, eficiencia y directividad

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección versus la irradiada por una antena isotrópica, a mismas condiciones de distancia y potencia entregadas a la antena [W_{ent}].



$$G(\theta, \phi) = \frac{P_{rad}(\theta, \phi)}{\frac{W_{ent}}{4\pi r^2}}$$

Donde: G = Ganancia; P = Densidad de potencia radiada [Watts];
 W_{ent} = Potencia entregada [Watts]

La eficiencia es la relación entre la potencia que le es entregada a la antena y la radiada. Por ejemplo, una antena de baja eficiencia es aquella que, por ejemplo, debido a un mal acople de impedancias, gran parte de la energía se ve absorbida o bien reflejada debido a esto. Se expresa mediante la ecuación:

$$\eta = \frac{W_{rad}}{W_{ent}}$$

Donde: η = Eficiencia; W_{rad} = Potencia radiada

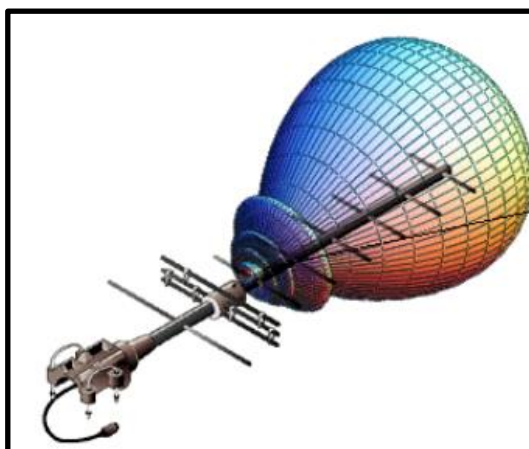
En cuanto a la directividad, este parámetro indica qué tan direccional es la radiación de una antena. De aquí se desprende entonces, que una antena que irradia igual en todas direcciones tiene una directividad nula o 0 (cero).

$$D(\theta, \phi) = \frac{P_{rad}(\theta, \phi)}{\frac{W_{rad}}{4\pi r^2}}$$

Donde: D = Directividad

La relación entre la ganancia y la directividad es la eficiencia de la antena:

$$G(\theta, \phi) = D(\theta, \phi) * \eta$$



3.4. Transmisión

Existen varios fenómenos físicos que rigen y permiten la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre:

3.4.1. Ecuaciones de maxwell

Se le llama a un conjunto de ecuaciones y principios que el físico escocés James Clerk Maxwell selecciono y utilizo para definir y predecir el comportamiento de fenómenos electromagnéticos en la naturaleza:

	<i>Diferencial</i>	<i>Integral</i>
Ley de Gauss M	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
Ley de Gauss E	$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_{libre}$	$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{libre\ encerrada}$
Ley de Faraday	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_{C(S)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$
Ley de Ampère-Maxwell	$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	$\oint_{C(S)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{conduc} + \frac{d}{dt} \iint_S \vec{D} \cdot d\vec{A}$

Donde:

- \vec{E} : vector intensidad de campo eléctrico
- \vec{D} : vector desplazamiento eléctrico
- \vec{B} : vector inducción magnética
- \vec{H} : vector campo magnético
- \vec{J} : vector densidad de corriente
- ρ_{libre} : densidad volumétrica de carga libre
- I_{conduc} : corriente de conducción

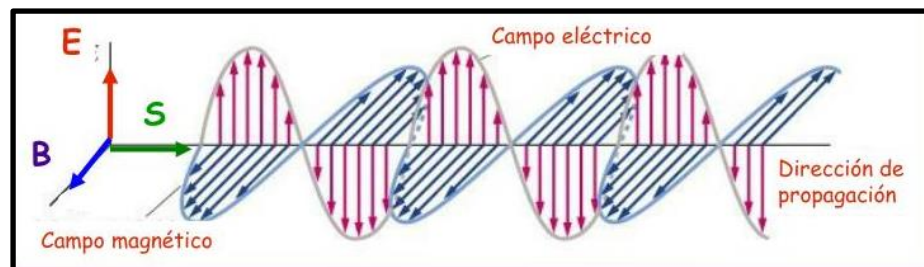
- Ley de Gauss: Expone la particularidad del campo magnético cuyo flujo a través de cualquier superficie es nulo.
- Ley de Coulomb: Fundamentación de la divergencia de las líneas de campo desde una carga positiva estática y cómo convergen sobre una carga negativa.
- Ley de Faraday: Establece que todo campo magnético variable induce un campo eléctrico.
- Ley de Ampere: Manifiesta la relación entre el campo magnético y la corriente que lo origina.

3.4.2. Vector de Poynting

El vector de Poynting es ortogonal al campo eléctrico [E] y magnético [B] y se expresa como el producto vectorial entre los dos campos pertinentes y la permeabilidad magnética del medio [μ].

Su módulo representa la intensidad instantánea de energía electromagnética que fluye a través de una unidad de área superficial perpendicular a la dirección de propagación de la onda que éste indica.

$$\vec{S} \left[\frac{Watt}{mtr^2} \right] = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu}$$



3.4.3. Tipos de propagación

Dependiendo de la distancia y otros factores tales como la frecuencia, las ondas electromagnéticas pueden transmitirse de varias formas:

- Onda directa: Las ondas llegan al receptor ubicado en línea recta, por lo que se necesita visibilidad con el transmisor.
- Onda terrestre: Las ondas copian la curvatura de la tierra y su orografía.
- Onda reflejada: La onda rebota con la ionosfera para llegar hacia donde se encuentra el receptor.

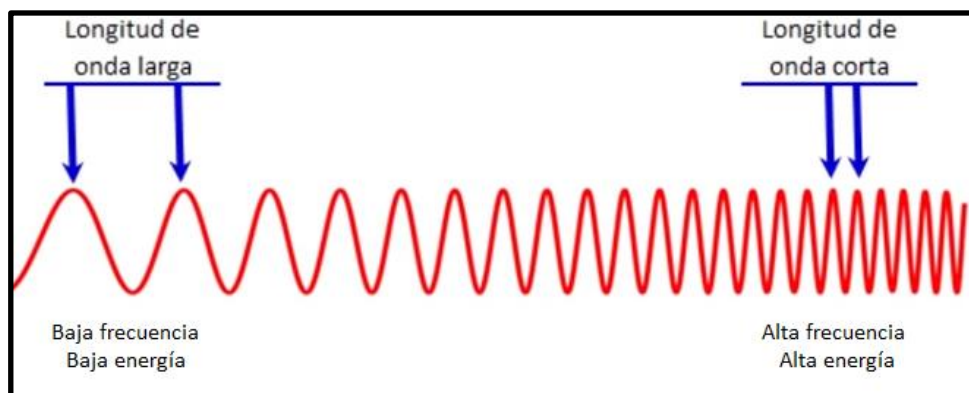
3.5. Recepción e inducción de la energía

Como se mencionó anteriormente, las antenas son transductores con la capacidad de emitir y recibir ondas electromagnéticas en simultáneo. A este último, se le llama “Inducción”, nombre dado al proceso por el cual la energía que es captada por la antena y conducida a un receptor a través de un medio confinado como por ejemplo guías de onda o cables coaxiales.

Se detallan a continuación los parámetros constructivos fundamentales para tal fin que resultan de gran importancia para el correcto y óptimo funcionamiento del prototipo a desarrollarse en este proyecto.

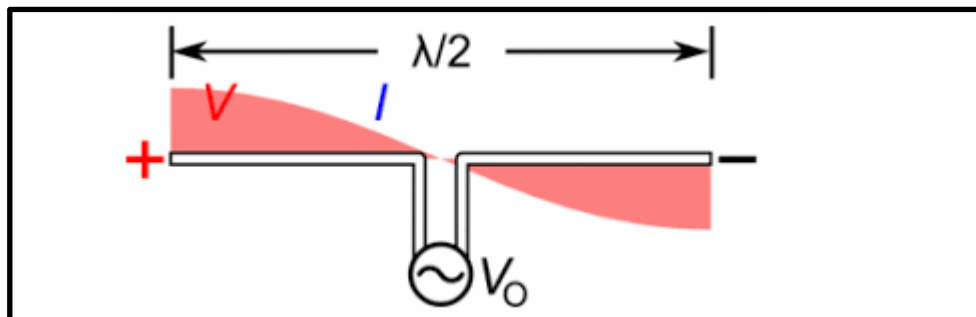
3.5.1. La relación entre la longitud de onda y la antena

Una analogía sencilla y eficiente para explicar este punto tan crítico, es el ejemplo del columpio. Aquel con cuerdas largas, oscila más lentamente que uno con cuerdas más cortas. En el mundo de las ondas, y recordando la ecuación que relaciona la longitud de onda con la frecuencia (3.1.4), quiere decir que las antenas (O dipolos) de mayor tamaño resultan óptimas para bajas o “largas” frecuencias y aquellas más pequeñas para las altas o “cortas”. Un caso muy evidente es comparar antenas de radio AM (Metros) con antenas de televisión (TDA, por ejemplo) o WI FI (Centímetros).



3.5.2. Frecuencia de resonancia

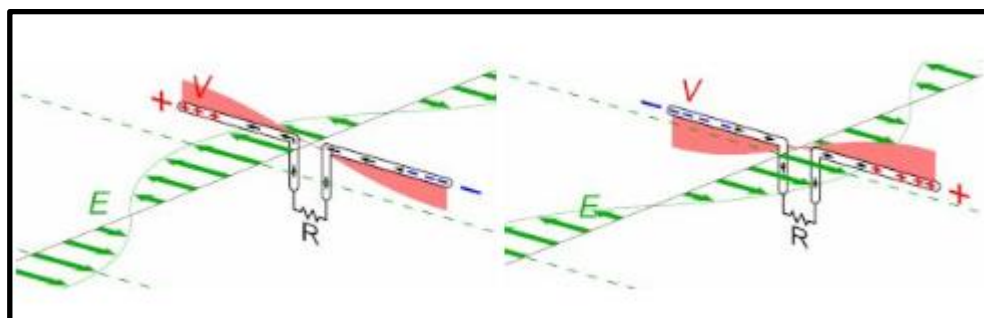
Se la denomina a la frecuencia cuya mitad de longitud de onda se condice con la longitud total (En unidad de distancia) de la antena, es para esta condición, que la antena se excita y permite tanto la inducción como la radiación de la energía.



Sin embargo, frecuencias aledañas también provocarán este fenómeno, pero estarán delimitadas por el ancho de banda de la antena, marcado por lo que se denomina: Frecuencia de corte superior e inferior.

Esto quiere decir, que cada antena solo funciona para aquellas frecuencias cuyas longitudes de onda cumplan con esta característica mandatoria.

A continuación, se ilustra un ejemplo de inducción de una frecuencia en una antena cuya longitud total coincide con el $\frac{\lambda}{2}$ de la primera. Nótese que, para cada semiciclo, el “recorrido” que realizan los electrones sobre el dipolo, coincide exactamente con el tiempo (O distancia) que le toma a la señal comenzar el semiciclo opuesto. Si se lo extrapola al ejemplo del columpio mencionado anteriormente (Ítem 3.5.1), los electrones son “empujados” en el instante en que el columpio regresa a su posición anterior, previo al primer empujón.

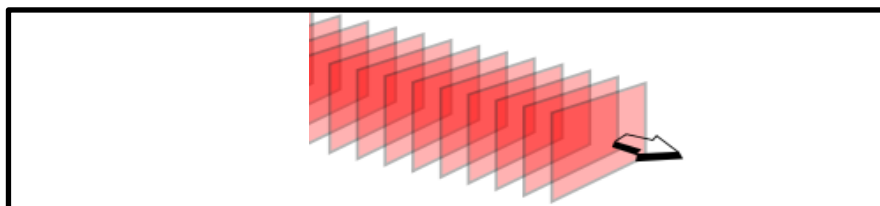


3.5.3. Área efectiva

Describe la relación entre la potencia entregada por la antena a la carga y la densidad de potencia de la onda incidente. Este parámetro es considerado únicamente cuando la antena está en modo recepción.

3.5.4. Frente de onda

Para una onda que se propaga en el espacio, puede visualizarse al frente de onda como superficies que se expanden a lo largo del tiempo alejándose de la fuente que las genera.



3.5.5. Sintonizador

Es el nombre dado al elemento que permite realizar la acción de *sintonizar*, permitiendo que una antena, pueda variar su longitud física y resonar (O excitarse) a diferentes frecuencias cuyo $\frac{\lambda}{2}$ coincida. Este dispositivo puede ser puramente electrónico (Para los más modernos) o bien tan sencillo como una antena plegable como el caso de las televisiones antiguas.

3.6. Dispositivos electrónicos básicos

Existen infinidad de dispositivos electrónicos y de todo tamaño, cada uno con sus virtudes o falencias según la aplicación para que se lo desea utilizar, como también comportamientos particulares ante la presencia de corriente variable.

En este apartado se hará una reseña a aquellos que resultan clave para el desarrollo de este proyecto, por las cualidades y características que se mencionan a continuación:

- ✓ Capacitor
- ✓ Bobina
- ✓ Resistor
- ✓ Diodo:
 - Rectificador
 - Schottky
 - Emisores de Luz

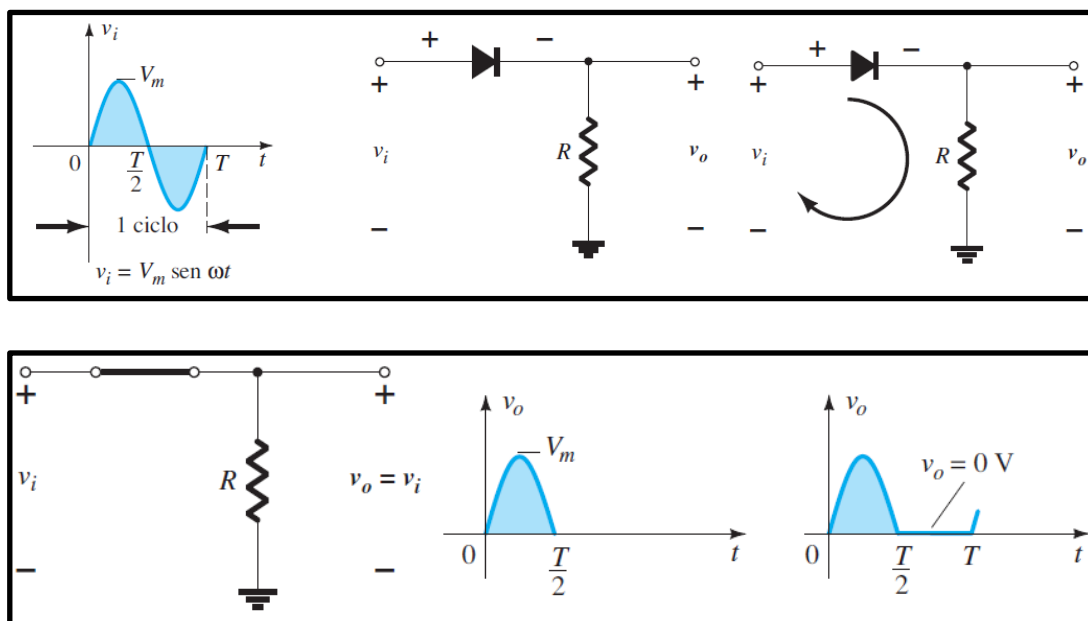
Véase capítulo VII (Anexos) para más información al respecto.

3.7. Rectificación

Se lo denomina al proceso o circuito que permite obtener corriente continua a partir de una corriente variable o alterna. Esto se logra mediante dispositivos electrónicos llamados Diodos, cuya particularidad es la de ser excelentes conductores únicamente para condiciones puntuales de polarización, comportándose como aisladores en cualquier otro caso. Es por esto por lo que reciben la calificación de Semiconductores.

3.7.1. Media onda

Una onda variable, alterna, se aplica sobre un circuito compuesto por un diodo y una carga. Los diodos utilizados para este tipo de aplicación son denominados *Diodos rectificadores*. Durante uno de los semiciclos de la onda entrante, para el ejemplo de la imagen el positivo, el diodo será polarizado de manera tal de “encenderse” y permitir el paso de la corriente, pero oponiéndose para el caso del semiciclo negativo pues estará polarizado en inversa.



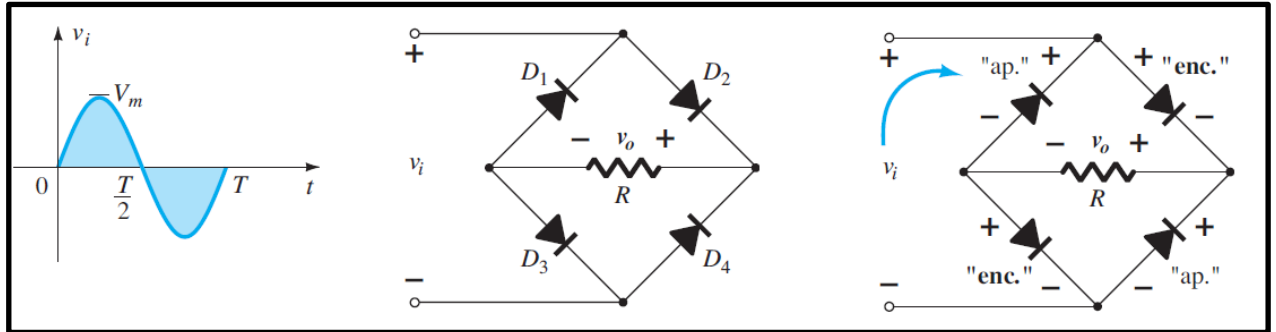
3.7.2. Onda completa

Responde al mismo principio que la rectificación de media onda, con la gran y principal ventaja que permite aprovechar la onda senoidal al 100%, es decir, ambos semiciclos.

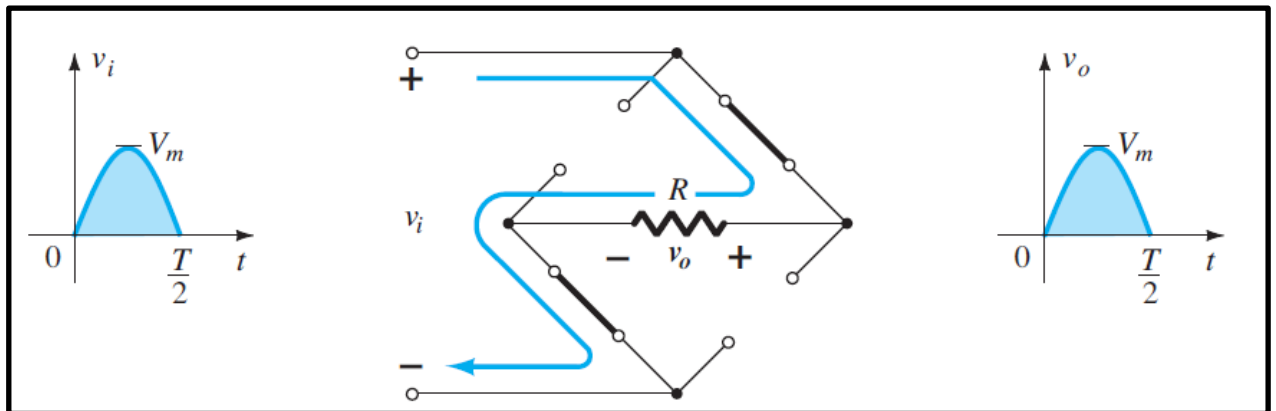
El método más conocido y popular es el *punte de diodos*, aunque también existen otros como el *transformador con derivación central*.

Las ilustraciones a continuación muestran el flujo de corriente y la caída de tensión producida sobre la carga [R] con las polaridades correspondientes para cada semiciclo de la energía variable inyectada a la entrada.

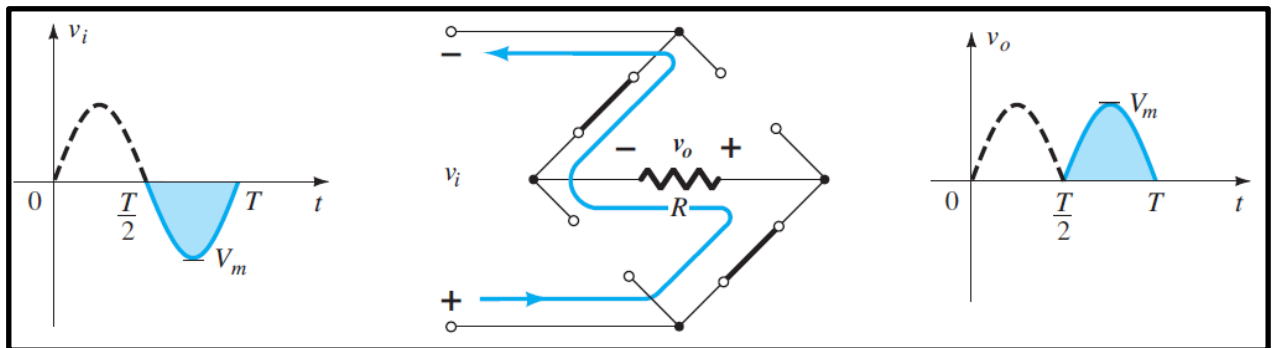
1.



2.



3.



3.8. Resonancia

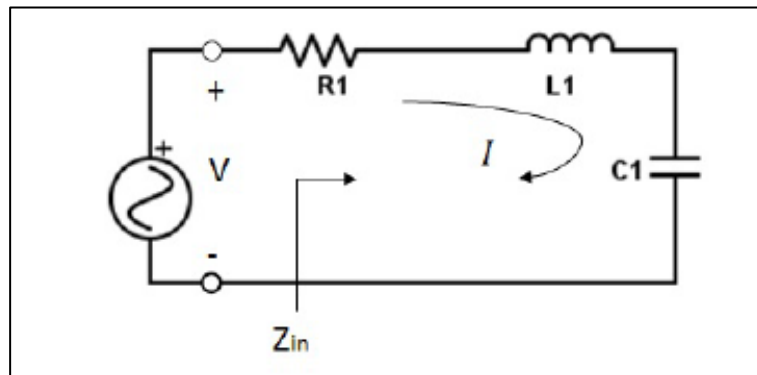
Nombre dado a un fenómeno presente en los circuitos del tipo *Resonantes*, los cuales tienen una gran variedad de aplicaciones dentro de la rama de las Telecomunicaciones, entre ellas se encuentra su uso en el diseño de filtros, osciladores, frecuencímetros y amplificadores calibrados, por solo mencionar algunos.

Este fenómeno tiene lugar cuando en un circuito de corriente alterna, la capacitancia y la inductancia (Véase ítems 3.6.1 y 3.6.2 respectivamente) adquieren el mismo valor reactivo, es decir, un valor óhmico equivalente. Es en este punto donde el circuito o “filtro” (Éste último su campo de mayor aplicación) se puede considerar *resistivo puro* y se obtiene una máxima transferencia de potencia a la carga o resistencia o dispositivo conectado en el extremo del circuito resonante.

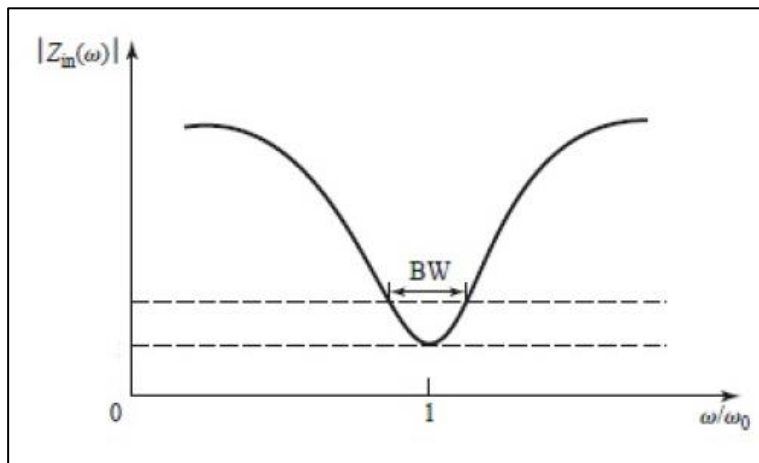
Un ejemplo sencillo es la radio, cuya única antena es utilizada para captar múltiples estaciones o frecuencias. Además de la electrónica utilizada para modificar la frecuencia de trabajo de la antena, se utiliza un filtro para garantizar que solo se reproduzca a través del parlante acoplado la estación seleccionada (O sintonizada) por el usuario. Es solamente para ese valor de frecuencia, que la impedancia (Valor reactivo) de la bobina y el capacitor son iguales, pero con valores opuestos: uno positivo y el otro negativo respectivamente, quedando el circuito formado únicamente por la carga (El parlante en este ejemplo de la radio).

Los circuitos resonantes son comúnmente llamados *Circuitos RLC* (Resistencia, Inductor, Capacitor) y se diferencian en dos clases, cada una con sus características principales:

- ✓ RLC tipo serie:



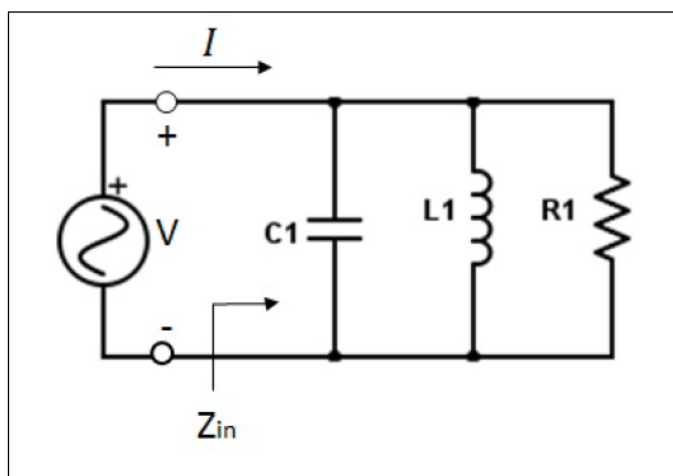
- Comportamiento en frecuencia:



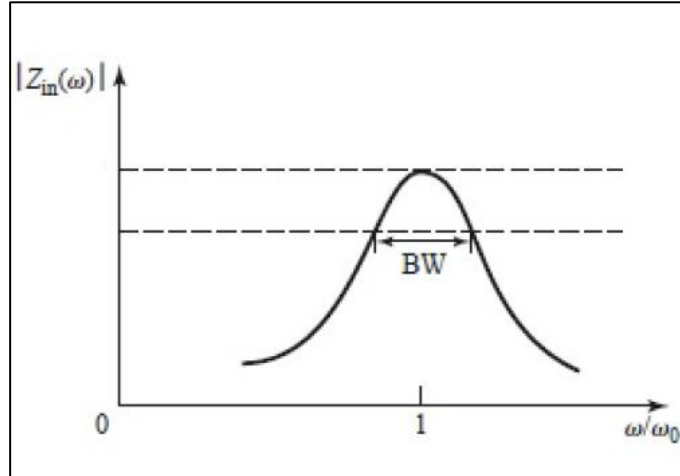
- Cálculo de impedancia:

$$Z_{in} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}$$

- ✓ RLC tipo paralelo:



- Comportamiento en frecuencia:



- Cálculo de impedancia:

$$Z_{in} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} - j\omega C \right)^{-1}$$

Para ambos circuitos, la frecuencia de resonancia se calcula de la siguiente manera:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$\omega_0 = 2\pi f$; $f =$ Frecuencia de trabajo [Hz]; $L =$ Henrios; $C =$ Faradios

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

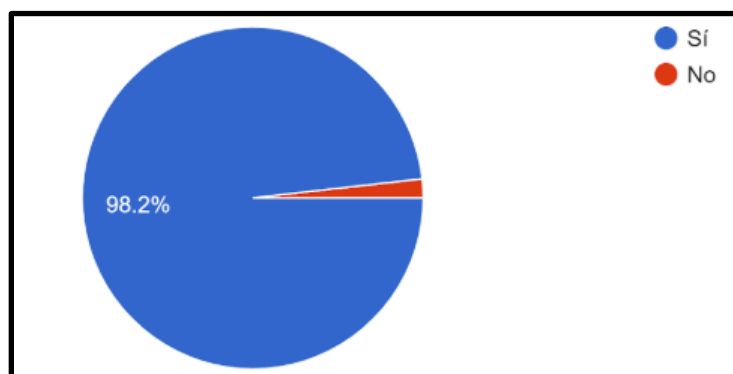
4. Capítulo IV: Desarrollo

Este capítulo expone la aplicación práctica de los conceptos fundamentados en el capítulo anterior como así también el estudio realizado para materializar la solución al problema de la contaminación debido a las pilas y baterías presentada en la introducción de este trabajo.

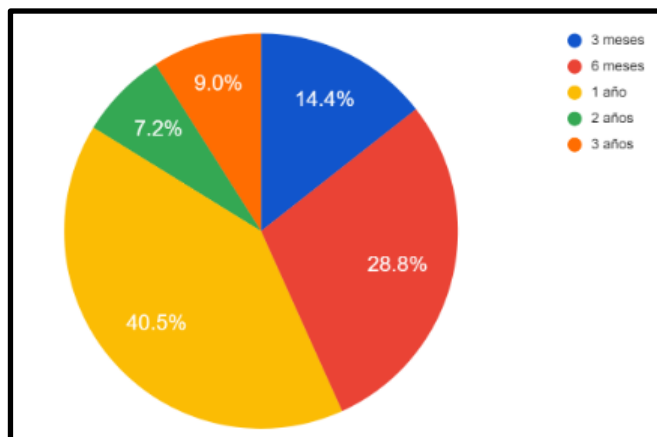
4.1. Estudio social utilización de pilas.

Se llevó a cabo una encuesta con 112 participantes en la cual se relevó diferentes aspectos del uso de las pilas en la vida cotidiana. Los resultados y las conclusiones extraídas del relevamiento se mostrarán a continuación:

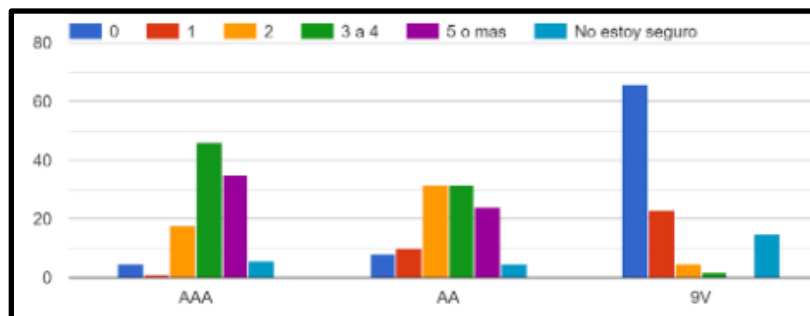
- Porcentaje de penetración de pilas en hogares



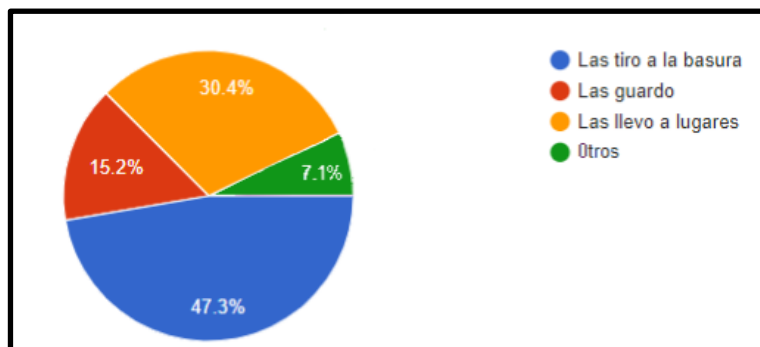
- Frecuencia de reemplazo de pilas



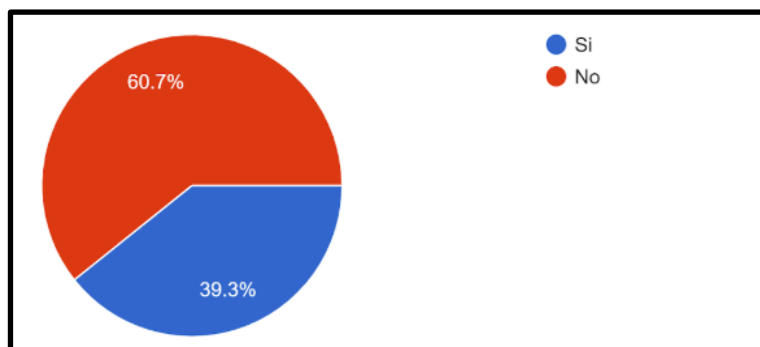
- Tipos y cantidades de pilas utilizadas



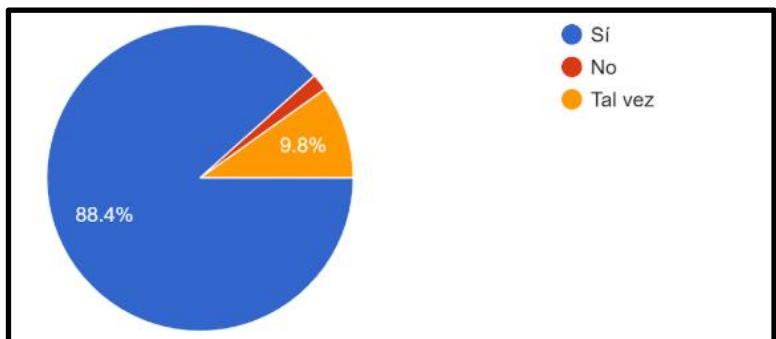
- Disposición final de las pilas



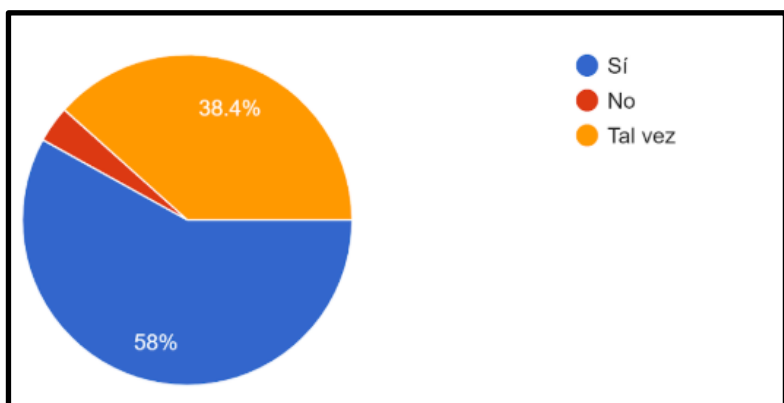
- Proporción de equipos dañados por sulfatación



- Grado de preocupación por la contaminación que producen las pilas.



- Interés del mercado en alternativas no contaminantes, aunque costosas



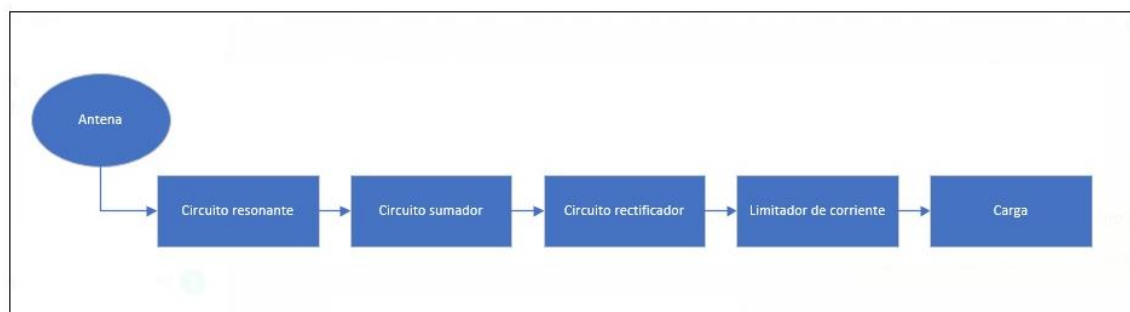
4.1.1. Conclusiones

Las pilas y baterías están presentes en casi el 90% de los hogares de los encuestados y en casi la mitad de éstos, la disposición final es un problema sin resolver. Es por esto que esta problemática es uno de los pilares de esta tesis en busca de una solución ecológica, a la que afortunadamente más de un 50% está concientizado del problema y dispuesto a adoptar una alternativa, aunque conlleve un impacto económico. A su vez se puede dar solución al problema de la sulfatación de dispositivos que se presenta en más del 60% de la muestra obtenida, el cual no solo representa un riesgo para la salud, y un daño irreparable en los dispositivos electrónicos entre ellos los sensores utilizados para IoT.

4.2. Solución propuesta

Reemplazar las pilas y baterías con dispositivos electrónicos con mucha menor capacidad de contaminación utilizando un sistema netamente pasivo, esto quiere decir, sin necesidad de estar conectado a una fuente de energía externa (Toma corriente, batería de litio, etc.). Para lograrlo, se tomará provecho de la presencia de radiofrecuencias en el espacio libre. Mediante la inducción a una antena y un circuito resonante, esta energía en forma de onda será aumentada y rectificada para luego ser redirigida y utilizarse, por ejemplo, en un dispositivo IoT.

A continuación, se observa el diagrama en bloques de la solución propuesta:



4.3. Campo de aplicación

Al prescindir de una fuente de energía externa y siendo que la frecuencia de trabajo se irradia con baja potencia (Se toma como ejemplo un repetidor para Wifi, cuya potencia máxima es de aproximadamente 1 mW), pues no debe ser dañina para el ser humano, el abanico de posibilidades se reduce a aplicaciones de consumo muy reducido y, preferentemente, no constante. Como ejemplo en el ámbito doméstico se menciona el control remoto de televisión, cuya demanda energética se limita al circuito que controla las frecuencias utilizadas para comunicarse con el televisor y enviar la información a través del LED infrarrojo únicamente cuando el usuario pulsa un botón, y en el campo de IoT tanto Zigbee como Z-Wave que son dos protocolos de comunicaciones inalámbricos habituales en domótica que emplean ondas de radio de baja energía.

Con estas premisas, se inicia el desarrollo de un dispositivo capaz de captar energía electromagnética y redireccionarla para que sea utilizada por el usuario en un control remoto que no utilizará pilas o baterías.

4.4. Análisis y estudio del espacio libre

4.4.1. Premisas

Se tuvieron en cuenta los siguientes pilares para el posterior análisis y diseño del circuito y componentes del prototipo a construir:

- La baja eficiencia en la transmisión energética produce calor que debe ser disipado para evitar daños, por lo que resulta imprescindible minimizar pérdidas como, por ejemplo, el ripple durante el proceso de rectificación.
- Las bajas frecuencias tienen menores propiedades calóricas.
- El acoplamiento de la antena con el circuito sumador-rectificador deberá ser preciso para lograr la mayor eficiencia en la transferencia de energía.
- El campo magnético del que tomará energía el prototipo es fijo, es decir, no se puede controlar de manera de aumentar su potencia o cantidad de flujo presente en el espacio de trabajo. Por lo tanto, el dispositivo no tendrá la capacidad de adaptarse a la demanda de diferentes cargas cuyo consumo supere un máximo que será establecido.

4.4.2. Análisis de frecuencias de trabajo

Se investigó cuales son las frecuencias con mayor presencia en el espacio libre, ya sean comerciales o no, con el fin de realizar pruebas empíricas construyendo antenas resonantes para cada una de ellas y así verificar en qué casos se obtiene mayor cantidad de energía inducida:

1. AM
 - a. Onda media: 526,5 KHz - 1606,5 KHz
 - b. Onda corta: 5,60 MHz - 18 MHz
2. FM banda aérea: 88 MHz - 108 MHz
3. Televisión digital abierta (TDA):
 - a. VHF bajo: 54 MHz - 72 MHz
 - b. VHF alto: 174 MHz - 216 MHz
 - c. UHF: 512 MHz - 806 MHz
4. Telefonía celular 3G: 850 y 1900 MHz
5. Telefonía celular 4G: 700 MHz y 1700 y 2100 MHz
6. Wifi (Estándar 802.11b): 2.4 GHz
7. Wifi (Estándar 802.11ac): 5 GHz

4.4.3. Cálculo del dipolo resonante

Se procede a realizar los cálculos necesarios para obtener las dimensiones de las antenas resonantes para las frecuencias detalladas en el punto 4.4.2. Se recuerda la ecuación que relaciona la longitud de onda con la longitud de la antena:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ : longitud de onda.
 c : velocidad de la luz en el vacío [$\frac{m}{seg}$].
 f : frecuencia [Hz].

$$1. \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{seg}}{870 \text{ KHz}} = 344 \text{ mtrs} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 172 \text{ mtrs}$$

Se eligió esa frecuencia pues coincide con la de Radio Nacional cuya característica es la garantía de estar presente en todo el país. Debido al extenso tamaño, fabricar una antena resonante resulta inviable, por lo que se necesita de electrónica adicional externa para simular la longitud total requerida, que recibe el nombre de “Sintonizador”.

$$2. \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{seg}}{94.34 \text{ Mhz}} = 3.18 \text{ mtrs} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 1.56 \text{ mtrs}$$

La frecuencia utilizada fue elegida al azar dentro del espectro. Se observa la diferencia en tamaño, sin embargo, aún no se alcanzan dimensiones de sencilla construcción.

3. Se utilizará una frecuencia de las de mayor rango, pues al ser más alta pues implica una longitud de onda más pequeña:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{seg}}{539 \text{ Mhz}} = 0.55 \text{ mtrs} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 27.8 \text{ cmtrs}$$

Se observa una reducción considerable en la longitud resonante de la antena, del orden de los centímetros. Se procede entonces a analizar las siguientes frecuencias por encima de este valor.

4. Se elige la frecuencia del rango de trabajo con el mismo criterio que en el ítem 3:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{mtrs}{seg}}{850 Mhz} = 0.35 mtrs \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 17.6 cmtrs$$

Si bien la unidad de distancia se mantuvo en centímetros, se logró una reducción adicional de aproximadamente 30%.

5. Se elige directamente la frecuencia de mayor valor pues las otras en las que trabaja LTE son menores a la analizada en el inciso anterior:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{mtrs}{seg}}{2100 Mhz} = 0.14 mtrs \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 7.1 cmtrs$$

Para el caso del Wi-Fi, si bien las frecuencias de 2.4 y 5 GHz no están licenciadas (Corresponden a la banda “ISM” definida por la UIT o ITU en inglés), son las utilizadas por el estándar y únicas para este servicio:

$$6. \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{mtrs}{seg}}{2.4 Ghz} = 0.125 mtrs \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 6.25 cmtrs$$

$$7. \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{mtrs}{seg}}{5 Ghz} = 0.06 mtrs \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 6 cmtrs$$

4.4.3.1. Conclusiones

Como se puede apreciar, las longitudes de antena resonante entre los ítems 5 y 7 son muy cercanas, apenas mayor a 1 cm, debido a la cercanía de sus valores en frecuencia. Los valores también proponen una antena de fabricación factible y con la posibilidad de trabajar en más de un rango. Es importante destacar que el atributo de “resonante” al hablar de una antena, quiere decir que para un valor de frecuencia dado tendrá mejores valores de recepción, lo que no implica que también reciba otras frecuencias.

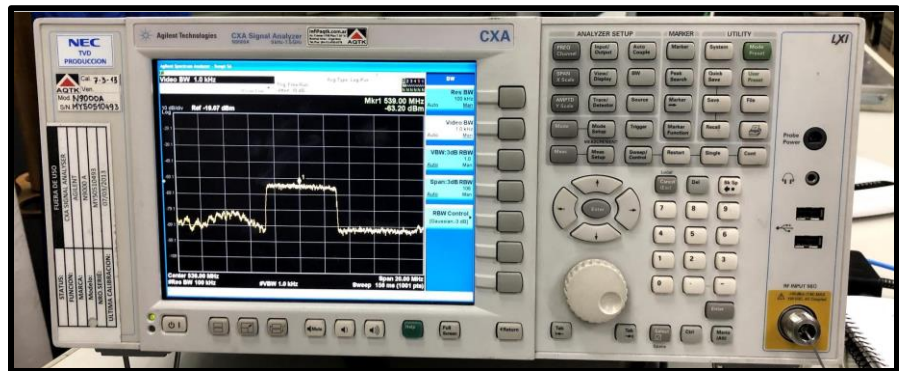
4.4.4. Medición de energía en el espacio libre

A partir de lo analizado en el ítem 4.4.4 y la conclusión obtenida, se procede a realizar un censo de frecuencias presentes en el espacio libre, con principal énfasis en las Ultra altas o UHF (Ultra High Frequency), para observar su nivel de energía para posterior captura y reciclado o reutilización.

Para la prueba, se asistió a los laboratorios de Nec Argentina gracias a la invitación del Cotutor de esta tesis, Humberto D'Alonzo, y se utilizó el siguiente equipamiento y accesorios para realizar las mediciones con el objetivo de consensuar la (O las) frecuencia(s) final(es) de trabajo:

4.4.4.1. Equipamiento

- Analizador de espectro:
 - Objetivo: Medir el espectro en relación potencia (Eje de ordenadas) vs frecuencia (Eje de abscisas)
 - Fabricante: Agilent Technologies
 - Modelo: N9000A
 - Rango de trabajo: 9 kHz - 7.5 GHz
 - Piso de ruido: -89 dB



- Exciter:
 - Objetivo: Equipo utilizado para generar señales de prueba de TDA. Se denominan de prueba, porque si bien transportan contenido de video, no es exactamente el mismo que se transmite para fines comerciales.
 - Fabricante: NEC
 - Modelo: DM-3000
 - Frecuencia generada: 539 MHz, correspondiente con el canal 25 de TDA, cuyo rango de frecuencias es de 536 a 542 MHz.



- Antena 3G:

- Se utilizó una antena 3G (Ver Anexo “Detalles técnicos antena 3G”) para las mediciones respectivas a esta tecnología.



- Amplificador:

- Objetivo: Aumentar la señal recibida para facilitar su visualización.
- Fabricante: HP
- Modelo: 87415A
- Rango de trabajo: 2-8 GHz

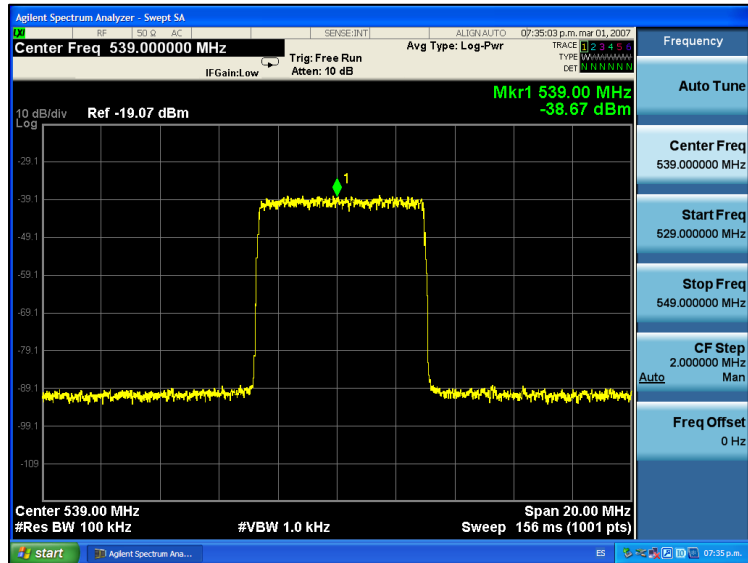


4.4.4.2. Protocolo de pruebas

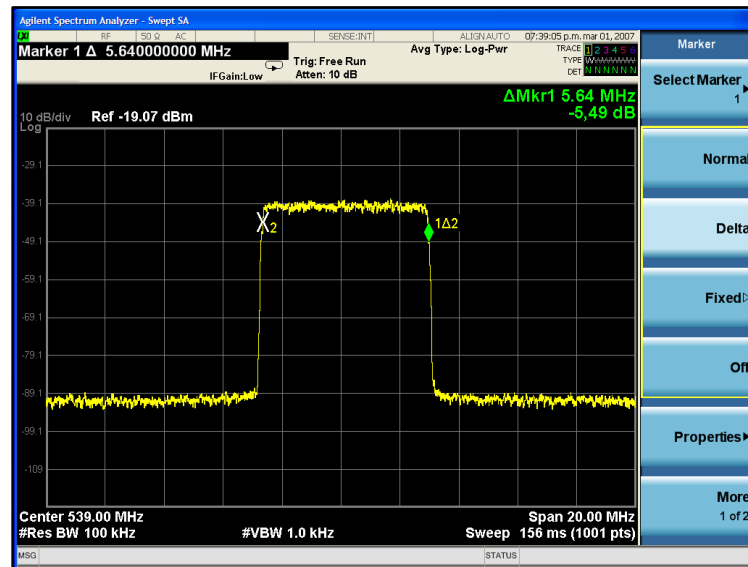
En todos los casos, se configuró el Analizador de espectro en modo “Peak holder”, significa que todos los valores picos se mantendrán dibujados en pantalla. Luego, el eje de abscisas se fue adaptando a cada medición puntualmente. Este parámetro se denomina “Span” y determina la escala del eje horizontal, es decir, el valor de cada subdivisión (Cuadrados) de la pantalla.

- I. Medición de frecuencia TDA: La frecuencia de 539 MHz se inyectó por cable desde el Mixer hasta el Analizador de espectro. Se realizaron dos mediciones:

➤ Espectro:



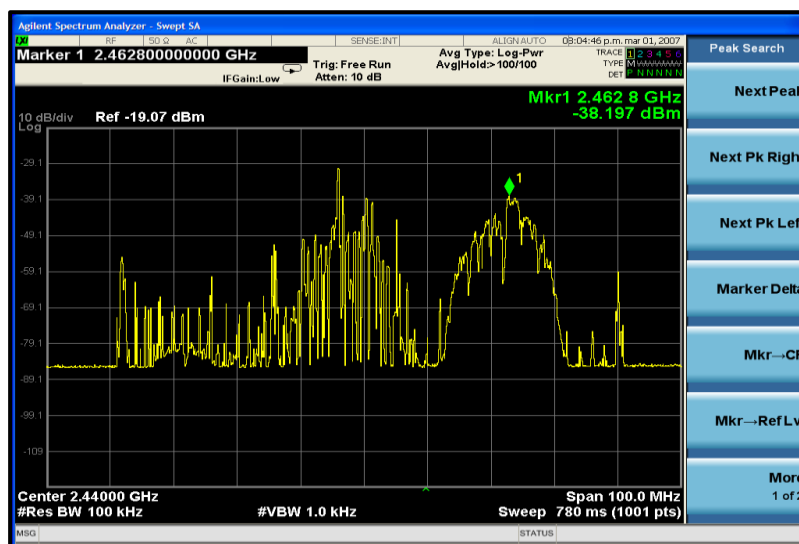
➤ Ancho de banda:



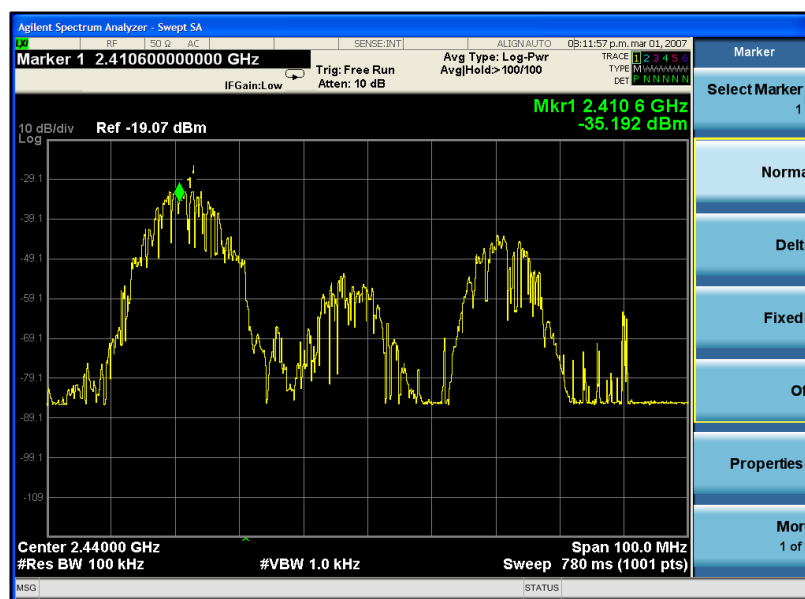
➤ Resultados obtenidos: El máximo medido de potencia fue de -39 dBm, se observa el ancho de banda de 5.64 MHz, cumpliendo con la norma de hasta 6 MHz entre cada canal.

II. Medición de frecuencia Wi-Fi: Por disponibilidad de equipamiento, se midió solamente la frecuencia de 2.4GHz. A modo provisorio y solo para la ejecución del protocolo, se improvisó la antena utilizando cable con vaina de distintas longitudes:

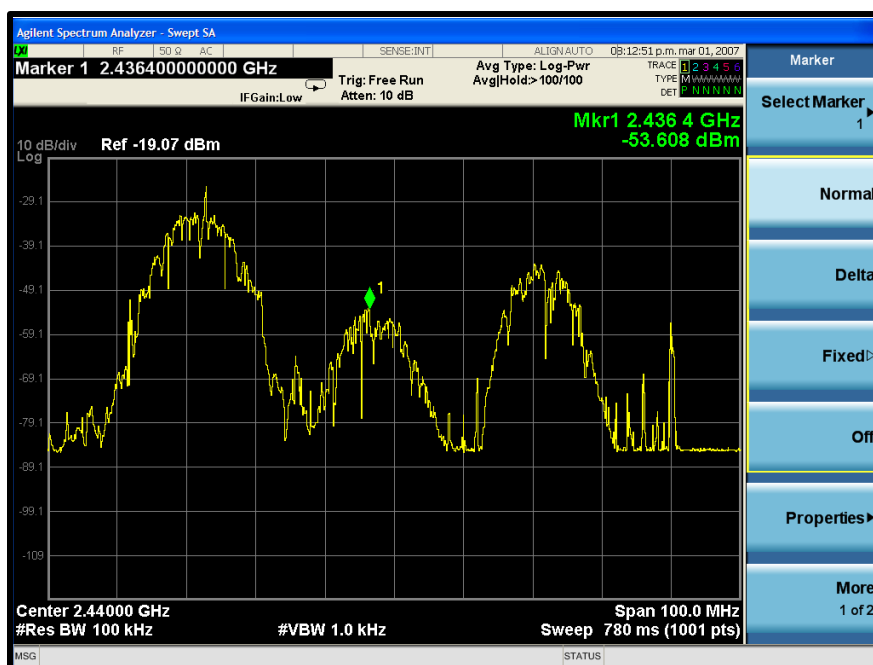
➤ Cable con vaina de 12 cm (Longitud de λ):



➤ Cable con vaina de 6 cm (Longitud resonante de $\frac{\lambda}{2}$), mayor nivel de potencia:



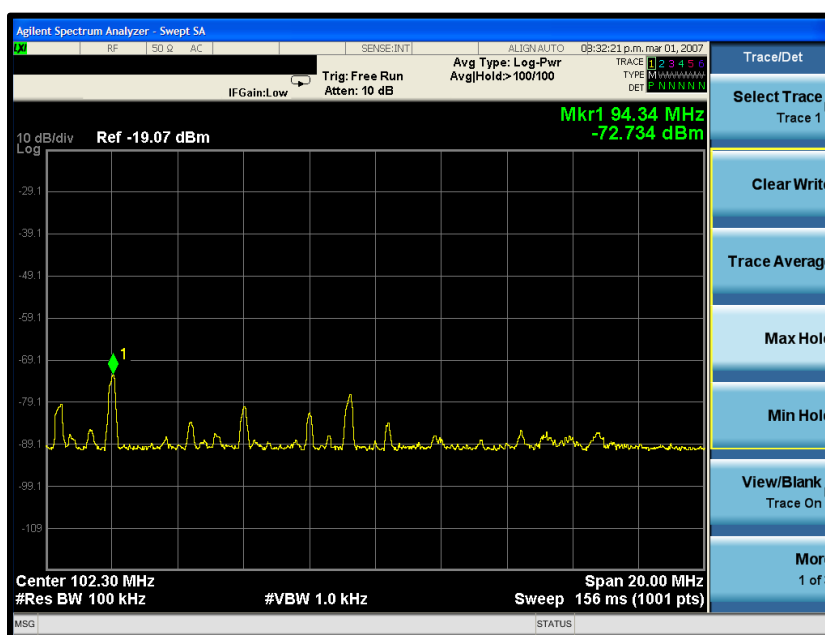
- Cable con vaina de 6 cm (Longitud resonante de $\frac{\lambda}{2}$), menor nivel de potencia:



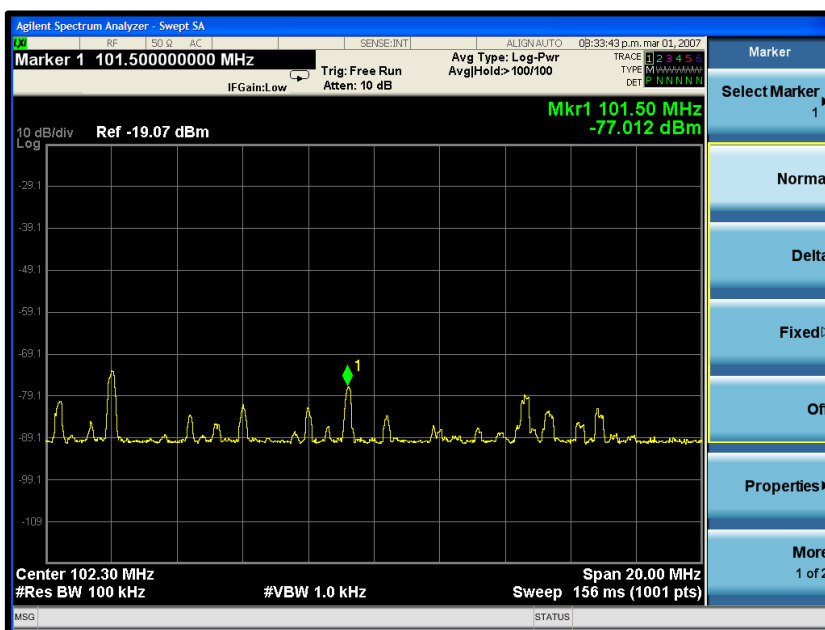
- Resultados obtenidos: Como principal característica, se detectó que, para observar mayores niveles de energía (Las “campanas” de las imágenes) fue necesario generar tráfico inalámbrico en la frecuencia Wi-Fi. Esto se logró creando una red con un celular, y realizando una descarga (Speed Test) a través de otro conectado a dicha red. De esta forma se mantuvo un flujo de energía con duración cercana al minuto.

III. Medición de frecuencia FM: Al utilizar cable con vaina, fue posible respetar la longitud resonante.

➤ Frecuencia 94.34 MHz:

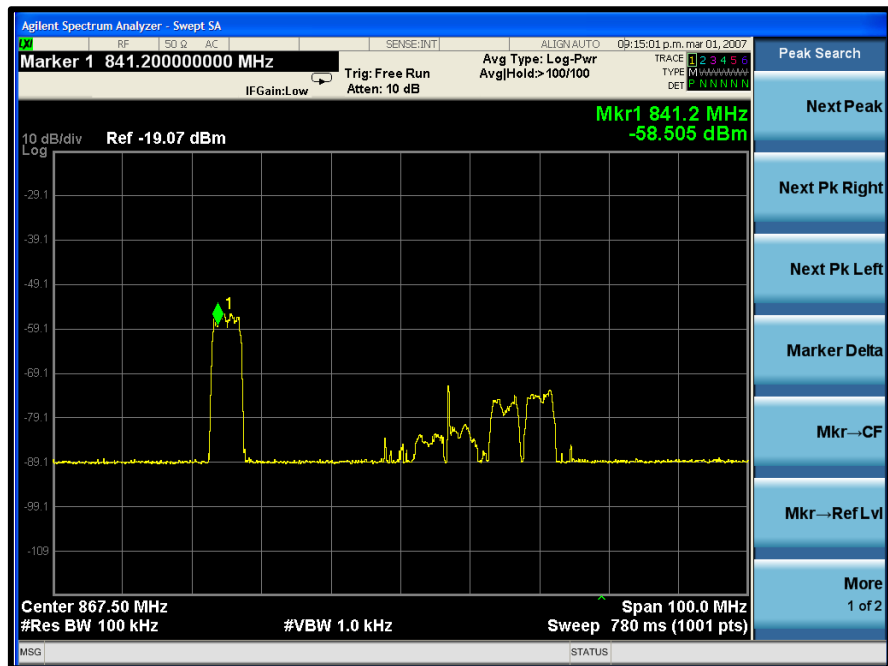


➤ Frecuencia 101.5 MHz:



- Resultados obtenidos: Se utilizó una frecuencia adicional de radio más elevada para comparar. El resultado de esta última fue una potencia mucho menor, se deduce que es debido a la menor penetración por ser una lambda más corta.

IV. Medición de frecuencia 3G: Para esta medición se utilizó la antena detallada en el inciso 4.4.5.1. En este caso, se siguió el mismo principio de ejecución que en el ítem II. Con la salvedad que se capturó el tráfico del celular “A” que generaba la red de Wi-Fi. Al realizar una prueba de velocidad con el otro celular “B” conectado a esa red, se analizó/capturar el tráfico 3G generado por el celular A.



- Resultados obtenidos: Se observa la presencia de flujo energético en una de las bandas de 3G.

4.4.4.3. Conclusiones

Los valores de potencia obtenidos para Wi-Fi y TDA resultaron ser los más altos con un promedio de -36.5 dBm. La frecuencia de FM obtuvo los valores más pequeños de alrededor de -76 dBm, y la de 3G, un intermedio entre los dos anteriores de -58 dBm.

Cabe destacar que, en todas las pruebas, con excepción de FM y TDA cuyo envío de información es del tipo Broadcast (Un emisor,

múltiples receptores), fue necesario simular tráfico/intercambio de datos para generar flujos de energía que puedan captarse, caso contrario los picos de energía eran espontáneos y de muy corta duración.

Nótese la particularidad para la prueba de Wi-Fi, utilizando la antena de longitud resonante de 6 cm (Cumpliendo con el parámetro de $\frac{\lambda}{2}$), la potencia máxima fue de 3 dBm adicionales: -35 dBm en comparación a la medición de -38 dBm para la antena de 12 cm. Este fenómeno marca uno de los pilares/precedentes para el diseño de la antena que utilizará el dispositivo, pues deja en evidencia la ventaja de cumplir con el parámetro de resonancia.

Por otro lado, se observa también que los valores inducidos son muy bajos (Lo cual es lógico pues estas frecuencias de uso comercial y domiciliario no deben ser dañinas para el ser humano) del orden de 0.00022 mW o 0.22 μ W versus los por lo menos 0.15 W que necesita un LED infrarrojo para encenderse (Cabe destacar que 1W = $1 \times 10^6 \mu$ W). Esto marca la obligatoriedad de que la energía captada debe ser amplificada (Circuitos activos) y/o aumentada (Circuitos pasivos) previo a ser reutilizada y/o redireccionada.

4.5. Circuitos Activos y Pasivos

Como se mencionó en el apartado anterior, es indispensable contar con mas energía para que la carga a conectar pueda realizar el trabajo. Para ello se necesita de lo que se conoce como “Amplificador” cuyo objetivo es, dada un cierto valor de entrada, entregar uno mayor a su salida.

Como la energía no puede crearse, este tipo de dispositivos necesita de una fuente externa que le provea aquella que será utilizada para la amplificación de la señal objetivo (Por ej., un parlante es energizado a 220V para amplificar la señal de audio de un micrófono que le es conectado).

Esta dependencia o necesidad de una fuente externa le da el nombre de “*Activa*” a este tipo de soluciones.

Hoy día, la energía para elementos inalámbricos (Entiéndase, que durante su funcionamiento no estarán conectados a una toma de corriente) se obtiene a través de pilas y baterías. La presente tesis tiene el objetivo de proponer un dispositivo ecológico o “verde”, y es aquí donde su principal característica de *Pasivo* se destaca debido al no hacer uso de estos dispositivos contaminantes, es decir una fuente externa.

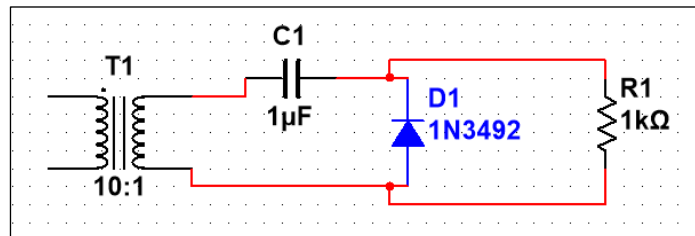
4.5.1. Circuito sumador-acumulador

El principal concepto que mencionar al presentar a este circuito es el por qué no se lo considera un amplificador y se debe a que no utiliza energía de una fuente externa, de aquí el calificativo de *pasivo*. Únicamente hará uso de insumos electrónicos para, dado un cierto valor de energía recibido, acumularlo para luego adicionarlo al siguiente semiciclo de recepción dando así un valor teórico-ideal de, al menos, dos veces el de entrada en corriente continua.

NOTA: Los valores de componentes en las siguientes simulaciones son sólo para el fin de demostrar los distintos funcionamientos. El ítem 4.6 que aborda el prototipo utiliza valores de componentes previamente calculados.

4.5.1.1. Circuito de Villard

Ampliamente utilizado en televisores antiguos de tubo de rayos catódicos. Mediante un capacitor y un diodo rectificador, logra obtener a su salida un valor ideal de corriente continua del doble del pico máximo del primer semiciclo de la señal alterna de entrada.



Su funcionamiento se basa en que el diodo rectificador D1 limita la circulación de corriente en un solo sentido operando en un único semiciclo de la CA de entrada, durante el cual el capacitor C1 se cargará hasta el valor pico máximo (Idealmente). Al comenzar el segundo semiciclo, el valor de tensión sobre la carga R1 será igual al de la señal de entrada sumado al de C1.

4.5.1.1.1. Simulación

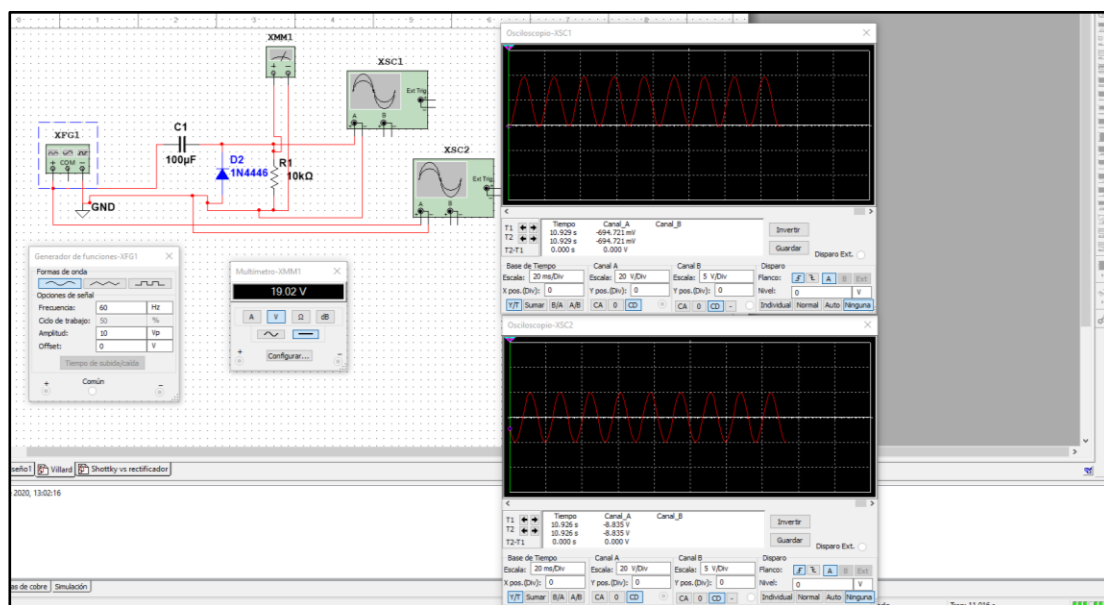
Se utilizaron los siguientes instrumentos y componentes:

- Osciloscopio:
 - XSC1: Salida
 - XSC2: Entrada
- Generador de señales: XFG1
- Multímetro: XMM1

- Resistencia [R1]
- Diodo [D2]
- Capacitor [C1]

El capacitor debe tener la capacidad de almacenar al menos el doble de la tensión de entrada y el resistor calcularse según el valor de corriente deseado para el voltaje de salida final, teniendo presente la corriente y temperatura máxima soportada por cada componente individualmente.

El multímetro está conectado a la carga para evidenciar que la caída de tensión es aproximadamente igual a $2xV_i$.



4.5.1.2. Circuito de Greinacher

Esta versión o “mejora” del circuito de Villard permite rectificar la energía. Es decir, además de ofrecer un valor del doble de la entrada, también transforma la señal sinusoidal a continua lo que amplía su abanico de aplicaciones.

Es importante destacar que, al hacer uso del proceso de rectificación aparecen fenómenos como el ripple y variables como la resistencia interna de los capacitores.

4.5.1.2.1. Simulación

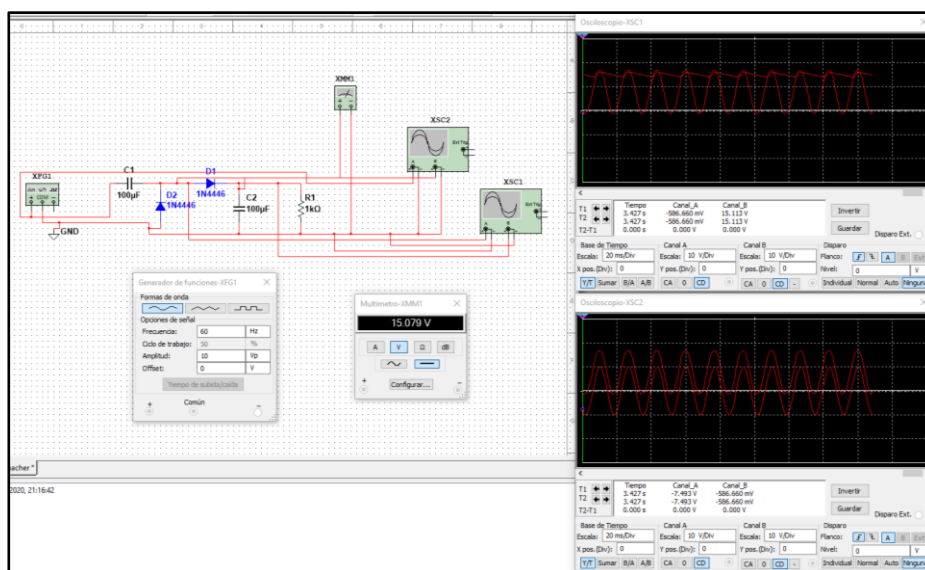
Se utilizaron los siguientes instrumentos y componentes:

- Osciloscopio:
 - XSC1: Salida
 - XSC2 en superposición:
 - Entrada A: Salida
 - Entrada B: Entrada
- Generador de señales: XFG1
- Multímetro: XMM1
- Resistencia [R1]
- Diodos [D1, D2]
- Capacitores [C1, C2]

El funcionamiento de C1 y D2 es básicamente el del circuito de Villard, y se acoplan C1 y D2 como circuito rectificador. La señal observada en el osciloscopio XSC1 es la superposición entre la salida aumentada pre y post rectificación. La “cuasi-recta” sobre los picos es la señal rectificadora, siendo la pendiente el ripple. A mayor pendiente, mayor diferencia de tensión, por lo tanto, mayor ripple. Este comportamiento está en directa relación con el valor de C2 y de la resistencia R1.

Se observa un valor de tensión de salida menor que en el circuito de Villard debido a la presencia de más componentes los cuales tienen sus respectivas caídas de tensión que restan al valor final de salida.

El osciloscopio XSC2, muestra una comparativa de la señal de entrada antes y después de la primera etapa del circuito. Donde la energía almacenada en C1 “levanta” la señal.



4.5.1.3. Análisis en alta frecuencia

Como se mencionó en el apartado 3.6.4 existe más de un modelo o versión de diodo, cual usar, dependerá del campo de aplicación. Los ítems 3.6.4.1 y 3.6.4.2 explican aquellos utilizados en la presente tesis. Ambos dispositivos, Schottky y Rectificador, comparten la característica principal de permitir la circulación de corriente en un único sentido, es decir, cuando se los polariza en directa.

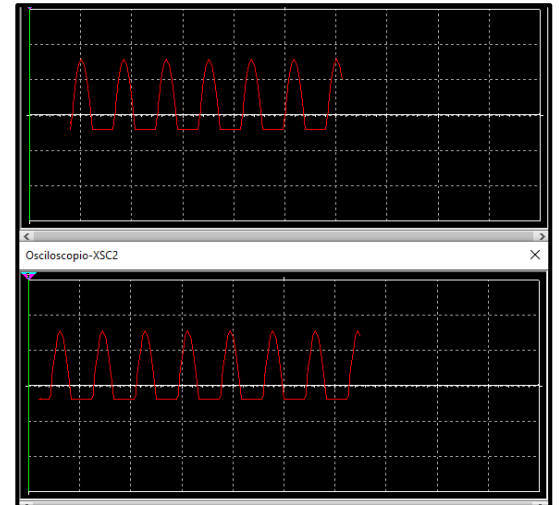
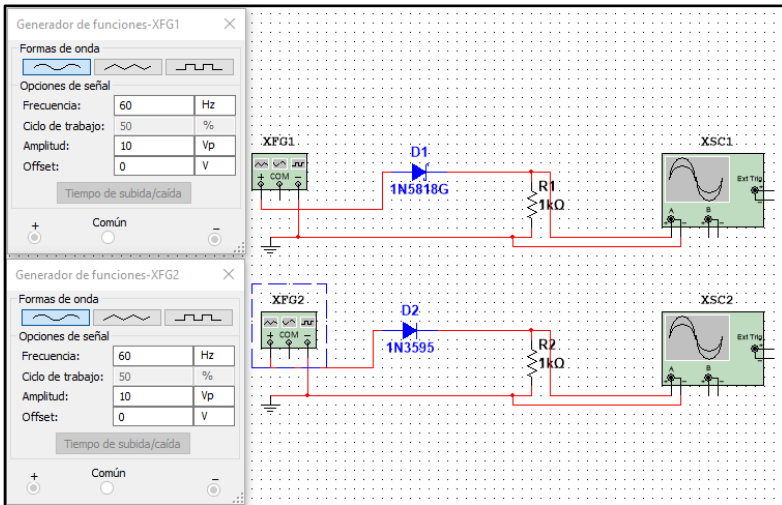
Sin embargo, tienen diferencias bien marcadas entre ellos que puede representar un problema o solución según las condiciones de uso:

- I. Caída de tensión o tensión de conducción:
 - a. Rectificador: 700 a 800 mV
 - b. Schottky: 400 a 500 mV
- II. Tensión máxima de trabajo:
 - a. Rectificador: 400 V
 - b. Schottky: 40 V
- III. Tiempo de recuperación:
 - a. Frecuencias del orden del Hertz no superiores a 100 ciclos por segundo
 - b. Frecuencias del orden de los Megahertz

4.5.1.3.1. Simulación

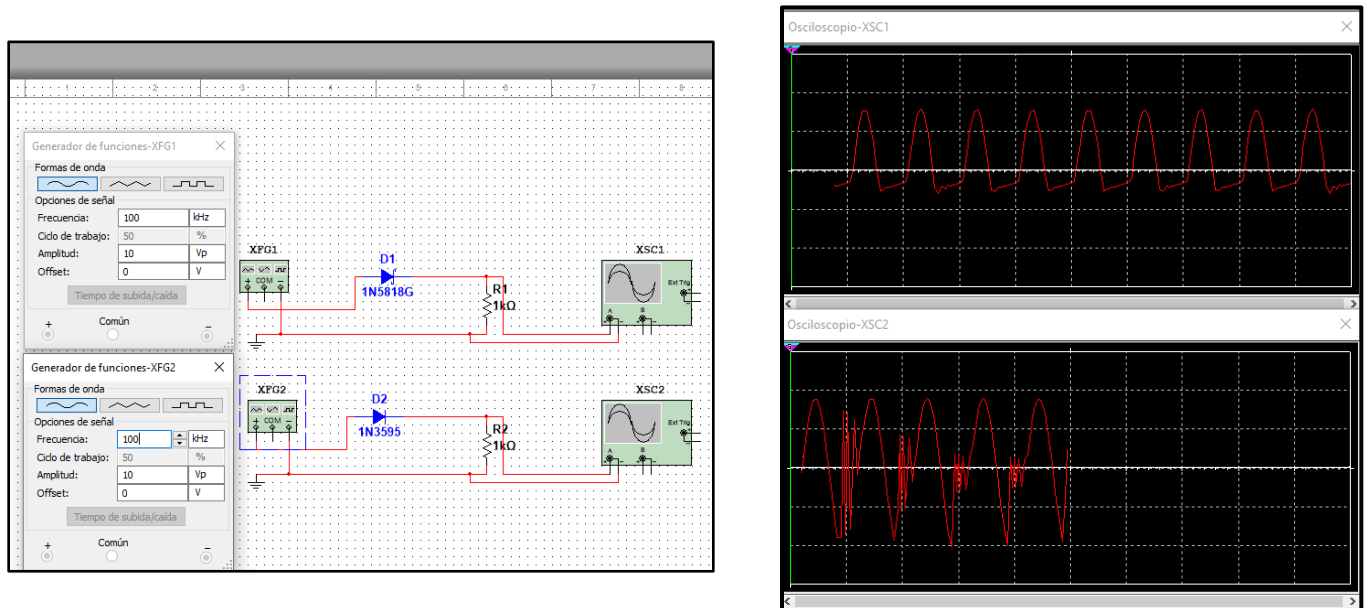
Se utilizaron los siguientes instrumentos y componentes:

- Osciloscopio:
 - XSC1: Salida circuito con diodo Schottky
 - XSC2: Salida circuito con diodo rectificador
- Generadores de alterna:
 - V_1 y $V_2 = 5 \text{ V}_p / 60 \text{ Hz}$
- D1A: Diodo Schottky
- D2: Diodo rectificador
- Diodos [D1, D2]
- Carga [R1, R2]



Se observa que ambos diodos están recortando el semiciclo de la onda negativa correctamente. Recayendo sobre la carga [R1] el semiciclo positivo solamente.

A continuación, se repite el proceso aumentando la frecuencia en los generadores:



La comparativa entre los osciloscopios demuestra que el diodo Schottky [D1] mantiene la capacidad de recortar el semiciclo negativo (Osciloscopio XSC1) mientras que el diodo Rectificador [D2] funciona prácticamente como un cortocircuito, recayendo sobre la carga [R2] una señal cuasi sinusoidal.

4.5.2. Conclusión

De las simulaciones realizadas se concluye la necesidad de utilizar un diodo Schottky debido a que su capacidad de trabajar en altas frecuencias es una característica fundamental y necesaria pues las radio frecuencias emanadas al espacio libre comienzan con un valor del orden de los 500 KHz (Ver inciso 4.4.2).

Su principal desventaja de baja tolerancia de tensión no es un problema pues acorde a las mediciones obtenidas de las pruebas indicadas en el inciso 4.4.4.3 arrojan valores de energía muy pequeños.

Por otro lado, siendo que el circuito es totalmente pasivo, su bajo valor de tensión de trabajo se convierte en un pilar que permite “economizar perdidas” de energía en el transcurso de la recepción hasta la entrega a la Carga.

Cabe mencionar que el circuito es totalmente escalable en lo que a concatenación de etapas respecta, el inconveniente, es que cada etapa hará uso de mas diodos, y por ende, más caídas de tensión intermedias. Por esto, se decidió avanzar con la configuración mínima indispensable de dispositivos electrónicos.

4.6. Desarrollo de la antena

A partir de los valores y conclusión obtenidos a lo largo del presente inciso, se procede al desarrollo de una antena para aprovechar al máximo posible las frecuencias de trabajo donde se observó mayor energía. Se destaca la necesidad de amplificar debido a los bajos niveles de recepción por parte del dipolo resonante en sí mismo. Esto se debe a que, por sí solo, su ganancia es de 0 dB, es decir, nada. Para lograr este objetivo, se recurre al concepto de área efectiva, donde a mayor superficie de antena, mayor energía inducida. Este tipo de soluciones se observa en casos prácticos como por ejemplo el uso de parábolas en antenas de radio enlaces o una cadena (También llamado “arrays”) de dipolos a lo largo de una plancha metálica a sus espaldas como por ejemplo antenas celulares.

4.6.1. Consideraciones de la antena

Para el desarrollo de la antena se tuvieron en cuenta varios aspectos a la hora de idear el diseño:

- Los materiales deben ser de bajo costo, fácil reemplazo en caso de roturas y en preferencias disponer de un circuito de reciclado y/o disposición final formalizado.
- Se utilizarán antenas loop debido a su sencilla construcción y gran área efectiva, lo que permite mayor captación de la energía.
- La cantidad de energía recibida por una antena dependerá de su área. Esto se logra incrementando la cantidad de vueltas/espiras.
- Para lograr una máxima transferencia de energía, debe estar acoplada la impedancia de la antena con la del circuito conectado a ella.

La principal ventaja del dispositivo propuesto en esta tesis es la no necesidad de demodular y/o decodificar la información contenida en la señal electromagnética, de aquí se explica la ausencia de filtros a la salida de la antena. Cabe destacar que no existe una antena de ancho de banda infinito por lo que sus características constructivas serán quienes definan el arco de frecuencias que se inducirán en ellas (Se intentará aprovechar lo máximo posible su ancho de banda constructivo).

4.6.2. Construcción de la antena

Los pilares a tomar en cuenta para el desarrollo de este punto son los especificados en el ítem 3.5 de esta tesis. Sin embargo, en cuanto al sintonizador (Ítem 3.5.5), no se hará uso de este pues el objetivo es trabajar puntualmente con frecuencias específicas correspondientes a las características constructivas de la antena.

4.6.2.1. Consideraciones físicas

La antena tipo loop elegida para esta tesis es en sí misma una bobina. Por lo tanto, para calcularla y acoplarla se hará de las ecuaciones de impedancia que desprenden de la de resonancia:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L * C}}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 * L} \quad L = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 * C}$$

$$X_c = -\frac{1}{2\pi f_r * C} \quad X_L = 2\pi f_r * L$$

Donde: f_r = Frecuencia de resonancia

C = Valor de capacitancia [Faradios]

L = Valor de inductancia [Henrios]

X_c = Reactancia capacitiva

X_L = Reactancia inductiva

Como puede observarse todos los valores se desprenden de una misma ecuación central [f_r], por lo que resulta necesario fijar a algunos de ellos para poder así averiguar la incógnita deseada.

Para la antena se dispone de cable de 1 mm de diámetro.

4.6.2.1.1. Obtención de valores

En primera instancia, se elegirá una frecuencia de trabajo que permita construir y utilizar dispositivos electrónicos de fácil acceso en el mercado en cuanto a costo y disponibilidad.

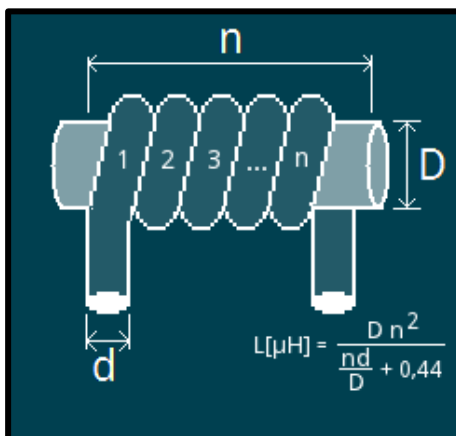
Por otro lado, la capacitancia también debe fijarse ya que por lo expresado en el inciso anterior es un parámetro totalmente dependiente de la inductancia:

✓ Frecuencia de trabajo elegida: 1 MHz

✓ Capacitor elegido [C_1]: 220 nF

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 * C_1} = \frac{1}{(2\pi * 1 * 10^6 \text{Hz})^2 * 220 * 10^{-9} \text{F}} = 115 \text{ nHr}$$

Para la construcción, se recurre a la ecuación que unifica los parámetros constructivos competentes a una antena:



- Diámetro del conductor [d]
- Diámetro de núcleo de aire [D]
- Cantidad de vueltas o espiras del conductor [n]
- Valor en Henrios de la bobina a construir [L]

$$L[\mu H] = \frac{D * n^2}{\frac{n * d}{D} + 0.44}$$

Donde:

$$L_1 = 115 \text{ nHr (Calculado en ítem 4.6.2.1.1)}$$

$$d = 1\text{mm (Valor del conductor disponible)}$$

$$D = 6 \text{ cm (Valor seleccionado arbitrariamente)}$$

Realizando la matemática correspondiente se obtiene que $n = 0.93 \approx 1$

El capacitor será instalado en paralelo a la antena, formando un circuito LC paralelo pues se necesita transmitir la mayor cantidad de tensión (Diferencia de potencial) hacia el circuito sumador-rectificador para que pueda trabajar con la mayor eficiencia posible.

4.7. Construcción del circuito y determinación de componentes

Para construir el circuito duplicador-rectificador se deben cumplir ciertos requisitos en la elección de los componentes electrónicos que lo conformaran.

D1 y D2 serán diodos Schottky según lo analizado en el ítem 4.5.1.3. El modelo elegido es el 1N4148 dado que su tiempo de recuperación es de 4 nano segundos [nseg] y una tensión de ruptura de 75 voltios, valores muy por debajo y por encima respectivamente de los valores a utilizar en las pruebas empíricas.

El resistor R1 es el encargado de limitar la corriente en el instante inicial de conexión del circuito t_0 pues hay mucha demanda de corriente debido a los capacitores descargados, además de evitar un cortocircuito al conectar un componente como por ejemplo un diodo LED infrarrojo.

Se estima un valor máximo de recepción del circuito sumador de 2Vpp, por lo tanto, su tensión de salida será de 4VCC ideales. Siendo el consumo estimado de un LED infrarrojo 60mA, se procede a calcular un valor de R que limite la corriente al menos a 500 mA:

$$R[\Omega] = \frac{V[volt]}{I[ampere]} = \frac{4V}{0,5A} = R1 = 8\Omega$$

Se redondea el valor al normalizado mas próximo: 8,2Ω

C_3 , el capacitor de salida, debe ser aquel que cumpla con la siguiente ecuación, tomando en cuenta la antena (O bobina) presente en el circuito:

$$C_{min} = \frac{(1 - D_{min}) * V_{out}}{8 * f_r^2 * L * V_{C_{pp}}}$$

Donde:

C_{min} = Valor minimo del capacitor de salida [Faradios]

D_{min} = Ciclo de trabajo

V_{out} = Tension de salida esperada o ideal

f_r = Frecuencia de trabajo

L = Valor de bobina asociada [Henrios]

$V_{C_{pp}}$ = Valor del rizado tolerable.

Nota: Los valores de D_{min} y $V_{C_{pp}}$ se fijan según el funcionamiento y parámetros constructivos del circuito respectivamente. De aquí, $D_{min} = 50\% = 0,5$ y $V_{C_{pp}} = 120 \text{ mVolt}$. Este ultimo un valor mas que tolerable y estándar en fuentes de rectificación de corriente.

El ciclo de trabajo se considera del 50% ya que los diodos solamente trabajaran durante el semiciclo positivo de la señal sinusoidal de entrada, es decir, la mitad del período de ésta.

$$C_3 = \frac{(1 - 0,5) * 4VCC}{8 * (1MHz)^2 * 115nHr * 120mVolt} = 18\mu F$$

Se redondea el valor al normalizado superior mas próximo: 22 μ F

Por último, el valor de C_2 debe cumplir con que la constante τ [Tau] sea 5 veces mayor a la mitad del semiciclo donde conduce el diodo, es decir que este polarizado en directa, es decir en el semiciclo positivo que puede entenderse como la cuarta parte del periodo.

$$5 * \tau[\text{seg}] = 5 * (R[\Omega] * C[\text{F}]) = 5 * (R_1 * C_1) > \frac{\left(\frac{1}{f[\text{Hz}]}\right)}{4} = \frac{t}{4}$$

$$5 * (8\Omega * C_1) > \frac{\left(\frac{1}{1\text{MHz}}\right)}{4}$$

$$C_2 > \frac{250\text{nseg}}{5 * 8\Omega} = 6,25 \text{ nF}$$

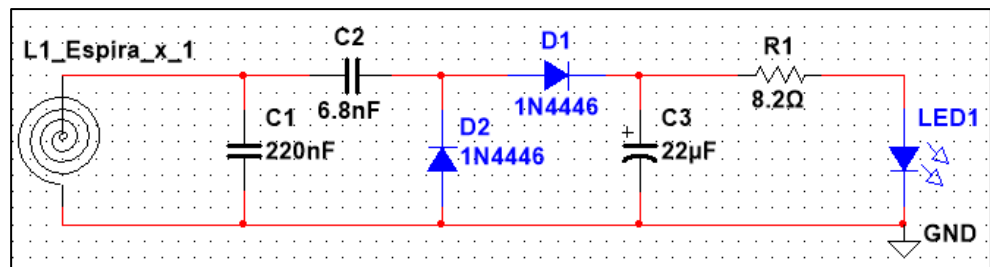
Se redondea el valor al normalizado superior mas próximo: 6,8 nF

Tanto C_2 como C_3 deben compartir la característica de soportar al menos $2 * V_{PP}$ pues es la tensión que recibirán en el proceso de sumado y rectificación de tensión.

4.7.1. Pruebas empíricas

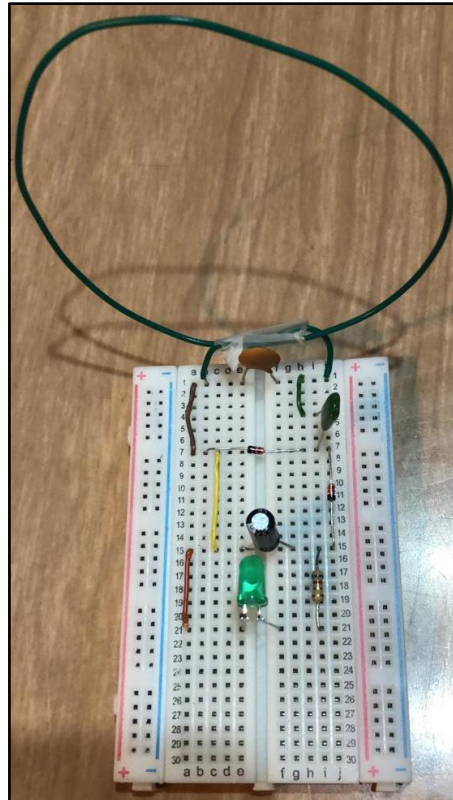
Los dispositivos electrónicos se montarán sobre un protoboard para dar forma física al circuito presentado en 4.5.1.2 según el siguiente diagrama:

- Mediciones de caída de tensión entre R1 y Masa [GND]
- Mediciones de L1 en diferentes frecuencias de entrada
- Determinación de capacidad de realizar un trabajo por parte de la carga [LED]



4.7.1.1. Construcción

Se procede al armado del circuito:



4.7.2. Generador de energía electromagnética

El presente generador se lo ha considerado únicamente en el prototipo armado y para efectos de demostración, dado que en el campo de aplicación se encuentra ya implementado en los equipos que emiten las radio frecuencias comerciales.

Equipamiento:

- Generador de señales:
 - Objetivo: Generar señales a ser inducidas por el circuito.
 - Fabricante: Leader
 - Modelo: LFG-1310
 - Rango de trabajo: 100 MHz - 10 MHz
 - Impedancia de salida: 50 Ω

- Osciloscopio:
 - Objetivo: Corroborar la señal generada por el Generador de señales y observar el comportamiento del circuito en diferentes puntos.
 - Fabricante: Hitachi
 - Modelo: V-555
 - Rango de trabajo: Hasta 50 MHz

- Voltímetro:
 - Objetivo: Medir valor de tensión en diferentes puntos del circuito.
 - Fabricante: TFE
 - Modelo: YF-3180



4.7.3. Adaptación de impedancia

Siendo que se utiliza un generador, es importante realizar la adaptación de impedancias para que la energía entregada y posteriormente irradiada por la antena emisora sea lo mayor posible. En otras palabras, lograr una transferencia de energía lo más eficiente posible.

Para ello, se recurre a lo detallado en el ítem 3.8 utilizando en esta instancia un circuito RLC tipo serie, pues se necesita que la mayor cantidad de corriente posible circule sobre la bobina/antena emisora (Recuérdese que para el 4.6.2.1.1 se utilizó el LC tipo paralelo, quedando en evidencia es necesario usar una configuración o la otra dependiendo de lo necesitado y aprovechando las cualidades de cada variante).

Como la impedancia de salida del generador es de 50Ω , el circuito LC acoplado deberá lograr ese mismo valor en la frecuencia de trabajo.

Como se mencionó en el ítem 4.6.2.1, L y C dependen entre sí. Por lo tanto, se comienza el análisis fijando el valor de C y f_r .

$$f_r = 1 \text{ MHz}$$

$$C_4 = 220 \text{ nf} \Rightarrow X_c = -\frac{1}{2\pi f_r * C} = -\frac{1}{2\pi * 1\text{MHz} * 220\text{nf}}$$

$$X_c = -0.72j\Omega$$

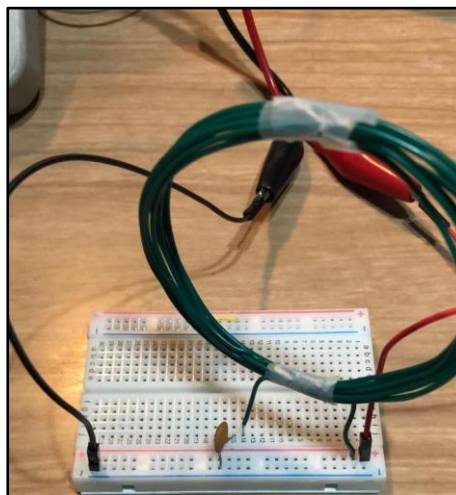
$$\text{Si } X_c = -0.72j\Omega \Rightarrow X_L = 50\Omega - X_c = 49.28\Omega \approx 50\Omega$$

$$X_L = 50\Omega$$

$$X_L = 2\pi f_r * L \Rightarrow L_2 = \frac{X_L}{2\pi f_r} = \frac{50.72}{2\pi * 1\text{MHz}} = 8.2\mu\text{H}$$

Para la construcción de esta bobina se respeta la ecuación y valores constructivos detallados en el ítem 4.6.2.1.1, por lo que necesita de 9 espiras.

El armado se muestra a continuación:



4.7.4. Observaciones

A todo valor pico de señal inyectado, se obtiene aproximadamente el doble, es decir, el equivalente su umbral pico-a-pico. De las pruebas empíricas realizadas, se obtuvo lo siguiente:

Valor generado	Valor ideal	Valor a la salida
1 volt pico	2 volt DC	1.5 Volt
2 volt pico	4 volt DC	3.5 Volt
3 volt pico	6 volt DC	5.5 Volt

Se observa que los 0.5 volt de diferencia entre el *valor ideal* y el *valor a la salida* se debe a la sumatoria de la tensión umbral de los diodos y la caída de tensión sobre la resistencia R_1 .

Por otro lado, si bien el capacitor logra almacenar y entregar a la carga un valor de tensión suficiente para vencer el umbral de no-conducción del dispositivo de prueba, un diodo LED, el mismo no se enciende. Esto se debe a que la corriente suministrada por el circuito duplicador y posteriormente rectificador no es suficiente. Por lo tanto, atendiendo a las propiedades de un circuito inductivo, se concluye que se necesitan más espiras para lograr una inducción de mayor flujo electromagnético y obtener así la corriente necesaria.

Como conclusión, se obtiene que debe hacerse una modificación en la antena para aumentar su capacidad de recepción de energía presente en el espacio libre.

4.8. Correcciones en el diseño del prototipo

Basándose en las conclusiones expuestas en el apartado anterior, se procede a realizar las correcciones necesarias con el fin de lograr a la salida del circuito valores de corriente y tensión utilizables.

En lo que respecta al generador, en cuanto a cantidad de energía generada, adaptación de impedancias, ítem 4.7.3, y componentes del circuito principal, ítem 4.7, se mantienen absolutamente todos los valores. Se procede solamente a cambiar la antena y su correspondiente acoplamiento [C_1].

El objetivo de esta prueba es captar mayor flujo de campo magnético irradiado por la antena transmisora y que el aumento en la cantidad de espiras permita una mayor inducción de corriente de manera tal que el LED se encienda.

Un cambio en la antena implica un nuevo valor de inductancia [L] por lo que resulta necesario recalcular la adaptación de impedancias para que la transferencia de energía hacia el circuito sumador-rectificador sea lo más eficiente posible.

4.9. Construcción de la nueva antena

Tomando como pilar las pruebas detalladas en el ítem 4.7.1 y la observación informada en el ítem 4.7.4 se procede a recalcular las características de la antena.

4.9.1. Obtención de valores

Todas las premisas y modelos matemáticos expresados en el ítem 4.6 se mantienen vigentes. La principal diferencia radica en que para esta instancia el valor de espiras de la bobina [n] es el parámetro inicial que deberá fijarse, y a partir de éste se calculará el valor del resto de los dispositivos:

- ✓ Frecuencia de trabajo elegida: 1 MHz
- ✓ Cantidad de espiras del conductor: 9 (Nueve)

$$L[\mu H] = \frac{D * n^2}{\frac{n * d}{D} + 0.44}$$

Donde:

$$n = 9$$

$$d = 1mm$$

$$D = 6 cm$$

Realizando la matemática correspondiente se obtiene que $L_1 = 8.23 \mu H$

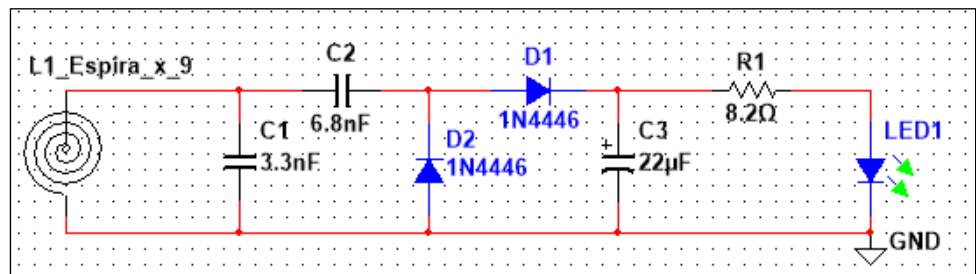
Obtenido el valor de L, se procede a calcular el valor de C que resonará para dicha valor de inductor y frecuencia de trabajo elegida:

$$C_1 = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 * L} = \frac{1}{(2\pi * 1MHz)^2 * 8.23 \mu H} = 3.08 \approx 3nF$$

Se redondea el valor al normalizado superior mas próximo: 3.3 nF

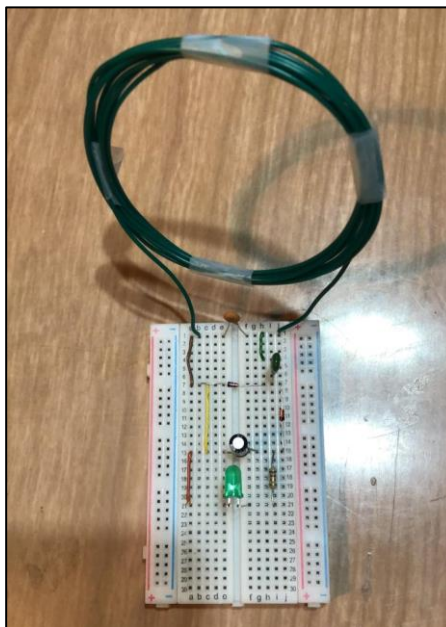
4.9.2. Pruebas empíricas

El circuito de pruebas a construir se muestra en el siguiente diagrama, nótese el aumento en las espiras de la bobina receptora:



4.9.2.1. Construcción

Se procede al armado del circuito:



4.9.3. Nuevas observaciones

Si bien los valores de tensión medidos se mantienen, lo cual concuerda con lo esperado dado que el circuito no amplifica y los valores de señal generados utilizados fueron los mismo que en el ítem 4.7.4, se comprobó que el LED logra encenderse e incluso permanecer en ese estado.

Este comportamiento indica que la corriente y la tensión son ahora suficientes para permitir el trabajo del LED.

Como prueba adicional se varió la distancia entre antena transmisora y receptora evidenciándose que los valores obtenidos a la salida (Véase ítem 4.7.4) se mantienen constantes y el LED [Carga] encendido hasta un máximo de 5 cm, dejando en evidencia lo expresado en la ecuación de atenuación por espacio libre, siendo ésta directamente proporcional al cuadrado de la distancia:

$$P_r = S * A_{ef} = \frac{PIRE}{4 * \pi * d^2} * A_{ef}$$

Donde:

P_r = Potencia recibida

$PIRE$ = Potencia isotropica radiada efectiva

d = Distancia entre antena emisora y antena receptora

A_{ef} = Area efectiva de antena receptora

Sin embargo, esto no presenta un problema si se recuerda el propósito y campo de aplicación del presente proyecto: Proveer energía a dispositivos de baja potencia no-constante.

Por lo cual, la atenuación producida por el aumento en la distancia resulta no bloqueante para el trabajo y aplicación del circuito, dado que no afecta sus capacidades ya que la variable afectada por el fenómeno de atenuación es el tiempo de carga de C_3 , el cual suministrará a la Carga la tensión y corriente necesarios.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5. Capítulo V: Conclusiones

En este capítulo se expondrán las conclusiones obtenidas de la prueba de concepto basada en el aprovechamiento de radiofrecuencias presentes en el espacio libre realizada en la presente tesis.

5.1. Conclusión

El circuito propuesto, construido y analizado es competente y permite el aprovechamiento de una frecuencia presente en el espacio libre al aumentarla, rectificarla y direccionarla a una carga de bajo consumo permitiéndole realizar un trabajo.

Es necesario recordar que si bien el circuito, mediante el uso de una antena convenientemente dimensionada es capaz de trabajar con cualquier frecuencia, su mayor pico de eficiencia y capacidad de trabajo se desarrollan con aquellas que transmiten información tipo Broadcast (Un emisor, múltiples receptores como puede ser AM y FM), dado que para el caso de comunicaciones bajo demanda (On-demand) es necesaria la demanda del servicio para que exista tráfico/intercambio de datos y existan flujos de energía que puedan captarse (Fuera del tiempo de trabajo, en estas frecuencias se emiten picos de energía espontáneos y de muy corta duración).

Si bien al tratarse de señales electromagnéticas la atenuación por espacio libre afecta directamente a la cantidad de energía que estará disponible en los distintos puntos a diferentes distancias de la fuente emisora y repercutiendo en la capacidad de entregar energía a su salida por parte del circuito (Menor cantidad de flujo presente y por lo tanto inducido), no es bloqueante para su funcionamiento ya que, partiendo de un umbral mínimo necesario para vencer la barrera del diodo, el circuito tiene la capacidad de entregar energía al capacitor de salida C_3 , solo que en menor medida y por lo tanto tardara mayor tiempo en cargarse.

Es importante destacar que no se necesita que el LED permanezca encendido, sino que pueda hacerlo.

Su campo de aplicación es muy amplio pues el emergente mercado de IoT tiene como uno de sus pilares el bajo consumo, demanda no constante de energía y la ecología.

La utilización de procesos industriales permitiría reducir aún más el tamaño del circuito permitiéndole explotar aún más su campo de aplicación.

Por ejemplo, las antenas de celulares son muy pequeñas y permiten a los usuarios mantener conversaciones fluidas y acceder a internet.

Como se mencionó en la conclusión del ítem 4.5.2 el circuito es completamente escalable en lo que a adición de etapas de aumento de tensión respecta. Permitiéndole adaptarse a diferentes necesidades de consumo. Sin embargo, cabe destacar que el uso de mas diodos implica más caídas de tensión intermedias. Por lo tanto, el uso de esta variante dependerá directamente de la potencia disponible en el medio en el campo de aplicación elegido.

Otra posibilidad frente a un requerimiento de mayor consumo es concatenar mas de un circuito sumador-rectificador tanto en serie como en paralelo según se necesite mayor corriente o tensión respectivamente. Esto, ya que a su salida el circuito entrega una tensión V_{cc} tipo DC.

También, para lograr un mayor aprovechamiento de las distintas frecuencias presentes en el espacio aéreo, y aprovechando el concepto de concatenar circuitos, se pueden utilizar diferentes antenas en cada uno de ellos (Con su respectivo acoplamiento) consiguiendo así un espectro de trabajo diferente en cada uno de ellos y un reciclado de energía más completo del espectro radioeléctrico (Ver ítem 4.6.1).

El elemento principal del circuito es su antena, por lo que su capacidad para captar energía inalámbrica y el valor de ganancia [dBi], resultan de vital importancia para lograr una redirección óptima de la energía.

Para una transmisión eficiente, es mandatorio lograr una adaptación de impedancia (Ítems 4.6.2.1.1 y 4.9.1) lo más exacta y precisa posible entre la antena y el circuito sumador-rectificador.

De las pruebas empíricas (Ítems 4.7.1 y 4.9.2) se concluyó que una antena solo puede trabajar en la frecuencia para la cual fue diseñada (Y debidamente acoplada) ya que su capacidad resonante solo se cumple para aquella frecuencia cuyo $\frac{\lambda}{2}$ coincide con su largo [L] (Ítem 3.5.2).

Por lo tanto, el ancho de banda del circuito sumador-rectificador está dado por el parámetro constructivo de la antena. Lo que quiere decir que, mediante la aplicación de un sintonizador manual (Por ejemplo, el de una radio) puede realizarse un barrido en frecuencia para así elegir la frecuencia con mayor energía presente.

Para casos de uso donde se necesita mayor nivel de energía DC y/o haya fuerte presencia de energía electromagnética el circuito permite la adición de más etapas de suma-rectificación para, ante un mismo valor de entrada AC, obtener a su salida un valor en DC proporcionalmente superior a las etapas adosadas.

La capacidad de ser totalmente pasivo convierte al circuito en una solución independiente de energía externa y segura para el usuario al utilizar valores de tensión y corrientes bajos.

Tomando como base lo expresado en el ítem 4.7.2, para el caso de uso domiciliario o de baja penetración electromagnética (Por ejemplo, garajes subterráneos, subtes, etc.) es conveniente considerar la utilización de un generador de frecuencia local y la aplicación del circuito sumador-rectificador optimizado específicamente para ese valor de frecuencia puntual convenientemente no-licenciado o regulado por Entes Nacionales (Por ejemplo, las de radio aficionados: 5258 a 5403 kHz).

Finalmente, si bien es cierto que el valor de frecuencia es inversamente proporcional a la longitud [L] de la antena dado que, según lo expresado en ítem 4.4.2, a menor frecuencia (Donde operan la mayoría de las comunicaciones tipo Broadcasting) mayor será longitud del dipolo resonante, tampoco presenta una limitante para el circuito dado que la antena puede adaptarse/camuflarse a su entorno.

Por ejemplo, en el hipotético caso de un cesto inteligente instalado en una luminaria en la ciudad de Buenos Aires que se desee alimentar aprovechando la frecuencia de FM, el largo [L] de la antena debería ser de 1.56 metros. En este caso podría aprovecharse la propia luminaria como antena cuya longitud promedio es de 9 metros (Aproximadamente 3 pisos de altura).

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6. Capítulo VI: Bibliografía

6.1. LIBROS

TROPEANO, Francisco. *Antenas y propagación*

TROPEANO, Francisco. *Introducción al procesamiento y transmisión de datos*. Buenos Aires: Libro. y Editorial Alsina, 2003.

BOYLESTAD, Charles L. y NASHIELSKY, Louis. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. 10a ed. Pearson educación, México, 2009. Capítulo 1, Diodos semiconductores, p. 1-49. ISBN: 978-607-442-292-4

BOYLESTAD, Charles L. y NASHIELSKY, Louis. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. 10a ed. Pearson educación, México, 2009. Capítulo 2, Aplicaciones del diodo, p. 59-114. ISBN: 978-607-442-292-4

EDMINISTER, Joseph A. *Circuitos eléctricos*. Universidad de Akron, 21 de agosto de 1965.

KAZIMIER, Marian K. *PulseWidth Modulated DC DC Power Converters*. 2da ed. Capítulo 2. Buck PWM DC–DC Converter

6.2. PÁGINAS WEB

ENACOM [en línea]. © 2015. [Consulta 5 May 2019]

https://www.enacom.gob.ar/am_p563

https://www.enacom.gob.ar/antenas_p120

https://www.enacom.gob.ar/atribucion-del-espectro_p409

WIKIPEDIA [en línea]. © 2001. [Consulta 5 May 2019]

https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_el%C3%A9ctrica

https://es.wikipedia.org/wiki/Reciclaje_de_pilas_y_bater%C3%ADas

https://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n_de_ondas_de_radio

<https://es.wikipedia.org/wiki/Antena>

GREENPEACE [en línea]. © 2010. [Consulta 10 May 2019]

[https://www.greenpeace.org/archive-](https://www.greenpeace.org/archive-argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Pilas-y-Baterias1/)

[argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Pilas-y-Baterias1/](https://www.greenpeace.org/archive-argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Pilas-y-Baterias1/)

NATIONAL GEOGRAPHIC [en línea]. © 2018. [Consulta 10 May 2019]

https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/ponte-pilas-por-medio-ambiente_13232

6.3. PAPERS

Fundación Azul Ambientalistas [en línea]

<https://azulambientalistas.wordpress.com/enlaces/basura/inofensivaspilas/composiciondelaspilas/>

6.4. OTROS SOPORTES

Capítulo II. Anexo 1 - *Composición interna de pilas y baterías*

Capítulo III. Anexo 1. *Ecuaciones de Maxwell*, Anexo 2. *Vector de Poynting*, Anexo 3. *Antenas y sus características*, Anexo 4. *Antenas*

VIDEO ELECTRONICA FP. *Radiocomunicaciones y Antenas*.
https://www.youtube.com/channel/UCeidauAIxx_JeNcrleaPDqw

DETALLES TÉCNICOS ANTENAS 3G. Anexo con detalle técnico de antena 3G utilizada en las pruebas detalladas en el inciso 4.4.5.2

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7. Capítulo VII: ANEXOS

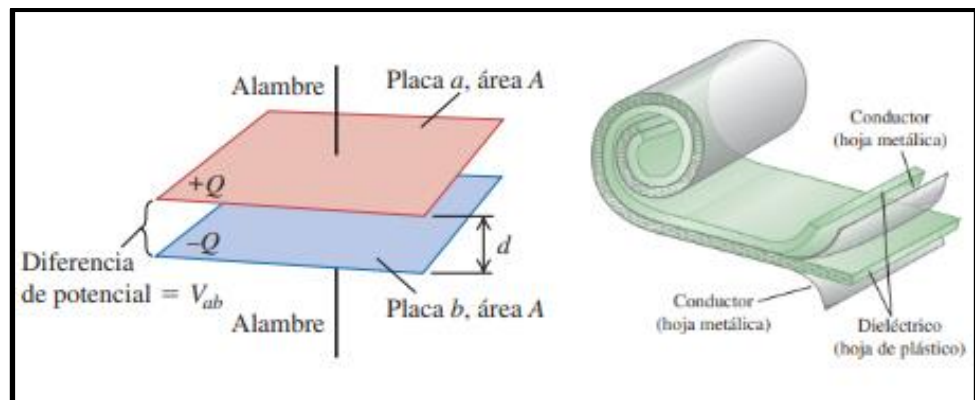
7.1. Componentes electrónicos

7.1.1. Capacitor

Dispositivo compuesto por placas paralelas de igual área y separadas una distancia determinada ya sea por aire u otro elemento. Tiene la capacidad de almacenar cargas eléctricas para luego suministrarlas en un espacio de tiempo breve. Esta habilidad se denomina Capacitancia [C] y su unidad de medida es el Faradio.

Existe en más de una medida y forma, siendo los mas comunes los cerámicos planos y los electrolíticos circulares.

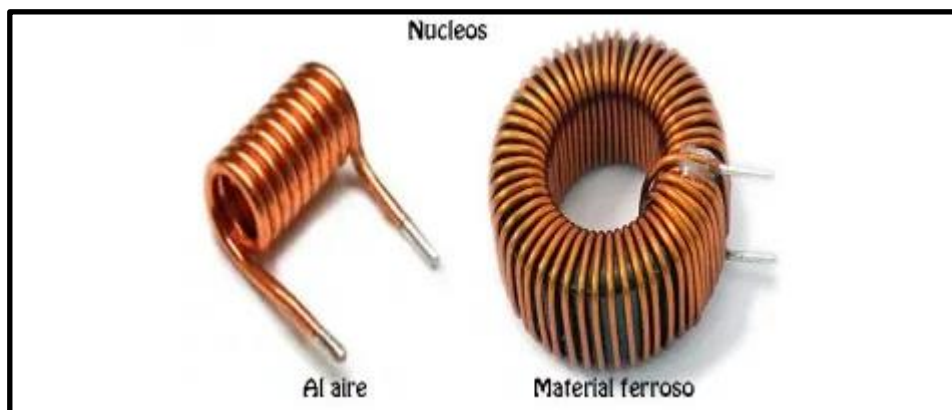
El capacitor utiliza el campo eléctrico para almacenar energía, por lo que al almacenar las cargas en sus placas distanciadas [d] su comportamiento en corriente continua es de un circuito abierto y en corriente alterna, un cortocircuito o cable.



7.1.2. Bobina

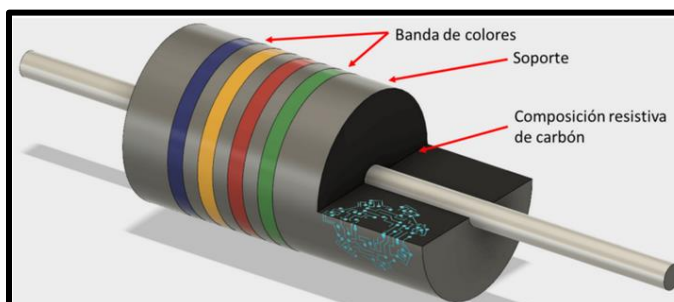
Es un elemento pasivo de dos terminales compuestas por un elemento conductor, ya sea alambre de cobre o bien una pista de cobre de un circuito impreso. Se diferencia del capacitor en el método de almacenaje de energía, pues utiliza el campo magnético generado por la circulación de corriente eléctrica. Su funcionamiento radica en la oposición a bruscos cambios de campo magnético, evento ante el cual la bobina se opone entregando una tensión equivalente, esta capacidad de oposición se cuantifica mediante la unidad de Henrios [H] y se denomina Inductancia.

Nótese que siendo el campo magnético la forma de trabajo de la bobina, este comportamiento es solo válido en corriente alterna, comportándose como un cable para corriente continua.



7.1.3. Resistor

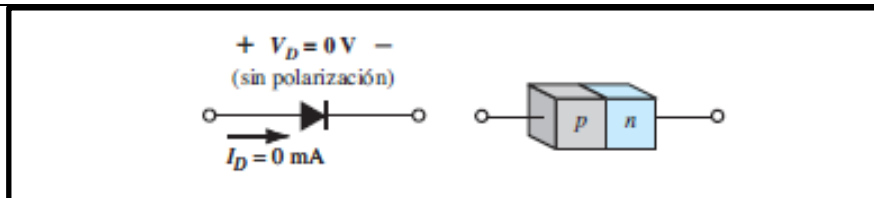
Se denomina resistor o resistencia a toda aquella oposición al paso de la corriente, identificándose con la unidad de medida Ohm [Ω].



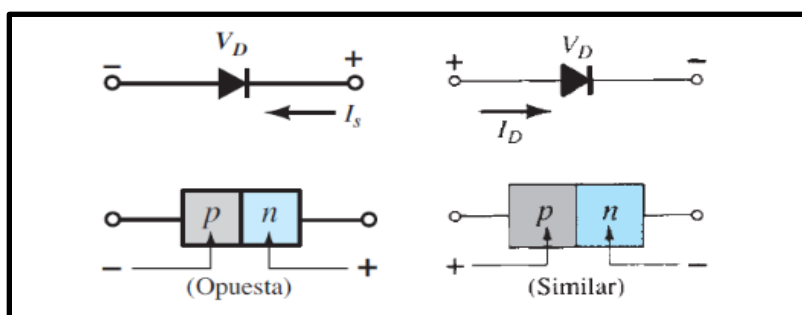
7.1.4. Diodo

Este semiconductor, está compuesto de dos materiales clasificados como *extrínsecos*, pues han sido sometidos a un proceso de dopado para cambiar sus propiedades eléctricas. Uno de ellos tendrá en su estructura atómica electrones en exceso, y el otro insuficientes para lograr sus enlaces covalentes (Llamados “huecos”), recibiendo el nombre de material *tipo n* y *tipo p* respectivamente.

En esencia, un Diodo es la unión de dos materiales extrínsecos diferentes: Un tipo “p” con un tipo “n”.



El diodo puede ser polarizado, termino dado a la aplicación de una tensión externa en sus bornes, de manera directa o inversa, comportándose como un excelente conductor o aislante respectivamente:

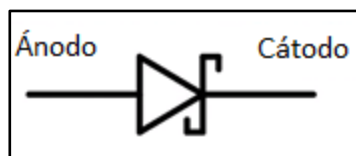


7.1.4.1. Rectificador

Es la variante mas utilizada en circuitos electrónicos que se conectan a la red de 220V-50Hz hoy día, de donde obtiene su nombre por el proceso que realiza (Ver ítem 3.7). Sus principales características son su valor umbral de tensión de aproximadamente 0.7 volts y frecuencia de operación de entre 50 y 60 Hz.

7.1.4.2. Schottky

Cumple la misma función que el diodo rectificador con la particularidad que el umbral de tensión necesario para que conduzca corriente es de 400 a 800 mVolts y una frecuencia de trabajo por encima de los hasta 60 Hz convencionales, manteniendo su tiempo de recuperación correctamente incluso por encima de los 300 MHz.



7.1.4.3. Emisores de luz

Es un diodo capaz de emitir luz visible o infrarroja (Invisible) al ser energizado en *directa*, pues en la unión de los materiales extrínsecos la recombinación produce una liberación de energía que puede ser en forma de calor o fotones.

