



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN  
ELECTROBISTURÍ PARA CIRUGÍAS  
SUPERFICIALES.**

**Autor:**  
Carrillo, Jesús  
C.I.: 21.031.531

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN ELECTROBISTURÍ PARA  
CIRUGÍAS SUPERFICIALES.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO.**

**Autor:** Carrillo, Jesús  
C.I.: 21.031.531  
**Tutor:** Ing. Mendoza, Wilfredo

San Diego, Julio de 2019



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-E-006-2019-1CR

Valencia, 21 de Marzo de 2019.

Ciudadano:  
Jesús Carrillo  
C.I: 21.031.531  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 21-03-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN ELECTROBISTURÍ PARA CIRUGÍAS SUPERFICIALES**. Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Wilfredo Mendoza, C.I: 22.744.494 y la Ing. Alicia De Pizzella, C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente

Prof. Luis Mira  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/le.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Wilfredo Mendoza, portador de la cédula de identidad N° 22.744.494, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Carrillo Jesús, portador de la cédula N° 21.031.531, titulado **“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN ELECTROBISTURÍ PARA CIRUGÍAS SUPERFICIALES”** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los once días del mes de Julio del año dos mil diecinueve

Ing. Wilfredo Mendoza

C.I.: 22.744.494

## **DEDICATORIA.**

**A mi madre, Linda,** por darme amor, cariño y todo su apoyo, otorgarme la formación que tengo y enseñarme muchas lecciones día a día, es mi ejemplo a seguir y el mejor regalo que la vida me pudo dar. Me siento muy orgulloso de que su trabajo ha empezado a rendir frutos y por todo eso, este logro no es solo mío, sino de ella también. Así que espero que disfrute este trabajo.

**A mi padrastro, Ali,** por estar allí presente día tras día, por darme el ejemplo de hombre y padre de familia, por darme todo su apoyo y conocimiento en la vida cotidiana.

**A toda mi familia,** que siempre han depositado su confianza y apoyo incondicional en mi para poder culminar esta etapa de mi vida, este trabajo va dedicado a ustedes, sobre todo a los más pequeños, para que les sirva de inspiración y logren sus metas planteadas, especialmente a **mi hermano, Edward.** Con esfuerzo y sacrificio podemos lograr lo que sea.

**Jesús Alejandro Carrillo Rojas.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

**A mis madre y mi padrastro, Linda y Ali,** fuente de inagotable de sabiduría, paciencia y confort. Por haberme dado la oportunidad y la guía durante esta etapa tan importante en mi vida mostrándome el camino que me ha llevado a donde estoy hoy.

**A mis profesores,** por el impulso de mi formación académica y profesional, por las enseñanzas otorgadas día a día, me siento muy feliz de que cada uno de ustedes formara parte de esta etapa de mi vida. Muchas Gracias.

**Al tutor académico de este trabajo de grado, ingeniero Wilfredo Mendoza,** gracias por su apoyo incondicional, por darme las herramientas necesarias e impartir sus conocimientos con el fin de desarrollar este trabajo. Por todos sus aportes, tanto en este trabajo como en la escuela de ingeniería de la Universidad José Antonio Paéz. Muchas Gracias.

**A mis amigos y compañeros de clase,** gracias por hacer de esta etapa muy amena y divertida. Tuve la dicha de conocer muy buenas personas a lo largo de la carrera, espero en un futuro, no muy lejano, podamos reencontrarnos. Gracias muchachos.

**A mi amiga, Sthefani Zambrano,** por su colaboración a lo largo de la carrera, por compartir su conocimiento conmigo. Por el apoyo incondicional cuando mis fuerzas flaqueaban para finalizar este camino. Por haberme tendido una mano para levantarme.

**A mi prometida, Julmileth,** por estar conmigo en las buenas y malas, por darme su apoyo y ayudarme a seguir adelante cuando creía no poder mas, por ayudarme a levantarme cada vez que me caí. Por todos los buenos momentos que ha pasado junto a mi, por eso y mucho mas.

A todos ustedes, solo puedo agradecerles infinitamente.. Gracias, muchas gracias.

**Jesús Alejandro Carrillo Rojas.**

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN INFORMATIVO .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Alcance.....	4
1.6. Limitaciones.....	4
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Bisturí.....	6
2.2.2. Microprocesador .....	7
2.2.3. Corriente de alta frecuencia .....	7
2.2.4. Cirugía menor .....	8
2.2.5. Corte.....	9
2.2.6. Coagulación y desecación.....	9

2.2.7. Fulguración .....	10
2.2.8. Densidad de potencia .....	11
2.2.9. Proximidad tisular del electrodo .....	11
2.3. Bases legales .....	11
2.3.1. COVENIN.....	11
2.3.1.1. Normas aplicadas de COVENIN. ....	12
2.3.2. Ley orgánica de Salud.....	12
2.3.2.1. Artículos aplicados de la Ley orgánica de Salud. ....	12
2.3.3. Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación. ....	13
2.3.3.1. Artículos aplicados de la Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación.....	13
2.4. Definición de términos básicos.....	14

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo de investigación .....	16
3.2. Diseño de Investigación .....	16
3.3. Nivel de investigación.....	16
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	17
3.4.1. Técnicas empleadas.....	17
3.4.1.1. Revisión Documental.....	17
3.4.1.2. Observación directa.....	18
3.4.2. Instrumentos empleados.....	18
3.4.2.1. Instrumento de registro .....	18
3.4.2.2. Instrumento de observación técnicamente asistida .....	18
3.5. Fases de la investigación.....	18

### **IV RESULTADOS**

4.1 Fase I.....	20
-----------------	----

4.1.1 Observación directa.....	20
4.1.2 Revisión documental del principio y funcionamiento del Electrobisturí... 22	
4.1.2.1 Funcionamiento del Electrobisturí .....	23
4.2. Fase II:.....	29
4.2.1 Plataforma de desarrollo Proteus .....	30
4.2.2 Transformador.....	30
4.2.3 Amplificador de Potencia.....	31
4.2.4 Oscilador RF .....	32
4.2.5 Oscilador de Coagulación. ....	33
4.2.6 Simulación del diseño del electrobisturí .....	35
4.3. Fase III: .....	36
4.3.1 Circuito Integrado 555 .....	36
4.3.2 Transistor Mosfet .....	36
4.3.3 Transformador.....	37
4.3.4 Electrodo.....	37
4.3.4.1 Electrodo monopolar .....	38
4.3.4.2 Electrodo Bipolar .....	38
4.4. Fase IV: .....	39
4.4.1 Costos del diseño del Electrobisturí.....	39
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efectos tisulares de la electrocirugía .....	10
Figura 2. Diagrama de bloques de un Electrobisturí.....	25
Figura 3. Salida tipo corte.....	27
Figura 4. Salida tipo de coagulación.....	28
Figura 5. Salida tipo Mixta.....	28
Figura 6. Plataforma de desarrollo Proteus .....	30
Figura 7. Circuito del transformador.....	31
Figura 8. Entrada del transformador .....	31
Figura 9. Amplificador de Potencia .....	32
Figura 10. Oscilador RF.....	32
Figura 11. Oscilador de coagulación.....	33
Figura 12. Salida del oscilador de Coagulación.....	33
Figura 13. Diseño del dispositivo electrobisturí .....	34
Figura 14. Salida del osciloscopio 1. ....	35
Figura 15. Salida del osciloscopio 2. ....	35
Figura 16. Dispositivo Electrónico 555. ....	36
Figura 17. Transistor Mosfet.....	37
Figura 18. Transformador .....	37
Figura 19. Electrodo Monopolares.....	38
Figura 20. Electrodo Bipolares.....	39
Figura 21. Parte frontal de un Electrobisturí.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros para el diseño del Electrobisturí.....	29
Tabla 2. Costos Referenciales de Materiales del Prototipo.....	41



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIER  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN ELECTROBISTURÍ PARA  
CIRUGÍAS SUPERFICIALES**

**Autor:** Carrillo, Jesús.

**Tutor:** Ing. Wilfredo Mendoza.

**Fecha:** Julio 2019.

**RESUMEN INFORMATIVO**

El presente trabajo de grado tiene como estudio tiene el diseño para la construcción de un Electrobisturí que permita la realización de cirugías superficiales. Si muy bien este equipo ya existe desde que se usó por primera vez en 1910, es de saberse que no todas las clínicas y hospitales del país lo poseen dados sus altos costos de importación y la carencia de empresas que se dediquen a la construcción de los mismos. Debido a los avances tecnológicos y las mejoras en la calidad de las intervenciones quirúrgicas que estos equipos traen, se originó una planificación para que se pueda poner en marcha la producción de los mismos, dependiendo de las necesidades que puedan existir. En consecuencia se realizó un diseño totalmente analógico y se realizaron pruebas totalmente simuladas para poder observar las salidas de electrobisturí, por otro lado se realizaron los costos para una posible implementación del diseño.

**Descriptores:** modernización, Electromedicina, alta frecuencia, cirugías menores.

## INTRODUCCIÓN

La electricidad ha sido de gran importancia en el campo de la medicina. A Cushing y Boviel se les acredita la entrada de la electricidad en las salas de cirugía. A partir de entonces, se abrió una nueva línea de investigación y utilización de esta. En 1910 Clark utilizó por primera vez la corriente de alta frecuencia y además empleó el término de desecación. Edwin Beer es otro de los investigadores en el reino de la electrocirugía, y abocó el uso de fulguración para la destrucción de tumores. Por los años de 1960, la mayoría de las salas de operaciones poseían las "máquinas Bovie" y la electricidad de radiofrecuencia llega a ser la modalidad de energía estándar para cirugía.

Los generadores electroquirúrgicos permanecieron sin cambio a partir del diseño de Bovie (generador de chispa para coagulación y el generador de tubo de vacío para fulguración) hasta que se introdujeron los generadores de estado sólido en 1970 por Valleylab. En 1970 hubo un gran estímulo en el uso de la electrocirugía por la aceptación generalizada de la esterilización laparoscópica de las trompas de Falopio por "electrocoagulación".

Desde entonces, la tecnología ha ido en aumento y con ella, el campo de la Electromedicina. Así mismo, el uso del Electrobisturí se ha incrementado, dado que representa una mejora en la calidad y eficiencia de intervenciones quirúrgicas.

Para cumplir con las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez para la presentación de un Trabajo de Grado y orientar la investigación, la estructura de este trabajo se desarrolla en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

**Capítulo I:** El trabajo inició con la descripción y formulación del problema, seguidamente de la presentación de los objetivos que guiaran la investigación, luego se procede a dar la justificación, alcance y limitaciones de la misma.

**Capítulo II:** en este capítulo se observara los antecedentes e investigaciones que tratan el mismo problema o se relacionan con la presente investigación. Se explican las bases teóricas que son necesarias para la elaboración de esta investigación y en última instancia se definen los términos básicos.

**Capítulo III:** Se describe todo lo referente al marco metodológico, como lo son el tipo y diseño de la investigación a utilizar para cumplir los objetivos del trabajo, el nivel de investigación, fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos, conjuntamente con la población y muestra. También se detallan las fases metodológicas diseñadas para cumplir con los objetivos específicos del trabajo.

**Capítulo IV:** Se presentan parcialmente los resultados de las fases, los cuales abarcan desde el estudio de los Electrobisturís actuales, hasta generar el diseño de uno propio.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El uso de escalpelos o bisturís convencionales en cirugías superficiales conlleva intervenciones quirúrgicas que se complican en muchas ocasiones debido al método que se debe utilizar, por lo que llegan a ser difíciles a pesar de parecer cirugías sencillas, ya que cualquier corte produce sangrado, lo que obstaculiza la visión de la incisión y puede provocar otros daños si no se tiene sumo cuidado.

Estos cortes en los tejidos a menudo producen hemorragias en vasos sanguíneos, los cuales deben ser cauterizados para detener el sangrado y proseguir con la cirugía, por lo que se debe usar otro equipo en conjunto que lo haga, lo que aumenta el tiempo de cirugía dado que entre cada corte se debe cambiar de equipo para cauterizar.

Cuando se realiza una cirugía maxilo-facial, se complica por la humedad existente en el área, lo cual dificulta su aplicación y demora su recuperación ya que para que exista una buena cicatrización es necesario que el área este seca y limpia.

La dificultad que existe para conseguir los bisturís convencionales también es algo que complica este tipo de cirugías, ya que solo se consiguen importándolos, dado que tampoco se fabrican en el país. Además cabe destacar que solo pueden ser importados comprándolos en moneda dura en lugar de nuestra moneda local, lo cual lo dificulta aún más.

Por estas razones, cirugías superficiales y/o sencillas pueden llegar a complicarse, lo que es un problema tanto para el sector médico como para los pacientes que se someten a este tipo de intervenciones.

El sector médico mundial está encaminado hacia la modernización de las operaciones y equipos, sin embargo, actualmente en Venezuela no se ve muy avanzada ésta área debido a la falta de inversión para el desarrollo e importación tanto de materiales como de estos equipos tecnológicos por los elevados costos que esto implica.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo se podría optimizar el proceso de cirugías de emergencia así como también de tratamientos cutáneos usando una herramienta tecnológica multifuncional?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Proponer el diseño de un Electrobisturí que permita la realización de cirugías superficiales.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Estudiar las ventajas y el principio de funcionamiento de un Electrobisturí
- Diseñar un Electrobisturí que permita realizar cirugías superficiales sin riesgos.
- Identificar los dispositivos necesarios para el diseño y construcción de un Electrobisturí
- Desarrollar el estudio de factibilidad que implica el diseño y construcción de un Electrobisturí.

## **1.4. Justificación de la investigación**

El Electrobisturí es una herramienta muy útil en el área de la Electromedicina, ya que aporta muchas facilidades a la hora de realizar cirugías de emergencia, pero sus costos son muy elevados dado el hecho de que solo se pueden obtener importándolos, ya que en el país no se construyen.

Es por esto que es importante desarrollarlo, dado que el costo disminuirá significativamente y de ésta manera se incentivará a los hospitales y clínicas a

usarlos. En este sentido, el desarrollo del Electrobisturí puede fortalecer a pequeños consultorios o grandes clínicas y hospitales a lograr un sistema quirúrgico más eficaz y esto a su vez introduciría aún más a los médicos al mundo tecnológico que predomina hoy en día.

En cuanto a los beneficios que ofrece esta investigación a la Universidad José Antonio Páez, está la innovación del estudiante universitario al hacer investigaciones basadas en propuestas ya evaluadas en otros países, pero poco aplicadas en nuestro país además de impulsar al alumnado a desarrollar equipos que ayuden en áreas poco desarrolladas como lo es el área de Electromedicina, que a pesar que ya se utilizan en otros países desde tiempo atrás, no son muy utilizados en nuestro país debido al costo de importación que estos tienen.

### **1.5. Alcance**

Solo se realizará la propuesta para el diseño de un Electrobisturí, la cual va dirigida al campo de la Electromedicina, dado que así facilitará los procesos quirúrgicos en clínicas y hospitales.

### **1.6. Limitaciones**

Para esta investigación, se tendrán algunas limitaciones, las cuales son:

- i) Escasez de tiempo
- ii) Escasez de dispositivos electrónicos en el mercado
- iii) Referencias bibliográficas limitadas

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Silva S., Aníbal. (2016), realizó un trabajo titulado **“Diseño mecánico de un Electrobisturí bipolar para el entrenamiento en disecciones endoscópicas de la submucosa gástrica alta”**, en el cual, se buscaba diseñar el prototipo de un electrobisturí bipolar para entrenamiento en la disección endoscópica de la submucosa gástrica alta en modelos de animales. Se consiguió hacer el diseño del cabezal y del cable usando sólo materiales y métodos de ensamble biocompatibles, además de lograr proponer un método de fabricación para cada parte y al mismo tiempo se cumplió con el objetivo de que cada uno de los componentes soporten una temperatura máxima de 270°C. Por último, se logró que el método de marcado y disección de tejidos sea similar al método actual usado por los cirujanos gastroenterólogos.

De la misma manera, Maxi, G. y Tobar, L. (2011), desarrollaron un trabajo titulado **“Diseño y construcción de un Electrocauterio experimental para cirugías superficiales en animales.”**. En el cual, lograron la construcción y funcionamiento de un electrocauterio con el objetivo de ayudar a los médicos veterinarios a reducir el índice de sangrado en una cirugía además de presentar un costo muy por debajo al costo de los electrocauterios que se comercializan en la actualidad. Se aplicará un sistema similar en el presente trabajo, para ser aplicado en cirugías superficiales en humanos, ya que se busca mejorar la calidad de estas intervenciones en nuestro país, así como también fomentar su construcción.

Por otra parte, el Dr. Michael Höchtel, Peter Pöcksteiner (2009), desarrolló una investigación titulada **“High Frequency Surgery: Mechanism of Action, Risks and Risk Minimization”** (Cirugía de alta frecuencia: Efectos, riesgos y minimización de

peligros), en la que habla sobre todo lo relacionado a este tipo de cirugías en cuanto a ventajas, desventajas, técnicas, riesgos, etc. Gracias a ésta investigación, se puede conocer todo lo relacionado en lo que respecta a los efectos que producen las altas frecuencias en el tejido biológico, así como también el manejo y las técnicas correctas para aplicar este tipo de cirugías, para así asegurar el éxito. Tomando en cuenta esta investigación se ve la relación que existe con el proyecto a realizarse, debido a que se busca conocer todo lo relacionado a un Electrobisturí, además de familiarizarse con su correcto uso para lograr un buen desempeño.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Bisturí**

Conocido como escalpelo, lanceta o cuchillo de cirujano, instrumento en forma de cuchillo pequeño, de hoja fina, puntiaguda, de uno o dos cortes, que se usa en procedimientos de cirugía, disecciones anatómicas, autopsias y vivisecciones.

Está compuesto por una lámina de acero, habitualmente cortante por un borde, llamado filo, y por el otro no cortante o romo, acoplada dicha lámina u hoja a un mango, mediante el cual es manejado por el cirujano. La lámina cortante puede estar definitivamente fijada en el mango o bien ser desmontable y desechable, tras su uso, para ser sustituida por otra hoja de recambio.

En la actualidad existen varios tipos de Bisturís, entre los cuales destacan:

- i) El Bisturí de diamante, el cual fue creado por el científico y médico venezolano Humberto Fernández Morán, cuya hoja es fabricada con diamante, se emplea en microcirugía como la oftalmológica.
- ii) Bisturí de rayos gamma, rayos X o de protones, que propiamente son formas de radioterapia concentrada en dosis altas y únicas.
- iii) El bisturí armónico o ultrasónico, empleado para tejidos blandos, corta y coagula con un mínimo daño mediante una hoja vibrante que oscila a una frecuencia de 55,5 kHz y además la temperatura no supera nunca los 100C.

- iv) El bisturí laser, es un escalpelo usado en cirugía, para cortar o separar tejido vivo por medio de luz láser, la cual erosiona o vaporiza el tejido blando con alto contenido en agua.
- v) Bisturí Eléctrico, que puede ser de modalidades: unipolar o bipolar, según los diferentes tipos de energía que aplica, es un equipo basado en una tecnología de alta frecuencia, es usado para detener la hemorragia en pequeños vasos sanguíneos o para cortar a través de un tejido suave

### **2.2.2. Microprocesador**

Es un circuito electrónico que actúa como Unidad Central de Proceso (CPU) de un computador. Llamado por muchos como el “cerebro”, es un circuito microscópico constituido por millones de transistores integrados en una única pieza plana de poco espesor. Este se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en el computador, recibiendo información y dando órdenes para que los demás elementos trabajen.

La estructura tecnológica del microprocesador determinará en cuantos ciclos se efectuara la operación en el CPU y su duración estará determinada por la frecuencia de reloj, dicha duración nunca podrá ser menor al tiempo requerido para efectuar la tarea individual (en un ciclo) de mayor coste temporal.

Los microprocesadores contienen un oscilador de cuarzo que genera los pulsos a un ritmo constante de manera que se pueden generar varios ciclos en un segundo, la velocidad de los microprocesadores se mide en frecuencias y estas pueden ser Megahertzios (MHz) o Gigahertzios (GHz) es decir, millones o miles de millones de ciclos por segundo.

### **2.2.3. Corriente de alta frecuencia**

Es una técnica mediante la cual se suministra energía al organismo, con el fin de acelerar las respuestas metabólicas a distintos niveles. Se lleva a cabo mediante la aplicación y transformación de energía electromagnética, de una banda del espectro electromagnético no térmica, conformada por corrientes alternas que oscilan de 0.5 MHz hasta 2.450 MHz (millones de hercios), que al ser introducida en el organismo

se transforma en energía electromagnética en otra banda distinta y más alta del espectro, la del calor, o sea los infrarrojos.

Esta corriente interactúa de diferentes formas sobre el tejido biológico, las cuales son:

i) Efecto farádico: Las células susceptibles de estimulación fácil, como los nervios y los músculos, se estimulan por corriente eléctrica. La estimulación del tejido humano llega al máximo con una corriente alterna de aprox. 100 Hz, disminuyendo si la frecuencia va aumentando y pierde paulatinamente su efecto nocivo.

ii) Efecto electrolítico: La corriente eléctrica causa en el tejido biológico una corriente de iones. Los iones son las más pequeñas partículas cargadas de electricidad. Si se utiliza corriente alterna con alta frecuencia, los iones cambian permanentemente su dirección de movimiento, es decir, están oscilando y por tanto no causan daño al tejido.

iii) Efecto térmico: La corriente eléctrica calienta el tejido, siendo el calentamiento en función de:

- La resistencia específica del tejido
- La intensidad de la corriente y
- El tiempo de acción de la energía eléctrica

Cuanto más intensidad tiene la corriente, tanto mayor el aumento de temperatura y por tanto el efecto térmico. En la punta del instrumento eléctrico monopolar (electrodo activo) la intensidad de la corriente es muy alta, se forma un arco luminoso y por tanto se produce un calentamiento muy fuerte. En este lugar se puede cortar y/o obliterar. Sin embargo, en la superficie grande del electrodo neutral, la intensidad de corriente y la temperatura son tan bajas que no tienen ningún efecto.

#### **2.2.4. Cirugía menor**

La cirugía menor se define como el conjunto de técnicas quirúrgicas de corta duración que se aplican generalmente sobre estructuras superficiales. Suelen requerir

la aplicación de anestesia local y su realización conlleva riesgo bajo y mínimas complicaciones.

La Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMERGEN) define la cirugía menor como un conjunto de técnicas o intervenciones quirúrgicas que se realizan sobre la superficie corporal y que de forma sencilla pueden solucionar toda una serie de lesiones traumáticas o en la mayoría de los casos de naturaleza benigna y alteraciones del tejido subcutáneo que de no resolverse a tiempo pueden causar problemas de salud más graves, provocando serios problemas a veces sin resolución, precisando comúnmente la aplicación de anestesia local.

### **2.2.5. Corte**

La vaporización del tejido se logra mediante una corriente continua no modulada, unipolar y de bajo voltaje, empleando un electrodo puntiforme que se mantiene en la proximidad de los tejidos sin entrar en contacto con ellos (Ver figura 1). El generador se activa, permitiendo que la energía se condense en la punta. La corriente produce un arco sobre el tejido, elevando rápidamente la temperatura intracelular local, hasta producir la vaporización.

La profundidad real de la lesión cuando se utiliza electrodos para cortar depende de la forma y tamaño de éstos, forma de la onda, voltaje máximo y velocidad de desplazamiento del electrodo.

### **2.2.6. Coagulación y desecación**

El término de coagulación describe varios procesos interrelacionados en los que la célula se deshidrata y las proteínas son desnaturalizadas, sin ser destruidas por la energía térmica. Cuando el electrodo se pone en contacto con el tejido la energía se convierte en calor (Ver figura 1).

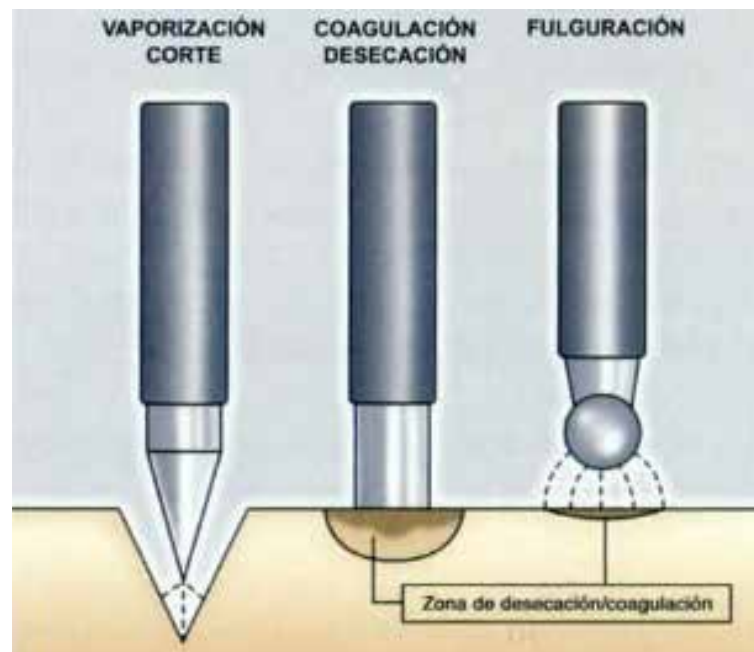
Los electrodos para producir coagulación son relativamente grandes, lo que reduce la densidad de potencia, impidiendo que la elevación de la temperatura intracelular alcance los 100C, haciendo que el agua intracelular se evapore produciendo desecación, coagulación o ambas cosas.

Se denomina desecación al proceso mediante el cual la temperatura alcanza 90C, lo que produce deshidratación celular sin desnaturalización proteica. Dado que en la práctica resulta difícil distinguir clínicamente entre estos dos procesos, nos referiremos a ambos empleando el término de coagulación.

### 2.2.7. Fulguración

Se denomina también coagulación diseminada o en *spray*, en este proceso el tejido es superficialmente carbonizado por arcos electroquirúrgicos repetidos y de alto voltaje, que elevan rápidamente la temperatura hasta alcanzar o superar los 200C. Para lograr esto, el electrodo debe encontrarse a unos milímetros por encima del tejido (Ver figura 1), para que la descarga atraviese dicha solución de continuidad. La naturaleza rápida y superficial de este tipo de coagulación aumenta la resistencia tisular, impidiendo que la corriente siga calentando las capas tisulares más profundas.

Este tipo de coagulación se prefiere, para detener sangrados debido a la sección de capilares o pequeños vasos en superficies amplias.



**Figura 1.** Efectos tisulares de la electrocirugía

**Fuente:** Manual de cirugía menor, Manuel Domínguez Romero, José Antonio Galiana Martínez, Francisco Javier Pérez Vega, Página 339

### **2.2.8. Densidad de potencia**

A una misma potencia o voltaje, la densidad de potencia vendrá determinada en gran medida por la forma del electrodo y su relación con el tejido. De este modo, la aplicación de corriente a un electrodo en forma de aguja, concentra la corriente de forma que el punto de impacto se hace muy estrecho, elevando la densidad de potencia lo que produce vaporización y corte de tejido.

Cuando se utiliza un electrodo mayor en contacto con los tejidos con una misma potencia, la densidad de potencia se reduce, impidiendo la rápida elevación de la temperatura celular. En lugar de ello, la temperatura se aumenta despacio produciéndose la coagulación.

La utilización de electrodo en forma esférica, produce una densidad de potencia bastante baja facilitando el efecto de dispersión, permitiendo la fulguración del tejido.

### **2.2.9. Proximidad tisular del electrodo**

La relación entre el electrodo activo y el tejido, es muy importante en electrocirugía, así tenemos que en corte (que es una forma de vaporización), el electrodo está casi en contacto con el tejido. En la coagulación el electrodo está en pleno contacto con el tejido, produciendo un mayor daño térmico en los tejidos adyacentes. La fulguración representa una actividad electroquirúrgica sin contacto, que requiere un mayor voltaje y una corriente modulada, de tal manera que la corriente se disperse por los tejidos.

## **2.3. Bases legales**

### **2.3.1. COVENIN**

COVENIN corresponde al acrónimo de la Comisión Venezolana de Normas Industriales, como se conoció desde 1958 hasta 2004, el ente es encargado de velar por la estandarización y normalización bajo lineamientos de calidad en Venezuela.

COVENIN estableció los requisitos mínimos para la elaboración de procedimientos, materiales, productos, actividades y demás aspectos que estas normas rigen. En esta comisión participaron entes gubernamentales y no gubernamentales especialistas en un área.

### **2.3.1.1. Normas aplicadas de COVENIN.**

- COVENIN 3699:2001 Campos de aplicación de los instrumentos de medición sujetos a verificación.
- COVENIN 3695: 2001 Evaluación de Modelo y Aprobación de Modelo.
- COVENIN 2552:1999 Vocabulario Internacional de Términos Básicos y Generales de Metrología.

### **2.3.2. Ley orgánica de Salud**

La ley orgánica de salud, publicada en gaceta N° 36579 de fecha 11 de noviembre de 1998 rige todo lo relacionado con la salud en el territorio nacional.

Establece las directrices y bases de salud como proceso integral, determina la organización, funcionamiento, financiamiento y control de prestación de los servicios de salud de acuerdo con los principios de adaptación científico-tecnológica, de conformidad y de gratuidad, este último en los términos establecidos en la Constitución de la República. Regula igualmente los deberes y derechos de los beneficiarios, el régimen cautelar sobre las garantías en la prestación de dichos servicios, las actividades de los profesionales y técnicos en ciencias de la salud, y la relación entre los establecimientos de atención médica de carácter privado y los servicios públicos de salud contemplados en esta Ley.

#### **2.3.2.1. Artículos aplicados de la Ley orgánica de Salud.**

Artículo 32.- La Contraloría Sanitaria comprende: el registro, análisis, inspección, vigilancia y control sobre los procesos de producción, almacenamiento, comercialización, transporte y expendio de bienes de uso y consumo humano y sobre los materiales, equipos, establecimientos e industrias destinadas a actividades relacionadas con la salud.

Artículo 33.- La Contraloría Sanitaria será responsabilidad del Ministerio de la Salud. El ejercicio de esta competencia podrá ser delegado por el ministro sólo a los efectos de la fiscalización y supervisión del servicio.

La contraloría sanitaria garantizará las condiciones para el funcionamiento de los materiales, equipos, edificaciones, establecimientos e industrias relacionadas con la salud.

### **2.3.3. Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación.**

La Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación, publicada en Gaceta Oficial N° 39575 de fecha 16 de diciembre de 2010, tiene por objeto desarrollar los principios orientadores que en materia de ciencia, tecnología e innovación y sus aplicaciones, establece la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, organizar el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, definir los lineamientos que orientarán las políticas y estrategias para la actividad científica, tecnológica, de innovación y sus aplicaciones, con la implantación de mecanismos institucionales y operativos para la promoción, estímulo y fomento de la investigación científica, la apropiación social del conocimiento y la transferencia e innovación tecnológica, a fin de fomentar la capacidad para la generación, uso y circulación del conocimiento y de impulsar el desarrollo nacional.

#### **2.3.3.1. Artículos aplicados de la Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación.**

Artículo 4.- De acuerdo con este Decreto-Ley, las acciones en materia de ciencia, tecnología e innovación estarán dirigidas a:

1. Formular, promover y evaluar planes nacionales que en materia de ciencia, tecnología e innovación, se diseñen para el corto, mediano y largo plazo.
2. Estimular y promover los programas de formación necesarios para el desarrollo científico y tecnológico del país.
3. Establecer programas de incentivos a la actividad de investigación y desarrollo y a la innovación tecnológica.
4. Concertar y ejecutar las políticas de cooperación internacional requeridas para apoyar el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

5. Impulsar el fortalecimiento de una infraestructura adecuada y el equipamiento para servicios de apoyo a las instituciones de investigación y desarrollo y de innovación tecnológica.

6. Estimular la capacidad de innovación tecnológica del sector productivo, empresarial y académico, tanto público como privado.

7. Estimular la creación de fondos de financiamiento a las actividades del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

8. Desarrollar programas de valoración de la investigación a fin de facilitar la transferencia e innovación tecnológica.

9. Impulsar el establecimiento de redes nacionales y regionales de cooperación científica y tecnológica.

10. Promover mecanismos para la divulgación, difusión e intercambio de los resultados de investigación y desarrollo y de innovación tecnológica generados en el país.

11. Crear un Sistema Nacional de Información Científica y Tecnológica.

12. Promover la creación de instrumentos jurídicos para optimizar el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

13. Estimular la participación del sector privado, a través de mecanismos que permitan la inversión de recursos financieros para el desarrollo de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación.

Artículo 5.- El cual plantea que las actividades de ciencia, tecnología e innovación y la utilización de los resultados, deben estar encaminadas a contribuir con el bienestar de la humanidad, la reducción de la pobreza, el respeto a la dignidad y los derechos humanos y la preservación del ambiente.

#### **2.4. Definición de términos básicos.**

**Cirugía:** Es una especialidad dentro de la Medicina cuya misión es curar las enfermedades o malformaciones, según corresponda, mediante intervenciones quirúrgicas.

**Electrocirugía:** Procedimiento para el que se usa corriente eléctrica para cortar, extirpar o destruir tejido, y controlar el sangrado. La corriente pasa a través de un electrodo que se coloca sobre el tejido o cerca del mismo. Se puede usar para tratar el cáncer de piel de células basales u otros tipos de problemas de la piel, como la queratosis actínica, las verrugas y los lunares.

**Electrodo:** Es un dispositivo como una placa metálica (electrodo de retorno) o una aguja pequeña (electrodo activo) que conduce la electricidad desde un instrumento hasta un paciente sometido a un tratamiento o una operación quirúrgica.

**Queratosis actínica:** Parche grueso y escamoso en la piel que se puede convertir en cáncer. Habitualmente se forma en áreas expuestas al sol, como la cara, el cuero cabelludo, las manos o el pecho. Es más común en personas con piel de color claro. También se llama queratosis senil y queratosis solar.

**Zona quirúrgica:** Es el área donde se llevará a cabo el procedimiento quirúrgico, por lo que tendrá suficiente espacio para la camilla y el material quirúrgico y sanitario: mesa-camilla quirúrgica articulada, lámpara basculante de luz fría (foco diafragmable), banqueta regulable en altura y con ruedas, mesa auxiliar (de Mayo o similar), zona reservada para colocar el material de reanimación cardiopulmonar (RCP) avanzado, y un punto para el contenedor de residuos biocontaminados.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La naturaleza propia del proyecto, hace que la investigación entre en la clasificación de proyecto factible, puesto que se desarrollará un plan de trabajo para la construcción de un Electrobisturí que se utilizara para cirugías menores o superficiales, esto con fin de solventar los inconvenientes que presentan los equipos actuales. Basado en lo anteriormente descrito Mijares y García (2007) definen como proyecto factible a:

“... la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...”(p5).

#### **3.2. Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según Palella y Martins (2012) definen como investigación de campo a:

“La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta...”(pag.88).

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación se refiere según Arias:(2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”(p.47). Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado.

Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es proyectivo definido por Hurtado de B. (2010), como:

“es el que intenta proponer soluciones a una situación determinada. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio y no necesariamente ejecutar la propuesta”(p.343).

Lo mencionado por Hurtado, se aplica a todas las investigaciones que conllevan a diseños dirigidos a cubrir necesidades y que están basados en conocimientos anteriores.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de la misma ya que son los medios por los cuales el investigador puede recolectar datos sobre la problemática en la que está trabajando, teniendo esto en cuenta Sabino (1992) lo define como:

“Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en sí toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados”(p.149,150).

Y por técnica se va a anotar la definición que nos da el diccionario de metodología anteriormente citado, el cual establece que las técnicas de investigación son: “Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos”(p.150).

#### **3.4.1. Técnicas empleadas**

##### **3.4.1.1. Revisión Documental**

La revisión documental es hacer una recopilación de información sobre textos e investigaciones generados por otros investigadores que tienen relación directa o

indirecta con la problemática que es razón de estudio. Hurtado (2010) define este concepto como:

“... es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros como texto en sí mismo constituyen los eventos de estudio”(p.427).

Durante esta investigación, se revisó manuales dados por el fabricante además de planos eléctricos de las unidades electroquirúrgicas que actualmente se comercializan en el mercado y son usadas en clínicas y hospitales

#### **3.4.1.2. Observación directa**

La observación directa es el proceso en el cual el investigador recolecta datos directamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado Hurtado (2010) la define como: "... un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos”(p.459).

#### **3.4.2. Instrumentos empleados**

##### **3.4.2.1. Instrumento de registro**

Permite poseer un soporte de la información en periodos de tiempo relativamente largos de modo que el investigador pueda recuperar la información cuando lo necesite.

##### **3.4.2.2. Instrumento de observación técnicamente asistida**

Principalmente se contara con el empleo de algún dispositivo de medición de variables físicas de interés presentes en la realización de todas las experiencias que tenga el investigador con el fenómeno a estudiar.

#### **3.5. Fases de la investigación**

· **Fase I: Estudiar las ventajas y el principio de funcionamiento de un Electrobisturí.**

En esta etapa se realizó el estudio de las ventajas y el funcionamiento que ofrecen los Electrobisturís ante los Bisturís convencionales en lo que respecta a intervenciones quirúrgicas menores o superficiales.

· **Fase II: Diseñar un Electrobisturí que permita realizar cirugías superficiales sin riesgos.**

En esta fase y con todo lo estudiado anteriormente se procedió a realizar el diseño para la construcción de un Electrobisturí que permita la normal práctica de cirugías menores o superficiales.

· **Fase III: Identificar los dispositivos necesarios para el diseño y construcción de un Electrobisturí**

En la penúltima fase del proyecto se realizó el estudio para conocer todos los componentes necesarios para la construcción de un Electrobisturí

· **Fase IV: Desarrollar el estudio de factibilidad que implica el diseño y construcción de un Electrobisturí.**

Por último, en la fase final del proyecto, se realizó un estudio de costos a futuro para observar la factibilidad del mismo, esto se refiere a los materiales, equipos, dispositivos y tecnología que se necesitaron para la realización del diseño y la construcción de un Electrobisturí.

No se tiene fijado un costo monetario ya que solo se está realizando un proyecto de investigación no se va a realizar una implementación del mismo por ahora.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Fase I: “Estudiar las ventajas y el principio de funcionamiento de un Electrobisturí.”**

##### **4.1.1 Observación directa**

Por definición un equipo de electrocirugía es un artilugio basado en la tecnología electrónica capaz de producir una serie de ondas electromagnéticas de alta frecuencia con el fin de cortar o eliminar tejido blando. En el mercado dirigido a la medicina podemos encontrar dos tipos de instrumentos que se diferencian en la frecuencia portadora de su generador: Electrobisturís, con frecuencias hasta 3MHz y los Radiobisturís con frecuencias por encima de 3.5Mhz.

Sin embargo el diseño del Bisturí en la cirugía representa una parte muy relevante de la medicina curativa o rehabilitatoria, en la que el médico suprime o elimina anomalías o implanta prótesis; antiguamente la cirugía residía y se vinculaba a la intervención en el cuerpo del paciente por medio de instrumentos cortantes, se purificaba o desinfectaba con fuego y los vasos cortados por los escalpe, las cuchillas se suturaban empleando hierros calientes y la cirugía era un procedimiento doloroso. Con el adelanto tecnológico y el acontecimiento de la electricidad se conocieron los primeros cauterizadores calentados por la corriente eléctrica y que aún en la actualidad sirven en las intervenciones de cirugía menor, a través de una punta de platino calentada por la corriente eléctrica. Con la evolución de la tecnología emergieron la creación de los "bisturíes eléctricos" en los que la punta o extremidad cortante es calentada, no por la corriente que recorre un sector de la hoja, sino por una corriente de radiofrecuencia que transita parte del cuerpo humano, originando los efectos y que admiten no sólo el corte de los tejidos sino de igual forma la coagulación, impidiendo así las hemorragias.

Así en la punta del dispositivo, el electrodo activo estrecho se presentó un efecto térmico muy fuerte por el acrecentamiento de la intensidad de la corriente y en el tejido alrededor del sector operativo se puede con ello cortar y coagular; posteriormente, en el tejido más separada la intensidad de la corriente es considerablemente menor, la corriente puede irse del cuerpo sin efecto térmico, como simple energía eléctrica a través del electrodo neutral de gran superficie. De esto resultan las ventajas del Electrobisturí frente a un corte, en función de la Técnica monopolar tradicional con bisturí:

- Ahorro de tiempo y Evitar hemorragias.
- Ausencia de sangrado.
- Asegura una buena asepsia y elimina las posibilidades de transferir una infección desde un tejido enfermo a un tejido normal. Evitar la propagación de gérmenes.
- Protección y trato más cuidadoso para el tejido.
- El grado de coagulación en la superficie del corte depende de la forma del electrodo y del trazado del corte, la profundidad de coagulación depende de la intensidad de la corriente de alta frecuencia.

En virtud a estos beneficios o ventajas, que trae consigo el diseño del bisturí corresponde a los altos estándares de seguridad e invenciones técnicas que han hecho y siguen haciendo de la cirugía de alta frecuencia un procedimiento de intervención muy seguro, si el mismo es utilizado de la manera correcta; por lo que se hace meritorio estar consciente de los riesgos, ya que esto favorece sortear los efectos negativos, como descargas eléctricas en lugares donde no se desean y no se requerirían guantes quirúrgicos como protección, pero evidentemente tienen que utilizarse por razones higiénicas.

Por otra parte, hay que estar alertas, de la existencia de algún contacto entre el campo operatorio y el electrodo neutral y un objeto que tiene toma de tierra, dado que esto generaría descargas no deseadas. La energía eléctrica refluye a través de esta

superficie de contacto en lugar de al electrodo neutral. Cuanto más pequeña ésta sea (alta intensidad de corriente), tanto mayor es el efecto térmico y por tanto la posibilidad de quemaduras. En general, las complicaciones en a la electrocirugía son causadas principalmente por las corrientes estacionarias, que transfieren energía de forma no controlada, sin embargo, si se tiene un buen control del dispositivo, no debe existir este tipo de riesgos.

#### **4.1.2 Revisión documental del principio y funcionamiento del Electrobisturí.**

La unidad electroquirúrgica, también conocida como electrobisturí o bisturí caliente es un equipo electrónico capaz de transformar la energía eléctrica en calor con el fin de coagular, cortar o eliminar tejido blando, eligiendo para esto corrientes que se desarrollan en frecuencias por encima de los 200.000Hz ya que éstas no interfieren con los procesos nerviosos y sólo producen calor. Esto está compuesto por una serie de unidades individuales que en conjunto conforman un circuito eléctrico: la corriente debe fluir desde un generador hasta un electrodo activo, a través del tejido, y volver al generador vía electrodo de dispersión inactivo. Al ser el electrobisturí un aparato eléctrico, su uso no está libre de complicaciones. El mayor peligro es la quemadura eléctrica.

El principio físico de un electrobisturí es aquel donde el calor simplemente es la energía en movimiento, el calentamiento del tejido con radiofrecuencia se puede dar por medio de dos mecanismos: calentamiento óhmico o calentamiento dieléctrico. El calentamiento óhmico, producido a menos de 500MHz incrementa el movimiento traslacional de las partículas. El calentamiento dieléctrico producido a más de 500MHz incrementa el movimiento vibratorio y rotacional de las partículas. Cuando un campo eléctrico es aplicado sobre la materia, los dipolos absorben parte de la energía del campo. El calentamiento óhmico es el mecanismo utilizado por los dispositivos de electrocirugía y el calentamiento dieléctrico es el utilizado por el láser y hornos microondas. Se debe tener presente que la corriente que fluye en uno de los electrodos debe ser igual a la corriente que fluye en el otro electrodo. Por lo tanto debido a que el electrodo activo tiene un área de sección transversal muy pequeña, la

densidad de corriente es muy alta. Debido a la diferencia de densidad de corriente entre los dos electrodos, el tejido en contacto con el electrodo de dispersión se calienta lentamente mientras que el que está en contacto con el electrodo activo se calienta hasta destruirse.

#### **4.1.2.1 Funcionamiento del Electrobisturí**

Para explicar el funcionamiento del electrobisturí es aquel que está integrado por un tubo de vacío que genera oscilaciones de radiofrecuencia, estas son transportadas a través de un transformador, elemento que nos permitirá aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico de corriente alterna sin variar la frecuencia, que consta de un polo que no se encuentra aterrizado. Los aditamentos se conectan a la salida del transformador para producir un voltaje aislado y de esta manera en contacto con tejidos biológicos, permite el corte o la coagulación. Cuenta con una perilla que permite seleccionar el tipo de voltaje según busquemos obtener corte o coagulación. Está formado por la integración de transistores, diodos y rectificadores dentro de un circuito eléctrico.

El transistor es un dispositivo eléctrico semiconductor el cual dentro del equipo electro quirúrgico puede cumplir varias funciones como la de amplificador (aumentar la señal), oscilador (convierte corriente continua en periódica), conmutador o switch y rectificador (convierte corriente alterna en continua). De manera simplificada la corriente que circula por el colector es función amplificada de la que se inyecta en el emisor por lo tanto el transistor solo gradúa la corriente que circula a través de sí mismo. Los diodos son dispositivos que permitirán el paso de la corriente eléctrica en una única dirección. De forma simplificada el funcionamiento de un diodo puede estar interpretado por una curva que nos representa el nivel de diferencia de potencial, donde por debajo de cierta diferencia de potencias, se comporta como un circuito abierto y por encima de ella se comporta como un circuito cerrado con muy pequeña resistencia eléctrica y por lo tanto paso de electricidad. Debido a este comportamiento se les suele denominar rectificadores ya que son dispositivos capaces de convertir una corriente alterna en corriente continua. Posee un circuito de

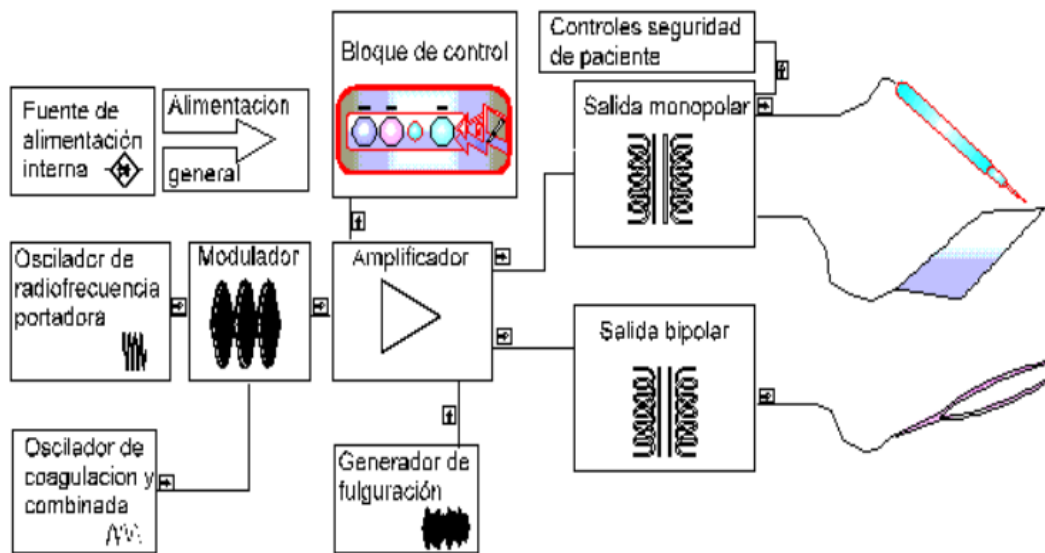
modulación de pulsos conectada al ingreso del tubo de vacío oscilador que controla la frecuencia de oscilaciones. Un interruptor permite interconectar el control de intensidad a la fuente de poder cuando se desea utilizar la sonda para cortes de tejido y permite cambiar a la unidad de modulación de pulsos del oscilador cuando desea obtener una señal eléctrica que permita el efecto de coagulación en la sonda utilizada. Una placa o electrodo de dispersión es utilizada junto con el dispositivo de mano o sonda de corte para procedimientos de este tipo. La placa está completamente sellada de cualquier contacto a tierra física para prevenir el choque eléctrico o quemaduras en puntos donde la piel del paciente pueda hacer contacto a tierra de manera invertida. Al intercalar estos elementos dentro de un circuito eléctrico, puede obtenerse el tipo de energía necesario para lograr los efectos de la electrocirugía.

En la actualidad la unidad de electrocirugía debe contener las siguientes características:

- Frecuencia superior a los 300 [kHz].
- Potencia de por lo menos 120 [Watts].
- Salidas de corte, coagulación y mezcla.
- Conexiones monopolar y bipolar.
- Regulación automática de potencia.
- Sistema de protección para el paciente.

Para estudiar un poco más el funcionamiento de un electrobisturí tenemos el diagrama de bloques interno el cual se puede observar en la figura 2. En donde la energía necesaria es tomada de la red eléctrica de 110 V, luego existen varios módulos como el del oscilador de RF se encarga de crear la onda portadora y el oscilador de coagulación, la señal moduladora. Estas dos ondas son mezcladas en el Modulador. Luego son ampliadas en el Amplificador de Potencia, para salir, según selección, por la toma monopolar, hacia el mango porta electrodos, o la toma bipolar, hacia la pinza electro coagulador. El circuito se cierra por la toma de neutro o antena para el monopolar y entre terminales de pinza para la bipolar. Siguiendo normas,

estos equipos deben avisar, con señal luminosa y acústica, la activación de los electrodos, con el fin de advertir a los operadores cercanos y evitar así accidentes. También deben de disponer de un circuito de desconexión de emisión en caso de placa neutra desconectada, con el fin de evitar quemaduras. En el caso de electrodo tipo antena, el problema se invierte, ya que aquí lo problemático, es que se rompa el aislante y se produzcan con ello quemaduras de contacto. Un Bloque de control permite ajustar desde afuera todos los parámetros de operador. El pedal de activación se conecta allí.



**Figura 2.** Diagrama de bloques de un Electrobisturí.  
Fuente: Electrobisturí ventajas y funcionamiento. Pag 20.

Procesando y generando toda la información del diagrama de bloques se puede dividir en 8 bloques principales de la siguiente manera: fuente de alimentación, oscilador RF, oscilador de coagulación, modulador amplificador, generador de fulguración, salida monopolar y salida bipolar.

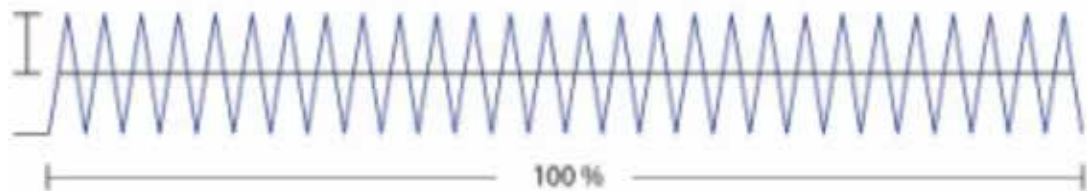
- **Fuente de alimentación:** la energía necesaria es tomada de la red eléctrica de 110 V, siendo transformada en corriente continua por la fuente de

alimentación interna. Este módulo se encarga de proveer energía a todos los demás.

- **Oscilador de radiofrecuencia portadora:** etapa osciladora, se encarga de producir la onda base sobre la que trabaja el bisturí. Existen grandes cantidades de circuitos para producir la onda, como osciladores LC, cerámicos o de cristal.
- **Oscilador de coagulación:** este módulo se encarga de tener la señal moduladora.
- **Modulador:** el modulador es el dispositivo electrónico que varía la forma de onda de una señal de acuerdo a una técnica específica.
- **Amplificador:** esta etapa condiciona tanto la potencia de la onda que se suministra, es decir, en estos bisturís en los cuales la potencia se controla mediante la amplitud de entrada la onda aumentara o disminuirá según la potencia deseada. Además se encarga de modular convenientemente la onda según la señal que envía al generador de fulguración. El acoplamiento entre el amplificador se suele hacer de muchas formas, aunque las más usual es mediante un transformador.
- **Generador de fulguración:** genera los pulsos necesarios para adecuar la salida.
- **Salida monopolar:** requiere de un electrodo pequeño (electrodo activo) y uno grande (electrodo pasivo). El electrodo pasivo, también conocido como electrodo neutro presenta un área relativamente grande. Para esta salida se utiliza la técnica monopolar la cual la corriente de radiofrecuencia fluye del generador a través del electrodo activo hacia el tejido, a través del paciente y después a un electrodo de retorno colocado en el paciente para finalmente volver al generador, es decir, la corriente pasa por el paciente completando el circuito desde el electrodo activo hasta el electrodo de retorno del paciente. En la punta del instrumento, en el electrodo activo estrecho se presenta un efecto

térmico muy fuerte por el aumento de la intensidad de la corriente. En el tejido alrededor del sector operativo se puede con ello cortar y coagular. En el tejido más alejado la intensidad de la corriente es considerablemente menor, la corriente puede irse del cuerpo sin efecto térmico, como simple energía eléctrica a través del electrodo neutral de gran superficie.

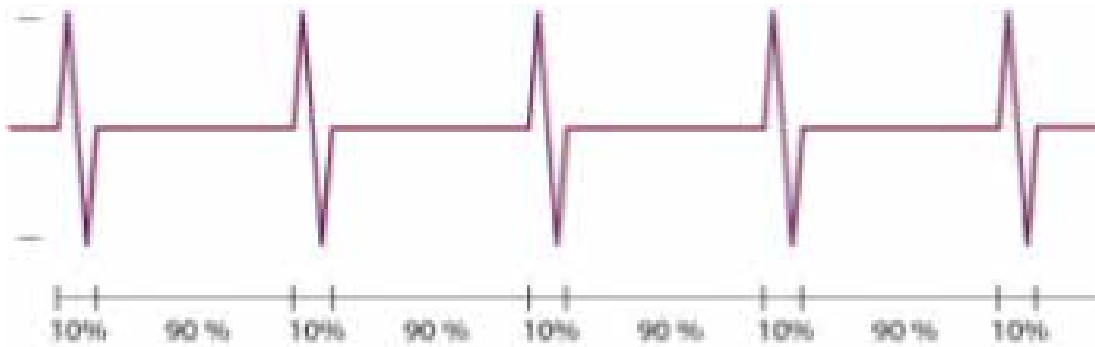
- **Salida bipolar:** la corriente de alta frecuencia se aplica entre las dos puntas de una herramienta, como unas pinzas o tijeras. No se aplica ningún electrodo neutro. La corriente fluye desde un extremo al otro de la herramienta. Para esta salida se utiliza la técnica bipolar la cual es aquella donde las funciones del electrodo activo y del electrodo de retorno las realizan las dos patas de la pinza o fórceps, ambos brazos de los electrodos están unidos al instrumento quirúrgico por lo que no se necesita la dispersión de la corriente, no es necesario el electrodo de retorno del paciente. Únicamente se incluye en el circuito el tejido que toman las pinzas, es decir, el que se encuentra entre las dos patas de las mismas. Además se necesita una menor cantidad de corriente.
- **Salida tipo corte:** También denominado electrotermia, se da a temperaturas superiores a los 100 °C ya que las moléculas líquidas de los tejidos se vaporizan. La presión de vapor generada es la que produce el corte, el cual se mueve con dirección hacia dónde va el electrodo activo debido al efecto Leidenfrost. Para producir cortes se debe trabajar con una onda ininterrumpida de bajo voltaje.



**Figura 3.** Salida tipo corte.

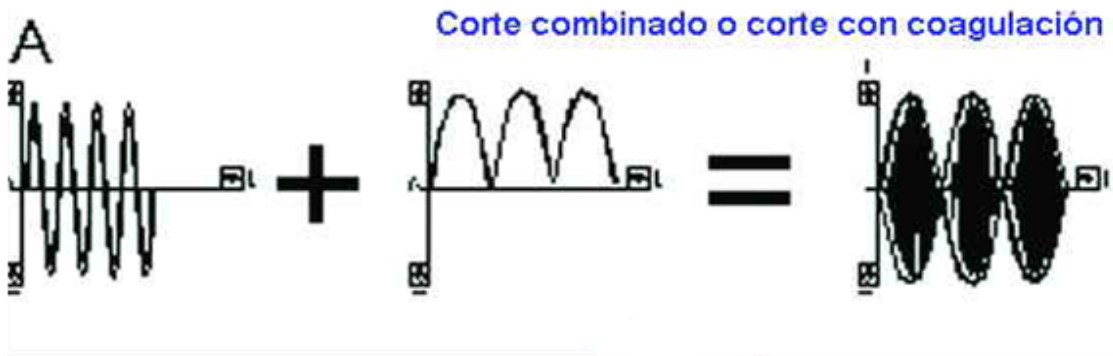
Fuente: Electrobisturí ventajas y funcionamiento. Pag 10.

- **Salida tipo coagulación:** La coagulación se da cuando el líquido interior de las células se evapora lentamente haciendo que éstas se encojan y se junten entre sí para que así se puedan frenar hemorragias. Las temperaturas de trabajo deben ser entre 60 y 70 °C y las ondas deben ser de alto voltaje pero interrumpidas.



**Figura 4.** Salida tipo de coagulación.  
Fuente: Electrobisturí ventajas y funcionamiento. Pag 15.

- **Salida tipo mixta:** Las ondas pueden ser moduladas para producir los dos tipos de trabajo y conseguir resultados conjuntos además de cortar grandes masas de tejido vascular



**Figura 5.** Salida tipo Mixta.  
Fuente: Electrobisturí ventajas y funcionamiento. Pag 15.

#### 4.2. Fase II: “Diseñar un Electrobisturí que permita realizar cirugías superficiales sin riesgos.”

Con el diseño del bisturí se logra la cirugía de alta frecuencia, encontrándose según la investigación la ejecución de un procedimiento muy seguro, ayudando al cirujano que la emplea y el paciente que la requiere, dado que los efectos que pueden ser implicados dependerán de la toma de conciencia y precaución que se tome a la hora de la intervención.

En el diseño del equipo del electrobisturí, se tiene que desarrollar de manera precisa, el manejo de la radio frecuencia con una potencia de salida definida y que no presente riesgos para poder aplicar sobre la piel, bajo los parámetros que fueran establecidos, se analizaron los datos de los equipos ya existentes en el mercado; y así mismo compararlo entre ellos. Luego de haber investigado los datos técnicos se llegó a la conclusión que los parámetros ideales para el desarrollo de este trabajo de grado son los siguientes:

**Tabla 1.** Parámetros para el diseño del Electrobisturí

Fuente: Carrillo (2019)

<b>Parámetros de ingreso</b>	<b>Parámetros de salida</b>
<b>Voltaje de entrada:</b> 110 V	<b>Potencia de salida:</b> 50-100 W
<b>Frecuencia:</b> 60 Hz	<b>Forma de onda:</b> depende de la salida
<b>Voltaje de los elementos electrónicos:</b> 5Vdc.	<b>Modulación:</b> 25-100% de trabajo

Por otro lado para el que diseño del electrobisturí se ejecute de manera eficiente se dividió en 4 etapas las cuales son:

- Transformador.
- Amplificador de potencia
- Oscilador RF.
- Oscilador de coagulación

### 4.2.1 Plataforma de desarrollo Proteus

Es importante destacar que para el desarrollo del proyecto se utilizó la plataforma de desarrollo Proteus la cual es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción. Por ser el trabajo de grado un diseño de alto nivel ya que es un equipo de electrocirugía es importante usar programas y plataformas de alto nivel que cuenten con todas las librerías necesarias para llevar a cabo la simulación.

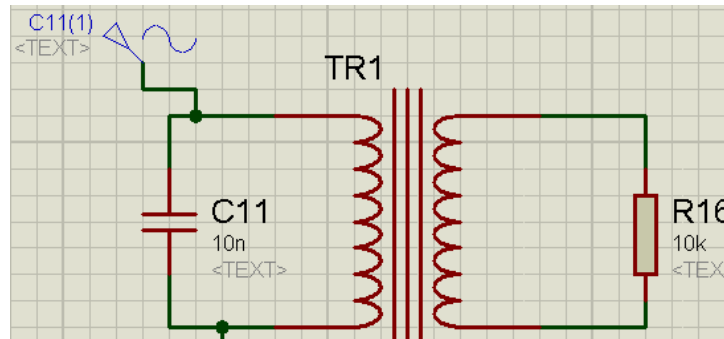


**Figura 6.** Plataforma de desarrollo Proteus  
Fuente: Carrillo (2019)

### 4.2.2 Transformador

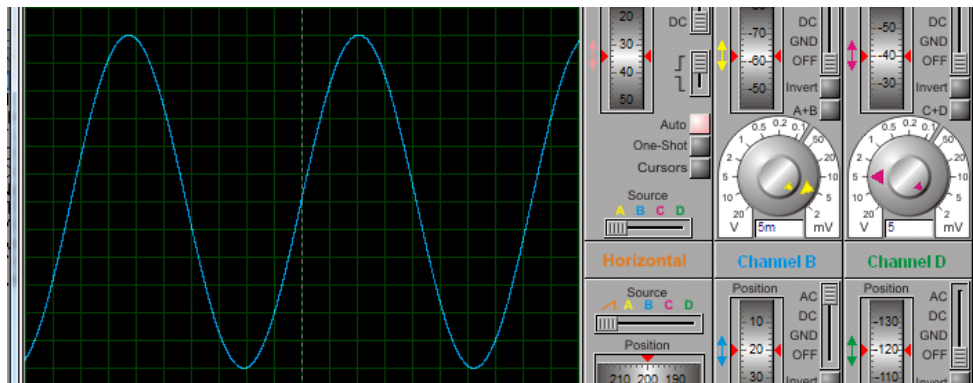
El transformador es una máquina eléctrica la cual esta nos permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo

potencia. En la figura 7 se puede observar el circuito en el cual fue empleado para el diseño del electrobisturí.



**Figura 7.** Circuito del transformador  
Fuente: Carrillo (2019)

En figura 8 podemos observar la entrada que se le colocó al transformador en el cual fue empleado una fuente senoidal de entrada de 110 de amplitud y a una frecuencia de 60 Hz.

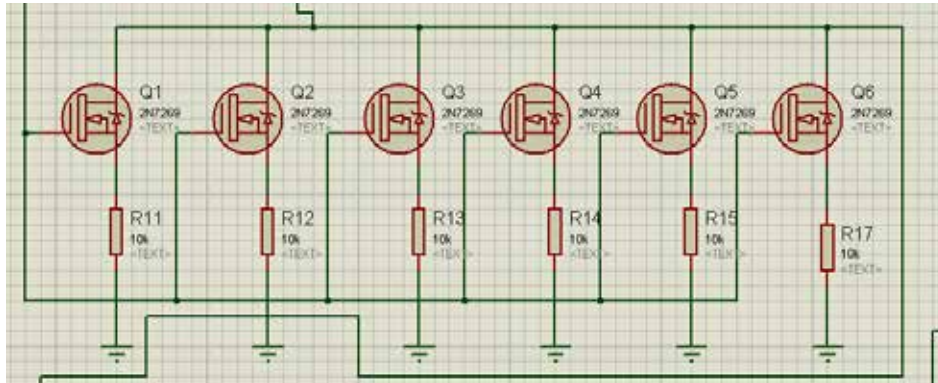


**Figura 8.** Entrada del transformador  
Fuente: Carrillo (2019)

#### 4.2.3 Amplificador de Potencia

Un amplificador de potencia es aquel cuya etapa de salida se ha diseñado para que sea capaz de generar rangos de tensión e intensidad más amplios de forma que tenga capacidad de transferir a la carga la potencia que se requiere. Para el trabajo de grado se colocaron 6 Mosfet de manera que pueda generar la etapa de potencia, estos

amplificadores se colocaron en paralelo para generar una alta ganancia. (Ver figura 9).

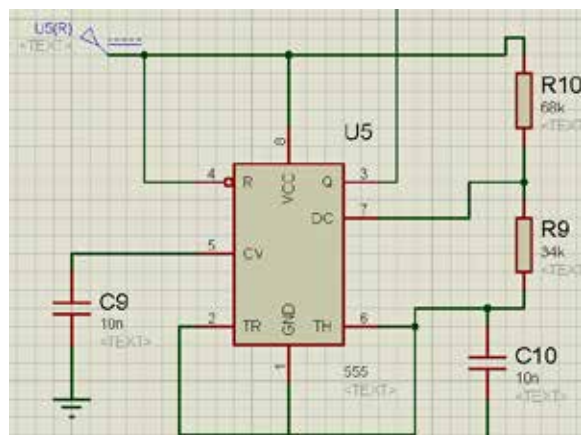


**Figura 9.** Amplificador de Potencia  
Fuente: Carrillo (2019)

#### 4.2.4 Oscilador RF

Un oscilador RF es un dispositivo electrónico que genera una tensión oscilante a frecuencias típicas de radiofrecuencia. La señal obtenida debe ser repetitiva, pudiendo tener forma senoidal, pulso, cuadrada o triangular entre otras. Este oscilador RF se encarga de generar la onda transportadora y se encargara de también aporta la energía necesaria para el dispositivo.

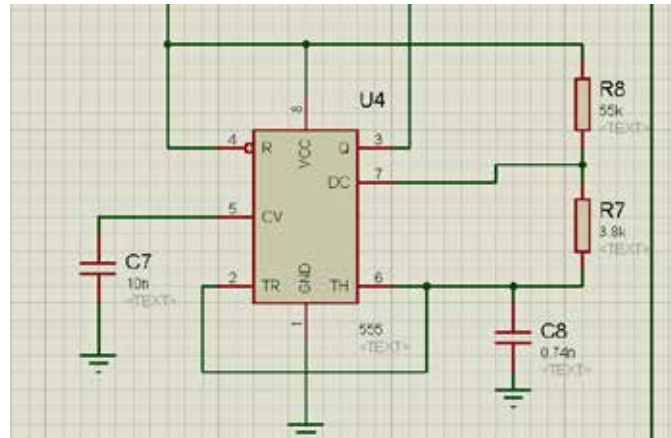
En la figura 10 se puede observar el diseño para este trabajo de grado del oscilador RF, utilizando un 555.



**Figura 10.** Oscilador RF  
Fuente: Carrillo (2019)

#### 4.2.5 Oscilador de Coagulación.

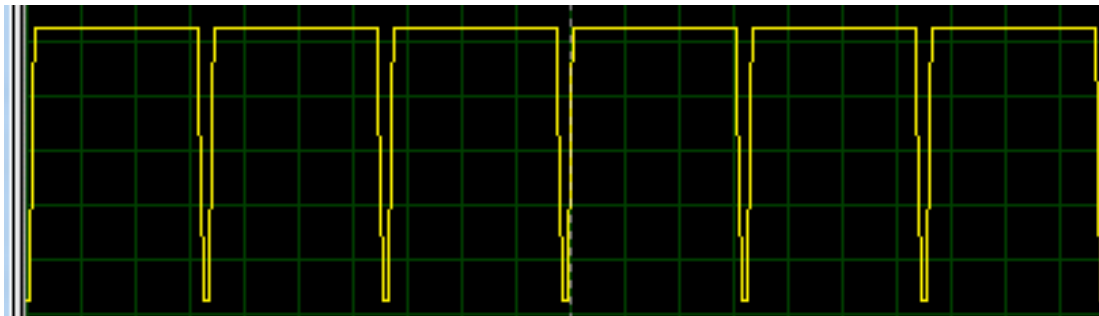
El oscilador de coagulación es aquel que genera la señal moduladora en nuestro caso este oscilador fue diseñado con un dispositivo 555 para poder generar una señal cuadrada trabajando a un 90% de su ciclo de trabajo.



**Figura 11.** Oscilador de coagulación.

Fuente: Carrillo (2019)

En la figura 11 se puede observar el oscilador de coagulación creado con el dispositivo 555. Este dispositivo se alimenta con una fuente de voltaje de 5Vdc para la entrada del dispositivo, por otro lado en la figura 12 se puede mostrar la salida del oscilador de coagulación siendo esta una señal cuadrada con un ciclo de trabajo de un 90%.



**Figura 12.** Salida del oscilador de Coagulación.

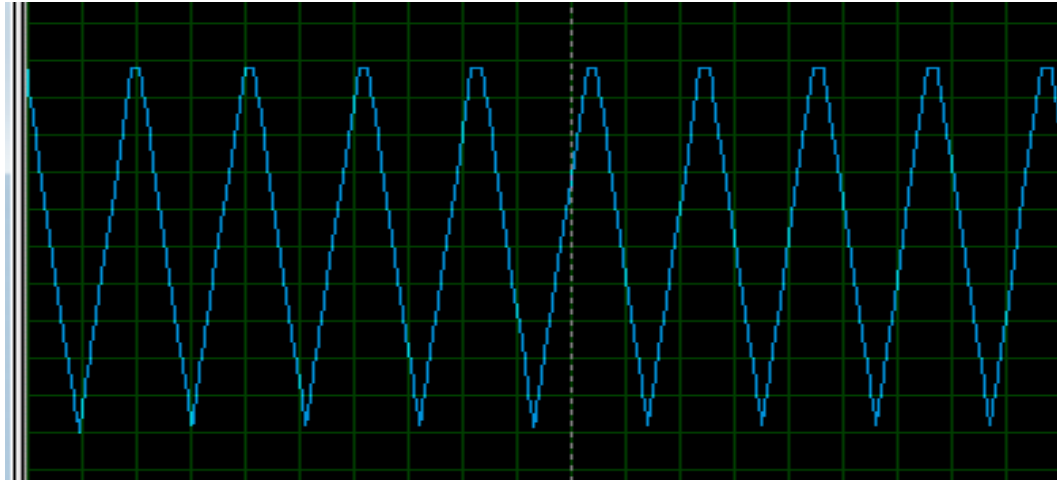
Fuente: Carrillo (2019)

En la figura 13 se puede observar todo el diseño del electrobisturí el cual está conformado por las 4 etapas mencionadas anteriormente.



#### 4.2.6 Simulación del diseño del electrobisturí

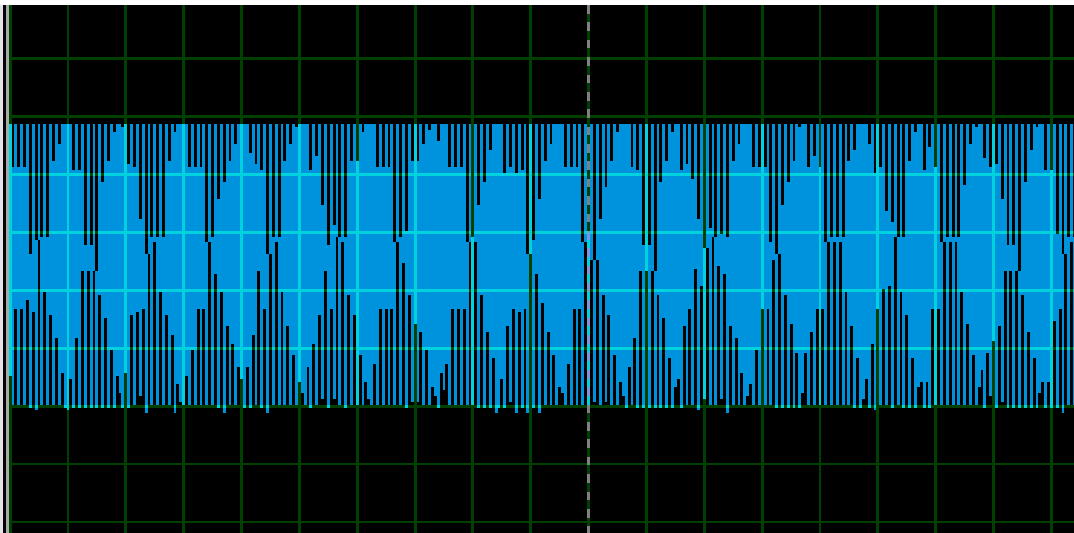
En la figura 14 podemos observar la salida del osciloscopio para el tipo de corte en el cual basándonos en la teoría coinciden. (ver apartado 4.1.2.1)



**Figura 14.** Salida del osciloscopio 1.

Fuente: Carrillo (2019)

En la figura 15 podemos observar la salida de los osciloscopio para el tipo de corte y coagulación combinados en el cual basándonos en la teoría coinciden. (Ver apartado 4.1.2.1)



**Figura 15.** Salida del osciloscopio 2.

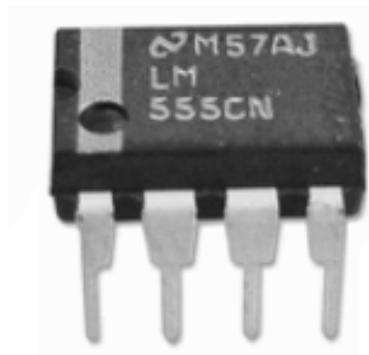
Fuente: Carrillo (2019)

### **4.3. Fase III: “Identificar los dispositivos necesarios para el diseño y construcción de un Electrobisturí.”**

Conociendo los resultados obtenidos en la fase II se procederá a seleccionar los componentes para el diseño del electrobisturí. El cual poseerá las características mínimas y necesarias para obtener los parámetros de salida obtenidos en la fase II. Para esta elección se ha tenido en cuenta el cumplimiento de las especificaciones anteriormente estudiadas además de otros factores como el tamaño y precio. En consecuencia a esto se seleccionaron los siguientes componentes:

#### **4.3.1 Circuito Integrado 555**

El temporizador IC 555 es un circuito integrado (chip) que se utiliza en la generación de temporizadores, pulsos y oscilaciones. El 555 puede ser utilizado para proporcionar retardos de tiempo, como un oscilador, y como un circuito integrado flip flop. Sus derivados proporcionan hasta cuatro circuitos de sincronización en un solo paquete. En el presente trabajo de grado se utilizó para crear las distintas etapas de oscilación.

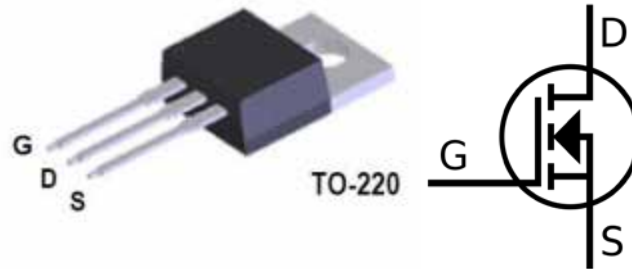


**Figura 16.** Dispositivo Electrónico 555.

**Fuente:** <https://www.google.com/search?q=dispositivo+555>

#### **4.3.2 Transistor Mosfet**

Es el transistor más utilizado en la industria microelectrónica, ya sea en circuitos analógicos o digitales, para este trabajo de grado se utilizó este transistor para crear la etapa de amplificador de potencia.



**Figura 17.** Transistor Mosfet

**Fuente:** <https://www.google.com/search?q=transistor+mosfet>

### 4.3.3 Transformador

Como se explicó anteriormente es indispensable el uso de un transformador ya que este se encargará de convertir fuente AC en DC.



**Figura 18.** Transformador

**Fuente:** <https://www.google.com/search?q=transformador+de+potencia>

### 4.3.4 Electrodo

Los electrodos son elementos imprescindibles para un electrobisturí. La corriente que fluye expresa su contenido energético en los electrodos del lápiz del electrobisturí.

Por ello existen distintos tipos de electrodos, cada uno con diferentes objetivos dependientes de su forma y la onda aplicada.

#### 4.3.4.1 Electrodo monopolar

Los electrodos monopolares tienen una sola “hoja”, que es donde se concentra el calor del que hace uso el electrobisturí. Estos electrodos pueden ser de varios tipos: en forma de cuchillo, de pelota, de aguja, de bucle, entre otros. Su forma es dependiente de la operación a efectuar y el tipo de onda utilizada. Generalmente, el tipo de forma fina y el material inoxidable que tiene baja conductibilidad térmica, son adecuados para cortadura por densidad de corriente, mientras que el tipo de forma de pelota y el material de aluminio que tiene alta conductibilidad térmica, son adecuados para coagulación.



**Figura 19.** Electrodo Monopolar.

Fuente: <https://www.google.com/search?q=electrodo+monopolar>

#### 4.3.4.2 Electrodo Bipolar

Este electrodo, como se había mencionado antes, posee la forma de una pinza; la corriente fluye a través de ambas terminales, y el calor aprovechado se encuentra entre estas. Sus formas pueden variar según su uso: largo, de ángulo recto, de terminal fino, entre otros.



**Figura 20.** Electrodos Bipolares  
Fuente: <https://www.google.com/search?q=electrodo+bipolar>

#### **4.4. Fase IV: Desarrollar el estudio de factibilidad que implica el diseño y construcción de un Electrobisturí.**

##### **4.4.1 Costos del diseño del Electrobisturí.**

Se hace evidente, el progreso que en este tipo de instrumentos y equipos se ha generado, donde participan de su diseño técnicos e ingenieros en electrónica y en todo hospital o centro de salud que posea al menos uno de estos equipos debe haber un técnico que realice mantenimiento y, por ende, tiene que estar capacitado para entender su funcionamiento e inclusive su construcción.

Para el caso tratado, el investigador como parte del proceso de diseño de la propuesta indica en función de la misma, que el equipo electroquirúrgico, de igual forma conocido como electrobisturí o bisturí caliente es un dispositivo electrónico capacitado para convertir la energía eléctrica en calor con el fin de coagular, cortar o eliminar tejido blando, eligiendo para esto corrientes que se desarrollaron en frecuencias por encima de los 200.000Hz, ya que éstas no interfieren con los procesos nerviosos y sólo produjeron calor; compuesta por una serie de unidades individuales que en conjunto conforman un circuito eléctrico:

1. Placa o electrodo dispersivo (placa paciente).
2. Cable conducción hacia la placa.
3. Display digital.
4. Lápiz, control mano monopolar, corte y coagulación.
5. Cable de pinza bipolar.

6. Potenciómetros bipolares.
7. Suiche o breaquero.
8. Adaptador de lápiz manual con pedal.
9. Pulsador reset de alarma de placa paciente.



**Figura 21.** Parte frontal de un Electrobisturí

Fuente: <https://www.google.com/search?q=Electrobisturí>

#### Partes Internas del Electrobisturí:

1. Conectores de panel frontal
2. Potenciómetros de ajuste de potencia, corte y coagulación
3. Tarjeta principal del equipo. Rf.
4. Transformador
5. Dispositivo 555
6. Resistencias de potencia
7. Capacitores de cerámica.

Es así entorno a lo expuesto que materiales utilizados para la construcción y armado del equipo, se detalla la cantidad de cada elemento, el elemento adquirido, el costo unitario y el costo total por clase de elemento dentro del equipo, y al final de la misma, el valor económico total del listado requerido:

**Tabla 2.** Costos Referenciales de Materiales del Prototipo.  
Fuente: Carrillo (2019)

<b>LISTA DE MATERIALES REQUERIDOS</b>			
<b>Cant</b>	<b>Elemento</b>	<b>V. Unit. (\$)</b>	<b>V. Total (\$)</b>
17	Resistencias	0.10	1.7
11	Capacitor cerámico	0.15	1.65
2	Swicht	1.75	3.5
6	2N7269	0.80	4.8
5	Dispositivo 555	1.80	9
1	Transistor RF	1.50	1.50
1	Transformador	50.00	50.00
1	CARCASA (30x30)	40.00	40.00
1	Placas PCB	90.00	90.00
2	Zócalo 18 pines	0.70	1.40
1	Zócalo 40 pines	1.00	1.00
--	Varios	60.00	60.00
		<b>TOTAL</b>	<b>300,00</b>

Basándose en lo anterior el costo de construcción del prototipo realizado es muy bajo, en comparación a los costos de comercialización de los equipos existentes en el medio, y que tienen precios que oscilan entre 3000 dólares y 5000 dólares de acuerdo al modelo y procedencia del mismo; se pudo visualizar que con un margen de ganancia, que permita competitividad ante los costos mencionados, el hecho de no pagar aranceles, ni pago de derechos o franquicias, denotan una gran diferencia de costos lo que implicaría una gran ventaja de posicionamiento en el mercado; además de considerar que al ser un producto realizado en nuestro país, implicaría una solución más rápida ante algún daño o falla del equipo, detalle que para el marketing y plan de ventas, sería considerado.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo de grado se ha realizado el diseño de un electrobisturí el cual es un equipo electrónico capaz de transformar la energía eléctrica en calor con el fin de coagular, cortar o eliminar tejido blando. En la propuesta del trabajo de grado para el electrobisturí se basa totalmente en un diseño analógico en el cual se realiza una modulación para combinar la señal de radiofrecuencia con la señal de coagulación. Sin embargo para el diseño de un equipo de electrocirugía hay que tener tres puntos básicos los cuales son, la etapa de amplificación de potencia, la modulación de la señal y por último la técnica de salida siendo esta monopolar o bipolar.

De la investigación y el trabajo desarrollado se desprenden una serie de conclusiones como son:

- En el desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica mención control y automatización, siendo esta carrera unos de los pilares más importantes en el campo industrial y la Electromedicina.
- El trabajo de grado realizado cumple con el objetivo principal planteado el cual es proponer el diseño de un Electro bisturí que permita la realización de cirugías superficiales.
- El uso del electrobisturí tiene parámetros muy sencillos para su aplicación, por lo que es muy fácil de usarlo.
- El electrobisturí puede tener dos tipos de salida, tanto la salida monopolar como la salida bipolar

- Es importante recordar que este instrumento no sustituye el bisturí convencional, más bien es un componente de soporte a la intervención quirúrgica.
- También es imprescindible que el especialista guíe a los pacientes a llevar a cabo todos los procedimientos necesarios para el cuidado de sus heridas quirúrgicas para limitar las probabilidades de inflamaciones en alto grado y dolor postquirúrgico.

Finalmente, refiriéndose a los costos de construcción de este equipo, se ha hecho una gran diferencia con respecto al utilizar otras soluciones como por ejemplo que sea un diseño totalmente analógico, por otro lado se podría incluir la utilización de un microcontrolador para el control de corte, por lo tanto basándose en lo anterior se demostró que el prototipo diseñado es de bajo costo, lo cual contribuye al diseño de dispositivos médicos que pueden ser adquiridos por centros de salud que no cuenten con mucho presupuesto.

## **RECOMENDACIONES**

- Û Implementación del sistema propuesto en el presente trabajo de investigación, ya que esto es una herramienta de gran valor y aporte para la Electromedicina.
- Û Integrar un microcontrolador para controlar los cortes del electrobisturí.
- Û Expandir el diseño a un electrobisturí bipolar.
- Û Se recomienda analizar los principales sistemas de seguridad del electrobisturí, que cumplan un papel importante antes durante y después de la posible utilización de electrobisturí.
- Û Se recomienda el adecuado mantenimiento preventivo periódico para garantizar que no ocurran accidentes por fallas electrónicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas; Editorial Episteme.
- Arias, J. (2002) **Generalidades médico-quirúrgicas** Madrid, Editorial Tebar.
- Dominguez, M., Galiana, J., Pérez, F. (2002) **Manual de cirugía menor** Madrid, Editorial Arán Ediciones.
- Hurtado, J. (2010) **Metodología de la investigación** Caracas, Editorial Quirón.
- Martinez Morillo, M. y Martinez, A. (1998) **Manual de medicina física** Madrid, Editorial S.A. ELSEVIER ESPAÑA.
- Mijares, H. y García, L. (2007) **Manual de Investigación para trabajo especial de grado de la UJAP**. San Diego. Editorial UJAP.
- Pallela, S. y Martins F. (2012) **Metodología de la investigación cuantitativa** Caracas, Editorial FEDUPEL.
- Pardell, X. (2018) **Apuntes de Electromedicina**, Vallejo, H.
- Sabino, C (1992). **El proceso de investigación** Buenos Aires, Editorial PANAPO.
- Tamayo, M (1997) **El proceso de investigación científica**. Madrid, Editorial Limusa.