PLAN DE TRABAJO DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRONICA

Modalidad Investigación:

***Diseño e implementación de una unidad electroquirúrgica***

***enfocada en la reducción del índice de sangrado.***

Autores

ANDRÉS EDUARDO SUAREZ PRADA

JUAN CARLOS SIERRA MENDEZ

LUZBIN RAUL BAUTISTA VALDEZ

Director

ING. JORGE EDUARDO QUINTERO MUÑOZ

Codirector

Ph.D. DANIEL ALFONSO SIERRA BUENO

|  |
| --- |
|  |

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

BUCARAMANGA

2017

Bucaramanga, 3 de junio de 2017

Profesores

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E³T)

Universidad Industrial de Santander

Presente

Referencia: Presentación del Plan de Trabajo de Grado en la Modalidad Investigación: “diseño y desarrollo de un bisturí electrónico con innovación en mínimo sangrado”

Estimados profesores,

Considerando los Artículos 3o., 8o. y 11o. del Capítulo IX del Título V del Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado nos permitimos presentar a su consideración el plan de trabajo de grado en la modalidad de investigación *“*diseño y desarrollo de un bisturí electrónico con innovación en mínimo sangrado*”* preparado por los estudiantes de ingeniería electrónica Andrés Eduardo Suarez Prada, Código 2090483, Juan Carlos Sierra Méndez, Código 2092030 y Luzbin Raúl Bautista Valdes, Código 2081531. Este documento cuenta con nuestro visto bueno por lo que respetuosamente solicitamos su evaluación y la programación de la defensa oral del mismo.

Cordial saludo,

|  |  |
| --- | --- |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  ING. JORGE EDUARDO QUINTERO MUÑOZ  Director del Trabajo  Escuela de Ingenierías Eléctrica,  Electrónica y de Telecomunicaciones  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  ANDRÉS EDUARDO SUAREZ PRADA  Estudiante de Ingeniería Electrónica  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  LUZBIN RAÚL BAUTISTA VALDES  Estudiante de Ingeniería Electrónica | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  PhD. DANIEL ALFONSO SIERRA BUENO  Codirector del Trabajo  Escuela de Ingenierías Eléctrica,  Electrónica y de Telecomunicaciones  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  JUAN CARLOS SIERRA MÉNDEZ  Estudiante de Ingeniería Electrónica |
|  |  |

ANEXO: Original del Documento del Plan de Trabajo de Grado en la Modalidad Investigación *“*diseño y desarrollo de un bisturí electrónico con innovación en mínimo sangrado*”*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ELABORADO POR:** | **REVISADO POR:** | **APROBADO POR:** |
| *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  Andrés Eduardo Suarez Prada  *Estudiante de Ingeniería Electrónica*  *Código UIS: 2090483*  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  *Luzbin Raul Bautista Valdes*  *Estudiante de Ingeniería Electrónica*  *Código UIS: 2081531*  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  Juan Carlos Sierra Méndez  *Estudiante de Ingeniería Electrónica*  *Código UIS: 2092030* | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  Ing. Jorge Eduardo Quintero Muñoz  *Director del Trabajo de Grado*  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  PhD. Daniel Alfonso Sierra Bueno  *Codirector del Trabajo de Grado* | *Comité de Trabajos de Grado E³T*  *Acta No. \_\_\_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ de 2016*  *Código del Trabajo: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*  *Evaluador designado por el Comité de Trabajos de Grado E³T* |

Universidad Industrial de Santander (UIS)

Documento Confidencial

Ni la totalidad ni parte de este documento puede reproducirse, almacenarse o transmitirse por algún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o electrónica o cualquier medio de almacenamiento de información y sistemas de recuperación, sin permiso escrito de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Este es un documento interno de la UIS. Al recibirlo no podrá pasarlo a persona alguna excepto las que se le indique en la lista de distribución autorizada por la UIS. Cualquier persona externa a la UIS que utilice la información en este documento asume la responsabilidad por su empleo.

© Universidad Industrial de Santander (UIS) – 2017

**TABLA DE CONTENIDO**

Contenido

[1. Especificaciones del Proyecto 5](#_Toc484259636)

[1.1 Título de la Investigación 5](#_Toc484259637)

[1.2 Director de la Investigación 5](#_Toc484259638)

[1.3 Codirector de la Investigación 5](#_Toc484259639)

[1.4 Autores de la Investigación 5](#_Toc484259640)

[1.5 Entidades Interesadas en la Investigación 5](#_Toc484259641)

[1.6 Costo de la Investigación 5](#_Toc484259642)

[2. Descripción del Proyecto 6](#_Toc484259643)

[2.1 Planteamiento del Problema 6](#_Toc484259644)

[2.2 Objetivos del Proyecto 6](#_Toc484259645)

[2.2.1 Objetivo General 6](#_Toc484259646)

[2.2.2 Objetivos Específicos 6](#_Toc484259647)

[2.2.3 Justificación del Proyecto 7](#_Toc484259648)

[3. Metodología Propuesta 8](#_Toc484259649)

[3.1 Metodología de trabajo 8](#_Toc484259650)

[3.2 Plan de trabajo 8](#_Toc484259651)

[3.2.1 Etapa de fundamentación teórica y documentación 8](#_Toc484259652)

[3.2.2 Etapa de simulación y diseño 8](#_Toc484259653)

[3.2.3 Etapa de construcción e implementación 9](#_Toc484259654)

[3.2.4 Etapa de producción de documentación 9](#_Toc484259655)

[4. ALCANCE DEL PROYECTO 10](#_Toc484259656)

[5. Cronograma 11](#_Toc484259657)

[6. Presupuesto de proyecto 13](#_Toc484259658)

[7. Bibliografía 14](#_Toc484259659)

**LISTA DE TABLAS**

[Tabla 1. Productos de exportación en Colombia. 7](#_Toc484259660)

[Tabla 2. Tabla de Impedancia en Tejidos 10](#_Toc484259661)

[Tabla 3. Cronograma de actividades. 11](#_Toc484259662)

[Tabla 4. Costo de recurso humano. 13](#_Toc484259663)

[Tabla 5. Costo de equipos y software. 13](#_Toc484259664)

[Tabla 6. Costo de componentes electrónicos. 13](#_Toc484259665)

[Tabla 8. Costo total del proyecto. 14](#_Toc484259666)

# Especificaciones del Proyecto

## Título de la Investigación

Diseño e implementación de una unidad electroquirúrgica enfocada en la reducción del índice de sangrado***.***

## Director de la Investigación

Ing. Jorge Eduardo Quintero Muñoz

Profesor Cátedra Asociado de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

## Codirector de la Investigación

PhD. Daniel Alfonso Sierra Bueno.

Profesor Titular de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

## Autores de la Investigación

Andrés Eduardo Suarez Prada

Juan Carlos Sierra Mendez

Luzbin Raúl Bautista Valdes

Estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones UIS.

## Entidades Interesadas en la Investigación

* Universidad Industrial de Santander (UIS).
* Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (E3T).
* Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS).

## Costo de la Investigación

El proyecto tiene un costo total de aproximadamente $75 243 000.

# Descripción del Proyecto

## Planteamiento del Problema

La cirugía es un procedimiento invasivo contemplado dentro de la medicina como un método cuya misión es curar mediante incisiones que permiten operar directamente la parte afectada del cuerpo. Dicho procedimiento ha evolucionado con el paso de los años y los implementos usados para tal fin se han desarrollado, no solo para permitir recuperar la funcionalidad del órgano o tejido involucrado sino también para disminuir el riesgo implícito en las complicaciones propias que conlleva una incisión, como la infección germinal por contaminación o la perdida descontrolada de sangre, sea causada por la intervención en proceso, o alguna afección del sistema circulatorio (hipertensión, anemia, diabetes, etc.).

Este último tópico plantea entonces la necesidad de diseñar un elemento que permita un grado de corte eficiente del mismo modo que se minimiza el factor de perdida sanguínea del paciente, es allí donde juega un papel importante el corte que es realizado por medio de corrientes eléctricas, pues además del seccionamiento del tejido, el mismo instrumento permite la cauterización del área circundante.

## Objetivos del Proyecto

### Objetivo General

* Diseñar e implementar una unidad electroquirúrgica enfocada en la reducción del índice de sangrado.

### Objetivos Específicos

* Determinar el valor de impedancia del tejido humano a una frecuencia determinada.
* Generar señales eléctricas en la banda de radio frecuencia, empleadas para procedimientos de electrocirugía.
* Producir una señal binaria que represente el estado de la presión sanguínea dentro del cuerpo humano.
* Controlar la potencia de corte de la unidad electroquirúrgica.

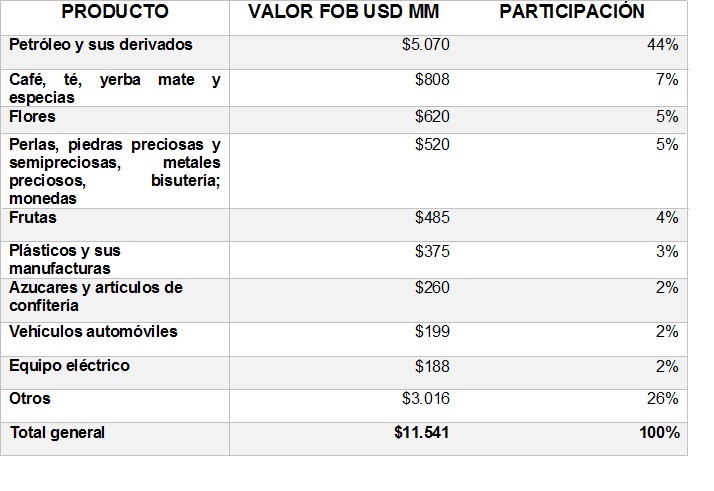
### Justificación del Proyecto

La pérdida de sangre excesiva en una cirugía conlleva a posibles complicaciones, una de estas puede ser un shock hipovolémico, la cual es una afección de emergencia en la cual el corazón es incapaz de bombear suficiente sangre al cuerpo. Este tipo de afección puede hacer que muchos órganos dejen de funcionar.

Por esta razón se busca desarrollar un equipo el cual minimice la pérdida de sangre en los procedimientos quirúrgicos.

Adicional con este proyecto pretendemos generar impacto social y económico. Sabiendo que a la fecha Colombia es un país que tiene poco desarrollo en el área de electrónica y su economía se basa principalmente en el petróleo y sus derivados. Según estadísticas de la CVN (Centro Virtual de Negocios) tan sólo el 2% de las exportaciones de nuestro país pertenece a equipo eléctrico, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla . Productos de exportación en Colombia.



Lo cual deja en evidencia que Colombia tiene la necesidad de importar la gran mayoría de equipos electrónicos. El caso de los equipos de electrocirugía no es la excepción, por lo cual la mayoría, por no decir que la totalidad de estos equipos son procedentes del exterior. Importar estos equipos acarrea grandes costos debido a los impuestos arancelarios y se presentan dificultades después de su compra por el tema de mantenimiento y/o reparaciones.

El hecho de producir equipos electromédicos como nuestro electrobisturí, que es diseñado 100% en Colombia da una opción de fácil acceso de estas tecnologías, a buen precio y equipos de alta confiabilidad a los cirujanos o entidades que lo requieran. Además, abre una puerta a la oportunidad de empleo y promueve el desarrollo del país como posible fabricante y no como consumidor de esta tecnología.

# Metodología Propuesta

## Metodología de trabajo

Por tratarse de un proyecto donde hay tanto trabajo de por medio y posiblemente se tendrá que realizar trabajo interdisciplinario, se ha optado por imitar una práctica de desarrollo ágil de proyectos como lo es “scrum” que es usado usualmente en proyectos de desarrollo de software, adicional se tratará de mantener un flujo de trabajo constante y alcanzar un ritmo sostenible usando técnicas de trabajo como Kanban (sistema de tarjetas). Aunque no se va a seguir fielmente todos los aspectos de estas dos metodologías se tratará de sacar el mayor provecho de ellas.

Para realizar el cronograma, visualizar las tareas pendientes, en desarrollo, los tiempos de trabajo, gastos, etc. Se usará el software de gestión de proyectos llamado “Microsoft Project” con el cual se tendrán fechas estimadas, se podrá visualizar de forma rápida la ruta crítica del proyecto y se obtendrá una fecha tentativa final que se pretende no esté lejos de la fecha real de terminación del proyecto.

## Plan de trabajo

El proyecto se desarrollará de acuerdo a las etapas planteadas a continuación, se tratará de seguir este orden y ser lo más fiel posible en los tiempos propuestos para cada tarea en el cronograma de actividades:

### Etapa de fundamentación teórica y documentación

Esta etapa es el punto de partida para la realización del proyecto, se pretende realizar una investigación en busca de las tecnologías que se están usando actualmente para los equipos de electrocirugía. Se eligen diferentes fuentes de información confiables y a la vanguardia con el fin de obtener una base de datos sólida y lograr encaminar el proyecto hacia una segunda fase. Teniendo el tema claro se procederá a tomar decisiones como la elección de un software adecuado y la elaboración de las especificaciones de requisitos del dispositivo. También se podrá realizar una planificación y estimación detallada de los recursos y tiempos necesarios para la ejecución del proyecto.

### Etapa de simulación y diseño

Esta fase es quizás la más importante y de mayor duración en el desarrollo del proyecto ya que involucra el desarrollo de modelos, simulación y diseño de un grupo de módulos en los que se divide el electrobisturí y posterior a ello, la integración de todos los módulos con el fin de obtener un diseño preliminar del dispositivo, realizar pruebas de laboratorio para verificar resultados de las simulaciones, depuración de los errores o problemas que presente el modelo funcional, antes de iniciar el diseño del circuito impreso para el prototipo, de manera que se rija bajo la normatividad que deben cumplir los equipos médicos. Esta etapa también involucra el diseño de piezas como lo son el chasís del aparato y los paneles o perillas, elementos con los que el usuario podrá interactuar con el dispositivo.

### Etapa de construcción e implementación

Después de haber hecho un minucioso diseño y realizado pruebas en la etapa inmediatamente anterior, se pasa a la etapa de la fabricación y ensamble de los elementos, se realizarán pruebas para validar el correcto funcionamiento del dispositivo en caso de presentarse inconvenientes en esta etapa se tendrá que proceder a corregir y posiblemente realizar nuevamente algunas tareas de la etapa anterior, por lo cual también podrá abarcar un tiempo considerable. Gracias a la metodología planteada se podrán realizar pequeños cambios en los requerimientos funcionales o no funcionales del dispositivo en esta etapa en caso de que sea necesario.

### Etapa de producción de documentación

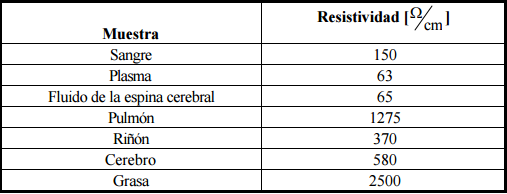
En esta última fase se realizará la documentación, como lo es el libro para del proyecto de grado y adicional se realizarán los manuales de uso y mantenimiento del equipo. La documentación para este tipo de equipos es sumamente importante porque de esta depende el buen uso del equipo y evitar daños en el equipo, problemas o accidentes que puedan poner en riesgo la integridad física del paciente o el cirujano.

# ALCANCE DEL PROYECTO

Dados los objetivos específicos planteados para el proyecto se proponen una serie de actividades con las cuales se pretende certificar el correcto funcionamiento del dispositivo y el éxito en las metas pautadas desde un principio.

1. En principio la manera de validar el control automático para el sistema del electrobisturí, se probara a través de la variación controlada de impedancias, de acuerdo a una tabla de valores de bioimpedancia en tejidos, avalada, y que permita un resultado medible para las funciones del aparato (corte, coagulación, y minimización de sangrado).

Tabla . Tabla de Impedancia en Tejidos



1. Debido a que las regulaciones para la implementación de un dispositivo médico y las pruebas requeridas para su efectividad conllevarían un plazo superior al disponible por parte del grupo desarrollador del plan, la frecuencia que implica una disminución en el sangrado del paciente será probada sobre tejido animal (no vivo) para comprobar su viabilidad en cuanto a corte (seccionamiento completo y continuo sin carbonización del tejido adyacente). Pero la hipótesis de una disminución cuantificable de la sangre perdida en relación con otros bisturís electrónicos deberá desarrollarse en otro proyecto de grado.

# Cronograma

Tabla . Cronograma de actividades.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | % completado |
| **Proyecto De Grado Electrobisturí** | **171 días** | **mar 11/04/17** | **jue 28/09/17** | **49%** |
| **Fundamentación y documentación** | **24 días** | **mar 11/04/17** | **jue 04/05/17** | **100%** |
| **Recopilación de documentos y logística para el proyecto** | **5 días** | **mar 11/04/17** | **sáb 15/04/17** | **100%** |
| Revisión del estado del arte en Colombia y el mundo. | 5 días | mar 11/04/17 | sáb 15/04/17 | 100% |
| Construcción de base de datos de documentos como: publicaciones, proyectos de grado, etc. | 5 días | mar 11/04/17 | sáb 15/04/17 | 100% |
| Consulta de normas y especificaciones que deben cumplir los equipos médicos. | 5 días | mar 11/04/17 | sáb 15/04/17 | 100% |
| Consulta de distribuidores y fabricantes de electrónica. | 5 días | mar 11/04/17 | sáb 15/04/17 | 100% |
| **Elección y adquisición de herramientas informáticas necesarias para el desarrollo del proyecto** | **8 días** | **sáb 15/04/17** | **dom 23/04/17** | **100%** |
| Elección de software para la planeación y gestión del proyecto | 8 días | sáb 15/04/17 | dom 23/04/17 | 100% |
| Elección de software para la simulación de circuitos analógicos | 8 días | sáb 15/04/17 | dom 23/04/17 | 100% |
| Elección de software para la simulación de circuitos digitales | 8 días | sáb 15/04/17 | dom 23/04/17 | 100% |
| Elección de software para el desarrollo de circuitos impresos | 8 días | sáb 15/04/17 | dom 23/04/17 | 100% |
| Elección de plataforma para coordinar el trabajo del equipo de desarrollo | 8 días | sáb 15/04/17 | dom 23/04/17 | 100% |
| Capacitación en todas las herramientas de informática seleccionadas | 8 días | lun 24/04/17 | lun 01/05/17 | 100% |
| Elaboración del documento de especificación de requisitos para el dispositivo a desarrollar | 3 días | mar 02/05/17 | jue 04/05/17 | 100% |
| **Simulación y diseño** | **60 días** | **jue 04/05/17** | **lun 03/07/17** | **58%** |
| **Diseño de módulos principales** | **20 días** | **jue 04/05/17** | **mié 24/05/17** | **67%** |
| **Diseño para el módulo ECG.** | **20 días** | **jue 04/05/17** | **mié 24/05/17** | **67%** |
| Diseño de esquemático | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Diseño de pcb | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Programación de adc para obtener señal binaria que indique baja presión arterial | 20 días | vie 05/05/17 | mié 24/05/17 | 0% |
| **Diseño para el módulo de bioimpedanciometría.** | **20 días** | **jue 04/05/17** | **mié 24/05/17** | **67%** |
| Diseño de esquemático | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Diseño de pcb | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Programación para obtener, almacenar y utilizar el valor de impedancia | 20 días | vie 05/05/17 | mié 24/05/17 | 0% |
| **Diseño de modulo oscilador de corte y/o coagulación** | **20 días** | **jue 04/05/17** | **mié 24/05/17** | **67%** |
| Diseño de esquemático | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Diseño de pcb | 20 días | jue 04/05/17 | mié 24/05/17 | 100% |
| Programación de la tarjeta del módulo del oscilador para corte | 20 días | vie 05/05/17 | mié 24/05/17 | 0% |
| Fabricación de circuitos impresos (Primera corrida) | 15 días | jue 25/05/17 | jue 08/06/17 | 100% |
| **Diseño de módulos auxiliares** | **20 días** | **mié 24/05/17** | **mar 13/06/17** | **42%** |
| Diseño fuente DC de alto voltaje | 20 días | mié 24/05/17 | mar 13/06/17 | 50% |
| Diseño de panel de control, interfaces de usuario y otros. | 20 días | mié 24/05/17 | mar 13/06/17 | 50% |
| Diseño de amplificador de potencia | 20 días | mié 24/05/17 | mar 13/06/17 | 25% |
| Diseño de sistema de microcontrolado con el fin de integrar los módulos principales auxiliares | 20 días | mié 14/06/17 | lun 03/07/17 | 0% |
| **Construcción e implementación** | **67 días** | **mar 04/07/17** | **vie 08/09/17** | **0%** |
| Ensamble de componentes y montaje de primer modelo funcional del dispositivo | 12 días | mar 04/07/17 | sáb 15/07/17 | 0% |
| Revisión, corrección de errores y diseño definitivo del electronibisturí. | 20 días | dom 16/07/17 | vie 04/08/17 | 0% |
| Fabricación de circuitos impresos (Segunda Corrida) | 15 días | sáb 05/08/17 | sáb 19/08/17 | 0% |
| Fabricación de chasis e interfaces de usuario finales | 15 días | sáb 05/08/17 | sáb 19/08/17 | 0% |
| Verificación de funcionalidad. | 10 días | dom 20/08/17 | mar 29/08/17 | 0% |
| Validación de seguridad del equipo. | 10 días | mié 30/08/17 | vie 08/09/17 | 0% |
| **Producción de documentación** | **20 días** | **sáb 09/09/17** | **jue 28/09/17** | **0%** |
| Elaboración de libro. | 20 días | sáb 09/09/17 | jue 28/09/17 | 0% |
| Elaboración del manual de usuario. | 5 días | sáb 09/09/17 | mié 13/09/17 | 0% |
| Elaboración de manual de mantenimiento. | 5 días | sáb 09/09/17 | mié 13/09/17 | 0% |
| Realizar correcciones del libro | 15 días | sáb 09/09/17 | sáb 23/09/17 | 0% |

# Presupuesto de proyecto

Tabla . Costo de recurso humano.



Tabla . Costo de equipos y software.



Tabla . Costo de componentes electrónicos.



Tabla . Costo total del proyecto.



# Bibliografía

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | A. C. J. I. C. L. L. S. M. R. Drs. JUAN HEPP K., «Programa de la especialidad Cirugía General. Definiciones y propuestas de la Sociedad de Cirujanos de Chile,» *SciELO Chile,* vol. 60 , nº 1, pp. 79-85, Febrero 2008. |
| [2] | A. Lozano-Nieto, «Impedancia en las Mediciones de Cambios de los Fluidos Corporales a traves de la Bioimpedancia,» IEEE, Hershey, PA, 1998. |
| [3] | J. E. Q. Jose Martin Padillo, Electrobisturí Bipolar : Diseño y Construcción (Trabajo de Grado), Bucaramanga, Colombia: Facultad de Ciencias Fisico-Mecanicas, Universidad Industrial de Santander , 1987. |
| [4] | A. I. M. A. R. A. F. Pratondo Busonoa, «Design of Embedded Microcontroller for Controlling and Monitoring Blood Pump,» *science Direct,* pp. 217 - 224, 2015. |
| [5] | Z. Czaja, «A diagnosis method of analog parts of mixed-signal systems controlled by microcontrollers,» *Science Direct,* pp. 158 - 170, 2007. |
| [6] | G. M. Fuentes, «ELECTROCIRUGÍA: FUNDAMENTOS PARA EL ADECUADO USO CLÍNICO,» Virgen de las Nieves , Granada, 2011. |
| [7] | D. M. H. P. P. Martina Büchele, «Cirugía con electrobisturí de alta frecuencia (AF): Efectos, riesgos y minimización de peligros,» Semperit Technische Produkte Ges.m.b.H. & Co KG, 2004. |
| [8] | N. S. A. J. V. G. J. V. B. Nathalia Londoño Jaramillo, «Electrocirugía,» Medellin, 2006. |
| [9] | J. Alvero-Cruz, L. Correas Gómez, M. Ronconi, R. Fernández Vázquez y J. Porta i Manzañido, «La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización,» *Revista Andaluza de Medicina del Deporte,* p. 9, 2011. |
| [10] | M. I. T. A. M. Djordje G. Jakovljevic, «Bioimpedance and bioreactance methods for monitoring cardiac output,» *Clinical Anaesthesiology,* pp. 381 - 394, 2014. |
| [11] | M. Villarrubia, «Facultad de Física. Universidad de Barcelona,» [En línea]. Available: http://www.fabelec.cl/PPVenta/archivos/bib851\_seguridad\_electrica\_efectos\_en\_humanos.pdf. [Último acceso: 01 06 2017]. |
| [12] | W. L. a. S. Cho, «IEEE Explore,» [En línea]. Available: http://ezproxy.uis.edu.co:2237/stamp/stamp.jsp?arnumber=6578669. [Último acceso: 01 06 2017]. |
| [13] | E. D. G. S. A. E. S. S. S. R. M. C. K. A. R. Gillian Y., «Measuring Bioimpedance in the Human Uterine Cervix: Towards Early Detection of Preterm Labor,» de *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, San Francisco, CA, USA , 2004, September 1-5. |
| [14] | M. d. P. S. A. F. B. C. R. P. María E. Moncada, «Medición de Impedancia Eléctrica en Tejido Biológico,» *Tecno Lógicas,* pp. 62,63, 2010. |
| [15] | G. M. G. &. C. KG, «Electrocirugía,» *KLS martin GROUP,* p. 36. |
| [16] | K. Ogata, Sistemas de Control en Tiempo Discreto, New Jersey: Prentice Hall International, 1995. |
| [17] | A. R. Ortega, «EVALUACIÓN NUTRICIONAL MEDIANTE TÉCNICAS DE IMPEDANCIA. VENTAJAS E INCONVENIENTES EN TCA,» Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 2014. |
| [18] | s. pava, «SideShare,» 2 Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://es.slideshare.net/silvia-pava/electrocirugia-expo. |
| [19] | D. M. M. M. J. D. Curtze S., «Dynamic changes in traction forces with DC electric field in osteoblast-like cells,» *Journal of Cell Science,* pp. 117, 2721-2729, 2004. |