

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA
EDUCACIÓN UNIVERSITARIA CIENCIA Y
TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA TERRITORIAL
“ALONSO GAMERO”
DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
SANTA ANA DE CORO _ ESTADO FALCÓN**



**Diseño de un Simulador (ECG) para Aplicaciones Educativas
Caso: Programa Nacional de Formación en Instrumentación y
Control Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero”.**

Asesor Técnico

ING. Morales, Ángel.

Profesor Guía

ING. Eduarte, Rubén

Autores:

T.S.U. Barrera, Carlos C.I: 14.793.444

T.S.U. Lugo, Edisson C.I.15.238.998

T.S.U. Moreno, Alejandro. C.I.17.103.937

T.S.U. Paris, Iliana. C.I.13.902.032

T.S.U. Villabona, Elyuris C.I. 17.629.191

Santa Ana de Coro; Octubre 2016

ÍNDICE GENERAL

	Pagina
Índice de Tablas	li
Índice de Figuras	lii
Índice de Gráficos	lv
Agradecimiento	5
Presentación	6
PARTE I	8
Descripción del escenario	8
Datos generales de la comunidad	8
Antecedentes	8
Identidad organizacional	11
Aspectos socio-productivos	13
PARTE II	
Contexto real	27
Identificación de los principales problemas y necesidades	
Jerarquizar y seleccionar el problema vinculado con el área de conocimiento	28
Vinculación con el plan patria 2013-2019	35
Vinculación del problema seleccionado con el área de conocimiento	37
Propósito general	38
Propósito específico	38
Beneficios del proyecto	39
Beneficiarios directos e indirectos	41
Viabilidad del proyecto	42
PARTE III	
Sustento epistemológico y metodológico	44
Sustento teórico	44
Metodología aplicada	65
Estrategia de acceso a la comunidad	68
Actividades de socialización	68
Revisión de documentos	69
Método aplicado para el diagnostico	69
Técnicas e instrumentos utilizados	70
Plan de acción	72
PARTE IV	
Ejecución de actividades	74
Reflexiones	113
Implicaciones	114
Referencias bibliográficas	115
Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Descripción	Pagina
Distribución de ingresos y egresos de estudiantes Lapso 1998-2015-2	11
Egresos (TSU- ING/LICDO) U.P.T.F.A.G.-2015	12
Matrícula General. U.P.T.F.A.G. – PNF. Lapso 2015-I	13
Ponderación de Jerarquización de objetivos.	24
Análisis de implicados	26
Matriz nodal.	28
Matriz nodal	30
Rol e importancia de los beneficiarios directos del proyecto	36
Rol e importancia de los beneficiarios Indirectos del proyecto	37
Valores del ritmo cardiaco normales	44
Zonas de toma del ritmo cardiaco	45
Las derivaciones estándares incluyen tres tipos diferentes	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
Ubicación del estado Falcón	21
Ubicación del Instituto Universitario de Tecnología “Alonso Gamero”	21
Croquis General de la Sede Principal de la U.P.T.F.A.G.	23
Árbol de problema	27
Árbol de objetivo	29
Análisis de participación	36
Triángulo de Einthoven	47
Actividad eléctrica del corazón	48
Generación eléctrica del musculo cardiaco	48
Registro de superficie de derivaciones	49
Amplificador de instrumentación	53
Circuito integrado AD620	54
Microcontrolador tipo 4550	55
Microcontrolador PIC 18F877	55
sistemas protección del equipo	56
selector de derivaciones	57
Diagrama general del circuito del ECG	72
Diagrama de bloque del Electrocardiógrafo	74
Derivaciones Bipolares	75
Circuito de amplificador de instrumentación	75
Esquema amplificador de instrumentación	77
Circuito del filtro pasabajos	78
Circuito del filtro pasaaltos	79
Filtro pasabajos y pasaaltos	80
Esquema del amplificador de instrumentación	83
Diagrama de Bloque de Electrocardiograma	88
Electrodo Cloruro de plata	90
Amplificador de instrumentación	91
Integrado AD620	91

Circuito Filtro pasa alto	92
Circuito Filtro pasa bajo	94
Programa de simulación Proteus	97
Programa de simulación Proteus	98
Diagrama de bloque del simulador ECG.	100
Diagrama del circuito del simulador primera etapa	102
Convertidor Digital Analógico DAC0808	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

DESCRIPCIÓN	Página
Egresos por PNF (T.S.U) – I.U.T.F.A.G 2014	12
Egresos por PNF (T.S.U) – U.P.T.F.A.G 2015	13
Egresos por PNF (TSU) – U.P.T.F.A.G. 2014	14
Comportamiento de los Filtros buterword	54
Forma de onda a la salida del amplificador de instrumentación	77
Repuesta de salida del filtro pasáaltos	79
Repuesta de salida del filtro pasábajos	80
Señal de salida de los filtros en función de la frecuencia	81
Señal de salida en función del tiempo para una señal de 500Hz	81
Señal de salida para una entrada de 1milivoltio a 50Hz	82
Señal patrón ECG del Vector	104
Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardiaca de 60 L.P.M	105
Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardiaca de 120 L.P.M	106
Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardiaca de 20 L.P.M.	106
Señal de salida del simulador en respuesta a un paro cardiaco	107

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por ser nuestro guía en todo momento y ser quien nos ilumina en este caminar durante nuestros estudios.

A nuestros padres por motivarnos día a día y ayudarnos a alcanzar un logro y una meta más en nuestras vidas.

A los que no están físicamente con nosotros agradecemos desde lo alto sus bendiciones y sé que donde estén celebran hoy junto a nosotros este logro.

A nuestros profesores por ser nuestros formadores en nuestra carrera de ingeniería.

A esta casa de estudios por permitirnos formarnos como ingenieros en la carrera en instrumentación y control y darnos toda la formación para obtener esta meta que tanto anhelamos.

A todos y cada uno de ustedes mil GRACIAS.....

Los Autores

T.S.U. Barrera, Carlos C.I: 14.793.444

T.S.U. Lugo, Edison C.I.15.238.998

T.S.U. Moreno, Alejandro. C.I.17.103.937

T.S.U. Paris, Iliana. C.I.13.902.032

T.S.U. Villabona, Elyuris C.I. 17.629.191

Presentación

El estudio es el desarrollo de aptitudes y habilidades mediante la incorporación de conocimientos nuevos. El sistema de educación mediante el cual se produce la socialización de la persona, tiene como objetivo que se dedique una elevada cantidad de horas al análisis de diversos temas. Es por ello, que se han desarrollado una serie de estrategias, con el fin de que la tarea de estudiar sea más simple y que se logren alcanzar mejores resultados.

Cabe destacar que la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero” (U.P.T.A.G) ha sido hoy en día uno de los principales pioneros en la Formación de Técnicos Superiores, Licenciados e Ingenieros en las diferentes carreras impartidas en los Programas Nacionales de Formación (PNF) en esta casa de estudios.

En la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero se evidencian diferentes problemas. Estos problemas están vinculados directamente con el Plan de Desarrollo Nacional 2007 – 2013 sobre la creación de los Programas Nacionales de Formación (PNF), los cuales tienen como fin ofrecer una educación universitaria técnica, pero más humanista, adecuada a las políticas establecidas en el Plan de la Patria 2013-2019, segundo plan socialista de desarrollo económico y social de la nación. El Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control (PNFlyC), constituye una de esas ofertas académicas universitarias impulsadas dentro del proceso de transformación universitaria.

Este proyecto de investigación consta de cuatro (4) partes: en la primera parte se refiere a la descripción del escenario, planteando los datos generales de la comunidad, en este caso nuestra comunidad es la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero”; antecedentes,

aspectos socio-productivo, económicos, demográficos, culturales, así como también el marco legal que sustenta a la organización seleccionada.

Para la segunda parte del proyecto, se desarrolló el contexto real de la situación problemática, identificando los principales problemas vinculados al área de conocimiento, la jerarquización y selección del problema, vinculación con el Plan de Desarrollo 2013 – 2019 y con el área de conocimiento que se corresponden con las unidades curriculares del eje profesional; así como también, se plantea los objetivos tanto general como específicos, beneficiarios y viabilidad del proyecto.

En la tercera parte se plantea y explica el sustento epistemológico y metodológico utilizados para abordar aspectos referidos a la electrocardiografía sus aplicaciones educativas y clínicas con base en las perspectivas teóricas, metodológicas y tecnológicas enmarcado dentro del enfoque de la investigación-acción, incluyendo estrategias y actividades que sustentan el análisis.

En la cuarta parte, se establece la realización de las diferentes actividades del proyecto, el cual plantea los objetivos alcanzados según el cronograma establecido en el plan de acción, donde se establecieron una serie de actividades para el logro de los objetivos en cada fase del proyecto, así como también la descripción de los resultados en función de los objetivos del proyecto.

PARTE I

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

Datos Generales De La Comunidad

Antecedentes

A finales de la década de los 60, diversos sectores organizados de la colectividad falconiana (Empresarios, profesionales, medios de comunicación social, estudiantes, obreros, campesinos), presionaron al ejecutivo regional para que se creara en Falcón “La Universidad Tecnológica de Falcón” Colina [1991] en su investigación titulada “Propuesta metodológica para la vinculación de estudio de caso”.

La presión social que ejerció el movimiento coincidió con la explosión de la matrícula estudiantil de las universidades tradicionales a principios de la década de los 70, y la consiguiente política de masificación de la Educación Universitaria del ejecutivo nacional, la cual se orientó por un lado a satisfacer las exigencias sociales de la población, y por otro lado a satisfacer las demandas de mano de obra especializada de la industria venezolana en expansión.

La solicitud de creación de la Universidad de Falcón no cristalizó, dado que la política nacional de expansión de la educación universitaria se perfiló hacia la fundación de instituciones de Educación Universitaria que garantizaran la profesionalización rápida de recursos humanos para la industria en condiciones de operar con la tecnología foránea.

En tal sentido, la respuesta del ejecutivo se concretó con el decreto Presidencial N° 661, de Fecha 21 de Julio de 1971, publicada en la Gaceta

Oficial N° 29.567 del 26 de Julio del mismo año, mediante el cual se creó el Instituto Universitario de Tecnología Coro (IUTC), cuyas actividades se iniciaron el 28 de Abril de 1972 con una matrícula de 160 alumnos y 17 docentes. Este inicia bajo un régimen semestral de tres años, ofertando las siguientes carreras; Administración, Construcción Civil, Instrumentación Industrial, Mecánica y Química. Luego en 1979 se incorpora la carrera Agropecuaria, con las menciones Agrícola y Pecuaria, ya para el año 1995 pasa a denominarse Ciencias Agropecuarias sin mención.

Tras la muerte de el Prof. Alonso Gamero Reyes en 1980, el ministerio de educación, por resolución Nro. 347 del 08 de Octubre y publicada en Gaceta Oficial Nro. 32.086 del 09 de Octubre del mismo año, resuelve que a partir de esa fecha, el Instituto Universitario Tecnológico de Coro pasa a ser Instituto Universitario de Tecnología “Alonso Gamero” (I.U.T.A.G) haciéndole honor a este ilustre educador, ejemplo de lucha y constancia, auténtico revolucionario del saber, científico e investigador falconiano, oriundo de La Vela, de reconocida trayectoria profesional en los niveles de educación media, diversificada y profesional y en Educación Universitaria, este ilustre investigador fallece en Mérida el 27 de Septiembre de 1980.

En el año 1994 a nivel de estudio de postgrado la Dirección General Sectorial de Educación Superior del Ministerio de Educación Superior, las especializaciones Administración de Empresa, Agropecuaria, Calidad ambiental, Control de Procesos Industriales, Finanzas, Gerencia de Obras Civiles y Mantenimiento Industrial. Así mismo en el año 2006, estas son sometidas a revisión elevándose ante el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, en la propuesta de crear la especialización en “Gerencia de Empresas Agropecuarias”.

Desde el mes de marzo del año 2001, según la Gaceta Oficial Nro. 37.158, la conducción del Instituto Universitario de Tecnología “Alonso Gamero” ha

estado a cargo de comisiones de modernización y transformación, que han sido designadas por el Ministerio de Educación Universitaria.

En el mes de noviembre del año 2006, el ciudadano Presidente de la República Hugo Rafael Chávez Frías, decreta la misión Alma Mater, con el objetivo de fortalecer la Educación Universitaria en el país. Esta misión Alma Mater contempla la creación de universidades, así como también la transformación de institutos universitarios de tecnología en universidades politécnicas, según el Plan Patria 2013-2019 en su Artículo N 3.- Las Universidades debe realizar una función rectora en la educación, la cultura y la ciencia. Para cumplir esta misión, sus actividades se dirigirán a crear, asimilar y difundir el saber mediante la investigación y la enseñanza; a completar la formación integral iniciada en los ciclos educacionales anteriores, y a formar los equipos profesionales y técnicos que necesita la nación para su desarrollo y progreso.

Cabe destacar que el IUTAG, atraviesa un proceso de transformación que se inicia a finales de la década pasada, ofreciendo oportunidades de estudio por área de conocimiento, mención, duración, y título que se otorga en las carreras de Administración, Construcción Civil, Instrumentación Industrial, Mecánica y Química, además de los estudios de especialización que ofrece el departamento de postgrado.

No fue hasta el 24 de Noviembre del 2014, donde por decreto de resolución 1223, bajo la Gaceta Oficial n°40.547 donde es nombrada Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero” (U.P.T.A.G).

El proceso de transformación da cabida en la institución a un nuevo grupo de carreras, bajo el modelo de Programas Nacionales de Formación (PNF) para Administración, Agroalimentación, Construcción civil, Electricidad, Electrónica (en convenio con Misión Sucre), Informática, Instrumentación y Control, Mecánica y Procesos Químicos, que otorga el título de carreras

cortas (Técnico Superior Universitario) y carreras largas (Ingenieros y/o Licenciados según el caso).

El Instituto anteriormente llamado fue durante casi 40 años, el pionero de la formación de Técnicos Superiores Universitarios con un alto perfil profesional, a disposición del mercado laboral, local, regional, nacional e internacional, en las diversas áreas del aparato productivo.

La Universidad Politécnica Territorial hoy en día, es una institución con una visión y misión que se expresa en la misión cumplida. Su función académica, su tarea de investigación, actividades de extensión y sus programas de producción le asigna un bien ganado prestigio de orientación nacional.

Como institución de carácter técnico-experimental, el cambio que la U.P.T.A.G. ha introducido en su modelo académico lo califica como prototipo en el país, con programas académicos, científicos, investigativo, culturales y sociales, lo que le han permitido la obtención de resultados positivos y una contribución al desarrollo de Falcón, mediante el aprovechamiento científico, tecnológico y humano del egresado, en vinculación directa de la comunidad.

Según una entrevista realizada al personal de la División de Planificación de la Universidad Politécnica Territorial (U.P.T.A.G), esta institución posee un conjunto de principios filosóficos que definen su existencia y rigen su marco de acción.

Identidad Organizacional

Según una entrevista realizada al personal de la División de Planificación del Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero” (U.P.T.A.G), esta institución posee un conjunto de principios filosóficos que definen su existencia y rigen su marco de acción, entre ellos:

Misión

Formar Ingenieros y Técnicos Superiores Universitarios de excelencia conforme a las nuevas exigencias de la sociedad productiva local, regional, nacional e internacional, en sintonía con los avances de la Ciencia y la Tecnología, en un ambiente donde se estimula la apertura y las innovaciones; la participación, el compromiso y los valores estéticos.

Visión

Es una Universidad líder, con un perfil continuado de excelencia, egresados de preferencia en el mercado laboral; impulsores de una sociedad productiva basada en principios de calidad, equidad, solidaridad y compromisos.

Valores

La Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero”, fundamenta su gestión en los siguientes valores organizacionales:

1. Optimizar, en forma continua, los planes, programas y condiciones de estudio adaptándolos a los cambios dinámicos de la Ciencia, Tecnología y requerimientos sociales y económicos locales, regionales y nacionales.
2. Garantizar un adecuado Sistema de Control de Gestión que facilite la toma de decisiones oportunas sobre la base de necesidades reales y potenciales.
3. Favorecer la Modernización y Transformación de los Procesos Organizacionales de la Institución, propiciando un crecimiento y un desarrollo armónico sostenible.
4. Impulsar un desarrollo sostenido de las Funciones Universitarias: Docencia, Investigación, Extensión, Postgrado y Producción, que propicie el Desarrollo y Consolidación de una Visión Integral.
5. Dar prioridad a la Atención Integral del Estudiante sobre la base del nuevo concepto del hombre como un ser biopsicosocial, ecológico y espiritual.

6. Asegurar un desarrollo permanente del Recurso Humano de la Institución, sobre la base de las competencias que demanda el Mercado Laboral Venezolano y en sintonía con la realidad universitaria nacional.
7. Fortalecer las relaciones de asistencia recíproca entre el U.P.T.A.G, y organismos Públicos y Privados: locales, regionales y nacionales que permitan favorecer la transferencia de valor agregado hacia y desde el Instituto.
8. Promover un modelo de comunicación que facilite la transferencia confiable y oportuna de información, ideas, valores y lineamientos, como herramienta indispensable para el desarrollo de actitudes positivas y la consolidación de una cultura organizacional sana.

Aspectos Socio Productivos

La formación socio productiva pretende impulsar actividades generadoras de bienes, productos y servicios útiles para la comunidad, enmarcándose dentro del concepto de desarrollo endógeno, generando redes productivas para el fortalecimiento de la economía solidaria e impulsora de crecimiento de bienestar social, con el fin de alcanzar una mejor calidad de vida y un ser humano integral.(Dra. Nataliya Ramírez, Ligia Malavé, Lesbia Loyo, David Redondo, Lyneth López. Mayo 2014).

Cabe destacar, en el área socio productivo la institución desarrolla actividades de bienes y servicios útiles para nuestra comunidad enmarcándose dentro del concepto de desarrollo endógeno, buscar generar redes productivas para la autogestión de la institución. La finalidad no es generar ganancia que enriquezcan a un individuo dentro de la organización, sino más bien garantizar la producción de bienes y servicios sin aprovecharse de los involucrados en el proceso productivo que pueden ser tanto los estudiantes en calidad de enseñanza-aprendizaje o el personal adiestrado de la organización.

También es importante resaltar, que el U.P.T.A.G. dentro de sus instalaciones tiene actividades de tipo socio productivo y económico, dentro del socio productivo se tiene específicamente en las instalaciones del departamento de química la producción de productos de limpieza en otras instalación donde se estudia ingeniería agroalimentaria, también la producción de lácteos ambas actividades generan ingresos a la institución.

Aspectos Económicos

Los factores socio-económicos son las experiencias sociales y económicas y las realidades que te ayudan a moldear la personalidad, las actitudes y la forma de vida. También pueden estar definidos por las regiones y los vecindarios. Los organismos de seguridad del país, por ejemplo, siempre citan los factores socio-económicos de la pobreza relacionados con el alto nivel de crímenes. (Giovanni Sartori, 2003)

A nivel económico la universidad cuenta con una infraestructura como el auditorio donde se realizan actividades como actos de grado de la universidad así como otras universidades, también laboratorios y un departamento de postgrado y extensión ambos ofreciendo servicios a la comunidad que generan también ingreso a la institución.

Su fuente principal de ingreso proviene del Estado en los presupuestos que le son asignados y depende directamente del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria (MPPEU).

Aspectos Demográficos

Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas, de su dimensión, estructura, evolución y características generales.

La demografía estudia las estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones, así como los procesos concretos que determinan su formación, conservación y desaparición. Tales procesos, en su forma más agregada, son los de fecundidad, mortalidad y migración: emigración e inmigración(Giovanni Sartori,2003)

Según el Departamento de Admisión y Control de Estudios (DACE) desde el año 1998 hasta el año 2015 han egresado 11556 estudiantes y se habían inscrito 25196 ciudadanos. La Tabla 1 muestra la distribución de ingresos y egresos de estudiantes en el lapso 1998-2015.

Tabla 1. Distribución de ingresos y egresos de estudiantes Lapso 1998-2015-2

AÑO	INGRESOS	EGRESOS
1998	660	225
1999	672	240
2000	690	285
2001	702	310
2002	765	390
2003	810	412
2004	898	434
2005	962	487
2006	1540	515
2007	1750	580
2008	1980	618
2009	2717	705
2010	1719	810
2011	1840	978
2012	3089	1120
2013	2580	1745
2014	1822	1702
TOTAL	25196	11556

Fuente: DACE, 2014

Por otro lado, en la Tabla 2 se puede indicar que durante el año 2015 egresaron 238 estudiantes de los diversos Programas Nacionales de Formación (P.N.F) que administra actualmente la U.P.T.A.G. A nivel de Técnico Superior Universitario (T.S.U) egresaron 287 ciudadanos y a nivel

de Licenciatura (Lcdo.) egresaron 287 ciudadanos. Los Gráficos 1 y 2 muestran la distribución en porcentaje de la cantidad de egresados por PNF tanto a nivel de T.S.U y Lcdo., respectivamente.

Tabla 2. Egresos (TSU- ING/LICDO) U.P.T.A.G.-2015.

CARRERAS	TRAYII- TSU (PNF)	TRAYIV- ING/LICDO (PNF)
ADMINISTRACIÓN	115	134
CONSTRUCCIÓN CIVIL	31	34
PROCESOS QUÍMICOS	7	15
AGROALIMENTACIÓN	6	22
ELECTRICIDAD	47	39
MECÁNICA	8	29
INSTRUMENT.Y CONTROL	12	14
INFORMÁTICA	12	0
CONTADURÍA PUBLICA	0	0
QUÍMICA	0	0
SUBTOTAL	238	287
TOTAL		525

Fuente: DACE, 2014

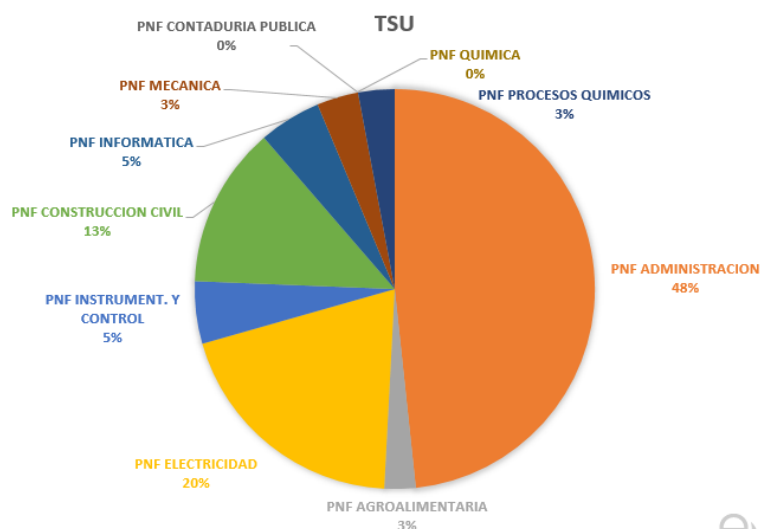


Gráfico 1. Egresos por PNF (T.S.U) – I.U.T.A.G 2014. Fuente: DACE, 2015

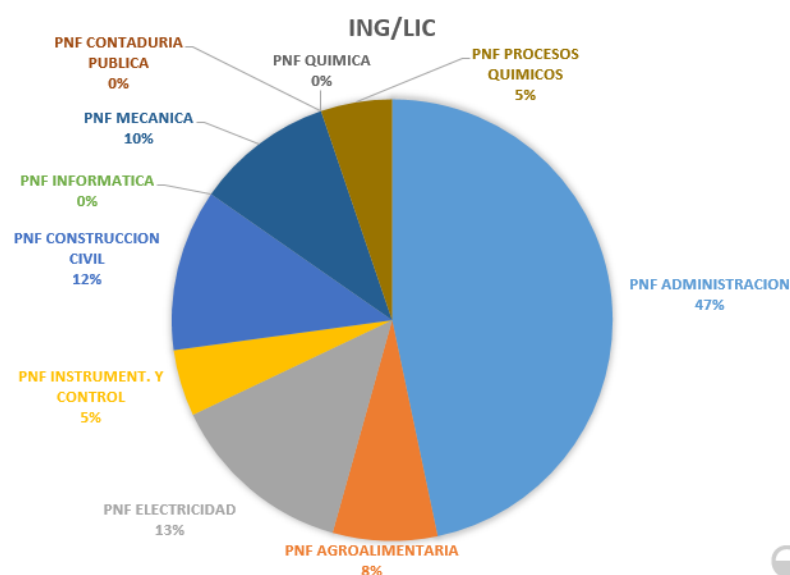


Gráfico 2. Egresos por PNF (T.S.U.) – U.P.T.A.G 2015. Fuente: DACE, 2015

De los Gráficos 1 y 2, se observa que la mayor cantidad de egresados en ambos niveles (TSU/LCDO) corresponde al PNF en Administración.

Tabla 3. Matrícula General. U.P.T.A.G. – PNF. Lapso 2015-I.

Nº	CARRERAS	Ingreso	Egreso	TOTAL
1	PNF ADMINISTRACIÓN	798	826	1624
2	PNF AGROALIMENTACIÓN	94	120	214
3	PNF ELECTRICIDAD	846	139	985
4	PNF INSTRUMENT Y CONTROL	243	130	373
5	PNF CONSTRUCCIÓN CIVIL	346	316	662
6	PNF INFORMÁTICA	351	56	407
7	PNF MECÁNICA	398	211	609
8	PNF CONTADURÍA PUBLICA	1045	125	1170
9	PNF QUÍMICA	7	53	60
10	PNF PROCESOS QUÍMICOS	137	115	252
	SUB TOTAL POR CARRERAS	4265	2091	0
	TOTAL MATRICULA			6356

Fuente: DACE, 2015

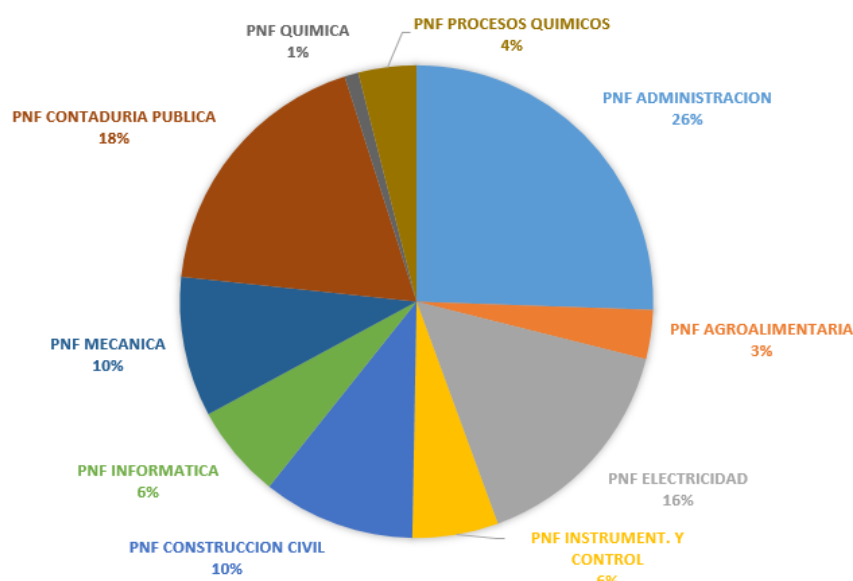


Grafico N 3. Egresos por PNF (TSU) – U.P.T.A.G. 2014. Fuente: DACE, 2015

Así mismo la Oficina de Recursos de Talentos Humanos del U.P.T.A.G, señala que la institución cuenta con docentes ordinarios, contratados y jubilados/pensionados, siendo un total de 555 docentes; personal administrativo fijo, contratado y jubilado/pensionado para un total de 419; un personal obrero fijo, contratado y jubilado/pensionado para un total de 353. En resumen el U.P.F.T.A.G cuenta con 1327 empleados.

Aspectos Culturales de la Comunidad

Se utiliza el término sociocultural para hacer referencia a cualquier proceso o fenómeno relacionado con los aspectos sociales y culturales de una comunidad o sociedad. De tal modo, un elemento sociocultural tendrá que ver exclusivamente con las realizaciones humanas, que puedan servir tanto para organizar la vida comunitaria, como para darle significado a la misma.

El Departamento de Postgrado, promueve la formación avanzada de profesionales en las áreas de conocimientos, vinculadas con las líneas estratégicas de la nación con los requerimientos de las comunidades y las necesidades de las instituciones públicas, con el fin de fortalecer y mejorar

el desempeño profesional, el nivel académico y así como también la calidad humana de los ciudadanos, para la construcción y fortalecimiento del poder popular. Hoy en día, el Departamento de Postgrado está a cargo actualmente de la Dra. Lucrecia Corzo, el cual tiene previsto ofertar una serie de especializaciones con tendencia a maestría, en las diferentes carreras impartidas en el U.P.T.A.G y en las diferentes casas de estudios universitarios, tanto del estado como del país. Entre las ofertas de estudio de postgrado se encuentra lo siguiente:

- Calidad ambiental.
- Gestión en la calidad de obras civil.
- Control de Procesos industrial.
- Programa nacional de formación avanzada (PNFA) en energía.
- PNFA en Soberanía agroalimentaria.
- Especialización en Mantenimiento Industrial.
- Especialización en Gestión Financiera.

El Departamento de Extensión Universitaria de la U.P.T.A.G, es la encargada de promover las actividades culturales, fue creado en el año de 1975, bajo la figura de comisión de extensión cultural coordinada por el poeta Paul Gonzales Palencia, luego pasa a ser la unidad de extensión institucional, dirigida por el poeta Servando Garcés, más tarde en 1980 se denomina Departamento de Extensión Institucional, bajo la autoridad del Profesor Hermes Coronado. Este nombre persistió con los jefes encargados: el poeta Paul González Palencia, en el año 1995 y el profesor Jesús Noguera, para el periodo 1996 al 1998.

Por su parte el Departamento de Extensión Universitaria, queda a cargo de la arquitecta Laura Díaz de Coronado, desde 1998 hasta 2004, periodo en el cual se le asigna el nombre del Departamento de Extensión Universitaria, que permanece hasta los actuales momentos, luego de las Jefaturas de los profesores: Ing. Olimpio Galicia Gómez (2004-2006), Ing. Marclin Castillo

(2006-2008), Lic. Ana Cristina Chávez (2008-2009), y actualmente está en la coordinación el abogado Miguel Timaure.

Entre las actividades culturales y de extensión que ofrece el U.P.T.A.G, para que el estudiante aproveche su tiempo libre en actividades recreativas y formativas como lo son:

- Cine Club U.P.T.A.G (Coord. Prof. Jiovanny Garcia)
- UPTAGTEATRO (Coord. Prof. Víctor Pelayo)
- Coral Infantil U.P.T.A.G (Coord. Prof. Elsa Carolina Toyo)
- Orfeón Universitario U.P.T.A.G (Coord. Prof. Jaime Pensó)
- Grupo Ensemble Cantante “Alonso Gamero” (Coord. Prof. Anny Morales)
- Grupo Muralista “REVERON” (Coord. Bachiller Martin Marín)
- Jóvenes Cultura Alternativa Rock U.P.T.A.G (Coord. Prof. Douglas Villasmil)
- Grupo estudiantil de cambio U.P.T.A.G (Coord. Bachiller Isandri Ruiz)
- Brigada de Protección U.P.T.A.G (Coord. Lic. Merly Cordero)
- Grupo de excursionismo y conservación Alonso Gamero*
- Taller de Tareas Dirigidas U.P.T.A.G (Coord. Prof. Leonor Acosta)
- Cátedra Libre “Arte y Ciencia” (Jefatura de Extensión Universitaria).

Cabe destacar que en las U.P.T.A.G e desarrollan diferentes actividades culturales tales como:

- 21 de Noviembre (Día del Estudiante Universitario).
- Semana Santa
- 1 de Mayo.(Día del Trabajador)
- Carnaval
- Día de las Madres.

Marco Legal

La Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero,” es una institución venezolana de Educación Universitaria de carácter oficial, autorizada legalmente para funcionar en el país por el Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria.

Tal como se señaló anteriormente, fue creado mediante el decreto 661, publicado en la Gaceta Oficial N° 29.567 de fecha 26 de julio de 1971, teniendo para eso entonces la denominación de Instituto Universitario Tecnológico de Coro (IUTC). Así mismo, se indicó que el 8 de Octubre de 1.980, la referida institución pasa a tener la denominación por la cual se conoce actualmente: Universidad Politécnica Territorial de Falcón “Alonso Gamero” (U.P.T.A.G).

El basamento jurídico principal por el cual se rige el U.P.T.A.G está soportado por: la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV), en sus:

Artículos N° 3,

El Estado tiene como fines esenciales la defensa y el desarrollo de la persona y el respeto a la dignidad y el ejercicio democrático y la voluntad popular, la construcción de una sociedad justa y amante de la paz, la promoción de la prosperidad y bienestar del pueblo y la garantía del cumplimiento de los principios, derechos y deberes reconocidos y consagrados en esta Constitución. La Educación y el trabajo son procesos fundamentales para alcanzar dichos fines.

Este artículo permite a través de los cumplimientos de los derechos y deberes la construcción de una sociedad donde sean preservados la educación y el trabajo

Artículo 102,

Este artículo expresa lo siguiente: "la educación es un servicio público y está fundamentado en el respeto a todas las corrientes del pensamiento, con la finalidad de desarrollar el potencial creativo de cada ser humano y el pleno ejercicio de su personalidad en una sociedad democrática basada en la valoración ética del trabajo y en la participación activa, consciente y solidaria en los procesos de transformación social con sustanciados con los valores de la identidad nacional, y con una visión latinoamericana y universal".

Este artículo establece que el estado debe prestar como servicio público partiendo del respeto por los pensamientos del individuo para así desarrollar la creatividad dentro de una sociedad democrática con valoración ética participando de forma activa, consiente y solidaria en el cambio que se genera en la sociedad aplicando la identidad nacional con visión universal.

Artículo 103:

Este artículo expresa lo siguiente: "Toda persona tiene derecho a una educación integral, de calidad, permanente, en igualdad de condiciones y oportunidades, sin más limitaciones que las derivadas de sus aptitudes, vocación y aspiraciones".

Este articulo explica que en toda sociedad todo individuo tiene derecho primordial de disfrutar de una educación integra y completa donde solo sea limitativo condiciones como la vocación y las aptitudes del individuo.

Artículo 104:

Este artículo expresa lo siguiente: " La educación estará a cargo de personas de reconocida moralidad y de comprobada idoneidad académica. El Estado estimulará su actualización permanente y les garantizará la estabilidad en el ejercicio de la carrera docente, bien sea pública o privada".

Este artículo asegura que toda la educación estará administrada por personal capacitado y con moralidad para infundir en el individuo valores así como también calidad de educación, a este personal se le calificara y se le garantizara estabilidad económica.

Cabe destacar que el Plan Nacional de la Patria, 2013-2019 se sustenta en el marco legal reafirmando y dando continuidad al mismo en su plan estructurado de gobierno. En sus objetivos está enmarcado el desarrollar nuestras capacidades científico-tecnológicas vinculadas a las necesidades del pueblo.

Así mismo, en la ley de universidades se establece:

Artículo 3.

Las Universidades deben realizar una función rectora en la educación, la cultura y la ciencia. Para cumplir esta misión, sus actividades se dirigirán a crear, asimilar y difundir el saber mediante la investigación y la enseñanza; a completar la formación integral iniciada en los ciclos educacionales anteriores, y a formar los equipos profesionales y técnicos que necesita la Nación para su desarrollo y progreso.

Con este artículo se busca que a través de las universidades se puedan desarrollar actividades donde permitan que el estudiante pueda formarse profesionalmente bien sea como técnico o ingeniero, y que estén en la capacidad de realizar sus actividades impuestas.

Artículo 6.

La finalidad de la Universidad, tal como se define en los artículos anteriores, es una en toda la Nación. Dentro de este concepto se atenderá a las necesidades del medio donde cada Universidad funcione y se respetará la libertad de iniciativa de cada institución.

En este artículo se muestra que la universidad es aquella casa de estudio donde son atendidas las necesidades del estudiante en su formación académica.

Artículo 8.

Las Universidades son Nacionales o Privadas. Las Universidades Privadas requieren para su funcionamiento la autorización del Estado, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 173, 174, 175 y 176 de la presente ley.

Este artículo aporta que tanto las universidades nacionales como privadas fueron creadas para la formación académica de técnico e ingenieros en sus diferentes ramas de estudio.

Ubicación Geográfica y Política

Por otro lado, es necesario señalar que U.P.T.A.G tiene una superficie de 8,64 hectáreas que representa sólo el 0,012% de la superficie del estado Falcón y es conocido por la formación de seres humanos integrales, con grandes valores y principios, cuyo beneficiario principal es la nación en la aplicación del conocimiento técnico al desarrollo del sector productivo nacional.

La U.P.T.A.G se encuentra ubicada en Venezuela estado Falcón, Ciudad Santa Ana Coro en el sector los Orumos del Municipio Miranda, parroquia San Gabriel consejo comunal Negro Primero. Comunidad (U.P.T.A.G.) y limita hacia el norte con el complejo deportivo Carlos Sánchez, hacia el sur con la Urbanización Los Apamates, hacia el este con el área académica de administración y hacia el oeste con la Sede Deportiva Caballito Rosillo de la institución deportiva. Sus vías de acceso están en buenas condiciones, posee transporte propio para los estudiantes y el transporte colectivo de la ciudad permite acceder a las adyacencias del recinto universitario.

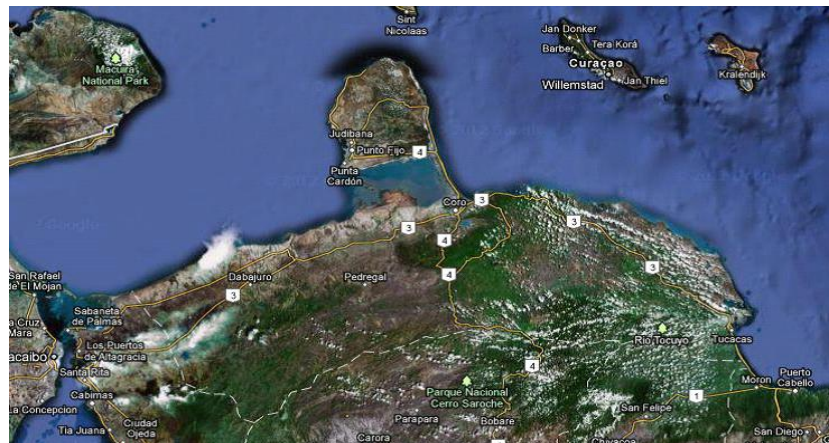


Figura 1. Ubicación del estado Falcón. Fuente: Google Maps. (2015)

Según su ubicación política la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero,” se encuentra ubicado hacia el noreste de la Ciudad de Santa Ana de Coro, Municipio Miranda Estado Falcón, Venezuela, específicamente en la esquina de la avenida Libertador con calle Alí Primera, sector Los Orumos. Parroquia San Gabriel. (Ver Figuras 1y 2).



Figura 2. Ubicación del Instituto Universitario de Tecnología “Alonso Gamero”. Fuente: Google Maps, (2015)

En la Figura 3. Se muestra un croquis general de la Sede principal de la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero”. Se observa un área de estacionamiento para los vehículos, así como una cantidad de espacios físicos que sirven de aulas de clase y de oficinas administrativas.

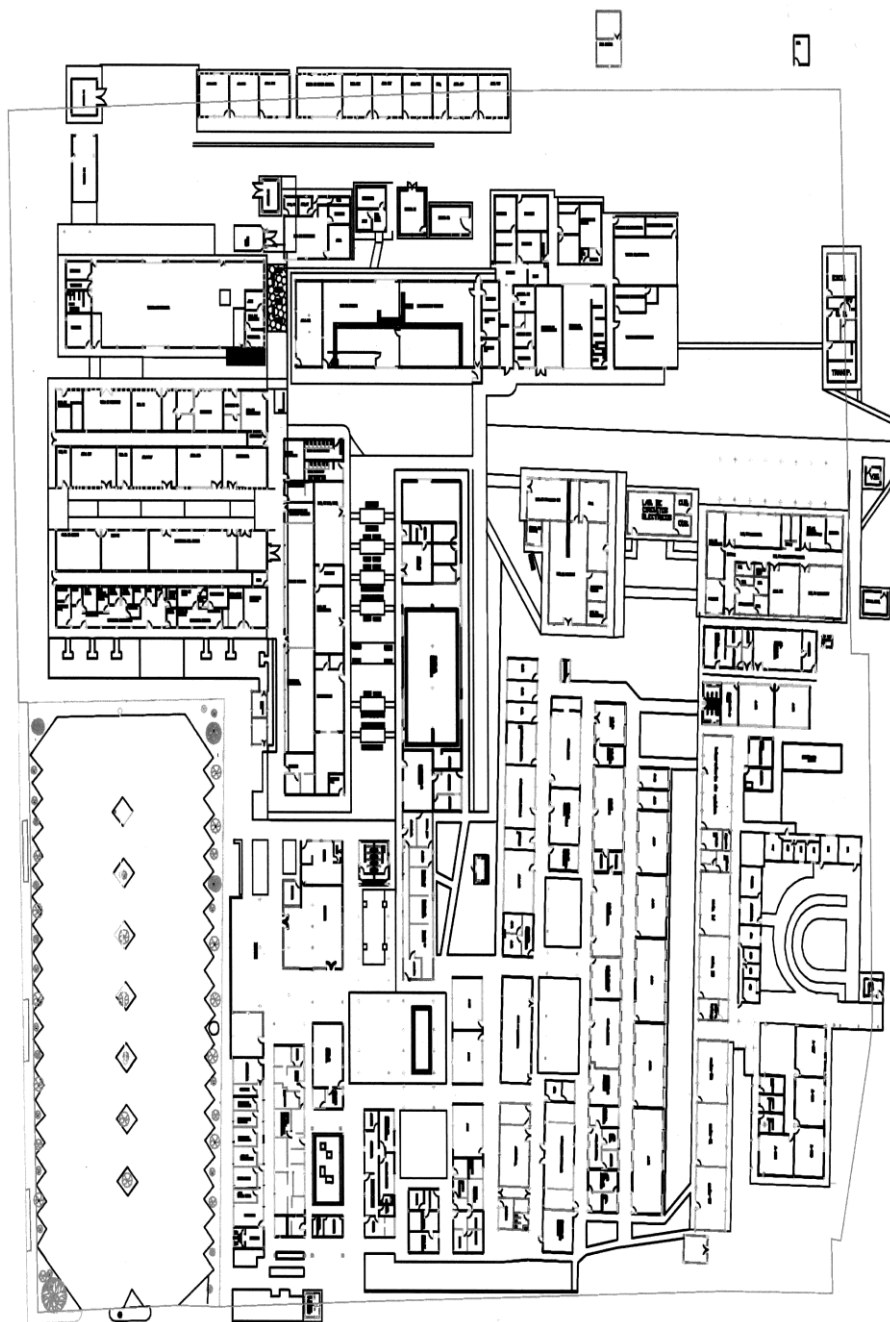


Figura 3. Croquis General de la Sede Principal de la U.P.T.A.G.
Fuente: U.P.T.A.G. Departamento de Planta física, (2015).

PARTE II

CONTEXTO REAL

Identificación de los principales problemas y necesidades

Para definir la problemática, consistió en informantes claves, como docentes, obreros, administrativo que hace vida en dicha institución y personas vinculadas en el ámbito, específicamente, del estudio de condiciones del centro de investigación. Se tomaron notas al finalizar la entrevista – conversación. Los problemas principales señalados por los informantes fueron los siguientes:

- a) Deficiencia en el nivel de preparación de los egresados en el ámbito práctico, específicamente en la U.C de Instrumentación Medica.
- b) Inexistencia de un laboratorio apto para la realización de las actividades prácticas de la Unidad Curricular de Instrumentación Medica
- c) Falta de equipos médicos para la realización de las actividades prácticas en la U.C de Instrumentación Medica adscrita al PNFIyC.
- d) Inexistencia de planes de capacitación y mejoramiento del nivel profesional de los docentes y estudiantes en el área específica de Instrumentación Medica.

Igualmente, se consultó acerca del área donde se podría llevar a cabo las posibles propuestas planteadas en la Universidad Politécnica Territorial

Alonso Gamero. La mayoría de los entrevistados afirmaron que eran posibles las aportaciones y contribuciones importantes a través de la investigación para la realización del diseño de un simulador electrocardiógrafo para aplicaciones educativas.

Observando las necesidades de los alumnos en la preparación académica

en las Unidades Curriculares (U.C), teóricos-prácticas de instrumentación médica impartida en el P.N.F.lyC, surge la necesidad de realizar un proyecto de investigación de realizar un diseño de un simulador para las actividades prácticas de la materia de instrumentación médica impartida en el P.N.F.lyC contenido en el pensum de estudio.

Jerarquizar y seleccionar el problema vinculado con el área del conocimiento.

Luego de la visita realizada por los investigadores a la Universidad Politécnica Territorial de Falcón “Alonso Gamero” y al departamento de Instrumentación y Control, se realizó un análisis de implicados donde se incluyó a la comunidad en general y a los investigadores, para jerarquizar sus problemas vinculados con el área de conocimiento, las cuales se vinculan a una tabla de ponderación de (3) niveles: Bajo, Medio y Alto; asignándoles un valor numérico de 1, 2 y 3 puntos, donde va reflejada como se va a evaluar dicho diagnóstico de una manera cualitativa y cuantitativamente, dependiendo de la importancia que tenga cada una de ellas para la comunidad.

Tabla. 4. Ponderación de Jerarquización de objetivos.

Cualitativa	Cuantitativa
Bajo	1
Medio	2
Alto	3

Fuente: Los Autores (2015)

Identificados los problemas vinculados con el área o tema de investigación, los indicadores y tabla de ponderación, se procede a establecer los criterios a ser aplicados en el proceso de evaluación de dichos problemas en los siguientes términos:

- a) Deficiencia en el nivel de preparación de los egresados en el ámbito práctico, específicamente en la UC de Instrumentación Médica.
- b) Inexistencia de un laboratorio apto para la realización de las actividades prácticas de la Unidad Curricular de Instrumentación Médica
- c) Falta de equipos médicos para la realización de las actividades prácticas en la U.C de Instrumentación Médica adscrita al P.N.F.lyC.
- d) Inexistencia de planes de capacitación y mejoramiento del nivel profesional de los docentes y estudiantes en el área específica de Instrumentación Médica.

Por otra parte, ya identificados los problemas y establecidos los indicadores, la escala y los criterios de evaluación, se procede a la aplicación del instrumento de evaluación. Como resultado de la aplicación del instrumento de evaluación se genera lo que hemos denominado diagnóstico participativo. Los resultados numéricos de la referida evaluación se procesan y se tabulan para presentarlos tal y como se muestran en la Tabla N°5

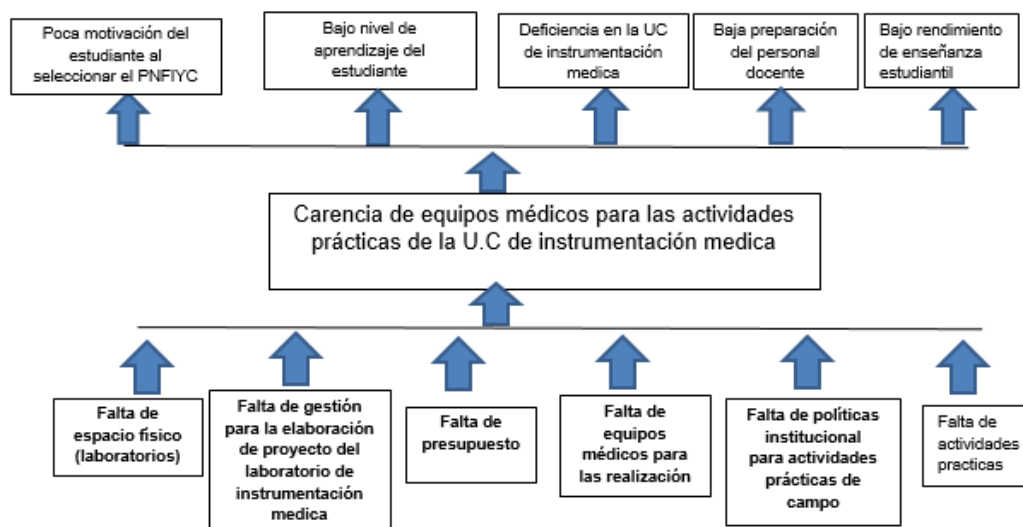
Tabla: 5. Análisis de implicados.

Implicados Necesidades	Comunidad				Investigadores			Ponderación
	Recurso	Tiempo	Costo	Conocimiento	Recurso	Tiempo	Conocimiento	
Deficiencia en el nivel de preparación de los egresados en el ámbito práctico, específicamente en la U.C de Instrumentación Médica.	1	1	1	1	1	2	2	9
Inexistencia de un laboratorio apto para la realización de las actividades prácticas de la Unidad Curricular de Instrumentación Médica	1	2	1	1	1	1	2	9
Falta de equipos médicos para la realización de las actividades prácticas en la U.C de Instrumentación Médica adscrita al P.N.F.IyC	3	2	1	3	1	1	1	12
Inexistencia de planes de capacitación y mejoramiento del nivel profesional de los docentes y estudiantes en el área específica de Instrumentación Médica.	1	1	1	2	1	2	1	9

Fuente: Los Autores. (2015)

Una vez aplicada el análisis de implicados, se determinó que el problema con la mayor prioridad fue la falta de equipos médicos, para la realización de las diferentes prácticas en la U.C Instrumentación Medica. El cual, como puede apreciarse ponderó la mayor cantidad de puntos, con respecto a las demás situaciones problemáticas citadas. A continuación, se procedió a la elaboración de un árbol de problemas, donde se evidencian las posibles causas o consecuencias para el análisis del problema seleccionado a mayor profundidad, Con el fin de conocer la problemática, fue necesario iniciar con la discusión grupal respecto a la definición del árbol del problema (causas-efectos) y de objetivos (medios-fines) cada una con su respectiva matriz nodal, Luego de efectuar la discusión grupal con los investigadores, se obtuvo la realización del árbol del problema que muestra las causas y efectos de la problemática existente. Ver Figura 4.

Figura 4. Árbol de problema.



Fuente: Los Autores. (2015)

Ahora bien, se realizó una matriz nodal al árbol de problema donde se muestran las causas y efectos de los problemas observados en la U.P.T.A.G. específicamente en el área de Instrumentación y Control; donde se muestran los resultados con sus respectivas ponderaciones, donde la ponderación más alta fue la de conocer el nodo crítico.

Tabla 6. Matriz nodal.

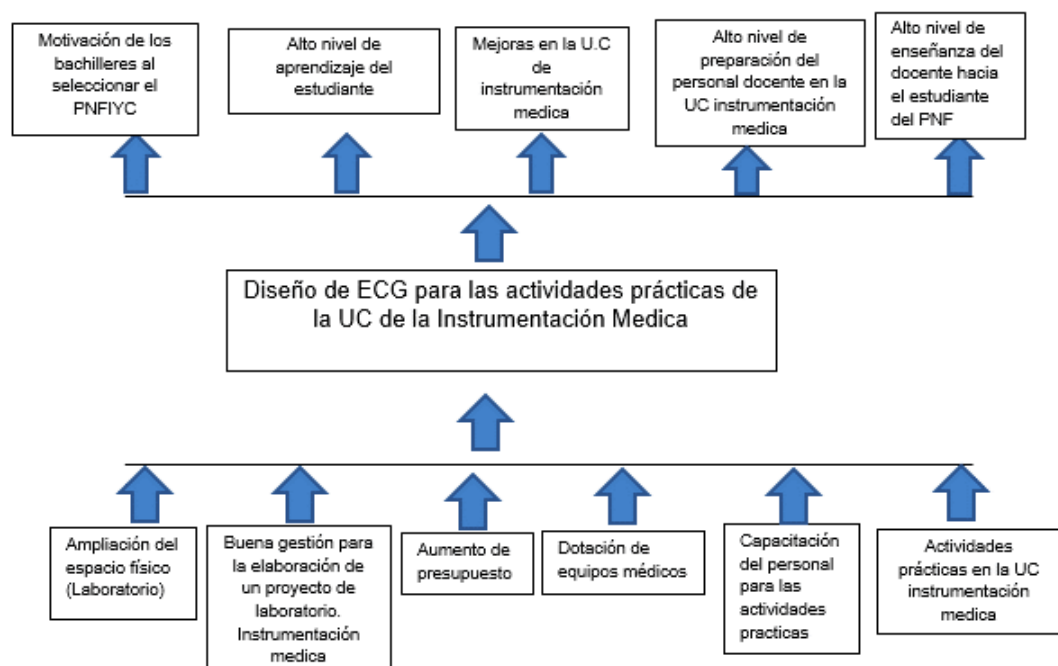
Efecto Causa	Poca motivación del estudiante al seleccionar el PNFIYC	Bajo nivel de aprendizaje del estudiante	Deficiencia en la UC de instrumentación medica	Baja preparación del personal docente	Bajo rendimiento de enseñanza al estudiante	Ponderación
Falta de espacio físico	2	2	1	1	1	7
Falta de gestión para la elaboración de un proyecto del laboratorio de instrumentación medica	1	1	1	1	3	7
Falta de presupuesto	1	1	1	1	1	5
Falta de equipo médicos para realizar prácticas instrumentación medica	2	2	3	2	3	12
Falta de políticas institucionales para actividades prácticas de campo	2	1	3	1	2	9
Falta de actividades practicas	2	2	2	2	2	10

Fuente: Los Autores. (2015)

El nodo crítico seleccionado fue la realización de una matriz nodal donde se mostraron las posibles alternativas y que a través de una tabla de ponderación realizada se pudo obtener el punto o nodo crítico el cual fue la: falta de equipos médicos para realizar las prácticas de instrumentación médica.

Cabe destacar que para alcanzar el objetivo principal de la presente investigación fue imprescindible realizar el árbol de objetivos donde se muestran los diferentes fines y medios del proyecto de investigación.

Figura. 5. Árbol de objetivo.



Fuente: Los Autores. (2015)

En la figura 5 se muestra el árbol de objetivos donde a través de sus fines y causas permitirá obtener con la realización de la matriz nodal el objetivo principal del proyecto de investigación.

Tabla. 7. Matriz nodal.

<div>Fines</div> <div>Medios</div>	Motivación de los bachilleres al seleccionar el PNFIYC	Alto nivel de aprendizaje del estudiante	Mejoras en la Inst. medica	Alto nivel de preparación del personal docente en la UC Inst. medica	Alto nivel de enseñanza del docente hacia el estudiante del PNF	Ponderación
Ampliación del espacio físico (laboratorio)	2	2	2	3	1	10
Buena gestión para la elaboración de proyecto de instrumentación medica	2	2	1	1	1	7
Aumento de presupuestos	1	1	1	1	1	5
Dotación de equipos médicos	2	2	1	1	2	8
Capacitación del personal de actividades practicas	2	2	2	2	2	10
Actividades prácticas para la UC de instrumentación medica	2	2	3	2	2	11



Fuente: Los Autores. (2015)

Para obtener el objetivo principal fue necesario aplicar al árbol de objetivos una matriz nodal donde a través de sus ponderaciones se obtuviera como resultado que el objetivo principal fuera: Actividades prácticas para la U.C de Instrumentación Médica

Vinculación con el Plan Patria 2013-2019.

El Proyecto Nacional Simón Bolívar en su segundo Plan Socialista (PPS) del Desarrollo Económico y Social de La Nación para el período 2013-2019 establece:

Gran objetivo histórico N° 1

1. Defender expandir y consolidar el bien máspreciado que hemos reconquistado después de 200 años: la Independencia Nacional.

Objetivo Nacional

- 1.5 Desarrollar nuestras capacidades científicas-tecnológicas vinculadas a las necesidades del pueblo.

Objetivos estratégicos

- 1.5.1 Considera un estilo científico, tecnológico e innovador de carácter transformador, diverso, creativo y dinámico, garante de la independencia y la soberanía económica, contribuyendo así a la construcción del modelo productivo socialista, el fortalecimiento de la ética socialista y la satisfacción efectivas de las necesidades del pueblo venezolano.

Objetivo general.

- 1.5.1.3. Fortalecer y orientar la actividad científica, tecnológica y de innovación hacia el aprovechamiento efectivo de las potencialidades y capacidades nacionales para el desarrollo sustentable y la satisfacción de las necesidades sociales, orientando la investigación hacia áreas estratégicas

definidas como prioritarias para la solución de los problemas sociales.

Este artículo guarda una estrecha vinculación con el proyecto de investigación sobre el diseño de un equipo de electrocardiógrafo para aplicaciones educativas, ya que permite la innovación, así como también prevalecer las actividades científicas-tecnológicas para solventar los problemas sociales y estudiantiles.

1.5.1.5. Garantiza el acceso oportuno y uso adecuado de las telecomunicaciones y tecnología de información, mediante el desarrollo de la infraestructura necesaria, así como de las aplicaciones informáticas que atiendan necesidades sociales.

Este artículo vincula con el proyecto de investigación, el cual permitirá el uso adecuado de la tecnología de información como lo son internet, telecomunicaciones entre otras, así como también en los espacios donde estén presentes y de alguna manera, busca que el estudiante haga un buen uso de ellos.

1.5.1.6. Fomentar la consolidación de los espacios de participación popular en la gestión de las áreas temáticas y territoriales relacionadas con la ciencia, tecnología y la innovación.

Este apartado del artículo promueve que se utilicen los espacios y ambientes de aprendizaje en las diferentes áreas temáticas en lo que respecta con la U.C. de los programas del PNF.

1.5.1.8. Impulsar la formación para la ciencia, tecnología e innovación, a través de formas de organización y socialización del conocimiento científico para la consolidación de espacios de participación colectiva.

Crear espacios de formación académica donde el estudiante y el docente conozcan y sean formuladas con las nuevas tecnologías, así como también el software a implementar en el laboratorio de Instrumentación Medica en el PNFIyC.

1.5.2. Fortalecen los espacios y programas de formación para el trabajo liberador, fomentando los valores patrióticos y el sentido crítico.

Este diseño enriquecerá y fortalecerá el programa del P.N.F.I.y.C en la U.C de Instrumentación Medica, para el desarrollo de los estudiantes, docentes y sociedad.

Vinculación del Problema seleccionado con el Área de Conocimiento.

Las líneas de investigación vinculadas con el problema seleccionado al área de conocimiento para el desarrollo establecidas por el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología, impulsando la ciencia, tecnología e innovación en las políticas gubernamentales y como políticas de desarrollo de las actividades académicas del Programa de Formación.

Así mismo, se presentan las líneas de investigación del Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control, las cuales están enmarcadas en las áreas prioritarias definidas por el Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (2007-2030), con la participación de grupos multidisciplinarios en diversas áreas del saber:

- Medición.
- Control.
- Automatización.
- Programación.

- Telemetría.
- Electrónica.
- Metrología.
- Tecnología de información y comunicación.
- Robótica.
- Inteligencia artificial.

El programa nacional de formación en Instrumentación y Control, enmarcado dentro del proyecto Alma Mater, MPPEU (2008), define el perfil del Ingeniero egresado en esta área como un “profesional con pensamiento crítico, científico-tecnológico y humanista, con sólidos conocimientos en instrumentación y control en las áreas antes mencionada, además, “especialmente preparado para asumir cargos orientados a la gerencia, administración y gestión de recursos; supervisión, análisis y diseño, instalación, manipulación y mantenimiento de sistemas de instrumentación y control” (p. 147).

Propósito General

Diseño de un simulador ECG para aplicaciones educativas para el Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control que se gestiona en la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero”

Propósitos Específicos

- Investigar el principio de funcionamiento de un simulador electrocardiógrafo.
- Definir criterios de diseño para un simulador electrocardiógrafo con aplicación educativa para el P.N.F.I.y.C. de la U.P.T.A.G.
- Describir parámetros de selección del principio de funcionamiento a realizar en el diseño del simulador ECG.
- Desarrollar un simulador ECG para aplicaciones educativas.

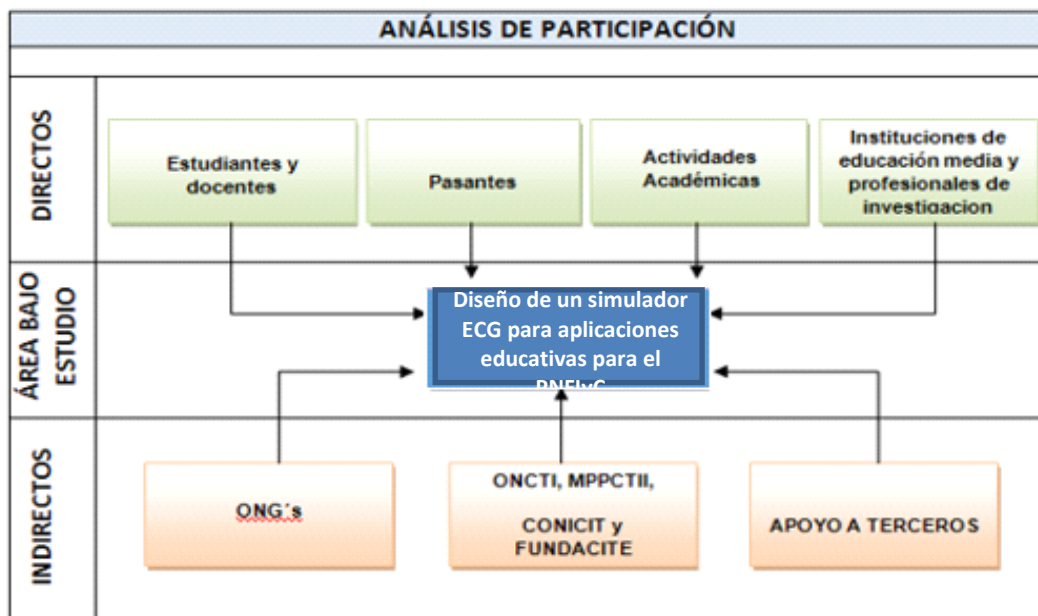
Beneficiarios del Proyecto

Directos: Entre los beneficiarios directos están en primer lugar el Departamento de Instrumentación y Control porque con el diseño de un simulador electrocardiógrafo se pueden realizar las actividades prácticas en la unidad curricular de instrumentación medica adscritas a este departamento luego la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero” porque permitirá la preparación de los docentes que imparten las actividades prácticas y teóricas en dicha institución y por último a las comunidades estudiantil de esta casa de estudio, Estudiantes adscritos a la carrera PNF de Instrumentación y Control, entre otras porque permitirá que los estudiantes conozcan el tipo de simulador que vallan a utilizar en las prácticas de instrumentación.

Indirectos: El proyecto también beneficiara a los investigadores porque a través de consultas bibliográficas se puede conocer el principio de funcionamiento del simulador a diseñar y aquellas instituciones públicas y privadas porque a través del diseño del electrocardiógrafo los estudiantes de las universidades podrán disponer de los simuladores para sus actividades prácticas como la Universidad Politécnica de las Fuerzas Armadas y se establecerán relaciones interinstitucionales con otros organismos públicos y privados.

Con el fin de facilitar la presencia de agentes intra y extra-institucionales relacionadas con el área bajo estudio. La Figura 6 ilustra claramente el análisis de participación donde se identifican los beneficiarios directos e indirectos, donde cada una de las dependencias mantiene ligadura en la generación del proyecto.

Figura 6. Análisis de participación.



Fuente: Los Autores.(2015)

En el siguiente paso, los facilitadores del equipo de investigación mediante la discusión participativa lograron definir los siguientes roles e importancia de cada actor identificado en dos grupos (ver Tabla 8 y 9).

Tabla 8. Rol e importancia de los beneficiarios directos del proyecto.

DIRECTOS	Rol e importancia
Departamento de IYC	U.C. nueva de Instrumentación Medica
Actividades Académicas	Actividades de formación: prácticas, simulaciones, seminarios, talleres, cursos, demostraciones, entre otros.
Estudiantes y docentes.	Solicitantes de servicios académicos y de investigación. Instituciones de educación media y diversificada, Instituciones universitarias.
Pasantes	Actividad de formación profesional.

Fuente: Los Autores (2015)

Tabla 9. Rol e importancia de los beneficiarios Indirectos del proyecto.

INDIRECTOS	Rol e importancia
Investigadores	Uso de los conocimientos para el Diseño de un equipo Electrocardiógrafo para aplicaciones educativas
Apoyo a terceros	Uso de las instalaciones de instituciones para efectuar simulaciones o ensayos
ONCTI, MPPEUCT, CONICIT y FUNDACITE	Promueven la maximización de los recursos con que cuenta el área y coadyuvar en su funcionamiento mediante financiamiento de proyectos de investigación.
ONG's	Organizaciones no gubernamentales y comunitarias, solicitante de servicios.

Fuente: Los Autores (2015)

Así mismo, la Tabla 8. Muestra el Rol e importancia de los beneficiarios directos del proyecto. Y la tabla 9. Rol e importancia de los beneficiarios indirectos del proyecto. Así como también para cada ítem el rol e importancia que tiene en las relaciones dadas en el análisis de participación.

Beneficios Derivados del Proyecto

Impacto Social

Con la implementación de este proyecto de investigación se podrá obtener un mayor y mejor nivel de preparación de los egresados, en el ámbito práctico, específicamente en la U.C de Instrumentación Médica en el programa de biomédica. A partir de esta preparación el egresado estará en capacidad de

aplicar las técnicas de medición y simulación del individuo como en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de preparación y enseñanza tanto del docente como estudiante y sociedad.

Impacto Económico

Con el diseño del Simulador electrocardiógrafo para aplicaciones educativas, se pondrá a disposición de la institución un dispositivo diseñado con características adaptadas al uso didáctico. En Fin de cuentas todos estos beneficios de carácter económico pudieran derivarse en un significativo incremento de la calidad de la formación de los estudiantes.

Impacto Ambiental

El diseño de un simulador de Electrocardiógrafo no tendrá ningún impacto con el ambiente, ya que este no ocasionara ningún daño.

Impacto Tecnológico

Este proyecto de investigación, viene a dar respuesta a las exigencias que se tengan en la unidad curricular de instrumentación médica así como también a las exigencias de docentes y estudiantes, ya que se contará con un simulador diseñado con fines didácticos, con tecnología propia. Lo cual viene a ser una contribución, humilde, pero significativa, en el camino hacia nuestra independencia tecnológica.

Viabilidad del Proyecto (Dimensiones del desarrollo sustentable)

Económico

Será viable en cuanto los entes gubernamentales generen un apoyo económico para el diseño de un equipo de electrocardiografía, vinculadas a la

U.C de instrumentación médica en el P.N.F.I.y.C de la U.P.T.A.G.

Ambiental

Será viable ya que el proyecto de investigación no ocasionara ningún daño al ambiente, obteniendo así un espacio adecuado donde el docente-alumno se sienta cómodo, al momento de realizar sus actividades prácticas, promoviendo así el aprendizaje de las U.C de instrumentación médica en el P.N.F.I.y.C.

Político

Este proyecto será viable, porque a través de los entes del gobierno y Ministerio de Educación Universitaria Ciencia y Tecnología se pueden estrechar lazos entre ambas instituciones, con el fin de promover la investigación por otros investigadores y actividades en convenio.

Social

El proyecto de investigación a través del logro del diseño de un simulador electrocardiógrafo, nuestra comunidad estudiantil se verá favorecida, debido al impacto tecnológico y social, en nuestra comunidad estudiantil al Programa Nacional de Formación en Instrumentación Y Control (P.N.F.I.y.C), el estudiante, docente y comunidad en general que hace vida en la (U.P.T.A.G), podrán adquirir a través de innovaciones tecnológicas un mejor grado de conocimiento.

PARTE III

SUSTENTOS EPISTEMOLÓGICOS Y METODOLÓGICOS

Perspectivas teóricas, metodológicas y tecnológicas

Sustentos Epistemológicos

Los enfoques epistemológicos se refieren simplemente a la “forma en que los individuos piensan y resuelven sus problemas” Estas formas, según dicho autor, quedan definidas por la relación existente entre los modelos empírico y racional para la adquisición del conocimiento y los modelos idealista y realista que explican la relación sujeto - objeto. Según (Nitsche s.f. p. 10).

En este sentido se observa que la teoría socio crítica se ubica en la categoría vivencia lista, en la cual se hace énfasis en el uso de la razón, de las ideas y del conocimiento como producto de la experiencia acumulada; incluyendo dentro de esta última el conjunto de valores y apreciaciones subjetivas de los participantes.

El término paradigma ha sido definido de maneras muy variadas a través de los años. El filósofo Platón, hace más de 2400 años, ya hacía referencia al término para denotar ejemplo o modelo perdurable. Reyes (s.f.), comentando la definición hecha por Thomas Khun, señala “estos modelos son realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica” (p.2). Una definición más desarrollada la señala Martínez (2004), referenciado por Alvarado y García. (2008), “es un cuerpo de creencias, presupuestos, reglas y procedimientos que definen cómo hay que hacer ciencia; son los modelos de acción para la búsqueda del conocimiento” (p. 190).

En cuanto al concepto de acción comunicativa, otro de los pilares sobre los cuales se sustenta la teoría o enfoque socio crítico, Parra (2005), haciendo referencia a Habermas, señala: “El concepto de acción comunicativa presupone el lenguaje como un medio dentro del cual tiene lugar un tipo de procesos de entendimiento” (p. 133). Afirma que es sólo mediante el lenguaje que se puede lograr el consenso o acuerdo entre los participantes, indispensable para alcanzar el éxito de cualquier acción que se desee iniciar. Señala, además, que este acuerdo se sustenta en la cooperación como valor fundamental y que, al existir una relación de igualdad entre los individuos participantes, este no puede ser forzado por ninguna de las partes. De manera similar, Sánchez (2012) señala que: “La acción comunicativa busca el reconocimiento de otros, examinando los significantes y expresiones lingüísticas colectivas, para darle una lectura completa, teniendo en cuenta lo que para el otro significa o traducen ciertos fenómenos” (p. 4).

En relación a la teoría crítica, Martínez (2002) afirma que uno de sus principales postulados es que “asume una visión global y dialéctica de la realidad” (p.6) es decir, “La acción crítica trata de ser una práctica social e intelectual comprometida en una lucha ideológica dirigida a develar falsas representaciones, a poner al descubierto intereses, valores y supuestos, muchas veces implícitos, y que subyacen en la praxis” (p.6). Alvarado y García. (2008). Por otra parte, coinciden al afirmar que “plantea la necesidad de una racionalidad sustantiva que incluya los juicios, los valores y los intereses de la sociedad, así como su compromiso para transformarla desde su interior” (p. 189). De igual manera, reconocen la unidad dialéctica entre la teoría y la práctica e introducen un aspecto diferenciador con respecto a otros paradigmas al expresar que: “este paradigma introduce la ideología de forma explícita y la autorreflexión crítica en los procesos del conocimiento” (p. 190)

En consecuencia, el objeto de investigación o problema de estudio es, como lo expresa Ballina (2004) al afirmar que: “los problemas parten de situaciones reales y tiene por objeto transformar esa realidad para al mejoramiento de los grupos o individuos implicados en ella. Por tanto, los problemas de investigación arrancan de la acción. La selección del problema la hace el propio grupo que cuestiona la situación inicial” (p. 8).

En cuanto al alcance de esta teoría, Martínez (2002), haciendo referencia a Horkheimer (1973), uno de los representantes originales de la llamada Escuela de Fráncfort, afirma que:

Establece que la acción crítica está decididamente comprometida, no ya con la explicación de la realidad, tampoco con la comprensión de la inteligibilidad que los sujetos tienen de la misma, sino con la transformación de esa realidad desde una dinámica liberadora y emancipadora de los individuos implicados en ella. (p.7)

Así, el interés o tipo de conocimiento generado por esta teoría, según Habermas, en Parra (2005), se expresa en los siguientes términos: “La ciencia empírico analítica se sustenta en el saber técnico, la ciencia histórico hermenéutica en el saber práctico y las ciencias orientadas críticamente en el interés emancipatorio” (p.134). En este mismo orden de ideas, el mismo Parra (2005) entiende la teoría crítica como uno de los tres enfoques epistemológicos de abordaje a las ciencias sociales, cuyo objetivo básico sería lograr la emancipación de los individuos y no la explicación (enfoque empírico/analítico) o la comprensión e interpretación (enfoque fenomenológico /hermenéutico) de los fenómenos sociales. Esta emancipación o liberación de los individuos es sólo posible, según los postulados de Habermas, citado por Parra (2005), a través del ejercicio de la autor reflexión, la cual, a su vez, permitiría liberar al individuo de dogmas o creencias pre concebidas sobre la realidad que lo rodea.

Sustentos Metodológicos

La estructura o sustento metodológico sobre el cual se apoya este trabajo es el denominado investigación acción participativa, una de las modalidades en las que se puede desarrollar la investigación cualitativa.

Sustentos teóricos y tecnológicos

Los electrocardiógrafos, detectan las señales eléctricas asociadas con la actividad cardíaca y producen un electrocardiograma (ECG), que no es sino un registro gráfico del voltaje contra el tiempo de la actividad eléctrica del corazón. Son usados frecuentemente para diagnosticar algunas enfermedades cardíacas y arritmias.

Principio de operación:

Los electrocardiógrafos, a través de electrodos de registro colocados en la superficie del cuerpo, detectan potenciales eléctricos de aproximadamente un mili voltio (1mV), que aparecen en la piel como resultado de la actividad cardíaca. Las diferencias de voltaje entre los electrodos son medidas y corresponden con la actividad eléctrica del corazón.

Pulso y Ritmo cardíaco:

El ritmo cardíaco se define como la expansión y contracción de una arteria (vaso sanguíneo que lleva sangre oxigenada a los órganos o tejidos) percibida en determinada parte del cuerpo.

El ritmo cardíaco normal varía de acuerdo a diferentes factores, dentro de los cuales lo más importantes es la edad, como se muestra en la tabla 10 en general se considera normal el ritmo cardíaco si este se encuentra entre 60 y 100 pulsaciones por minuto.

Si el ritmo cardiaco es menor a las 60 pulsaciones latidas por minutos, se considera bradicardia, por el contrario si las pulsaciones son mayores a 100, se considera taquicardia.

Tabla 10. Valores del ritmo cardiaco normales

Etapas	Pulsaciones por minuto
Recién Nacidos	100 a 160
Niños de 1 a 7 años	70 a 120
Niños de más de 10 años y adultos	60 a 100
Anciano	60 o menos
Atletas	40 a 60

Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Técnicas de Medición:

El pulso cardiaco se puede tomar en diferentes partes del cuerpo, siendo las más comunes las siguientes:

- Temporal
- Carotidea
- Subclavia
- Femoral
- Facial
- Axilar
- Radial
- Cubital
- Coplitea
- Pedial dorcal

Por otra parte existen equipos digitales que permiten hacer este tipo de mediciones, tal es el caso de algunos baunanómetros que incluyen el registro del ritmo cardiaco. Así mismo existe un equipo capaz no solo de obtener el

pulso cardiaco, sino también un estudio completo de la actividad del corazón, este es el electrocardiógrafo.

Realizando una breve comparación de las técnicas que se pueden utilizar para medir el pulso y ritmo cardiaco, resulta más eficiente la utilización del electrocardiógrafo, ya que no solo proporcionara los datos correspondientes a estas dos variables fisiológicas, sino que también proporcionara un estudio más detallado donde se pueden detectar anomalías en el funcionamiento de la actividad del corazón.

Tabla 11. Zonas de toma del ritmo cardiaco

Zona	Nombre
Sien	Temporal
Cuello	Carotideo
Parte interna del brazo	Humeral
Muñeca	Radial
Parte interna del pliegue del codo	Cubital
Ingle	Femoral
Modo del pie	Pedio
Tetilla izquierda (bebes)	Apical

Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Derivaciones estándares

La disposición específica que guardan los electrodos al momento de su colocación sobre la superficie corporal recibe el nombre de derivación.

Se han empleado más de 40 derivaciones distintas en los registros electrocardiográfico; sin embargo, habitualmente se registran doce:

- 6 en el plano frontal llamadas: derivaciones de los miembros
- 6 en un plano horizontal llamadas: derivaciones precordiales

Las 12 derivaciones arriba mencionadas son las conocidas como derivaciones estándares del ECG y se obtienen de las diferencias señales varias medidas a través de 10 electrodos o cables colocados en la superficie de la piel del paciente:

- Uno en cada uno de las extremidades o miembros inferiores y superiores, de los cuales el colocado en la pierna derecha es utilizado como electrodo de referencia para reducir la interferencia eléctrica externa.
- Y los otros 6 en el pecho o tórax del paciente.

Tabla. 12. Las derivaciones estándares incluyen tres tipos diferentes:

Tipo de derivación	Derivaciones
Bipolares	DI, DII, DIII
Unipolares	aVR, aVL, aVF
Precordiales	V1, V2, V3, V4, V5, V6

Fuente: Cortes, F y González, N (2012)

Las derivaciones bipolares registran la señal eléctrica del corazón entre dos electrodos específicos. Estas son tres, las cuales se denominan como:

- Derivación I, representa la diferencia de potencial medida entre el electrodo del brazo derecho y el brazo izquierdo.
- Derivación II, representa la diferencia de potencial medida entre el electrodo del brazo derecho y el de la pierna izquierda.
- Derivación III, representa la diferencia de potencial medida entre el electrodo del brazo izquierdo y el de la pierna izquierda.

La unión entre estas tres señales representa la figura conocida como El Triángulo de Eithoven.

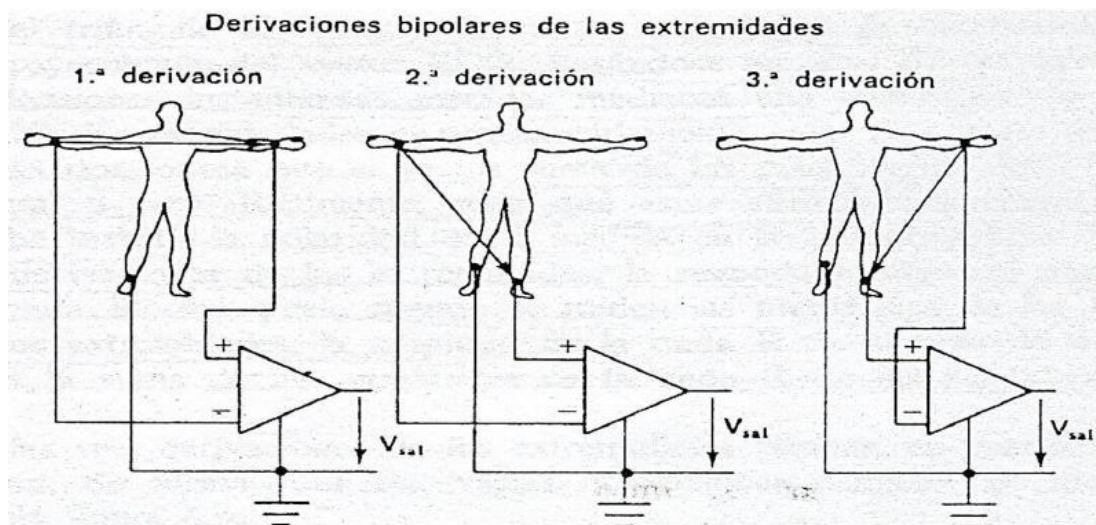


Figura 7. Triángulo de Einthoven. Fuente: Cortes, F y González, N (2012)

Las derivaciones unipolares se obtienen midiendo el voltaje entre el electrodo colocado en una de las extremidades y el promedio de los otros dos. De lo anterior se deduce que para el registro de estas derivaciones se requieren tres electrodos, y su nombre está dado por las siglas en ingles de las palabras “Augmented Vector” (vector aumentado) el sitio de la colocación del electrodo, a saber:

- aVR (Right arm) brazo derecho
- aVL (Left arm) brazo izquierdo
- aVF (Left foot) pie izquierdo

Cada una de estas 12 derivaciones representa diferentes perspectivas o vistas de la actividad eléctrica del corazón, produciendo formas de ECG en las que las ondas P, los complejos QRS y las ondas T varían en amplitud y polaridad

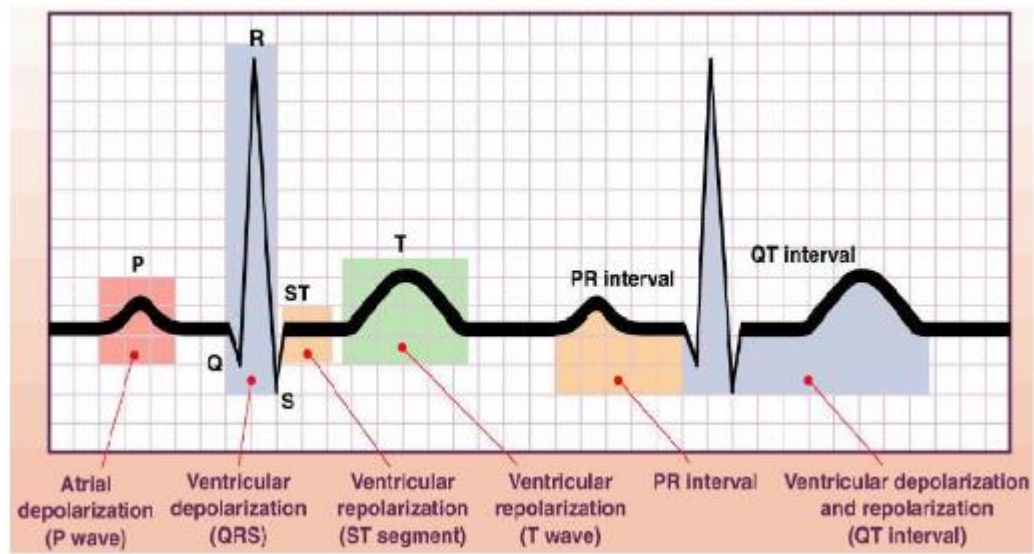


Figura 8. Actividad eléctrica del corazón. Fuente: Cortes, F y González, N (2012)

Varios problemas cardiacos pueden ser identificados como variaciones particulares en tamaño, forma, duración y polaridad de las ondas, el cambio en el campo en el largo o amplitud de un segmento entre ondas (ej. segmento ST), entre otras.

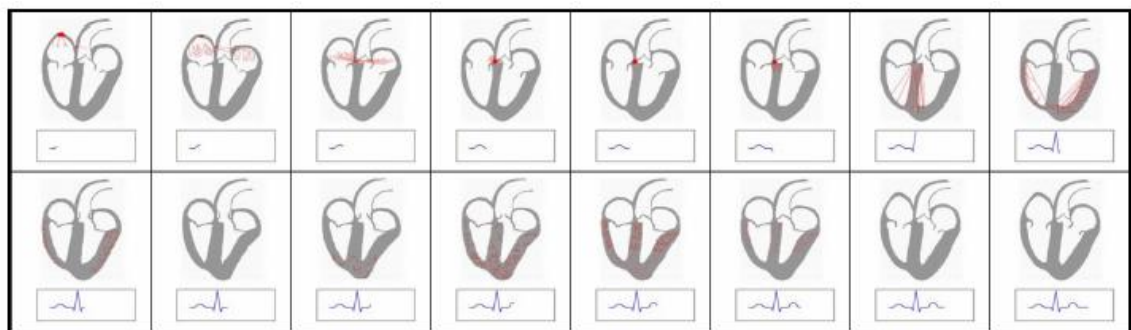


Figura 9. Generación eléctrica del musculo cardiaco. Fuente: Cortes, F y González, N (2012)

La figura 9, muestra cómo se genera la onda en el musculo cardiaco, es decir, desde el momento que la aurícula comienza a realizar su llenado mientras que la ventricula está en estado de reposo.

Las derivaciones precordiales miden el voltaje entre los electrodos colocados en el pecho y el promedio de todos los voltajes de los electrodos de los miembros. Estas son designadas con las siglas V1 a V6

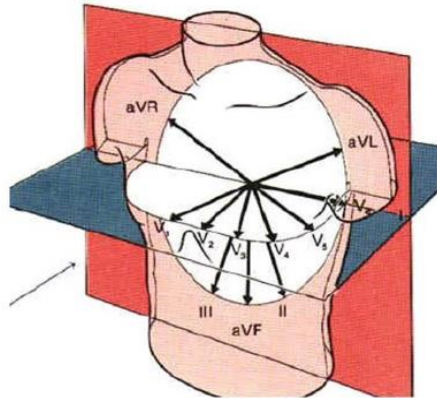


Figura 10. Registro de superficie de derivaciones. Fuente: Cortes, F y González, N (2012)

Un electrocardiograma se emplea para medir:

- Cualquier daño al corazón
- Qué tan rápido está palpitando el corazón y si lo está haciendo normalmente
- Los efectos de fármacos o dispositivos utilizados para controlar el corazón (como un marcapasos)
- El tamaño y la posición de las cámaras del corazón

Estas señales se colocan en cada uno de los miembros correspondientes al triángulo de Eithoven: Vector amplificado derecho, vector amplificado izquierdo y vector amplificado pierna (aVR, aVL, aVF). Se conocen también como derivaciones unipolares.

Señales Precordiales

El nodo sinusal produce un impulso eléctrico que da una frecuencia aproximada entre 60 y 80 pulsaciones por minuto en un individuo normal en reposo. Este impulso se extiende a lo largo de la aurícula y se dirige de arriba hacia abajo un poco oblicua, de la derecha a la izquierda y de atrás hacia adelante, por lo que los campos eléctricos y el vector resultante van a tener una orientación especial.

Onda P: Es la primera; representa la activación eléctrica de la aurícula y su duración oscila entre 0.08 a 0.10 seg y 2 mm de altura, es una inscripción lenta y de contornos redondeados.

Complejo QRS: También se le conoce como complejo de despolarización ventricular y como su nombre lo indica, implica la activación eléctrica de los ventrículos. Su duración puede ir entre 0.05 y 0.08 seg y está formado por la unión de 3 ondas y pueden existir otras deflexiones (ondas) positivas o negativas

Onda T: Representa la repolarización ventricular y puede ser positiva, negativa o en casos específicos bifásica o plana. Es lenta y asimétrica.

Onda U: Se encuentra en ocasiones y se debe a algunos post-potenciales al principio de la diástole ventriculares y antecede a la onda P

El intervalo RR: Representa la distancia entre dos contracciones ventriculares si el ritmo ventricular es regular.

Planos Electro cardiográficos

El electrocardiógrafo de superficie o convencional capta el espectro eléctrico del corazón en dos planos: el frontal y el horizontal.

El plano frontal es aquel que corta al corazón en sentido longitudinal logrando dividir el órgano en una parte anterior y otra posterior y el plano horizontal, es aquel que corta al corazón en sentido antero posterior de tal forma que logra dividir el órgano en una parte superior y otra inferior.

Para captar el espectro eléctrico del corazón en el plano frontal o longitudinal se emplean las derivaciones de miembros (D1, D2, D3, aVR, aVL y aVF) y para captar dicho espectro en el plano horizontal se emplean las derivaciones precordiales (V1 a V6).

El ECG tiene una amplia gama de usos:

- Determinar si el corazón funciona normalmente o sufre de anomalías (p. ej.: latidos extra o saltos – arritmia cardíaca).
- Indicar bloqueos coronarios arteriales (durante o después de un ataque cardíaco).
- Se puede utilizar para detectar alteraciones electrolíticas de potasio, sodio, calcio, magnesio u otros.
- Permitir la detección de anomalías conductivas (bloqueo auriculo-ventricular, bloqueo de rama).
- Mostrar la condición física de un paciente durante un test de esfuerzo.
- Suministrar información sobre las condiciones físicas del corazón (p. ej.: hipertrofia ventricular izquierda)
- Indica la actividad eléctrica del músculo estriado cardíaco.

Adquisición señales Bioeléctricas

El principal objetivo, es conseguir un sistema con muy poco ruido, para la adquisición de la señal electrocardiográfica. La presencia de ruido en el registro de este tipo de señales, es prácticamente inevitable. Ya sea por causas ajenas, o propias del sistema. El conocimiento acerca del ruido, y las causas que lo propician, ayudarán al procesado y eliminación de éste. En

primer lugar, citamos el concepto de ruido, que se define como una señal ajena a la señal de estudio, provocando errores en el sistema de medida. El termino interferencia, también es utilizado en este documento, para referirse a las señales externas a nuestro sistema, que pueden seguir una evolución temporal en el tiempo y espacio. Se debe destacar que: la red eléctrica; y así como también se apartan las luces, fluorescentes, motores. El problema que con lleva la amplitud tan pequeña de las señales bioeléctricas. Los potenciales bioeléctricos del ser humano son magnitudes que varían con el tiempo. Los valores de dicha medida pueden variar entre distintos individuos por diversos factores. Por ejemplo, en un ECG la magnitud de un paciente, puede variar entre 0'5mV-4mV, nivel estimado para el ECG.

Amplificadores de Biopotenciales

Este tipo de amplificadores se utilizan para la obtención de los biopotenciales captados por electrodos, realizando la adaptación de impedancias, mejorando la relación señal/ruido y proporcionando una señal de salida de suficiente amplitud para ser visualizada y registrada.

Los electrocardiógrafos Por otra parte se utilizan para obtener registros de la señal de ECG, debido a su amplia utilización como herramienta diagnóstica, y la existencia de diversos fabricantes, se ha desarrollado una cierta estandarización de este tipo de amplificadores.

Las principales características de un electrocardiógrafo son:

- Impedancia de entrada: $> 5\text{M}\Omega$
- Corriente a través del paciente: $< 1\text{ }\mu\text{A}$.
- Resistencia del terminal central: $> 3.3\text{ M}\Omega$
- Ganancias fijas: 5, 10 y 20 mm/mV (equivalentes a ganancias de 500, 1000 y 2000, respectivamente).
- Respuesta frecuencial: 0.14 Hz a 25 Hz: $\pm 0.5\text{ dB}$.

- Frecuencia superior de corte: 100 Hz.
- Velocidad del papel: 25-50 mm/seg.

Amplificador de instrumentación

El amplificador de instrumentación tiene como función amplificar la señal de manera exacta y precisa, así mismo una señal de nivel bajo que está en presencia de un componente de modo común (ruido). Un amplificador de este tipo satisface las siguientes especificaciones:

- Alta impedancia de entrada de modo infinito e ideal.
- Impedancia de salida baja idealmente, de 0.
- Ganancia exacta y estable, por lo común en el rango de 1 a 10 exponente a la 3.
- Razón de rechazo altamente elevado.

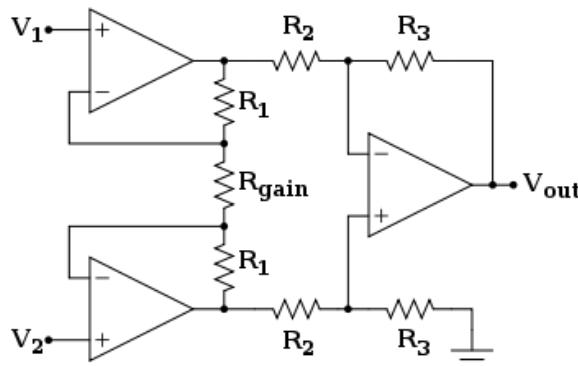


Figura 11. Amplificador de instrumentación. Fuente: Devis, R y Victor, R (2007)

Circuito Integrado AD620:

Es un amplificador de bajo costo sin terminal de entrada de detección. Este circuito integrado solo requiere de la conexión externa de R_G para determinar la ganancia (G) la cual tiene un intervalo de 1 a 10.000.



Figura 12. Circuito integrado AD620. Fuente: Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Filtros Activos tipo butterword

Un filtro es aquel dispositivo que modifica de cierto modo una señal que pasa a través de él. Por su parte los filtros activos son aquellos que utilizan amplificadores operacionales, lo cual significa que no introduce perdida y se puede obtener ganancia.

En este trabajo de investigación se hará uso de este tipo de filtros, dado que las características que ellos poseen son apropiadas para la construcción del electrocardiógrafo.

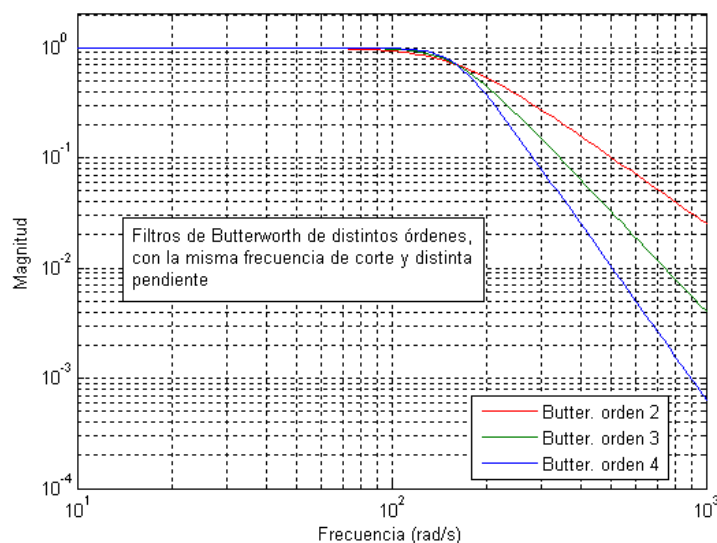


Grafico 4. Comportamiento de los Filtros buterword. Fuente: Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Microcontroladores

El PIC18F4550 es de alto desempeño hace uso del USB y utiliza una tecnología de nano potencia. Este micro controlador cuenta con tres (03) presentaciones, una con 28 terminales, otra con 40 terminales y la última presentación con 48 terminales de conexión.



Figura 13. Micro controlador PIC 18F4550. Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

El PIC 16F887 tienen terminales de entrada y salida divididos en puertos que se encuentran numerados alfabéticamente A, B, C, D, etc. Cada puerto puede tener hasta 8 terminales que pueden comportarse como entrada o salida digital. Según las características del PIC cada puerto puede tener además asignado bloques funcionales A/D, I2C, etc. Esto es definido por el usuario en el programa que se esté desarrollando.



Figura 14. Microcontrolador PIC 18F877. Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Circuitos de protección:

Incluyen limitadores de sobretensiones para su utilización conjunta con desfibriladores y también pueden incorporar filtros de RF.

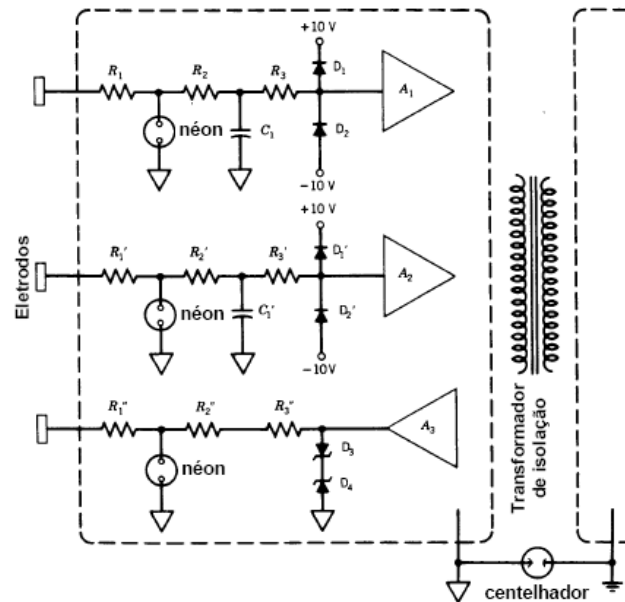


Figura 15. sistemas protección del equipo. Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Selector de derivación

La calibración permite programar cuál o cuáles de las 12 derivaciones van a ser registradas. Incluye la red del terminal central de Wilson. La señal de calibración, generalmente un pulso cuadrado de amplitud 1 mV, se inyecta en el electrocardiógrafo en esta etapa para permitir comparar la amplitud de la señal de entrada con una de amplitud conocida.

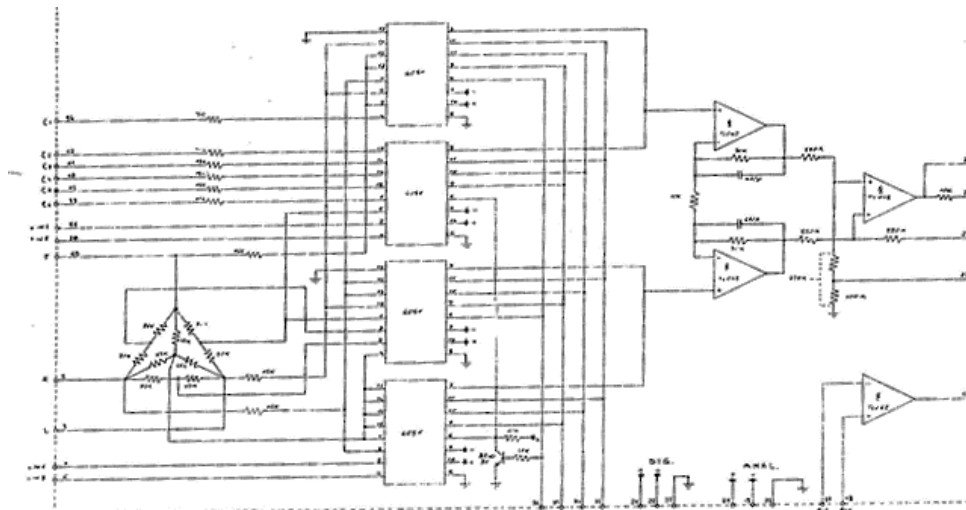


Figura 16. Selector de derivaciones. Fuente: Eloisa, D, Pablo, H y Oswaldo, W. (SARSE), (2007)

Preamplificador: En esta etapa se realiza la amplificación diferencial, respecto de la referencia aislada, de la señal obtenida de una derivación (DI-III) o a partir del valor promedio del resto (aVL, aVF, aVR, V1-6). En algunos sistemas, se dispone de hasta tres preamplificadores, permitiendo así la obtención simultánea de varias señales.

Realimentación activa: Este circuito se conecta al paciente mediante el electrodo de referencia (pierna derecha), y permite eliminar interferencia de modo común.

Circuito de aislamiento: Transfiere la señal entre la referencia aislada y la de red.

El Amplificador –Visualización-Impresión: La señal amplificada puede visualizarse o imprimirse en papel para su diagnóstico.

- Conversión A/D
- Almacenamiento

Procesado: La señal puede ser digitalizada para su almacenamiento o procesado posterior.

Monitores cardíacos

Los monitores cardíacos se utilizan para controlar de forma continua la señal de ECG y el ritmo cardíaco del paciente durante operaciones quirúrgicas o en unidades de cuidados intensivos, entre otras situaciones. Los monitores cardíacos integran amplificadores de ECG, cardiotacómetros y dispositivos de presentación, así como algún tipo de memoria continua que almacene el histórico de la actividad cardíaca del paciente.

Los amplificadores de ECG utilizados en los monitores cardíacos suelen presentar un ancho de banda menor que el estándar (0.67 –40 Hz), mejorando así la respuesta frente al ruido producido por el movimiento de los electrodos o el de red. La señal amplificada se presenta al usuario en la pantalla de un osciloscopio, puede registrarse sobre un papel, y puede ser también almacenada en una memoria temporal, que permite registrar eventos producidos en los últimos segundos. Esta señal se utiliza también como entrada a un cardiotacómetros que proporciona una indicación del ritmo cardíaco y generar alarmas.

Estas alarmas pueden forzar un registro automático del evento en papel. La tendencia actual es la utilización de microprocesadores para la implementación de monitores cardíacos. Esto permite ampliar sus prestaciones con funciones de procesamiento digital más complejas como reconocimiento de arritmias, etc., pudiendo integrarse también en sistemas de información hospitalaria.

Un tipo usual de monitores cardíacos utilizado en clínica es el monitor Holter. Consiste en un amplificador de ECG y un grabador de cinta de cassette, conectados a electrodos que el paciente lleva en el pecho.

Clasificación de los Electrocardiógrafos

Electrocardiógrafos Monocanales: Los electrocardiógrafos monocanales registran e imprimen los reportes de la actividad eléctrica de corazón, de una sola derivación (un juego de electrodos) por registro. Las 12 derivaciones son registradas en la secuencia seleccionadas por el operador y pueden ser determinadas automáticamente, debido a que el registro proporcionara la información de una sola derivación, el usuario deberá recortar los trazos de cada derivación y colocarlos juntos para proporcionar el reporte completo.

Una gran ventaja de esos equipos es su tamaño compacto su peso y las simplicidad en su uso.

Electrocardiógrafo multicanales: la forma de operar los electrocardiógrafos multicanales es similar a los monocanales, el usuario puede seleccionar modo automático o manual de selección de derivaciones, sensibilidad, rango de frecuencia para muestreo y velocidad del papel.

En los equipos estándares, la señal de las 12 derivaciones (provenientes de los tres grupos de derivaciones: (bipolar, unipolar y precordiales) son registradas cada 2.5 segundos.

Para una tira de ritmo una derivación (usualmente la II) es registrada durante los 12 segundos. Casi todas las unidades pueden adquirir las 12 derivaciones simultáneamente y usualmente se imprimen 3 ó 6 al mismo tiempo; además de poder elegir entre diferentes formatos. Existen además algunos modelos que poseen pantalla de despliegue que permite observar en tiempo real las diferentes derivaciones para verificar la calidad de la antes de proceder a la impresión.

A diferencia de los equipos monocanales, los multicanales no requieren ningún tipo de ajuste o preparación para la impresión. El operador sólo tendrá que definir el formato del reporte. La mayoría de los equipos obtienen las 12 derivaciones simultáneamente y luego permite al usuario imprimir copias del ECG completo en hoja de papel tamaño carta 21.6 X27.9 cm (8 ½ X 11 pulgadas).

Multicanal con interpretación: Utiliza una computadora que posee patrones de reconocimiento predefinidos, para identificar señales de ECG normales y las que no lo son. Cada programa identifica la señal completa, y determina sus medidas más importantes. Dependiendo del programa, lo que se utiliza como base de análisis: en algunos casos el promedio, en otros la señal más dominante o la mediana. Las señales incompletas (Ej.: las causadas cuando se intercambia de una derivación a otra) son eliminadas y el resto son procesadas por cada programa.

El promedio de señales incluye todas las señales de ondas P, complejos QRS y ondas T, de cada una de las derivaciones. Las irregularidades en la morfología (forma) de alguna porción del ECG o en el ritmo (tiempo) indican alteraciones miocárdicas o anomalías en la conducción. La unidad imprime la interpretación de una anomalía cardíaca específica, la lista de medidas y un código que revela la seriedad del padecimiento del paciente. La lista de medidas consiste en los valores numéricos calculados de las señales de ECG. Entre algunos está:

- 1) La frecuencia cardíaca.
- 2) La amplitud de la señal.
- 3) El tamaño de las ondas.

Investigación Cualitativa

La investigación es, en términos expresados por Hurtado de Barrera (2006), “un proceso continuo y organizado, mediante el cual se pretende conocer algún evento” (p. 22). Es decir, un conjunto de actividades relacionadas entre sí y desarrolladas de manera continua y planificada con el objeto de generar conocimientos sobre un fenómeno en particular. De manera similar, UPEL (2001) señala que esto es “una actividad definida en términos de cumplimiento de un conjunto de etapas sucesivas y organizadas con la finalidad de obtener el conocimiento científico en relación a las estructuras y transformaciones tanto de la realidad social como natural” (p. 30).

Una definición más amplia y directa es ofrecida por Hernández, Fernández y Baptista (2006) al afirmar que la investigación es “un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (p.22). Estas definiciones señalan como características esenciales el hecho de ser planificado con antelación y su carácter organizado, siguiendo un esquema predefinido.

Existen dos esquemas o estructuras que sirven de soporte al proceso de investigación científica. Los llamados enfoques metodológicos. Estos, a su vez, son producto o consecuencia de los paradigmas cuantitativos y cualitativos. El primero es el método clásico tradicional basado en la medida cuantificable de datos y resultados. A este respecto Miquel (1998), referido por UPEL (2001) lo define como “aquella que se dirige a recoger información objetivamente mensurable” (p. 32). Hernández y otros (2006) agregan como característica de este método el hecho de ser “secuencial y probatorio” (p.23). Más adelante el autor señala que este método es deductivo ya que “va de la teoría generada por investigaciones antecedentes (marco teórico) a la recolección de los datos en casos particulares de una muestra” (p. 23).

Por otro lado, la investigación cualitativa adopta un modelo flexible en el cual, el investigador se aproxima a la realidad estudiada en lugar de mantenerse separada de esta, como en el caso del modelo cuantitativo. Veliz (2010) señala, a este respecto, “se aproxima más al investigador con la realidad en la cual realiza su trabajo, al interactuar con las personas involucradas en la problemática o temática objeto de estudio” p. 16). Además, afirma que en este modelo, los conocimientos se construyen de manera inductiva, desde lo particular. Para UPEL (2001) este modelo de investigación “supone la recogida, análisis e interpretación de datos que no son objetivamente mensurables.....esto no implica una falta de objetividad en los resultados obtenidos” (p. 33). Para Hernández y otros (2006), el enfoque cualitativo se define como “un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo visible, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos” (p. 9). Estas características atribuidas al modelo cualitativo son resumidas por Veliz (2010) en los siguientes términos: “El interés clave es comprender el fenómeno desde las perspectivas de los participantes, el investigador es el instrumento primario para la recolección de datos y análisis e incluye trabajo de campo” (p. 154).

Modelos o Tipos de Investigación Cualitativa

La investigación cualitativa comprende una variedad de modelos o estilos. Para Hernández y otros (2006), existen cuatro tipos de investigación cualitativa: a) teoría fundamentada, b) diseños etnográficos, c) diseños narrativos y d) diseños de investigación acción. Otros autores como Hurtado de Barrera, presentan una clasificación de tipos de investigación diferente; sin embargo, menciona el tipo de investigación acción como investigación interactiva. Para Veliz (2010) los tipos de investigación cualitativa son: a) Hermenéuticos, b) fenomenológicos, c) biográficos, d) etnográficos y e) la investigación acción.

Investigación Acción

Los especialistas incluyen a este tipo de investigación como un método o clase dentro del modelo de investigación cualitativa. Por consiguiente, comparte las características generales del modelo señaladas anteriormente. La característica distintiva de este tipo de investigación es, a decir de Hurtado de Barrera (2006) es su objetivo de “modificar el evento estudiado, generando y aplicando sobre él una intervención especialmente diseñada” (p. 119), lo que UPEL (2006) señala como “intentar la transformación de la realidad” y Veliz (2010) como “deseo de conocer una realidad particular o un problema concreto de una agrupación, además de pretender resolverlo” (p. 172).

A partir de estas expresiones se desprende que la investigación acción es aquella investigación mediante la cual el investigador se convierte en partícipe activo de la misma intentando resolver la problemática estudiada en conjunto con los afectados. UPEL (2006) agrega aspectos o elementos como los de “no poseer una metodología propia” (p. 37) y la de emplear técnicas cuantitativas y cualitativas con un enfoque inductivo. La UNA (2005) resume el concepto de investigación acción en los siguientes términos: “proceso en el cual el investigador se incorpora a la investigación para trabajar conjuntamente y de manera sistemática, estableciendo acciones que simultáneamente resuelvan un problema concreto” (p. 358)

Algunos autores han propuesto una metodología particular para desarrollar una investigación cualitativa bajo el modo de investigación acción. Este modelo consta de cuatro fases o etapas, divididas en dos bloques: anteproyecto y proyecto

Fase I: Identificación del Problema.

Fase II: Programación del Proyecto o plan de acción.

Fase III: Ejecución de la Acción.

Fase IV: Revisión o Evaluación del Proyecto.

Investigación-Acción-Participativa

La investigación acción participativa, según Hernández y otros (2006), es uno de los diseños básicos de la investigación-acción donde, haciendo referencia a Mertens (2003), “debe involucrar a los miembros del grupo o comunidad en todo el proceso de estudio (desde el planteamiento del problema hasta la elaboración del reporte) y la implementación de las acciones producto de la indagación” (p.707).

Estrategias de Acceso a la Comunidad

La estrategia planteada por el grupo de investigadores o administradores de este proyecto fue el contacto directo con el ING. Ángel Morales profesor de la U.C. de instrumentación medica Así mismo se aplicó un diagnostico participativo donde se involucraron profesionales adscritos al PNFIyC de la UPTAG.

Actividades de Socialización

“La socialización es el proceso mediante el cual el individuo adopta los elementos socioculturales de su medio ambiente y los integra a su personalidad para adaptarse a la sociedad.” Es decir, el proceso por el cual se aprenden los valores de nuestra sociedad; la diferencia entre lo aceptable de lo inaceptable en el comportamiento con otros seres humanos según (Calderón s.f. p.1).

En este orden de ideas, la actividad de socialización que nos permitió, como equipo investigador o administradores de este proyecto, no solo conocer las expectativas de algunas personas de la comunidad, sino sus sentimientos de incredulidad, duda, esperanza, etc. alrededor del proyecto, fue el dialogo

abierto e informal, conversación extensa, intercambio de ideas con muchos de esos individuos considerados como informantes claves, como fueron las visitas y entrevistas realizadas a los profesores Ing. Ángel Morales y el Prof. Carlos Murillo especialistas en la U.C. de Instrumentación Medica adscrita al PNFIyC en la UC de instrumentación medica

A partir de este compartir de ideas y experiencias, conocimos la preocupación por falta de los estudiantes del P.N.F.I.y.C en la U.C de instrumentación médica por la falta de equipos médicos para la realización de las actividades prácticas.

Revisión de Documentos

Para la elaboración e investigación de este proyecto, se realizaron consultas bibliográficas como: (Ander Egg 1991) en su libro se utilizó el concepto de diagnóstico participativo. Así como también páginas de internet, autores revistas, libros, para conocer el tipo de modalidad de investigación y también los sustentos teóricos del proyecto a desarrollar.

Método aplicado para el diagnostico

Después de realizar el diagnostico participativo y conocer los problemas y necesidades vinculados al PNF de Instrumentación y Control, se aplicó un análisis de implicados el cual se define como esos participantes (en el proceso de desarrollo) junto a cualquier otro individuo, grupo u organización cuyas acciones pueden influenciar o ser influenciados por el desarrollo y uso del sistema, ya sea directa o indirectamente [POU99].

Se elaboró un análisis de implicados donde se involucró al personal que hace vida en la institución para así conocer la problemática que existe en esta casa de estudio dando como resultado: la Falta de equipos médicos para la realización de las actividades prácticas en la U.C de Instrumentación Medica adscrita al PNFIyC

Luego se realizó un árbol de problema que es una ayuda importante para entender la problemática a resolver. En él se expresan, en encadenamiento tipo causa/efecto, las condiciones negativas percibidas por los involucrados en relación con el problema en cuestión. Según la (Dra. Mónica Navas M. Octubre 2010).

Confirmado el mencionado encadenamiento causa/efecto, se ordenan los problemas principales permitiendo al formulador o equipo identificar el conjunto de problemas sobre el cual se concentrarán los objetivos del proyecto.

A este árbol del problema se le aplicó una matriz nodal para así obtener el nodo crítico, la cual fue la siguiente causa: la falta de equipos médicos para la realización de las prácticas de instrumentación medica con un alto porcentaje de 12.

Así mismo se realizó un árbol de objetivo el cual define Los objetivos identificados como componentes o productos de un proyecto que se convierten en los medios para mostrar el problema de desarrollo identificado y proporcionar un instrumento para determinar su impacto de desarrollo, y así transformar las causas y efectos en fines y medios del cual se obtendrá el objetivo principal del proyecto de investigación con una ponderación de 11% lo cual hace que de allí nazca el título de nuestro tema de investigación.

Técnicas e Instrumentos Utilizados

La técnica: es un conjunto de procedimientos o recursos que se usan en un arte, en una ciencia o en una actividad determinada, en especial cuando se adquieren por medio de su práctica y requieren habilidad.

Las técnicas empleadas como parte de las estrategias de acceso a la comunidad consistieron fundamentalmente en entrevistas no estructuradas tipo conversación con informantes claves; personal especializado en el área objeto de estudio como lo es el Ing. Morales Ángel y el Prof. Carlos Morillo especialistas en la U.C de Instrumentación Medica .

Según Hurtado (2000), la observación es la primera forma de contacto o de relación con los objetos que van a ser estudiados. Constituye un proceso de atención, recopilación y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos (vista, oído, olfato, tacto, sentidos kinestésicos, y cenestésicos), para estar al pendiente de los sucesos y analizar los eventos ocurrentes en una visión global, en todo un contexto natural. De este modo la observación no se limita al uso de la vista.

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos” (WILSON 2000).

Entrevista

La entrevista, es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesto. Se considera que este método es más eficaz que el cuestionario, ya que permite obtener una información más completa (Amador 2009).

Hay dos tipos de entrevista la estructural y la no estructural.

Por otra parte, los instrumentos empleados y vinculados con las técnicas llevadas a cabo fueron las listas de preguntas (entrevistas) y cuaderno de notas.

Plan de Acción

Nombre del proyecto: Diseño de un simulador Electrocardiógrafo para aplicaciones educativas para el Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón “Alonso Gamero”.

Propósito General: Diseño de un simulador Electrocardiógrafo con aplicaciones educativas para el Programa Nacional de Formación en Instrumentación y Control de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón “Alonso Gamero”.

Propósitos específicos	Actividades	Recursos	Responsable	Tiempo de ejecución	Indicadores de resultado
Investigar el principio de funcionamiento de un simulador Electrocardiógrafo	1. Revisión documental sobre los diferentes funcionamientos de los electrocardiógrafos.	a) Manuales técnicos de electrocardiógrafos. b) Lista de preguntas. c) Libreta de anotación. d) Lápiz o bolígrafo.	Elyuris Villabona Iliana Paris Edisson Lugo Carlos Barrera	4 Semana 18/09/15 al 16/10/15	Descripción documental de cada uno de los funcionamientos y tipos de ECG
	2. Entrevistas no estructuradas al personal técnico sobre los electrocardiógrafos.	a) Manuales técnicos de electrocardiógrafos. b) Lista de preguntas. c) Libreta de anotación. d) Lápiz o bolígrafo.	Elyuris Villabona Iliana Paris Edisson Lugo	3 Semana 16/10/15 al 6/11/15	Cantidad de personas entrevistadas
Definir criterios de diseño de un simulador electrocardiógrafo con aplicaciones educativas para el P.N.F.I.y.C de la UPTAG	3. Entrevistas no estructuradas al personal técnico para definir los criterios del diseño de un simulador electrocardiógrafo.	a) Computador personal b) Conexión a internet c) Libreta de notas	Elyuris Villabona Iliana Paris	3 Semana 6/11/15 al 27/11/15	Lista de los criterios a utilizar en el diseño del ECG

Describir los parámetros de selección del principio de funcionamiento a utilizar en el diseño de simulador de un ECG.	4.Comparación de principios de funcionamiento del ECG	a) Computador personal b) Papel y lápiz	Edisson Lugo Carlos Barrera Alejandro Moreno	3 Semanas 27/11/15 al 18/12/15	<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas y Desventajas del principio de funcionamiento del ECG • Circuitos acondicionadores del ECG para la señal obtenida por el equipo propuesto, de ser necesario.
	5. Seleccionar el principio de funcionamiento del ECG.	a) Computador personal b) Papel y lápiz	Edisson Lugo Carlos Barrera Alejandro Moreno	10 Semana 18/12/15 al 26/02/16	<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos para procesamiento y presentación del registro, de ser requeridos. • Lista de instrucciones para el diseño del equipo ECG procesamiento de registro de los latidos del corazón, de ser necesario (Micros)
Propuesta del diseño de un simulador de ECG para aplicaciones educativas	6.Desarrollo del diagrama de simulación del ECG	a) Computador personal b) Programa Proteus. C) mikroC	Edisson Lugo Carlos Barrera Alejandro Moreno	12 Semana 26/02/16 al 20/05/16	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama del diseño propuesto • Numero de software Utilizado.
	7. diseño de un Simulador electrocardiógrafo para aplicaciones educativas en el P.N.F.I.y.C del U.P.T.A.G mediante herramientas computacionales	a) Computador personal b) Programa Proteus. C) mikroC	Elyuris Villabona Iliana Paris Edisson Lugo Carlos Barrera Alejandro Moreno	17 Semanas 20/05/16 al 16/09/16	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación aprobada por el programa PROTEUS • Análisis de monitoreo de Lpm del corazón con el simulador ECG.

Fuente: Los Autores (2015)

Parte IV

EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES

En esta parte se describen cada una de las actividades indicadas en el plan de acción, analizando cada uno de los resultados obtenidos mediante el cumplimiento de las mismas.

Fase 1: Investigar el principio de funcionamiento de o simulador Electrocardiógrafo

Actividad 1: Revisión documental sobre los diferentes tipos de funcionamiento del electrocardiógrafo:

Se realizó una revisión documental, referente al principio básico del funcionamiento del ECG; esta información fue obtenida mediante páginas de internet y material suministrado por el Ingeniero en Instrumentación Ángel Morales; en donde se facilitaron dos tipos de trabajos de investigación acerca del ECG, ambos grupos de investigación se dedicaron al diseño de dicho equipo.

A continuación, el primer trabajo de investigación; que se dividió en dos etapas específicas. Primero el funcionamiento del electrocardiógrafo: recepción y amplificación de la señal del ECG mediante un amplificador de instrumentación AD620, para transformarla en una sola señal precordial amplificada, filtrando la señal mediante el uso de un filtro pasa-banda que contiene un rango de frecuencias de corte entre 0.05Hz-100Hz; utilizando amplificadores operacionales TL082 y elaborando filtros de cuarto orden Butterworth, la última etapa fue la de inversión de la señal, mediante un amplificador operacional en configuración inversora.

Toda esta información fue suministrada por los investigadores Deivis Rosero Yela, Víctor Rosero Angulo para optar al título de ingenieros de la Universidad de Nariño, Facultad de ingeniería, programa de ingeniería electrónica, Universidad de Nariño, (octubre del 2010).

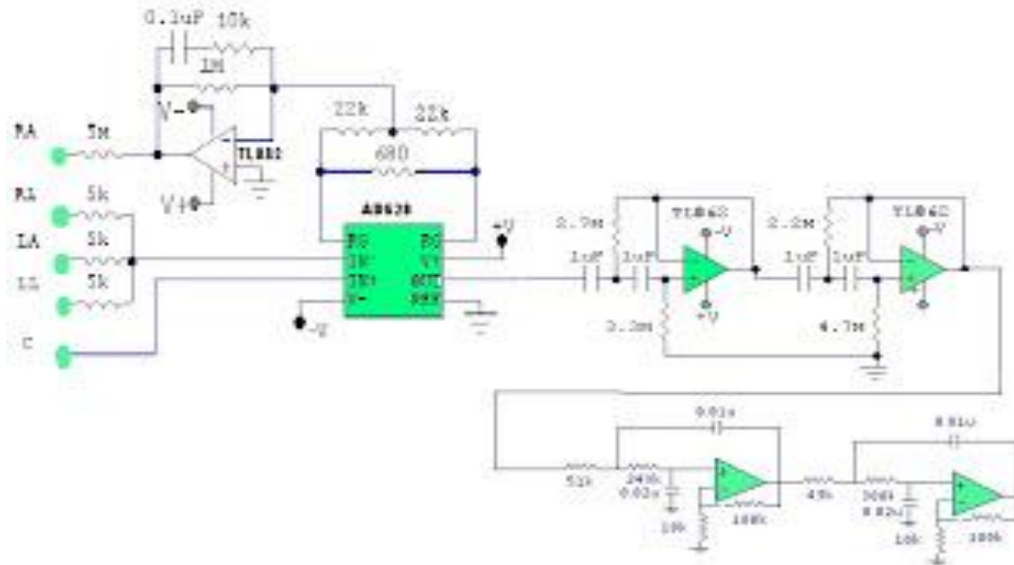


Figura 17. Diagrama general del circuito del ECG. Fuente: Rosero D y Rosero V (2010).

Materiales Usados:

- Condensadores de tantalio:

5 de 1uf

2 de 0.01 uf

2 de 0.02uf

- Resistencias:

-2 de 22kΩ -3 de 5kΩ

-1 de 5MΩ -1 de 10kΩ

-1 de $2M\Omega$ -1de 680Ω

-1 de 51kΩ -1 de 240kΩ

-1 de 43kΩ -1 de 300kΩ

-2 de 100kΩ -2 de 10kΩ

-1 de $2.7\text{M}\Omega$ -1 de $3.3\text{M}\Omega$

-1 de $2.2\text{M}\Omega$ -1 de $4.7\text{M}\Omega$

- Fuente dual de 12 v y -12v

- Amplificador de instrumentación AD620
- 4 Amplificador de instrumentación TI082
- 6 Electrodo
- Osciloscopio Digital

Montaje del electrocardiógrafo:

- Adquisición: Mediante electrodo se obtienen las señales de: brazo derecho (RA), brazo izquierdo (LA), pierna izquierda (LL), pierna derecha (RL) y pecho (C).
- Amplificación: La amplificación de la señal RA o (BPD) se hizo con la utilización de un amplificador de instrumentación TLO82 y la amplificación de las demás señales se realizó con una ganancia de 73.64, ya que la resistencia del AD620 se la colocó de 680Ω mediante el uso de un AD620 y se utilizó una alimentación de $\pm 12V$.
- Filtrado de la señal ECG: El filtrado de la señal se hizo con filtros pasa-altas y filtro-pasa bajas de cuarto orden; con frecuencias de corte comprendidas en el rango de 0.05Hz-100Hz.
- Inversión de la señal: Debido a que la señal después de pasar por la etapa de amplificación y de filtrado, la señal sale invertida; entonces se realizó un circuito con amplificadores en configuración inversora para que la señal salga correctamente.

Partes fundamentales del circuito del ECG

- Circuito Acoplador de impedancias.
- Circuito Amplificador de la señal.
- Circuito de filtraje pasa-altas de frecuencia de corte de 0.05Hz
- Circuito de filtraje pasa-bajas de frecuencia de corte de 100Hz
- Circuito inversor de la señal.

Por su parte se muestra el segundo modelo de un circuito de electrocardiógrafo resultado de la investigación por parte de las doctoras Ana María Bautista González y Diana Patricia David Álzate (Noviembre 2005).

A continuación se muestra un diagrama de bloque donde explica el total funcionamiento de un electrocardiógrafo y cada una de sus etapas donde se percibe y amplifica las señales de biopotencial adquiridas al momento de realizar un electrocardiograma.



Figura 18. Diagrama de bloque del Electrocardiógrafo. Fuente: González A y Álzate D, (2005).

Transductor

Para obtener la adquisición analógica, se percibe la señal electrocardiográfica del estudiante por medio de sensores y a través de los electrodos, los cuales se encuentran conectados al circuito a partir de cable apantallado que permite depurar de la señal del ruido, los electrodos que se utilizaran serán de tipo superficial por su facilidad de manejo y economía. La derivación que se utilizara será la siguiente: un electrodo ira a la altura del corazón (encima), el otro electrodo ira en la parte derecha a la altura intercostal y un último electrodo que servirá como referencia y va a la altura de la cintura en la parte izquierda.

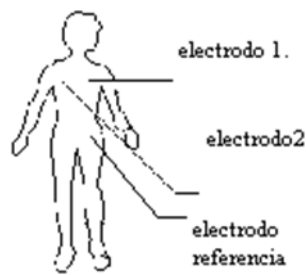


Figura 19. Derivaciones Bipolares. Fuente: González A y Álzate D, (2005).

Acople de impedancias y amplificador con ganancia

En esta parte los investigadores utilizaron un amplificador de instrumentación ofreciéndole así a su diseño una impedancia de entrada infinita, produciéndose el efecto del acople de impedancias y por otro lado tiene un amplificador diferencial el cual amplifica la diferencia de la señal proveniente de los electrodos 1 y 2. Cabe destacar que el amplificador de instrumentación se compone de tres amplificadores operacionales y tiene la siguiente estructura

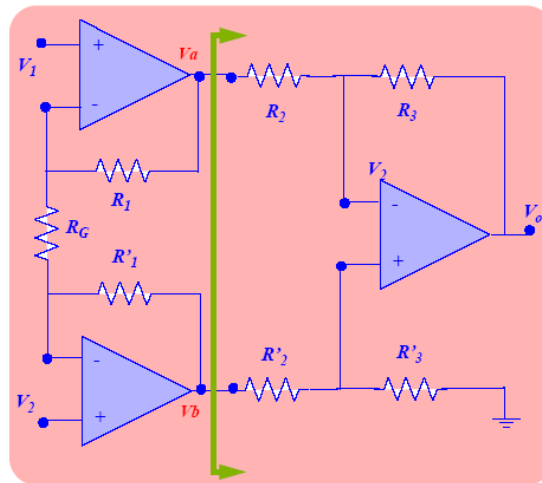


Figura 20. Circuito de amplificador de instrumentación. Fuente: González, A y Álzate, D(2005).

Como las amplitudes de la señal eléctrica del corazón van desde 1mV (milivoltio) a 5milivoltios la ganancia del amplificador debe ser alta de 1000 como se había especificado en los requerimientos.

Ahora bien se muestran las diferentes ecuaciones del amplificador de instrumentación y así obtener la ganancia necesaria para la percepción de la señal estudiada utilizada en la realización de los estudios de electrocardiograma donde:

V_o = señal de salida del amplificador.

V_a y V_b = son las señales de entrada al diferenciador.

G_d = es la ganancia del amplificador.

Se necesita que G_d sea de 1000mV para obtener y percibir la señal biopotencial en estudio, para esto se utilizaron las resistencias $R_g=1k\Omega$, $R_3=100k\Omega$ y $R_2=10k\Omega$.

$$R_1 = \frac{\left[G_b * \left(\frac{R_2}{R_3} - 1 \right) \right] R_g}{2}$$

Por medio de esta ecuación se obtuvo el valor de la resistencia $R_1=49,5 \Omega$ para así ser utilizada en la ecuación de G_d y obtener el valor de la ganancia.

$$V_o = -V_a \left(\frac{R_1}{R_2} \right) + V_b \left(\frac{R_2 + R_3}{R_2' + R_3'} \right) \frac{R_3'}{R_2} = \frac{R_3'}{R_2} (V_b - V_a)$$

$$V_a = V_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_g} \right) - V_2 \left(\frac{R_1}{R_g} \right)$$

$$V_b = -V_1 \left(\frac{R_1}{R_g} \right) + V_2 \left(\frac{R_1}{R_g} \right)$$

$$G_d = \frac{R_3}{R_2} \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_g} \right) = G_{d1} * G_{d2}$$

Se muestra la simulación del circuito diseñado para verificar si no hubo errores en el cálculo de la ganancia, se utilizó el software Orcard Pspice para poder observar el comportamiento deseado de la señal.

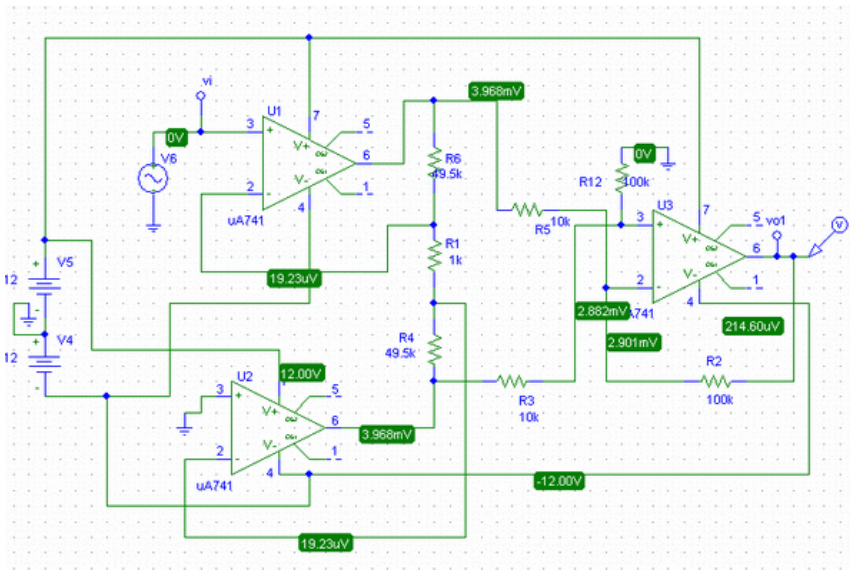


Figura 21. Esquema amplificador de instrumentación. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Al realizar la simulación en el software Orcard Pspice, se muestra el comportamiento de la salida del amplificador de instrumentación dando como respuesta la siguiente grafica mostrada en la figura 20.

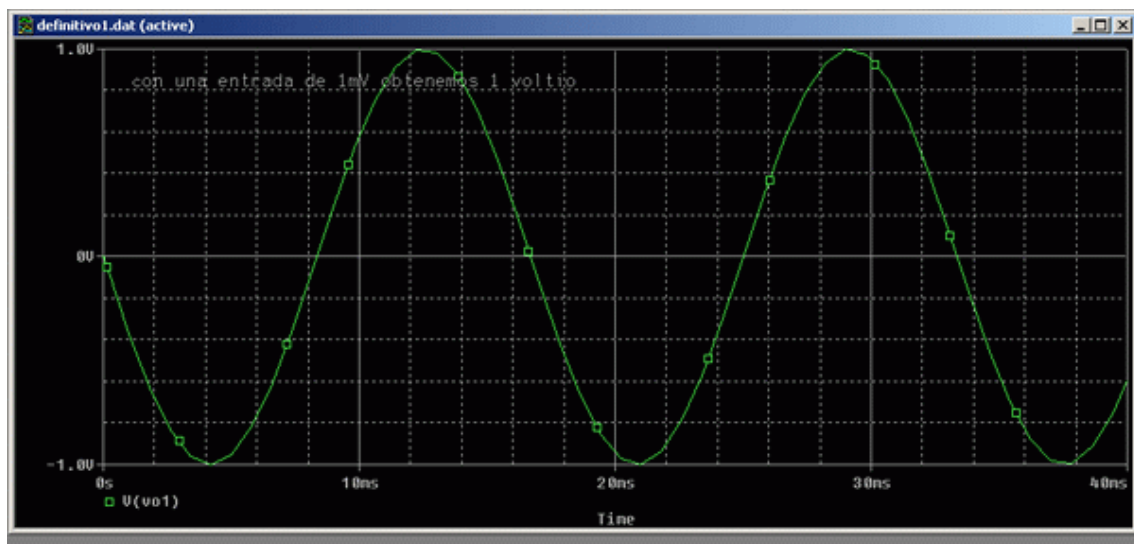


Grafico 5. Forma de onda a la salida del amplificador de instrumentación. Fuente: González,A y Álzate, D (2005).

En la simulación el amplificador mostró que tiene una ganancia de 1000, se aplicó un milivoltio a la entrada y se obtuvo a la salida 1 voltio.

Filtro pasabajos y pasaaltos:

Una de las partes más importantes de un acondicionador de señales es el filtrado el cual determina el ancho de banda del circuito. Como se había mencionado anteriormente la señal de ECG tiene componentes relevantes entre 0.05 hz y 150 hz por lo tanto el circuito solo debe dejar pasar las señales que se encuentren en ese rango.

Se utilizó un filtro pasabajos sencillo el cual consta de una resistencia y un condensador y tiene la siguiente configuración:

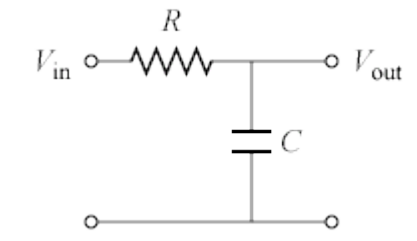


Figura 22.Circuito del filtro pasabajos. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Para determinar la frecuencia de corte se tiene la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

La frecuencia de corte es 150 hz, se utiliza un condensador de 1uf y de la formula se despeja la variable R.

$$R = \frac{1}{150 * 2 * \pi * 1\mu f} = 1061,03 \Omega$$

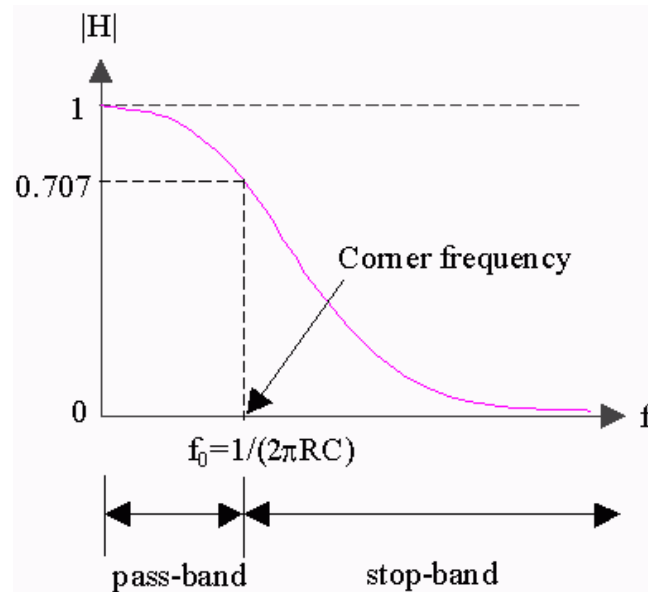


Grafico 6. Respuesta de salida del filtro pasáaltos. Fuente: Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Se utilizó un filtro pasaaltos sencillo el cual consta de una resistencia y un condensador y tiene la siguiente configuración:

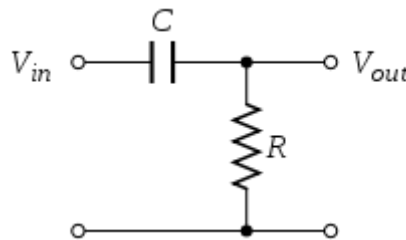


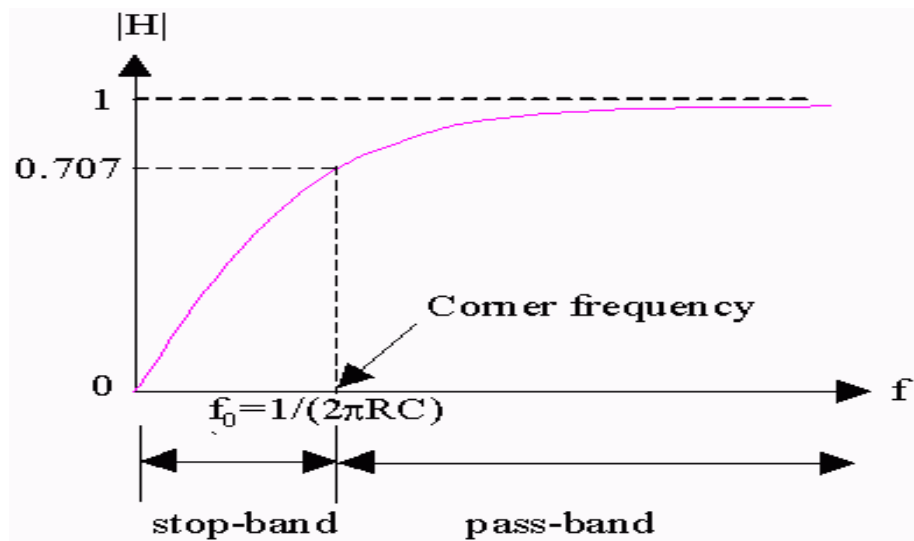
Figura 23. Circuito del filtro pasaaltos. Fuente: González,A y Álzate, D (2005).

Para determinar la frecuencia de corte se tiene la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

La frecuencia de corte es 0.05 Hz, se asume un condensador de $1\mu f$ y de la formula se despeja la variable R.

$$R = \frac{1}{0.05 * 2 * \pi * 1\mu f} = 3,18 M\Omega$$



Grafica 7. Señal de salida del filtro pasabajos. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Ahora se procede a la simulación para verificar que los cálculos estén bien realizados:

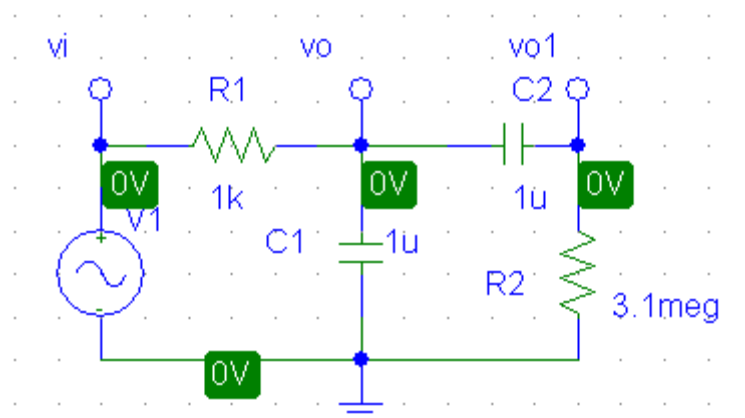


Figura 24. Filtro pasabajos y pasaaltos. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Se aumenta a señal de frecuencia de 1.0 nHz hasta 1.0Khz

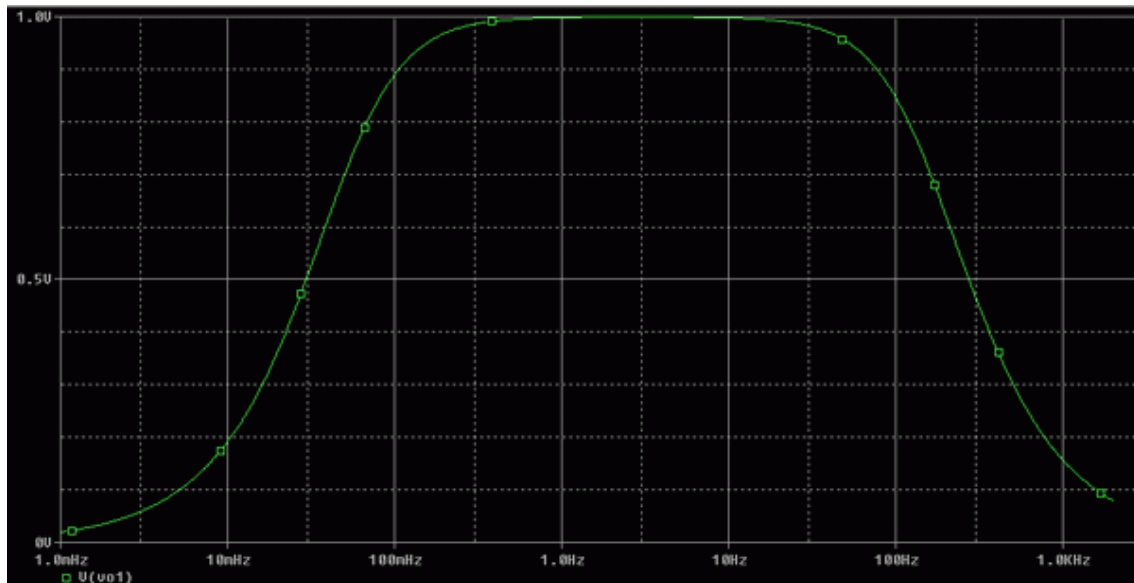


Grafico 8. Señal de salida de los filtros en función de la frecuencia. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

La señal que se muestra es la de los filtros las cuales están funcionando bien y que se tiene una señal filtrada

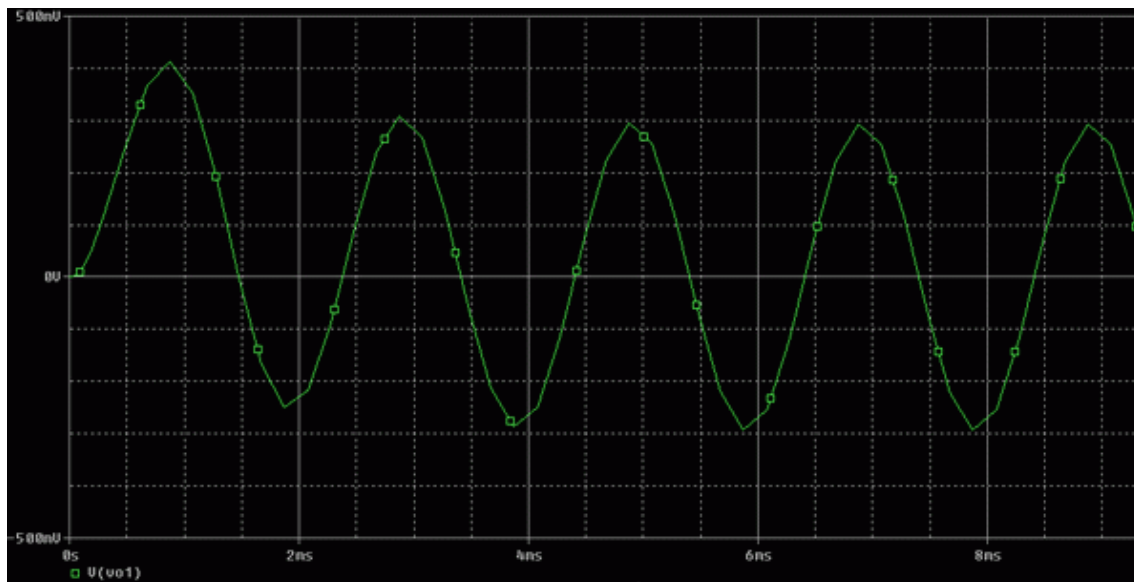


Grafico 9. Señal de salida en función del tiempo para una señal de 500Hz y amplitud de 1 voltio. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Filtro rechaza banda

Cuando se utilizan fuentes de poder que están alimentadas por la red de 120 voltios a 60Hz con las cuales se alimenta los amplificadores operacionales la frecuencia de 60 Hz se introduce dentro del sistema siendo una señal indeseable. Se tiene que eliminar por medio de un filtro rechaza banda de 60 Hz.

Ahora bien si se utilizaran baterías para alimentar los amplificadores operacionales no se aplicaría el filtro rechaza banda.

Señal de salida

Una última consideración es que la señal hasta este punto esta invertida por lo cual se tiene que colocar un amplificador inversor de ganancia 1. quedando el esquema final de la siguiente manera:

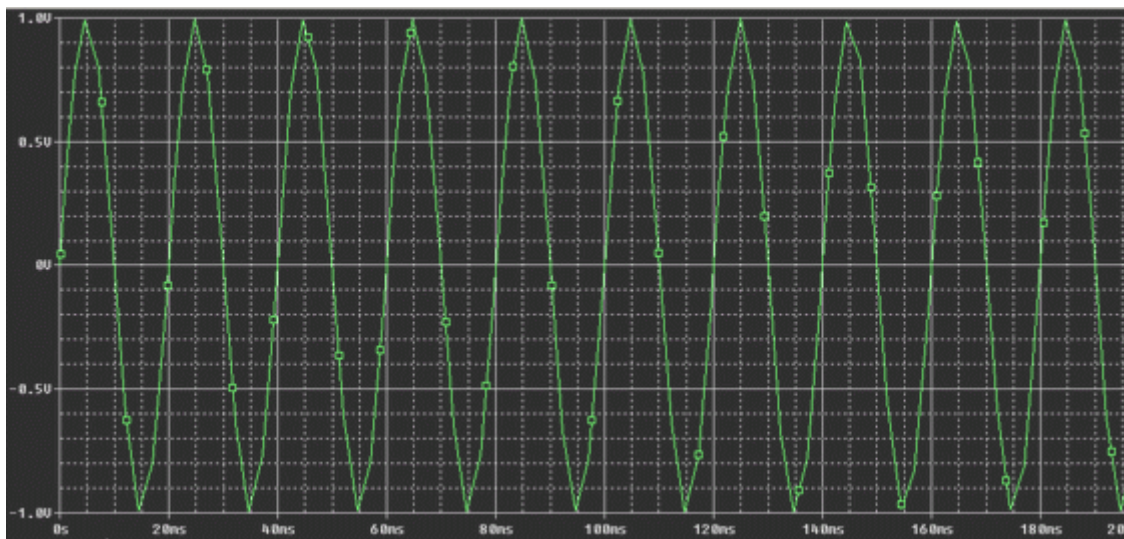


Grafico 10. Señal de salida para una entrada de 1milivoltio a 50Hz. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

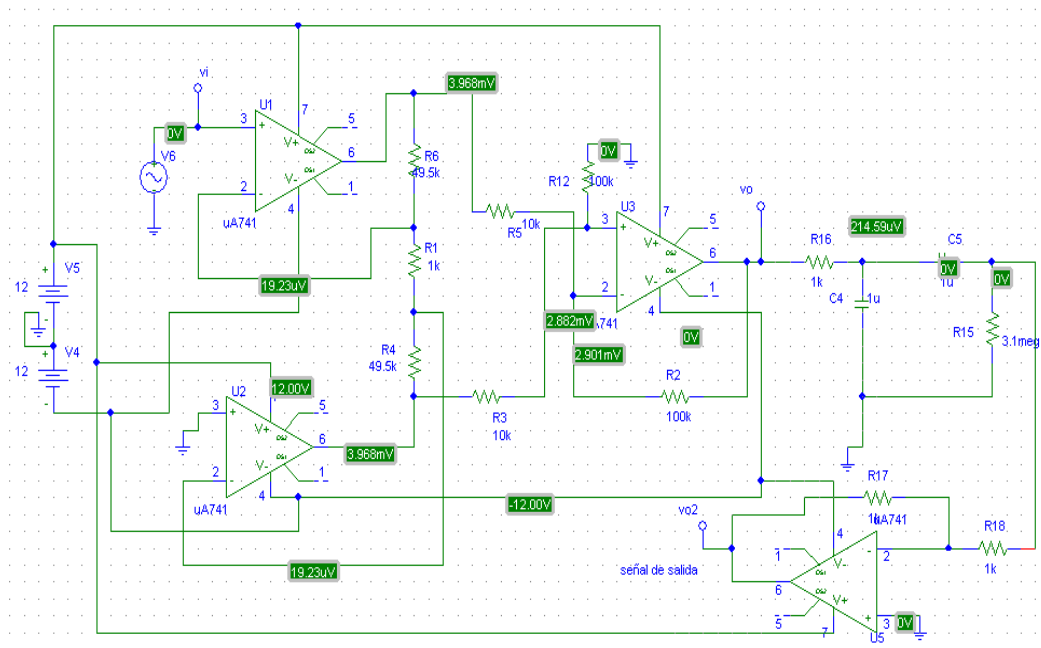


Figura 25. Esquema del amplificador de instrumentación. Fuente: González, A y Álzate, D (2005).

Los materiales utilizados en el diseño del circuito del electrocardiógrafo, en el trabajo de investigación según Gonzales A y Altzate D.

- 4 amplificadores operacionales TL084.
- 11 resistencias con una potencia de $\frac{1}{4}$ 4 de $1K\Omega$, 2 de $49.5k\Omega$, 2 de $10k\Omega$, 2 de $100k\Omega$ y 1 de $3.1M\Omega$
- 2 condensadores de $1\mu f$
- Batería de 6 a 12 voltios DC
- Osciloscopio
- Puntas atenuadas.
- Generador de ondas.
- Electrodo.
- Multímetro.

Actividad 2: Entrevistas no estructuradas al personal técnico sobre los electrocardiógrafos.

La técnica inicial para definir la problemática consistió en entrevistas no estructuradas, con informantes claves como docentes, que hacen vida en dicha institución y personas vinculadas en el área de instrumentación y control, así como también ciencias de la salud, como lo fue el TSU en electro medicina Geraldo Gutiérrez y el Ingeniero en Instrumentación Ángel Morales. Se tomaron notas al finalizar la entrevista o la conversación. Las preguntas realizadas a las personas entrevistadas fueron las siguientes:

1. ¿Cuál sería el principio de funcionamiento de un electrocardiógrafo?
2. ¿Estaría de acuerdo que se diseñara un simulador de ECG para prácticas educativas en la unidad curricular de instrumentación médica?

Es entonces, conveniente para efectos de la presente investigación, que por medio de la entrevista sostenida con el personal antes mencionado, surge la inquietud de presentar el diseño de un simulador de ECG para realizar prácticas en la U.C de Instrumentación Medica.

La entrevista no estructurada realizada al T.S.U. en Electromedicina Geraldo Gutiérrez, egresado de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, sobre el principio de funcionamiento de los electrocardiógrafos desde su punto de vista como especialista, hacía mención al funcionamiento de los diferentes biopotenciales, de acuerdo al estudio de estos resultados representados en una gráfica obtenidas en los siguientes equipos tales como son electrocardiogramas, Electromiogramas, electroencefalogramas, entre otros.

Cabe destacar que estos biopotenciales captan una señal eléctrica del cuerpo humano, en este caso es del corazón esta a su vez es amplificada para ser mostrada a través de un monitor o impresa en un papel para ser leída por un especialista.

Por su parte el Ing. Ángel Morales durante la entrevista hacía referencia que es viable y conveniente el diseño de un simulador Electrocardiógrafo para la U.P.T.A.G para la realización de las prácticas de la U.C de Instrumentación Medica, el cual mencionaba como era el funcionamiento que este equipo tendría en las actividades práctica, en las cuales el alumno iba a visualizar a través de un monitor el comportamiento de las señales generadas del corazón. Es por ello que el ING comentaba que de realizar el diseño del Electrocardiógrafo, la U.P.T.A.G contaría con una herramienta de gran apoyo educativa en la U.C.

Fase 2: Definir criterios de diseño para un electrocardiógrafo con aplicaciones educativas para el P.N.F.I.y.C de la U.P.T.A.G.

Actividad 3: Entrevista no estructurada al personal técnico para definir los criterios de diseño del electrocardiógrafo.

La entrevista se realizó al T.S.U. en electromedicina Geraldo Gutiérrez, al ING Ángel Morales y al ING Cijanes Guillermo, donde cada uno de ellos sugería los componentes que se utilizarían en el diseño del simulador del Electrocardiógrafo.

El T.S.U. en electromedicina sugería trabajar con sensores económicos como:

Sensores: Electrodo sensores, Plato cloruro de plata aumentados de miembros precordiales, Electrodo

Amplificador: Biopotencial a señal electrónicamente manipulable

Filtros: Frecuencia de 60 Hz frecuencia de ruido de tensión muscular y otros biopotencial

Procesamiento de la señal: Transferencia de la señal eléctrica a una señal graficable o visible.

Presentación de información: Impresa, Monitor, Escrita

Por su parte el Ing. Ángel Morales sugiere para el diseño del ECG se utilizara un selector de 12 derivaciones, un modelo de acondicionamiento de señal, registrador Labview. También en las sugerencias hacía referencia a la amplitud

y la frecuencia cardiaca, amplificada AD620 que son especificaciones de los. ECG, así como también los filtros RC O RL.

En cambio el Ing. Guillermo Cijanes nos sugirió los siguientes dispositivos:

1. Selector de 12 derivaciones de calibración: Este selector permitirá programar cual o cuales de las 12 derivaciones van a hacer registradas, ya que están incluyen una red de terminal central de Wilson. Generalmente un pulso cardiaco de amplitud de 1mv, ya que es su señal de calibración.
2. Amplificador AD620: es una amplificador de instrumentación de alta precisión, bajo consumo de potencia, voltaje de alimentación de más o menos 2.3V a más o menos 18V
3. Realimentación activa: El circuito se conecta al paciente mediante el electrodo de referencia (pierna derecha), el cual permite eliminar interferencia de modo común.
4. Registro: La señal amplificada podrá ser visualizada en un monitor a través del enlace con el programa proteus.
5. Sensores: los sensores a utilizar en este diseño del ECG son los de composición de Ag/AgCl (plata/cloruro de plata) por ser los más comunes, son reusables y se adaptan o dan un buen contacto eléctrico con la piel. Estos sensores cuentan con una impedancia de corriente alterna por debajo de 2 K Ω , un voltaje de desplazamiento de corriente directa menor de 100mv, recuperación de sobre carga de desfibrilación menor de 100mv, con un potencial residual de polarización menor de 1mv/s y la inestabilidad combinada de desplazamiento y ruidos internos no menor de 150mv.

Es por ello que para las derivaciones precordiales se usaran electrodos reusables; es decir no desechables de ventosa o tipo clip.

Los cables que se usaran para las extremidades, se unirán a los electrodos mediante banana (electrodos no desechables) o electrodo tipo clip.

Fase 3: Describir los parámetros de selección del principio de funcionamiento a utilizar en el diseño de simulación de un ECG.

Actividad 4: Comparación de principios de funcionamiento del ECG.

El corazón emite señales bioelectricas de muy baja intensidad de voltaje. Es por ello, que todos los equipos que utilizan en el área de la medicina o bien sea ciencia de la salud en su diseño cada uno tiene como elemento básico un amplificador de instrumentación, el cual realiza la función de amplificar señales de baja intensidad y así mejorar la señal de ruido.

Cabe destacar que se realizaron dos (2) consultas bibliográficas de trabajos de investigación realizadas sobre los diseños de los ECG, como lo es el sistema de adquisición y registros de las señales electrográficas (SARSE) y el sistema de transmisión de RF para un electrocardiógrafo móvil, diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas.

Después de consultar todos estos trabajos y conocer el funcionamiento que tiene cada uno de ellos, se realizó una comparación para así poder conocer que parámetros de los dispositivos nos servirán de apoyo para el diseño a realizar como también la selección de cada uno de ellos.

Es importante hacer referencia que el trabajo de tesis consultado del sistema de adquisición y registro de señales electrocardiográficas (SARSE), de los autores: Díaz E, Hernández P, Weber O (2007) usaron en su diseño una tarjeta de adquisición de datos(compuesta por el ECG y la interfaz de comunicación), la interfaz de usuario y la página web, también usaron el amplificador de instrumentación, filtros pasa bajos a una ($f_c = 100\text{hz}$), un sujetador y un resaltador de nivel ($AV = 2$), el interfaz(PIC18F4550), la PC, la base de datos y la interfaz gráfica del usuario.

Por su parte, el trabajo de diseño de un sistema de transmisión de RF por un electrocardiógrafo móvil por el autor Pineda Marcos (2010), el realiza un bloque analógico, el cual es representado por una señal senoidal, amplificador de instrumentación, el cual tiene como función amplificar el rechazo al modo común (CMRR) alto, mucho de ellos con ganancias variables; circuito eliminador de

offset el cual es utilizado para obtener la lectura de la actividad eléctrica del corazón, y es necesario el uso de electrodos, filtros pasa bajos, filtros muescas, un bloque de control, el cual requiere el uso de un micro controlador como es el PIC, el micro utilizado en este diseño fue el PIC16F84A, por su costo accesible, funcionalidad y señales de alarmas.

Y por último el trabajo de investigación consultado sobre el diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardiacas por el autor Vegas Guillermo(2012), en su diseño el utilizo los siguientes componente: electrodos, aislamiento eléctrico, amplificación bioelectrica, amplificadores de instrumentación utilizados INA128P, AD620AN, filtrados analógicos, filtros activos pasa bajos y pasa altos, calibración del equipo, digitalización de la señal, filtrado digital, HMI con GLCD, software de programación, grafica labview, tarjetas de adquisición de datos NI-USB6009.

Es importante señalar que luego de realizar la comparación y conocer las ventajas y desventajas que poseen los componentes de todos los diseños investigados esto servirá de ayuda en la selección de nuestro diseño a realizar.

Los requerimientos del diseño del ECG para aplicaciones educativas en la UPTFAG son los siguientes: lo primero que se presenta es el diagrama de bloque, para luego ir desglosando cada bloque, es por ello que un electrocardiógrafo en un acondicionador de señales y tendrá la siguiente estructura general:

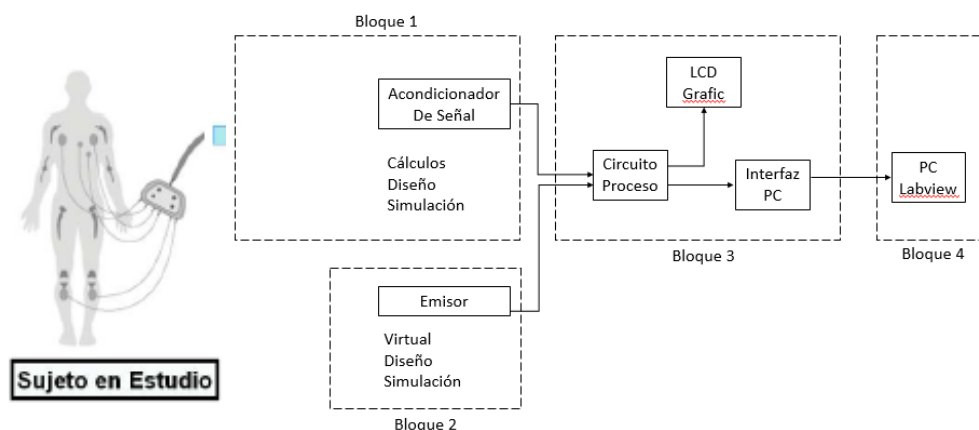


Figura 26. Diagrama de Bloque de Electrocardiograma. Fuente: Los Autores.
(2015)

En esta sección se definirá cada uno de los bloques y se mostrará el funcionamiento que cada uno de ellos tendrá en el diseño.

- Bloque número 1

Electrodos de derivación: La señal electrocardiográfica del paciente es tomada a través de electrodos, estos se conectarán de la siguiente manera: un electrodo en el brazo, un segundo electrodo en el brazo izquierdo y un último electrodo en el pie izquierdo. Los electrodos a utilizar serán de tipo superficial (reusables) por su facilidad de manejo y economía.

- Bloque número 2

Esta etapa está conformada por un emisor de tipo virtual, diseñado con el propósito de demostrar las variantes que puede presentar el corazón específicamente sus patologías, este bloque se encargará de presentar de forma adecuada el comportamiento que presenta dicho órgano tales como taquicardia, bradicardia, paro respiratorio, que son síntomas del corazón ante una enfermedad.

- Bloque número 3

Amplificador de instrumentación: Es un amplificador de diferencias que satisface las siguientes especificaciones:

- Posee una impedancia de entrada infinita.
- Impedancia de salida muy baja.
- Ganancia exacta y estable.
- Razón de rechazo extremadamente elevado.

En este trabajo de investigación se hará uso de los tipos de filtros dado que sus características son apropiadas para el diseño del ECG, estos filtros serán de tipo butterworth.

- Filtros pasa bajos: Es un filtro que tiene como función evitar la banda del trabajo del sistema.

- Filtros pasa altos: Su función es la de ser un filtro anti señal DC, excitando así la señal continua a la salida.
- Micro controlador: El microcontrolador PIC18F4550, tiene como función utilizar tecnologías de monopotencia así como también la integración del sistema, es decir, el permitir que la toma de muestra sea de gran precisión.
- Interfaz USB: La integración del diseño del sistema representara unir el bloque del hardware, compuesto por el ECG y la interfaz de comunicación.
- Pantalla LCD: Este permitirá visualizar la señal electrocardiográfica en la pantalla gráfica.
- PC: Su función es la de procesamiento de la señal, análisis, almacenamiento de datos, distribución, despliegue de datos y comunicación con diferentes equipos.

Actividad 5: Seleccionar el principio de funcionamiento del ECG

La señal generada por los impulsos del corazón será tomada a través de la colocación de los electrodos de plata/cloruro de plata, (Ag/AgCl), los cuales tienen buen contacto con la piel.

El electrodo está compuesto por plata Alemana (una aleación plata- níquel), antes de adherirlo al cuerpo, su superficie cóncava se cubre con una pasta electrolítica. La responsabilidad de los electrodos consiste en recoger la señal de la superficie cutánea.



Figura 27. Electrodo Cloruro de plata. Fuente: 3m company (2015).

Las especificaciones técnicas que poseen los electrodos de Ag/AgCl(Plata, Cloruro de plata) son las siguientes:

- Impedancia de corriente alterna por debajo de $2K\Omega$
- Voltaje de desplazamiento de corriente directa menor de 100mv.
- Recuperación de sobre carga de desfibrilación menor de 100mv, con una proporción de cambio de potencial residual de polarización menor de 1mv/s.
- Inestabilidad combinada de desplazamiento y ruido interno no mayor de 150mv.

Otro de los dispositivos a utilizar en el diseño del ECG, es el amplificador de instrumentación este posee una alta impedancia de entrada (acople de impedancia) y es el más apropiado para ser utilizado en lo que respecta a su ganancia.

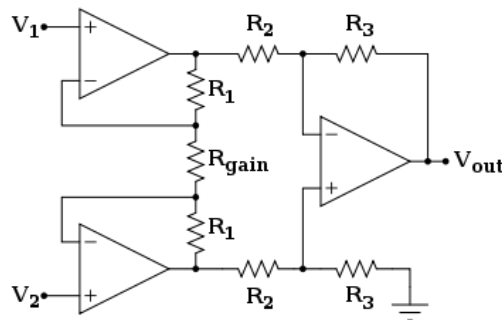


Figura 28. Amplificador de instrumentación. Fuente: Los Autores (2015).

El integrado a utilizar en este diseño será el integrado AD620. Ver especificaciones en la hoja de Anexo.



Figura 29. Integrado AD620. Fuente: www.china.com (2015)

Finalmente la ganancia de este integrado se rige a través de la siguiente ecuación:

$$G = \frac{1 + 49,9K\Omega}{RG}$$

Donde:

Sustituyendo se tiene:

$$495 = \frac{1 + 49,9K\Omega}{RG}$$

Despejando la Resistencia RG se tiene:

$$495 - 1 = \frac{49,9K\Omega}{RG}$$

Entonces:

$$RG = \frac{49,9K\Omega}{494} = 0.101K\Omega$$

El valor comercial recomendado para ser utilizado es el de $RG=100\Omega$.

Así mismo el filtro pasa alto a utilizar, es un filtro de segundo orden de tipo butterworth el cual tendrá como función filtrar una anti señal DC, el cual emite una señal continua a la salida final ya que la señal DC es 0HZ mientras que la F_c es de 6HZ.

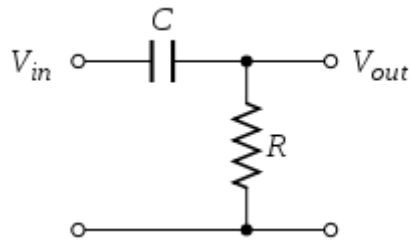


Figura 30. Circuito Filtro pasa alto. Fuente:

Donde:

$A=1$, la cual es la ganancia por existir tensiones que deben ser restituidas debido a BUFFER.

$F_c=6\text{Hz}$

$A=R_2/R_1$

$C=47\text{mf}$

Utilizando la ecuación de la F_c se tiene:

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R_1 * C}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se tiene:

$$6\text{ Hz} = \frac{1}{2 * \pi * R_1 * (4,7 * 10^{-6})}$$

Despejando de la ecuación a R_1 se tiene:

$$R_1 = \frac{1}{2 * \pi * 6\text{Hz} * (4,7 * 10^{-6})} = 564,37\ \Omega$$

Para conocer el valor de R_2 se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

Donde:

$A=1$, Ganancia Unitaria

Entonces:

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$1 = \frac{R_2}{R_1}$$

Despejando R_2

Se tiene:

$$R_2 = 1 * R_1$$

$$R_2 = 1 * 564,37\Omega$$

$$R_2 = 564,37\Omega$$

Otro de los filtros a utilizar en este diseño es el pasa bajo, el cual es un tipo de filtro butterworth, que tiene como función ser antialiasing, el cual tiene como propósito evitar la banda de trabajo del sistema, ya que este posee una señal relativamente de baja frecuencia, donde el factor de corte será de 120HZ.

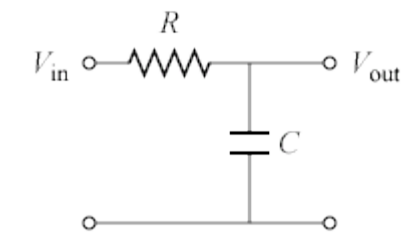


Figura 31. Circuito Filtro pasa bajo. Fuente: Los Autores (2015)

Donde:

$A=3$

$F_c=120\text{Hz}$

Utilizando la ecuación general se tiene>

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R_1 * C}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$120 \text{ Hz} = \frac{1}{2 * \pi * R_1 * (4,7 * 10^{-6})}$$

Despejando R1 se tiene:

$$R_1 = \frac{1}{2 * \pi * 120 \text{ Hz} * (4,7 * 10^{-6})} = 28,21 \Omega$$

Asumiendo la ganancia A=3 y utilizando la ecuación siguiente se tiene:

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

Donde:

$$3 = \frac{R_2}{R_1}$$

Despejando R2 se tiene:

$$R_2 = 3 * R_1$$

$$R_2 = 3 * 28,21 \Omega$$

$$R_2 = 84,63 \Omega$$

Cabe destacar que la unión del filtro pasa bajo y el filtro pasa alto da como resultado un filtro pasa banda.

Por otra parte el amplificador no inversor a utilizar en el diseño del ECG, se muestra en la siguiente figura.

Donde:

$A_V=50$, asumimos estén valor en esta etapa del circuito....

$$A_V = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

$R_2= 470\text{ K}\Omega$ (Valor sugerido)

Sustituyendo los valores en la formula se tiene:

$$A_V = \frac{470\text{K}\Omega}{R_1} + 1$$

Entonces:

$$50 = \frac{470\text{K}\Omega}{R_1} + 1$$

Despejando a R_1 se tiene:

$$50 - 1 = \frac{470\text{K}\Omega}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{470\text{K}\Omega}{49}$$

$$R_1 = 9.59\text{K}\Omega$$

$R_1=10\text{Kohmio}$

En este caso se utilizaran dos potenciómetros de 10Kohmio .

Así mismo el micro controlador a utilizar para este diseño del simulador ECG, será el PIC 18f4550 el cual proporciona muchas ventajas con respecto a otros PIC'S, una de las ventajas que posee este micro es el manejo del protocolo USB 2.0, arriba de la versión 1.1, y un ADC de 10bits, con el cual se toman con mayor precisión las muestras.

La programación del micro controlador PIC 18f4550 y el PIC 16F887, se realizara con la herramienta computacional MIKROC, el cual será relativamente sencillo, se empleara un convertidor A/D, recibirá voltajes de 0 a 15 voltios, esta

programación será simulada a través del programa Software Proteus Versión 8.3. Y finalmente la señal generada será mostrada en el programa software proteus a través de una pantalla.

Simulador PROTEUS para microcontroladores PIC

El entorno del diseño electrónico PROTEUS brinda la posibilidad de simular circuitos electrónicos, esto permite el diseño tanto a nivel hardware como software. Para ello se utilizan tres subentornos como son ISIS para el diseño gráfico, VSM (Virtual System Modeling, Modelado de Sistema Virtual).

ISIS es un programa especializado en el diseño electrónico que realiza esquemas para ser simulados en el entorno VSM o pasados en un circuito impreso en el entorno ARES, posee un entorno de trabajo formado por varias librerías de modelos tanto para dibujar y/o simular el circuito generando su respectiva placa. Además permite la creación de nuevos componentes, su modelización para su simulación e incluso, la posibilidad de solicitar un nuevo modelo.

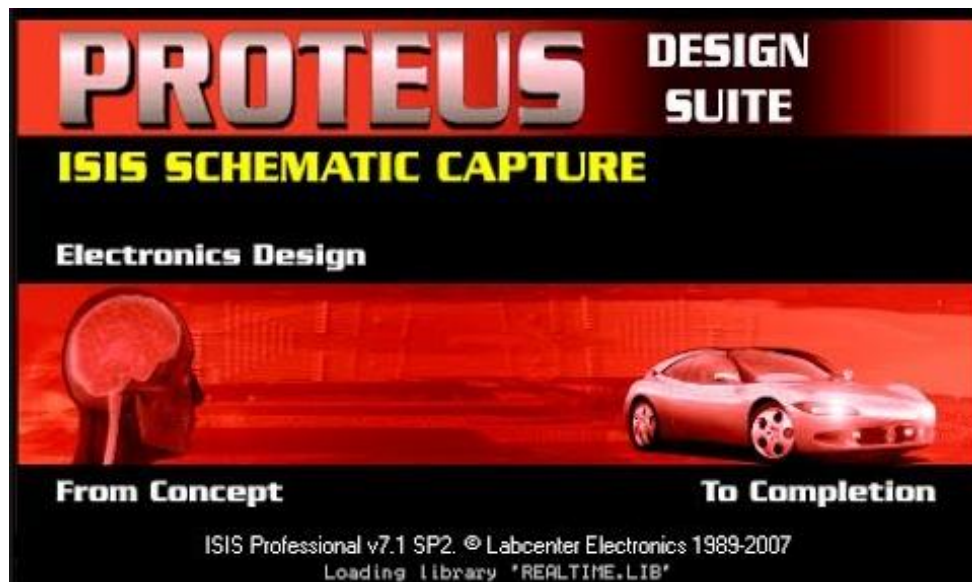


Figura 32. Programa de simulación Proteus. Fuente: Labcenter Electronics (2007)

En el caso de los microcontroladores existe una valiosa forma de simularlos, cargando en el microcontrolador el archivo de programa .HEX generado en la compilación en el programa MIKRO C. También es posible modificar parámetros del circuito como es la frecuencia de reloj (lo que nos evita el uso de cristales externos en la simulación), memorias de programa, la memoria de datos RAM o la EEPROM, los registros especiales y la pila.

Compilador MIKRO C

El Sistema Simulador está basado en la programación de un PIC, el cual se programa en un lenguaje de bajo nivel “ensamblador”. Debido a los avances tecnológicos, tanto a nivel software como a nivel hardware, se han desarrollado nuevas herramientas que facilitan el manejo de la electrónica en general, en este caso se seleccionó el lenguaje C como compilador y manejador de los PICs como principal herramienta.

Un programa en sentido informático está constituido por un conjunto de instrucciones que se ejecutan ordinariamente de modo secuencial, es decir, cada una a continuación de la anterior. Con objeto de disminuir los tiempos de ejecución de programas críticos, en la actualidad se puede encontrar programas que funcionan de forma paralela, es decir, programas que se pueden ejecutar simultáneamente en varios procesadores. Este tipo de programación es mucho más complicada que la secuencial y no se hace referencia, pues está enfocada únicamente al modo secuencial.

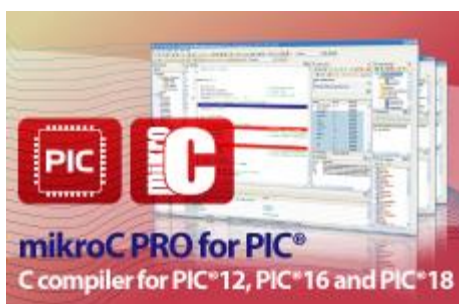


Figura 33. Programa de simulación Proteus. Fuente: Labcenter Electronics
(2007)

Fase# 4: Propuesta del diseño de simulación de un ECG para aplicaciones educativas.

Actividad# 6.Desarrollo del diagrama de simulación del ECG.

De acuerdo al proceso investigativo estudiando los biopotenciales originados por el corazón, se encontró con la inquietud de no poseer una tarjeta electrónica para poder sensor las señales del paciente. Por tal motivo se diseñó por medio de un software un instrumento virtual, es decir que por medio de ella se pueda enviar o emitir distintas señales cardiacas que representan las patologías de un paciente como lo son: condición normal, taquicardia, bradicardia y paro cardiaco entre otros.

Estas señales serán registradas y enviadas al circuito acondicionador que se encargara de enviarlas al circuito de procesamiento de la señal emulada originalmente por el bloque número 02. Esta señal llegará al circuito acondicionador de señal que compone el bloque número 03 dentro del circuito de proceso. Dicho circuito está compuesto por cuatro (04) etapas las cuales se conforman de la siguiente manera: amplificación, filtrados comprendido en dos partes paso alto y paso bajo y amplificación de la señal estudiada.

En la primera (01) etapa del circuito acondicionador de señales se tiene un amplificador de instrumentación específicamente AD620, ya que con su alta impedancia de entrada y gran ganancia regulable es idóneo para estudiar y amplificar señales de tipo bioelectrico, ya que debido a sus características amplificará y acondicionará las señales correspondientes a la segunda y tercera etapa que están conformadas por un filtro paso alto y paso bajo; ambos se encargarán de eliminar aspectos en la señal que la alteren como son la respiración y la presión arterial, como también de señales espureas. Lo antes mencionado son factores que se superponen a la señal estudiada, ambos filtros son de primer orden que trabajan para purificar la señal y presentarla lo más preciso posible.

Como cuarta (04) etapa y última etapa dentro del circuito acondicionador de señales se tiene un amplificador no inversor con ganancia variable, este posee una resistencia que puede ser ajustada para aumentar o disminuir su nivel de

ganancia, así el microcontrolador podrá manejar la información de la señal de forma eficaz para luego ser representada en una pantalla LCD gráfica; por tal motivo es una de las etapas más importantes del circuito acondicionador de señales bioeléctricas para ser monitoreadas.

Actividad# 7. Simulación del diseño del electrocardiógrafo para aplicaciones educativas en el P.N.F.I.y.C del U.P.T.A.G mediante herramientas computacionales.

Descripción general

El siguiente capítulo se encarga de detallar todos los elementos que conforman las etapas correspondientes al Sistema Simulador, tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 34, para poder obtener un electrocardiograma (ECG) patrón que tenga todas las características de uno real:

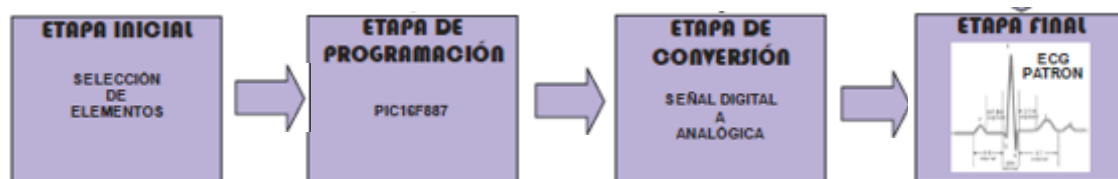


Figura 34. Diagrama de bloque del simulador ECG. Fuente los Autores (2016)

El Sistema Simulador se conforma de los siguientes elementos:

- Microcontrolador PIC16F887
- Convertidor digital – analógico DAC0800L
- Amplificadores operacionales
- Microcontrolador PIC 4550
- Max232
- Pantalla LCD

- Conector Rs232
- Resistencias (o resistores)
- Capacitores
- Led
- Buzzer
- Software, compilador Mikro C
- Software, simulador ISIS de PROTEUS

Existen varios tipos de elementos plasmados en la lista anterior, los electrónicos, los de software, el hardware y otros que fueron empleados para la programación del microcontrolador, el diseño y la simulación de todo el Sistema

Etapas inicial del sistema

Ya con todos los elementos seleccionados anteriormente, resulta primordial conocer las bases para el manejo de los programas que se utilizaron. Una característica que comparten dichos programas es que pertenecen a una versión estudiantil y para los fines del Sistema Simulador resultan suficientes.

A continuación se describe la primera parte de la figura 35, que corresponde a la Etapa inicial, mostrando los argumentos para la selección de los elementos que conforman al Sistema Simulador. Todos los elementos electrónicos (resistencias, capacitores y amplificadores operacionales), que se utilizaron en el diseño, fueron seleccionados en base a la Hoja de datos del PIC16F887, el DAC0800, tal y como se hace referencia más adelante en su hoja de datos correspondiente, donde se indican Typical applications (aplicaciones típicas) que recomiendan los fabricantes.


```

TRISB=0; //El puerto B es salida
PORTB=0;
TRISD=0; //Puerto D será salida
PORTD=0;
while(1) //Ciclo infinito
{
    Decide:
    PORTB=8;
    PORTD=0;
    (PORTA='00000001')
//ECGNormal


---


if(PORTA.RA0 == 1){ //Si está accionado el bit 0 del puerto A
for (i=0;i<299;i++)
{
    PORTB=vec[i];
    Delay_us(2700); //Retardo entre punto y punto de la señal
    if (i==255) {
        PORTB=vec[1];
        Delay_ms(50); //Retardo para dejar pasar tiempo entre complejo y complejo
        goto Decide //vuelve a preguntar ¿Qué botón está activado?
    }
}
}
else

//Bradycardia


---


if(PORTA.RA1 == 1){ //Si está accionado el bit 1 del puerto A
(PORTA='00000010')
for (i=0;i<299;i++)
{
    PORTB=vec[i];
    Delay_us(2700);
    if (i==255) {
        PORTB=vec[1];
        Delay_ms(1200); //Aquí el retardo será de 1.2s por que es bradycardia
        goto Decide //vuelve a preguntar ¿Qué botón está activado?
    }
}
}
else

//Taquicardia


---


if(PORTA.RA2 == 1){ //Si está accionado el bit 1 del puerto A
(PORTA='00000010')
for (i=30;i<280;i++) //Se toman menos valores de la señal para que esté
menos extendida
{
    PORTB=vec[i];
    Delay_us(2700);

```

```

        if (i==255) {
            PORTB=vec[1];
            Delay_ms(1); //El retardo es prácticamente nada entre complejo y
complejo
            goto Decide
        }
    }
    }
    else

//Paro cardiaco
//Se envía sólo una línea por el puerto B y la alarma será un LED conectado al
puerto D en el bit 0
    while(PORTA.RA3 == 1){
        PORTB=8;
        PORTD=1;
    }
    goto Decide
}
}

```

Señal Patron

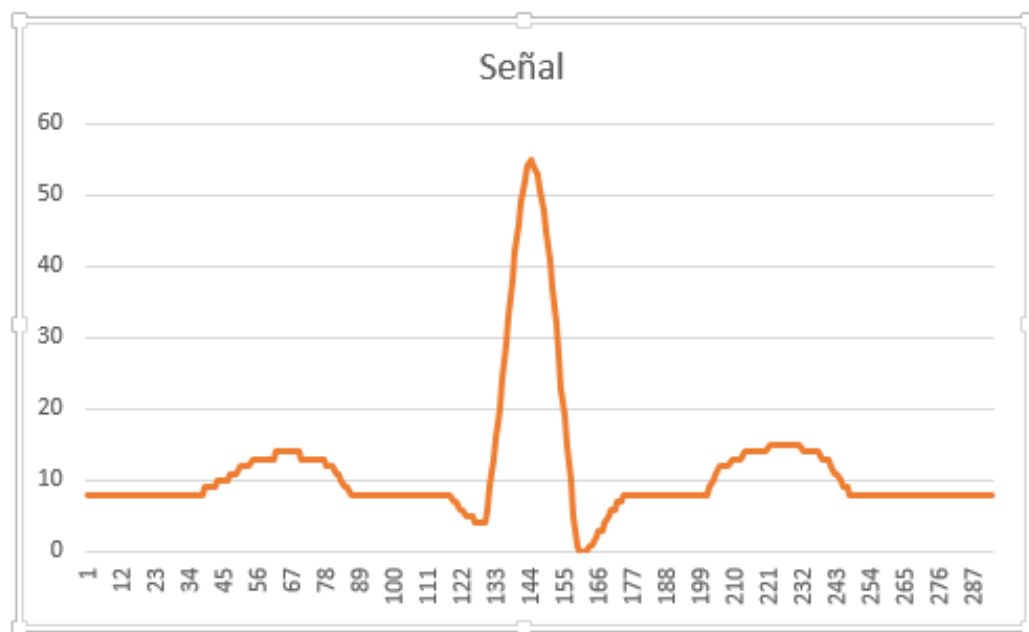


Gráfico 11. Señal patrón ECG del Vector. Fuente: Los Autores (2016)

El gráfico número 11; muestra la señal patrón del vector, el cual será utilizado para comparar las señales obtenidas en el simulador de ECG con aplicaciones educativas dando como resultado las condiciones de bradicardia, taquicardia y paro respiratorio.

Tabla 13. Patologías de las Señales generadas del corazón de con respecto al tiempo

	FC	Tiempo(seg)	Tiempo mseg
TAQUICARDIA	160	0,38	380
	140	0,42	420
	120	0,5	500
NORMAL	100	0,6	600
	75	0,8	800
	60	1	1000
BRADICARDIA	50	1,2	1200
	43	1,4	1400
	37	1,62	1620
	33	1,82	1820
	30	2	2000

Fuente: Los Autores (2016)

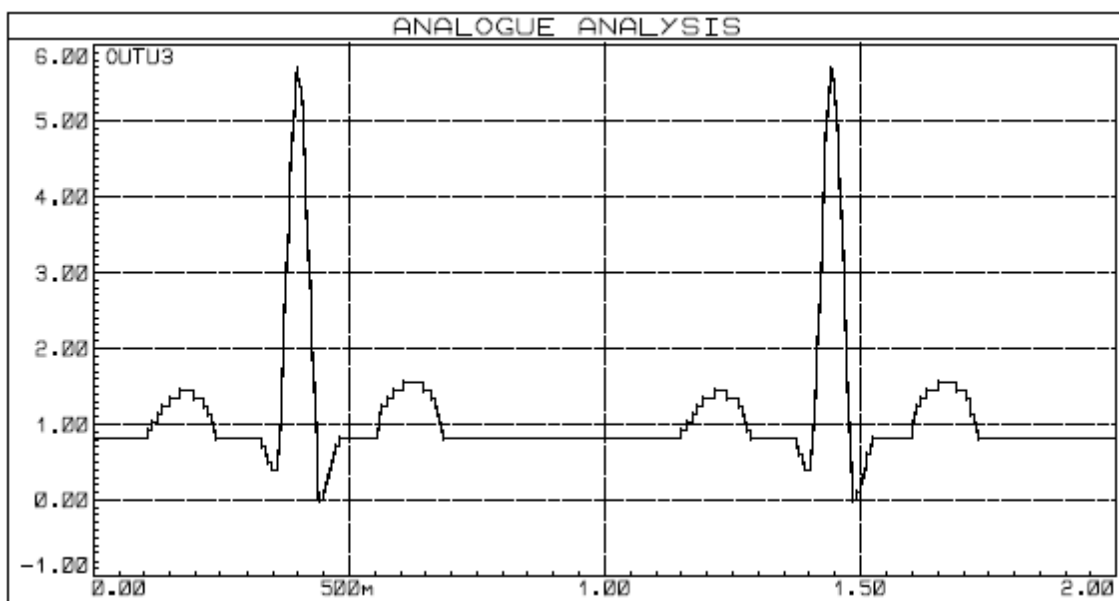


Grafico 12. Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardíaca de 60 L.P.M. Fuente: Los Autores (2016)

El siguiente grafico nos muestra la señal de salida del simulador con respecto a una frecuencia cardíaca de 60 el cual da como resultado la condición normal del paciente.

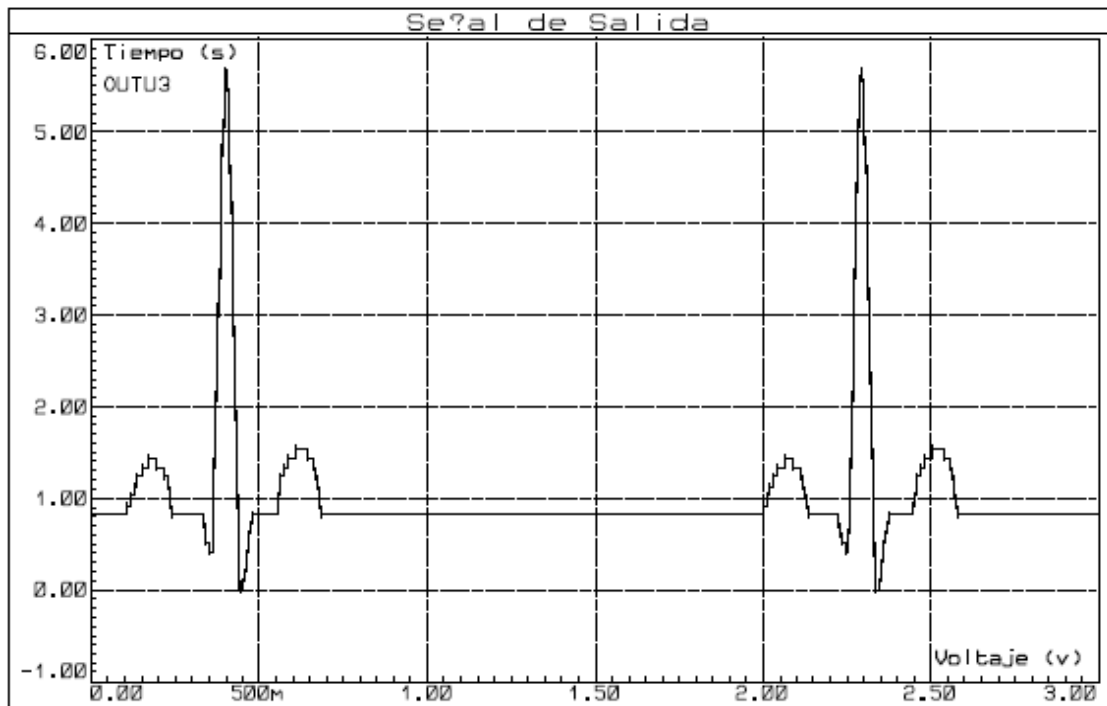


Gráfico 13. Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardiaca de 120 L.P.M. Fuente: Los Autores (2016)

El gráfico 13, corresponde a la señal de salida con una frecuencia cardíaca de 120 dando como resultado la condición de taquicardia en el paciente.

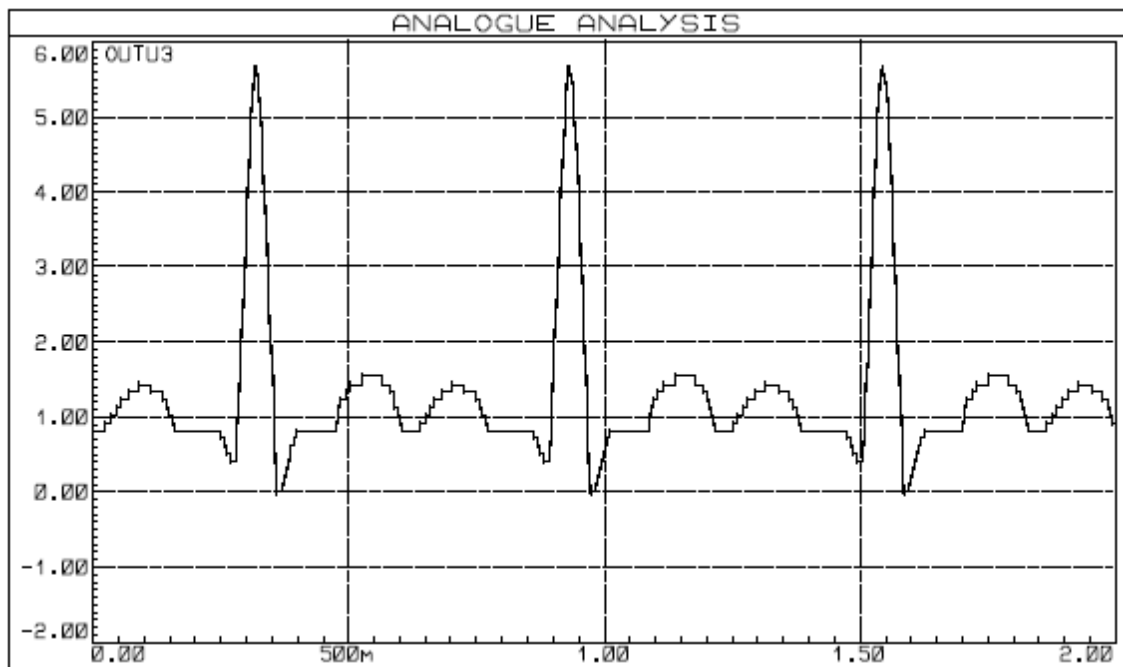


Gráfico 14. Señal de salida del simulador a una Frecuencia cardiaca de 20 L.P.M. Fuente: Los Autores (2016)

El gráfico 14, muestra la señal de salida a una frecuencia de 20 el cual da como resultado la condición de bradicardia en el paciente.

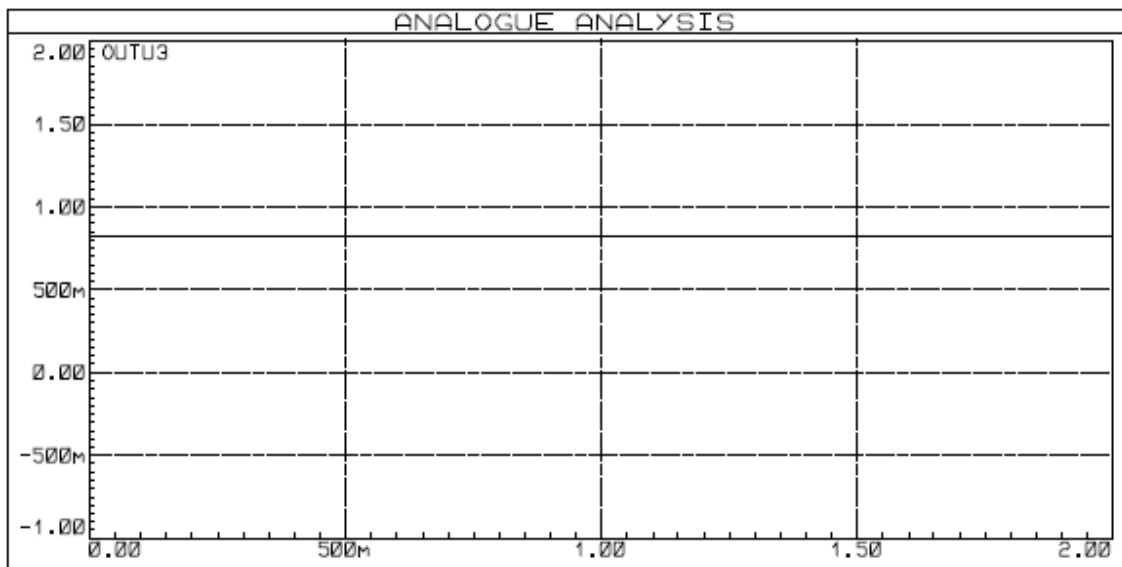


Grafico 15. Señal de salida del simulador en respuesta a un paro cardiaco.
Fuente: Los Autores (2016)

El grafico 15, muestra la señal de salida la cual da como resultado la condición de un paciente con paro respiratorio.

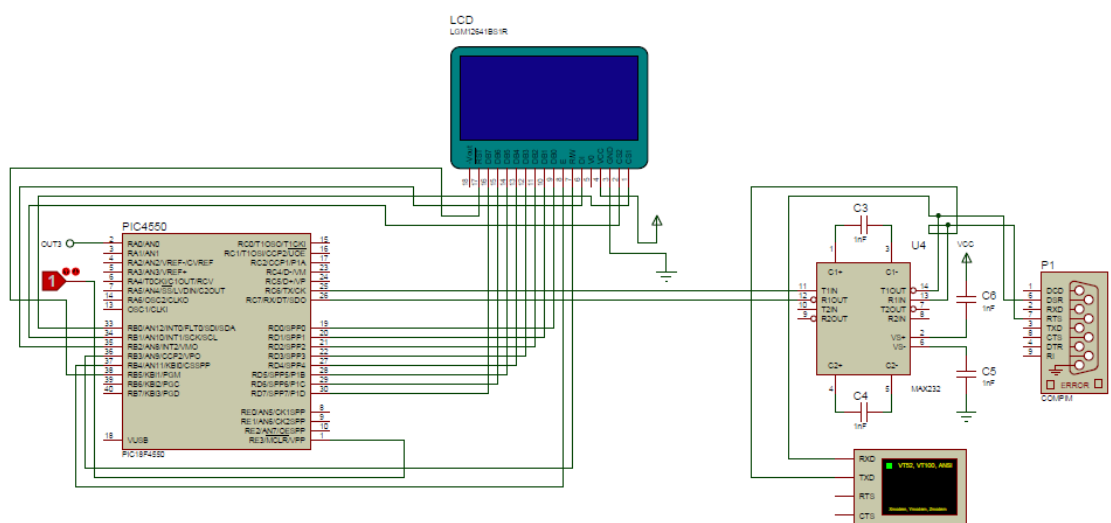
Etapas de conversión de las señales digitales a analógicas.

Para la Etapa de conversión, se implementó un pequeño circuito conversor digital - analógico, basado en el uso del convertidor DAC0808, el cual posee 8 entradas con lo que se obtiene 256 (2⁸) diferentes niveles de corriente. Las entradas digitales del convertidor reciben la información por parte del microcontrolador que varían entre +5 y 0 volts.



Figura 36. Convertidor Digital Analógico DAC0808. Fuente: Cortes, F y
González, N (2012)

Para el caso del Sistema Simulador, el DAC fue utilizado para reconstruir la señal del ECG. La señal de salida del DAC0808 depende directamente del voltaje de referencia (V_{ref}), por lo cual se colocó un potenciómetro para obtener un voltaje de 1 V a la salida, con el fin de establecer la amplitud deseada en la Etapa final.





Reflexiones e implicaciones

Reflexiones:

La forma en que el Sistema Simulador se llevó a cabo se describe en los siguientes puntos:

- ✓ Se obtuvo un ECG simulado de una persona común, es decir, con una frecuencia cardíaca de 60 pulsos por minuto.
- ✓ Se digitalizó el ECG simulado por medio de un muestreo considerando dos variables involucradas en cualquier ECG, el voltaje y el tiempo.
- ✓ Se introdujeron los datos obtenidos por el muestreo al microcontrolador, que a su vez digitalizó esos datos.
- ✓ Los datos digitales son convertidos a analógicos para que sean vistos en un osciloscopio para comprobarlo y ver una señal eléctrica similar a un ECG real, donde se podrá apreciar, en esa señal principal, la variación de voltaje en función del tiempo.
- ✓ Se utilizó un arreglo de resistencias para la señal principal, donde el ECG patrón se pueda descomponer en las señales que proporciona un electrocardiógrafo, dichas señales son conocidas como derivaciones.
- ✓ El ECG patrón, que proporciona el Sistema Simulador, puede ser verificado por medio de una simulación, donde todos los elementos están incluidos.
- ✓ Se utilizó el programa proteus 8.3 para el diseño del simulador ECG, con aplicaciones educativas, así como también el estudio de las condiciones en las cuales este simulador generará.

Implicaciones:

- ✓ Manejo de uso de los software proteus y la lawbieus.
- ✓ Factor tiempo para la realización del diseño real del ECG.
- ✓ Factor economía ya que no se cuenta con la disponibilidad del dinero para la adquisición de los dispositivos para la realización del diseño de manera física y real.
- ✓ Personal no capacitado en la Universidad para impartir las clases prácticas en la Unidad Curricular Instrumentación Médica.
- ✓ Déficit de equipos en los laboratorios para la realización de las diferentes prácticas en la U.C de instrumentación médica.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, N (s.d). El Método de Investigación Acción Crítica Reflexiva. Documento electrónico.
- Bausela (2002). La docencia a través de la investigación acción. Revista Iberoamericana de Educación.
- M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina², M.I. Guillermo Hermida Saba .
- Bisquerra Alzina, R. (2009). Metodología de la investigación educativa. En A. M.S.I. José Hernández Silva⁴ y M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. Y Baptista Lucio, P.: Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. México. 2000. Segunda Edición.
- LATORRE BELTRAN, *La investigación acción* (370-394). Madrid: La Muralla.
- Martínez Miguelez, M. (2000). La investigación acción en el aula. *Agenda académica*, 7(1), pp. 27-39.
- G. Rodríguez Gómez, J. Gil Flores, E. García Jiménez (1996): Metodología de la investigación cualitativa, Ediciones Aljibe, Archidona, Málaga.
- Sánchez, J. Dormido, S. y Morilla, F. "Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática," XXI Jornadas de Automática, Conferencia plenaria, Sevilla, 2000.

CONSULTAS ELECTRÓNICAS

<http://www.fisica.unam.mx/psantiago>,

<http://www.cudi.mx/laboratorios/index.php>

<http://www.importancia.org/robotica.php#ixzz3ONLau4bd>

<http://www.monografias.com/trabajos31/robotica/robotica.shtml#ixzz3ONKgQd2U>

http://espacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:783&dsID=n2000_LVR_JA00.

<http://www.slideshare.net/Shegalindez/gua-para-la-elaboracin-de-proyectos-factibles>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>

ANEXOS

