



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA BENEFICIO DE HOSPITALES PÚBLICOS DE GUATEMALA

Rodrigo Alejandro Hernández Úbeda

Asesorado por la Inga. Ingrid Salome Rodríguez de Lokouta

Guatemala, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA
BENEFICIO DE HOSPITALES PÚBLICOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RODRIGO ALEJANDRO HERNÁNDEZ ÚBEDA

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOME RODRIGUEZ DE LOKOUTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

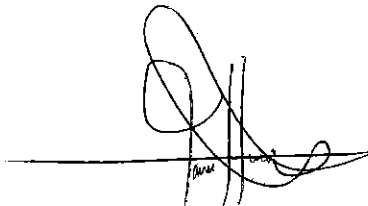
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADORA	Inga. José Antonio de León Escobar
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA BENEFICIO DE HOSPITALES PUBLICOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha de 2018.



A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'R' followed by a series of loops and a horizontal line extending to the right. The signature is positioned above a solid horizontal line.

Rodrigo Alejandro Hernández Úbeda

Guatemala 13 de febrero de 2018

Ingeniero
Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

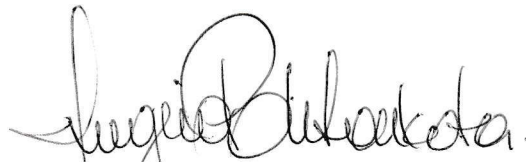
Apreciable Ingeniero Solares.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Diseño multiparamétrico de signos vitales para beneficio de hospitales públicos de Guatemala**", del señor **Rodrigo Alejandro Hernández Úbeda**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 5 de abril de 2018

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA BENEFICIO DE HOSPITALES PÚBLICOS DE GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante **Rodrigo Alejandro Hernández Úbeda**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 25.2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: **RODRIGO ALEJANDRO HERNÁNDEZ ÚBEDA** titulado: **DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA BENEFICIO DE HOSPITALES PÚBLICOS DE GUATEMALA**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andriño González

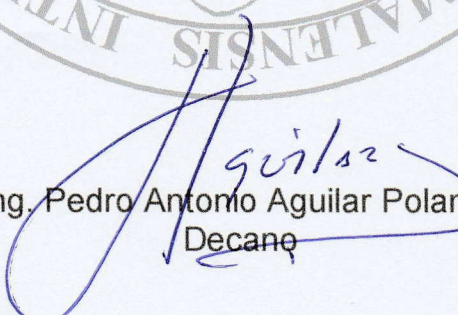


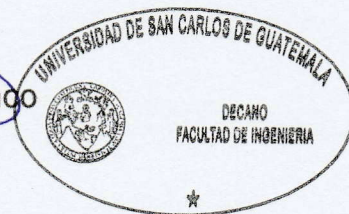
GUATEMALA, 24 DE ABRIL 2018.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO MULTIPARAMÉTRICO DE SIGNOS VITALES PARA BENEFICIO DE HOSPITALES PÚBLICOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Rodrigo Alejandro Hernández Úbeda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2018

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por acompañarme en todo el trayecto
Mi padre	José Leonel Hernández García por creer en mí y apoyarme en mi carrera.
Mi madre	Dora Patricia Úbeda Herrera, por ser mi ejemplo, mi todo y amarme incondicionalmente.
Mi abuelita	“Guichita” por ser ese ángel guardián que me guía en todo momento.
Mi novia	Alejandra Díaz, por amarme, apoyarme darme ánimos y ser mi fuerza cuando ya no podía.
Mis hermanos	Andrea, Leonel y Diego por saber que iba a cumplir mis metas y nunca dejar de creer en mí.
Mi familia	Por ser lo mejor que Dios pudo darme.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser madre de mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	En reconocimiento a todo el apoyo brindado a través de mis estudios.
Mis amigos de proyecto	Mónica Marroquín y Alejandro González, por todas las experiencias que compartimos a lo largo de la carrera.
Mis amigos	Por esos momentos de felicidad en toda la carrera.
Inga. Ingrid Lokouta	Por su amistad y apoyo en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXVII
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN	XXXI
1. EL CUERPO HUMANO.....	1
1.1. Conceptos generales.....	1
1.1.1. Nivel atómico y molecular:.....	2
1.1.2. Nivel celular:	3
1.1.3. Nivel anatómico:	4
1.1.4. Nivel de cuerpo integro:.....	5
1.2. Sistemas y aparatos del cuerpo humano:.....	5
1.2.1. Aparato cardiovascular:	6
1.2.2. Aparato digestivo:	6
1.2.3. Aparato excretor o urinario:	6
1.2.4. Aparato locomotor:	7
1.2.5. Aparato reproductor:.....	7
1.2.6. Aparato respiratorio:	7
1.2.7. Sistema articular:	8
1.2.8. Sistema circulatorio:	8
1.2.9. Sistema endocrino:	8
1.2.10. Sistema esquelético:.....	8
1.2.11. Sistema inmunitario:	9

1.2.12.	Sistema linfático:	9
1.2.13.	Sistema muscular:.....	9
1.2.14.	Sistema nervioso:.....	9
1.2.15.	Sistema integumentario:.....	10
1.3.	Sistema circulatorio y su funcionamiento	10
1.3.1.	La sangre:	12
1.3.2.	Glóbulos rojos:	12
1.3.3.	Glóbulos blancos:.....	13
1.3.4.	Plaquetas	14
1.3.5.	El corazón	15
1.3.6.	Vasos sanguíneos.....	17
1.3.6.1.	Las venas:.....	17
1.3.6.2.	Las arterias:.....	18
1.3.6.3.	Los capilares:	18
1.4.	Aparato respiratorio y su funcionamiento	19
1.4.1.	Fosas nasales:	20
1.4.2.	Faringe:	20
1.4.3.	Laringe:	20
1.4.4.	Tráquea:.....	20
1.4.5.	Bronquios:	21
1.4.6.	Bronquiolos y bronquiolitos:	21
1.4.7.	Pulmones:	21
2.	SIGNOS VITALES Y SUS FORMAS DE MEDIR.....	23
2.1.	Concepto de signos vitales	23
2.2.	Parámetros más importantes para la salud.....	23
2.2.1.	Temperatura corporal:.....	24
2.2.1.1.	Factores que afectan la temperatura corporal:	24

	2.2.1.2.	Edad:	24
	2.2.1.3.	Hora del día:	25
	2.2.1.4.	Actividad física:.....	25
	2.2.1.5.	Enfermedades:	25
	2.2.2.	Pulso:.....	25
	2.2.2.1.	Frecuencia cardiaca (ritmo cardiaco):..	26
	2.2.3.	Presión arterial:.....	27
	2.2.4.	Mediciones estándar en los distintos parámetros de la salud en función de la edad:	29
2.3.		Métodos y procedimientos para la medición de los signos vitales	31
	2.3.1.	Métodos y procedimientos para la medición de la Temperatura:	31
		En la boca:.....	31
		En el recto: 31	
	2.3.2.	Métodos y procedimientos para la medición de la frecuencia cardiaca:.....	32
	2.3.3.	Métodos y procedimientos para la medición de la presión arterial:	33
	2.3.3.1.	Medición auscultatoria:	34
		2.3.3.1.1. Los 5 sonidos de Korotkoff:	34
	2.3.3.2.	Medición Oscilométrica:	35
2.4.		Aparatos existentes para la medición de los signos vitales	37
	2.4.1.	Aparatos más comunes para la medición de la temperatura	37
	2.4.1.1.	Termómetro de vidrio de mercurio:.....	37
	2.4.1.2.	Termómetro Digital:	38
	2.4.1.3.	Termómetro de tira plástica:	38

2.4.2.	Aparatos más comunes para la medición del ritmo cardíaco.....	39
2.4.2.1.	Estetoscopio:.....	39
2.4.2.2.	Modo Campana (baja frecuencia):	39
2.4.2.3.	Modo Diafragma (alta frecuencia):	40
2.4.2.4.	Baumanómetro digital:	41
2.4.2.5.	Pulsómetro de muñeca:.....	41
2.4.3.	Aparatos más comunes para la medición de la presión sanguínea.....	42
2.4.3.1.	Aparatos para la medición auscultatoria	42
2.4.3.2.	Esfigmomanómetro de mercurio:	42
2.4.3.3.	Aparatos para la medición oscilométrica	45
2.4.3.4.	Tensiómetro Automático:.....	45
2.4.3.5.	Tensiómetro Semi-automático:.....	46
3.	TOMA DE SIGNOS VITALES EN LA REALIDAD ECONÓMICA GUATEMALTECA.....	47
3.1.	Economía de la población guatemalteca con escasos recursos	47
3.2.	Salud de la población guatemalteca con escasos recursos	51
3.2.1.	Servicio y financiamiento de la Salud.....	51
3.2.2.	Amenaza de las enfermedades crónicas	55
3.3.	Tasa de Personas con problemas cardíacos y respiratorios en Guatemala.....	57

4.	DESCRIPCION DE LAS ETAPAS DEL SISTEMA	61
4.1.	Diagrama de bloques del diseño	61
4.2.	Descripción, funcionamiento y datos técnicos de los componentes para cada etapa en la construcción del aparato	62
4.2.1.	Etapa de medición:	62
4.2.1.1.	Pulsómetro:.....	62
4.2.1.2.	Brazalete:.....	68
4.2.1.3.	Micro Bomba (Mini compresor):.....	69
4.2.1.4.	Electroválvula:	76
4.2.1.5.	Electroválvula sencilla:	77
4.2.1.6.	Electroválvula asistida:	77
4.2.1.7.	Electroválvula de tres vías	77
4.2.1.8.	Medición de temperatura:	79
4.2.2.	Etapa de Sensores recolectores de datos:	80
4.2.2.1.	Sensor de presión:.....	81
4.2.2.2.	Sensor de temperatura:	82
4.2.3.	Etapa de amplificación y filtrado de señales	84
4.2.3.1.	Filtro pasa bajas	86
4.2.3.2.	Filtro pasa alto	86
4.2.3.3.	Filtro pasa banda	87
4.2.3.4.	Filtro pasa rechaza banda	88
4.2.3.5.	Amplificadores Operacionales	90
4.2.4.	Etapa digital	92
4.2.5.	Etapa de visualización:	94
4.2.5.1.	Pantalla LCD:.....	95
4.2.5.2.	Alimentación	96
4.2.5.3.	Regulador de voltaje	97

5.	DISEÑO DEL SISTEMA MULTIPARAMETRICO.....	98
5.1.	Descripción general del capítulo	98
5.2.	Descripción electrónica del sistema	98
5.2.1.	Descripción electrónica parámetro del ritmo cardíaco.....	98
5.2.1.1.	Recolector de datos	98
5.2.1.2.	Amplificador y filtro pasa altos.....	100
5.2.1.3.	Filtro pasa bajas	103
5.2.1.4.	Divisor de voltaje atenuador	106
5.2.2.	Descripción electrónica parámetro de presión arterial	108
5.2.2.1.	Sensor de presión MPX5050DP.....	108
5.2.2.2.	Inflado y desinflado del brazalete	112
5.2.2.3.	Micro Bomba	112
5.2.2.4.	Electroválvula	113
5.2.3.	Descripción electrónica parámetro de temperatura.....	115
5.2.3.1.	Sensor de temperatura LM35.....	115
5.2.4.	Descripción electrónica etapa digital	117
5.2.4.1.	(Microcontrolador)	117
5.2.4.2.	Lógica de programación del microcontrolador MSP430G2533	117
5.2.4.3.	Software de programación para el microcontrolador.....	119
5.2.4.4.	Descripción electrónica etapa visualización	121
5.2.4.5.	LCD16X2.....	121
5.2.5.	Descripción electrónica etapa alimentación	127
5.2.5.1.	Alimentación.....	127

5.3. Presupuesto del proyecto	128
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Elementos químicos presentes en el cuerpo humano.....	2
2.	Célula eucariota.....	3
3.	Tipos de tejido.....	4
4.	Aparato cardiovascular.....	11
5.	Glóbulos Rojos.....	13
6.	Glóbulos blancos.....	14
7.	Plaqueta.....	15
8.	El corazón.....	17
9.	Venas, arterias y capilares.....	18
10.	Aparato respiratorio.....	22
11.	Presión sistólica y diastólica.....	28
12.	Presión media.....	28
13.	Sonidos de Korotkkoff.....	35
14.	Medición Oscilométrica.....	36
15.	Termómetro de vidrio.....	37
16.	Termómetro digital.....	38
17.	Termómetro de tira.....	38
18.	Estetoscopio.....	40
19.	Baumanómetro Digital.....	41
20.	Pulsómetro de muñeca.....	42
21.	Esfigmomanómetro de muñeca.....	44
22.	Esfigmomanómetro manual clásico.....	44
23.	Tensiómetro Automático.....	45
24.	Tensiómetro Semi-automático.....	46
25.	Situación de pobreza nivel de país y por área de residencia.....	48

26.	Tasa de analfabetismo y alfabetismo, en mayores de 15 años.	49
27.	Índice de desarrollo departamental.....	50
28.	Razón de médicos por 10 000 habitantes.....	52
29.	Relación de mortalidad enfermedades no transmisibles/enfermedades	56
30.	Distribución geográfica de mortalidad por enfermedades	58
31.	Diagrama de bloques del diseño	61
32.	IRB383.....	63
33.	Fotodiodo de silicio.....	67
34.	Emisor - receptor.....	67
35.	Brazalete.....	68
36.	Realización de micro bomba paso 1	70
37.	Realización de micro bomba paso 2	71
38.	Realización de micro bomba paso 3	71
39.	Realización de micro bomba paso 4	72
40.	Realización de micro bomba paso 5	72
41.	Realización de micro bomba paso 6	73
42.	Realización de micro bomba paso 7	74
43.	Realización de microbomba paso 8	74
44.	Realización de microbomba paso 9	75
45.	Realización de microbomba paso 9	75
46.	Realización de microbomba paso 10	76
47.	Electroválvula.....	78
48.	Termocupla.....	80
49.	MPX5050DP	82
50.	LM35	84
51.	Filtro pasivo.....	85
52.	Filtro Activo.....	85
53.	Grafica filtro pasa bajas	86
54.	Grafica filtro pasa altos	87

55.	Grafica filtro pasa banda	88
56.	Grafica filtro rechaza banda	89
57.	Amplificador operacional	91
58.	Microcontrolador MSP430G2553	94
59.	Modulo LCD.....	96
60.	Regulador de voltaje LM7805	97
61.	Circuito recolector de datos.....	99
62.	Pinza recolectora de datos.....	99
63.	Circuito amplificación y filtro pasa altas.....	101
64.	Filtro pasa bajas.....	103
65.	Circuito atenuador.....	106
66.	Circuito Amplificador, pasa banda y atenuador.....	107
67.	Configuración básica sensor de presión	109
68.	Configuración sensor de presión.....	109
69.	Grafica de voltaje (V) vs presión diferencial (KPa).....	110
70.	Grafica de presión diferencial (mmhg) vs Voltaje (V)	111
71.	Configuración micro bomba	113
72.	Configuración electroválvula	114
73.	Grafica de voltaje (V) vs temperatura (°C)	116
74.	Diagrama de flujo lógica de programación	118
75.	Software descarga energía	120
76.	Pantalla de programación energía	120
77.	Configuración contraste LCD	123
78.	Configuración de LCD a MSP430G2533.....	126
79.	Configuración alimentación	127
80.	Banco de carga.....	128

TABLAS

I. Medición estándar en la temperatura	29
II. Medición estándar en la frecuencia cardiaca	29
III. Medición estándar en la presión arterial.....	30
IV. Medición estándar en la frecuencia respiratoria	30
V. Datos generales IR383.....	64
VI. Datos específicos IR383.....	65
VII. Longitudes de onda.....	66
VIII. Termocuplas.....	79
IX. Características sensor de presión	81
X. Tipos de amplificadores operacionales	92
XI. Función de los pines.	108
XII. Función de los pines..	115
XIII. Función de los pines LCD	122
XIV. Condiciones pin 4.....	124
XV. Condiciones pin 5.....	124
XVI. Condiciones pin 6.....	125
XVII. Condición de las banderas.....	125
XVIII. Presupuesto del proyecto	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
B	Byte
BPM	Pulsos por minuto
C	Centígrados
C	Centímetros
DC	Corriente directa
F	Faradios
F	Fahrenheit
°	Grados
Hz	Hertz
h	Hora
K	Kilo (1×10^3)
K	Kelvin
M	Metro
m	Mili (1×10^{-3})
μ	Micro (1×10^{-6})
MmHg	Milímetro de Mercurio
n	Nano (1×10^{-9})
Ω	Ohms
P	Picos (1×10^{-12})
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Q	Quetzales
T	Temperatura

Torr	Unidad de presión
V	Voltios
VAC	Voltamperio corriente
W	Watt

GLOSARIO

Adiposo	Tejido el cual su función principal es el almacenaje de grasas y la protección mecánica de los órganos; también actúa como aislante térmico.
Algoritmo	Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.
Amplificador	Aparato o dispositivo para aumentar la amplitud o la intensidad de un fenómeno físico, en especial el que amplifica la intensidad de una corriente eléctrica que llega hasta él.
Anatómico	Que está construido para que se adapte o se ajuste a la forma de cuerpo humano o alguna de sus partes.
Atenuar	En electrónica un dispositivo que, dada una magnitud eléctrica, la disminuye por un factor constante.
Bicúspide	Dícese de la estructura u órgano que posee dos puntas o cúspides, como la válvula mitral del corazón o los premolares.

Bits	Es la información mínima de información empleada en informática, en cualquier dispositivo digital, o en la teoría de la información con valores de 0 ó 1.
Bobina	Componente de un circuito eléctrico formado por un hilo conductor aislado y enrollado, en forma variable según su uso.
Bomba	Máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro.
Capacitancia	Es una medida de cantidad de energía eléctrica o la capacidad para almacenar carga y energía en forma de potencial eléctrico La unidad de capacitancia en el SI es el faradio (F).
Cardiovascular	El concepto puede utilizarse con lo relacionado al de aparato circulatorio.
Carga	La carga eléctrica es aquella propiedad de determinadas partículas subatómicas que se produce cuando se relacionan unas con otras, esta interacción es electromagnética y se hace con las cargas positivas y negativas de las partículas.

Células	Unidad anatómica fundamental de todos los organismos vivos, generalmente microscópica, formada por citoplasma, uno o más núcleos y una membrana que la rodea.
Circuito	Es la interconexión de dos o más componentes que contiene una trayectoria cerrada. Dichos componentes pueden ser resistencias, fuentes, interruptores, condensadores, semiconductores o cables.
Configuración	Organizar el sistema y la programación de un ordenador para lograr su funcionamiento adecuado.
Conversor	Es un término con origen en el latín conversio que hace referencia a la acción y efecto de convertir o convertirse de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos.
Corriente	Magnitud física que indica la cantidad de electricidad que recorre un conductor, durante una unidad de tiempo determinada.
Cromosoma	Elementos que constituyen al ADN de una célula y estos a su vez están organizados en una estructura llamada cariotipo, la cual consiste en un patrón estrechamente ligado con la posición y definición de la característica sexual del espécimen en estudio.

Datos	Cifra, letra o palabra que se suministra a la computadora como entrada y la máquina almacena en un determinado formato.
dB	Es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos potencias acústicas o eléctricas (no es una unidad de medida).
Densidad	Relación entre la masa el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
Diagrama de flujo	Es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso.
Digital	En el ámbito de la electrónica, los circuitos digitales trabajan con información codificada en dos únicos estados (unos y ceros, de acuerdo a los distintos niveles de tensión).
Diodo	Dispositivo electrónico de dos electrodos por el que circula la corriente en un solo sentido.
Dispositivo	Pieza o conjunto de piezas o elementos preparados para realizar una función determinada y que generalmente forman parte de un conjunto más complejo.

Electrónica	Parte de la física que estudia los cambios y los movimientos de los electrones libres y la acción de las fuerzas electromagnéticas y los utiliza en aparatos que reciben y transmiten información.
Electroválvula	Válvula que, por medio de un electroimán, regula el caudal de un líquido.
ENCOVI	Encuesta Nacional de Condiciones de Vida.
Energía	Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.
ENT	Abreviatura de Enfermedades No Transmisibles.
Extracelular	Es el conjunto de materiales extracelulares que forman parte de un tejido. Es un medio de integración fisiológico, de naturaleza bioquímica compleja, en el que están "inmersas" las células.
Febriles	De la fiebre o relativo a ella.
Filtro	Es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Flash	El almacenamiento flash es un medio diseñado para proteger electrónicamente los datos. El medio está diseñado para su eliminación y reprogramación de forma electrónica.
Germanio	Elemento químico, metálico, gris plata, quebradizo, su símbolo Ge.
Glúcidos	Los glúcidos son compuestos formados en su mayor parte por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Tienen enlaces químicos difíciles de romper de tipo covalente, pero que almacenan gran cantidad de energía, que es liberada cuando la molécula es oxidada.
Hardware	Se refiere a las partes físicas tangibles de un sistema informático; sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.
Hidroxiapatia	Representa un depósito del 99% del calcio corporal y 80% del fósforo total.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
Integrado	También conocido como chip o microchip, es una estructura de pequeñas dimensiones de material semiconductor, normalmente silicio de algunos milímetros cuadrados de superficie.

IR	De las siglas en ingles Sensor infrarrojo.
LCD	Pantalla delgada, formada por un determinado número de pixeles que se colocan delante de una fuente de luz. Este tipo de pantallas utiliza pequeñas cantidades de energía.
Led	Diodo emisor de luz.
Lípidos	Es un grupo de compuestos biológicos que se clasifican conjuntamente por su estructura, generalmente apolar (carbono, hidrógeno y oxígeno) que hacen que sean menos solubles en agua. Están formados principalmente por ácidos grasos.
Lóbulo	Parte redondeada y saliente apreciable por separado en ciertos órganos, como los pulmones, el cerebro o el hígado.
Lógica	Método o razonamiento en el que las ideas o la sucesión de los hechos se manifiestan o se desarrollan de forma coherente y sin que haya contradicciones entre ellas.

Membrana	Lámina de tejido orgánico, generalmente flexible y resistente, de los seres animales o vegetales, entre cuyas funciones están la de recubrir un órgano o un conducto o la de separar o conectar dos cavidades o estructuras adyacentes.
Memoria	Es el dispositivo que retiene, memoriza o almacena datos informáticos durante algún período de tiempo.
Microcontrolador	Es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades (RAM y ROM), puertos de entrada, salida y periféricos.
Módulo	Se conoce como módulo a una estructura o bloque de piezas que, en una construcción se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla, regular y económica.
MSPAS	Ministerio de salud pública y asistencia global.
Ohms	Es la unidad de medida de la resistencia eléctrica derivada del SI, su símbolo es la letra griega Ω (Ohmios).
Onda	Consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio (densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético) implicando un transporte de energía sin materia.
Oscilar	Variar en sentidos opuestos y alternativos.

Ósea	Se refiere a aquello que es de hueso, o que es de la naturaleza del hueso.
PIB	Producto Interno Bruto.
Plasma	Parte líquida de la sangre, linfa, líquido intersticial y cefalorraquídeo desprovisto de células, está formado por agua, proteínas, glúcidos y lípidos mayoritariamente.
Presión	Magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.
Programación	Elaboración de programas para la resolución de problemas mediante ordenadores.
Puerto	Es una interfaz a través de la cual se pueden enviar y recibir los diferentes tipos de datos.
RAM	Memoria de acceso aleatorio.
Regulador	Dispositivo encargado de mantener un nivel de tensión constante.
Ruido	Es una señal aleatoria (proceso estocástico) que se caracteriza por el hecho de que sus valores de señal

en dos tiempos diferentes no guardan correlación estadística.

Sensor

Es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformadas con un transductor en variables eléctricas.

Silicio

Es un elemento químico metaloide y situado en el grupo número de la tabla periódica con símbolo Si.

RESUMEN

Se presentan las contribuciones teóricas, técnicas económicas y de salud aportadas por el trabajo de graduación “Diseño Multiparamétrico de signos vitales para beneficio de hospitales públicos de Guatemala”.

En Guatemala existe una alta tasa de desempleo siendo estas de 3,5-4,1% que incluye el porcentaje de la fuerza laboral que está sin empleo. La tasa de mortalidad a nivel de la república de Guatemala por enfermedades cardiovasculares, entre 2007 y 2015, se incrementó del 69.1 a 79.3 por cada cien mil habitantes. En este sentido los ataques cardíacos, derrames cerebrales, la insuficiencia cardíaca y la hipertensión son las causas que provocan la defunción de los guatemaltecos. Es importante recalcar que el 50% de las personas fallecidas por hipertensión arterial en el 2013 no tienen ninguna escolaridad, o solo nivel primario y ello evidencia la situación económica y laboral de estas personas, es preocupante ya que tienen menos capacidad adquisitiva para adquirir medicamentos o servicios médicos, para evitar este tipo de problemas.

El presente informe presenta un sistema multiparamétrico que consta de tres tipos de mediciones, que son: temperatura, ritmo cardíaco y presión sanguínea, todo en un mismo aparato, se utilizan materiales y sistemas que optimizan los recursos y el costo del aparato, convirtiéndolo en una herramienta accesible para los hospitales, con lo que se propone la reducción del costo de exámenes ante los pacientes, para disminuir la tasa de mortalidad provocada por problemas cardiovasculares.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema multiparamétrico que detecte 3 signos vitales, optimizando recursos y costos para el beneficio de hospitales y sistemas públicos de salud en Guatemala.

Específicos

1. Crear un sistema que tenga la capacidad de determinar tres estándares para la identificación de problemas cardiovasculares: temperatura, ritmo cardíaco y pulso.
2. Diseñar un sistema medidor de estándares cardiovasculares con materiales que optimicen recursos y costos.
3. Elaborar el esquema de los circuitos electrónicos a utilizar en cada una de las etapas del proyecto.
4. Utilizar como base de diseño del sistema de mediciones, un microcontrolador, que permita el análisis de las 3 señales tomadas por los sensores recolectores de datos.
5. Explicar la lógica de programación para el microcontrolador y el software a utilizar.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen distintos métodos para la medición de los signos vitales, se usan diferentes tipos de instrumentos. El problema con estos instrumentos de medición es que suelen ser de uso específico, y se hace necesaria la compra de diferentes instrumentos para poder llevar a cabo mediciones de distintos signos vitales, y eleva el costo total para un diagnóstico amplio. Se tiene el inconveniente de que algunos instrumentos requieren de capacitación previa para su uso y eso genera más costos.

Se presenta el planteamiento del diseño de un instrumento multiparamétrico, que sea capaz de medir diferentes signos vitales en un mismo aparato, y de esa forma poder dar un diagnóstico médico a un costo más bajo. Los parámetros más importantes que se incluirán en el diseño del sistema son: la presión arterial, el ritmo cardíaco y la temperatura. El instrumento está diseñado para poder ser utilizado en un hospital, clínica, centro médico o de salud, de una forma portátil.

En el primer capítulo se explican los conceptos generales del cuerpo humano, los sistemas y aparatos relacionados con los signos vitales a medir.

En un segundo capítulo se detallan los signos vitales a medir con sus respectivos conceptos y datos más relevantes, la explicación de cómo poder medirlos, que instrumentos existen y cómo utilizarlos.

El capítulo tres aborda el enfoque del diseño a nivel económico y de salud, explica cómo es que las enfermedades cardiovasculares afectan en un gran porcentaje el índice de mortalidad en Guatemala, y que la situación económica no permite que la gran mayoría tenga acceso a exámenes con un costo elevado.

El capítulo cuatro se basa en la explicación técnica del diseño, es decir que componentes utilizará, en cuantas etapas está dividido el proyecto y conceptos electrónicos.

El capítulo cinco se enfoca en la unificación de cada una de las etapas, y explicar el funcionamiento de cada dispositivo al momento de construir cada una de las etapas, la lógica de programación, la forma correcta de uso y el listado de presupuestó del diseño

1. EL CUERPO HUMANO

1.1. Conceptos generales

El cuerpo humano es el conjunto de la estructura física y órganos que forman al ser humano. El término cuerpo humano se origina del latín corpus que significa cuerpo, y humanus que se refiere a humano.

En un adulto, el cuerpo humano está formado por 206 huesos, mientras que en un recién nacido está formado por los 300 huesos aproximadamente, porque algunos huesos, sobre todo los de la cabeza, se van unificando durante la etapa de crecimiento.

El cuerpo humano está constituido por cabeza, tronco y extremidades; siendo los brazos las extremidades superiores y las piernas las inferiores.

La clasificación del cuerpo humano respecto a sus componentes constituyentes está dividida en distintos niveles los cuales son:

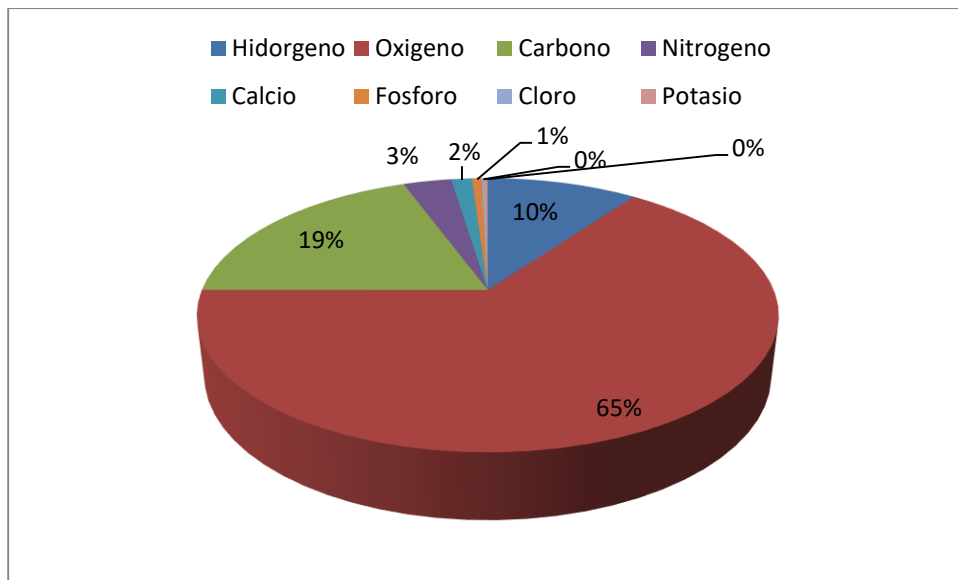
- Nivel atómico: hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, carbono, minerales
- Nivel molecular: agua, proteínas, lípidos, hidroxapatita
- Nivel celular: intracelular, extracelular
- Nivel anatómico: tejido muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras
- Nivel cuerpo íntegro: masa corporal, volumen corporal, densidad corporal.

1.1.1. Nivel atómico y molecular

Los elementos característicos de este nivel son el Hidrógeno, Oxígeno, Carbono y Nitrógeno, presentándose otros elementos en menores proporciones. Estos átomos se unen entre sí para formar moléculas, ya sean inorgánicas como el agua (el constituyente más abundante de nuestro organismo, 60%) u orgánicas como los glúcidos, lípidos, proteínas, dejando al ser humano como una máquina compleja, analizable desde cualquier nivel: bioquímico, citológico, histológico, anatómico.

La proporción de los principales elementos químicos del cuerpo humano es:

Figura 1. **Elementos químicos presentes en el cuerpo humano**

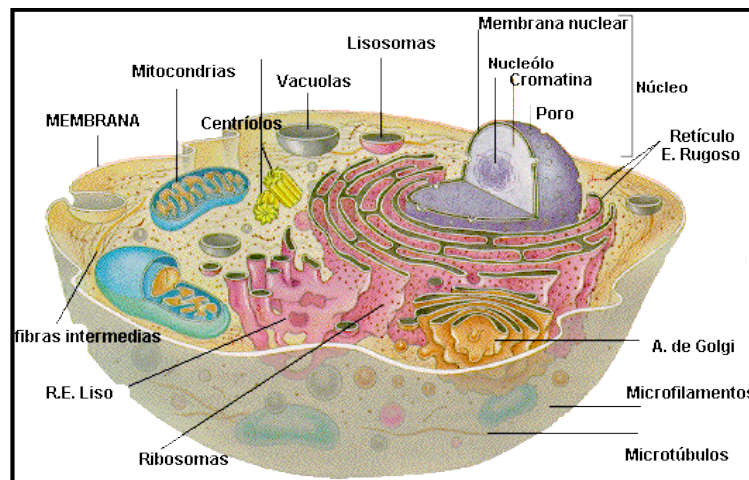


Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Nanomedicine, Robert a Freitas 1998.

1.1.2. Nivel celular

El nivel celular hace referencia a la citología, ya que es la rama de las ciencias biológicas que estudia a las células. La célula es la mínima unidad de la vida debido a que todos los seres vivos están constituidos por una o más células. Todas las células humanas son eucariotas, la de los animales, la de las plantas debido a que comparten elementos esenciales como la membrana envolvente, el citoplasma y el núcleo claramente diferenciado en este tipo de células con una membrana nuclear que envuelve al componente genético. El núcleo es el cerebro organizador de la célula que sigue un plan coordinado en la especie humana de 1000,000 genes, ordenados en 23 pares de cromosomas. El cuerpo humano se compone cerca de los cien billones de células al alcanzar la edad adulta.

Figura 2. **Célula eucariota**



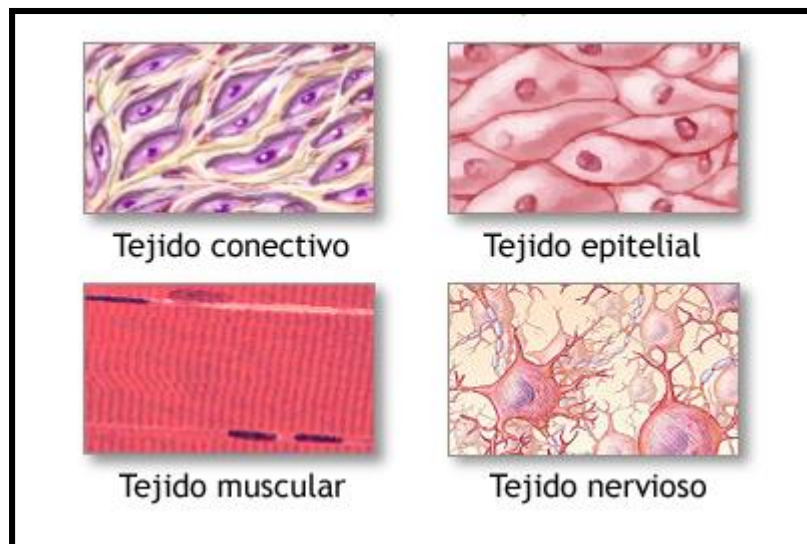
Fuente: http://www.biologia.edu.ar/cel_euca/celula1.htm.

Consulta: agosto 2017.

1.1.3. Nivel anatómico

El nivel anatómico hace referencia a la histología ya que esta se ocupa del estudio de los tejidos biológicos. Existen pocos tejidos básicos, entre los cuales se puede mencionar el epitelial, el conectivo, el muscular y el nervioso que son con los que el organismo se relaciona, se protege, mantiene la forma, se desplaza y coordina las funciones y las relaciones con el medio.

Figura 3. Tipos de tejido



Fuente: https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8682.htm.

Consulta: agosto 2017.

1.1.4. Nivel de cuerpo integro

La piel del cuerpo humano tiene una superficie aproximada de 2 m², y su espesor varía entre los 0,5 mm en los párpados a los 4 mm en los talones. La densidad media del cuerpo humano es de unos 933 kg/m³. La altura media de un adulto humano es aproximadamente de 1,7 m.

1.2. Sistemas y aparatos del cuerpo humano

El cuerpo humano está organizado en diferentes niveles, está compuesto de aparatos que estos los integran sistemas que están compuestos por órganos conformados por tejidos que están formados por células compuestas por moléculas. Posee más de cincuenta billones de células. Existe una diferencia entre sistema y aparato esto se debe a que un sistema es un conjunto de órganos homogéneos o parecidos por estructura o tejido dominante. Sin embargo, el aparato es un conjunto de órganos necesariamente parecido en su estructura ni en su tejido. El estudio de la biología permite distinguir cuatro grupos de órganos en función de sus características morfo funcionales:

- **Grupo I: Sistemas somáticos**

Está compuesto por los órganos y las estructuras que forman las paredes del cuerpo humano. Sus funciones principales son proteger, sostener y realizar funciones biomecánicas.

- **Grupo II: Sistemas viscerales**

Está compuesto por los órganos que intervienen en las funciones vegetativas del cuerpo humano, como por ejemplo el metabolismo o la reproducción.

- **Grupo III: Sistema circulatorio**

Está conformado por los órganos que se encargan del transporte de la sangre.

- **Grupo IV: Sistema nervioso**

Este se encarga de agrupar los órganos y estructuras que realiza la regulación nerviosa.

Los aparatos del cuerpo humano se dividen en 6

1.2.1. Aparato cardiovascular

El aparato cardiovascular está compuesto por el corazón y el sistema circulatorio. La función principal del corazón es actuar como una bomba que impulse la sangre hacia los órganos, tejidos y células del organismo.

1.2.2. Aparato digestivo

Es el encargado del proceso de la digestión, es decir la transformación de los alimentos para que puedan ser digeridos y utilizados por las células del organismo. Está conformado por la boca, la faringe, el esófago, los intestinos y glándulas anexas

1.2.3. Aparato excretor o urinario

El aparato excretor está conformado por el sistema urinario y por las glándulas sudoríparas, este aparato se encarga de eliminar los restos innecesarios: sustancias tóxicas, excremento.

1.2.4. Aparato locomotor

Cuando se habla de aparato locomotor se hace referencia al sistema osteoarticular (conformado por los huesos, articulaciones y ligamentos), y al sistema muscular (conformado por músculos y tendones que unen a los huesos). La principal función del aparato locomotor es el movimiento, sostén y protección a los órganos del cuerpo humano.

1.2.5. Aparato reproductor

El aparato reproductor es el conjunto de órganos cuyo funcionamiento está relacionado con la reproducción sexual, la sexualidad, la síntesis de las hormonas sexuales y la micción.

1.2.6. Aparato respiratorio

Se encarga de captar oxígeno y eliminar dióxido de carbono y está compuesto por los órganos y cavidades que se encargan de facilitar nuestra respiración: fosas nasales, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y pulmones.

En base al funcionamiento de cada aparato se han clasificado 9 sistemas conformados por órganos que poseen un fin específico para el óptimo funcionamiento del cuerpo humano, estos sistemas son:

1.2.7. Sistema articular

El sistema articular es el conjunto de partes blandas y duras en las cuales están unidas dos o más elementos del esqueleto. Las articulaciones desempeñan distintas funciones.

1.2.8. Sistema circulatorio

El sistema circulatorio también conocido como sistema de transporte lleva este nombre debido a que su función principal es distribuir la sangre por todos los órganos y tejidos del cuerpo humano.

1.2.9. Sistema endocrino

Es un sistema de señales similar al del sistema nervioso con la diferencia que, en lugar de utilizar impulsos eléctricos a distancia, funciona exclusivamente por medio de sustancias (señales químicas).

1.2.10. Sistema esquelético

Un hueso es el resultado del trabajo de diferentes tejidos entre los cuales se pueden mencionar: hueso (tejido óseo), cartílago, tejido conectivo denso, epitelio, tejido adiposo y tejido nervioso. Por esa razón se considera cada hueso como un órgano. El conjunto de huesos y cartílagos constituye el sistema esquelético.

1.2.11. Sistema inmunitario

Está compuesto por una red compleja de células, tejidos y órganos. Su función principal es defender al cuerpo de los gérmenes.

1.2.12. Sistema linfático

Es un sistema que está compuesto por una red de órganos, ganglios linfáticos, conductos y vasos linfáticos que producen y transportan linfa desde los tejidos hasta el torrente sanguíneo. El sistema linfático es una parte principal del sistema inmunitario del cuerpo.

1.2.13. Sistema muscular:

El sistema muscular permite que el esqueleto se mueva y se mantenga firme; también le da forma al cuerpo. En los vertebrados los músculos son controlados por el sistema nervioso, aunque algunos músculos (tales como el cardíaco) pueden funcionar de forma autónoma.

1.2.14. Sistema nervioso

El sistema nervioso es el conjunto de órganos y estructuras, formadas por tejido nervioso de origen ectodérmico en animales disblásticos y triblásticos, cuya unidad funcional básica son las neuronas.

1.2.15. Sistema integumentario

El sistema integumentario tiene la función básica de proteger el cuerpo, separar e informar a nuestro cuerpo el medio que nos rodea. Es el sistema más extenso del cuerpo humano ya que los recubre completamente.

1.3. Sistema circulatorio y su funcionamiento

El sistema circulatorio es el encargado de transportar el oxígeno y los nutrientes a las células y eliminar sus desechos metabólicos para después desecharlos por los riñones, en la orina, y por el aire exhalado en los pulmones.

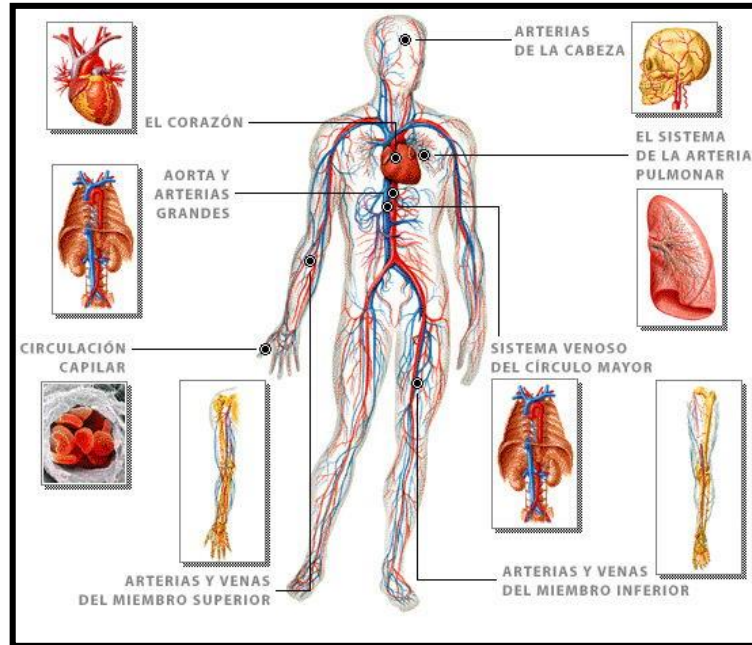
De toda esa labor se encarga la sangre, que está circulando constantemente. Además de eso el sistema circulatorio tiene otras funciones entre las cuales cabe destacar:

- Interviene en las defensas del organismo
- Regula la temperatura corporal entre otras
- Regula los contenidos de agua y ácidos base en los tejidos
- Transporta las excreciones de las glándulas endocrinas

El aparato cardiovascular está conformado por la sangre, el corazón, el sistema circulatorio, la sangre, los vasos sanguíneos, las arterias, las venas y los capilares.

El sistema circulatorio es parte del aparato cardiovascular y para el funcionamiento de este sistema es indispensable la participación del corazón pues este es el encargado de bombear la sangre en el cuerpo.

Figura 4. **Aparato cardiovascular**



Fuente: <https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/13/Sistema-circulatorio>.

Consulta: agosto 2017.

1.3.1. La sangre

La sangre es el fluido que circula por todo el organismo a través del sistema circulatorio. Es un tejido líquido, compuesto por agua y sustancias orgánicas e inorgánicas (sales minerales) disueltas, que forman el plasma sanguíneo y tres tipos de elementos o células sanguíneas.

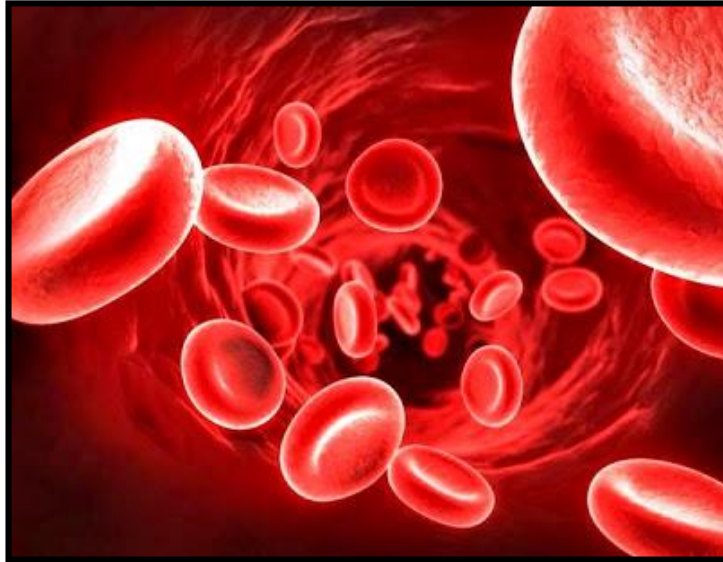
- Glóbulos rojos
- Glóbulos blancos
- Plaquetas

Una gota de sangre contiene aproximadamente unos 5 millones de glóbulos rojos, de 5.000 a 10.000 glóbulos blancos y alrededor de 250.000 plaquetas.

1.3.2. Glóbulos rojos

También denominados eritrocitos o hematíes, se encargan de la distribución del oxígeno molecular. Tienen forma de disco bicóncavo y son tan pequeños que en cada milímetro cúbico hay cuatro a cinco millones, midiendo unas siete micras de diámetro. No tienen núcleo, por lo que se consideran células muertas. Los hematíes tienen un pigmento rojizo llamado hemoglobina que les sirve para transportar el oxígeno desde los pulmones a las células.

Figura 5. **Glóbulos rojos**



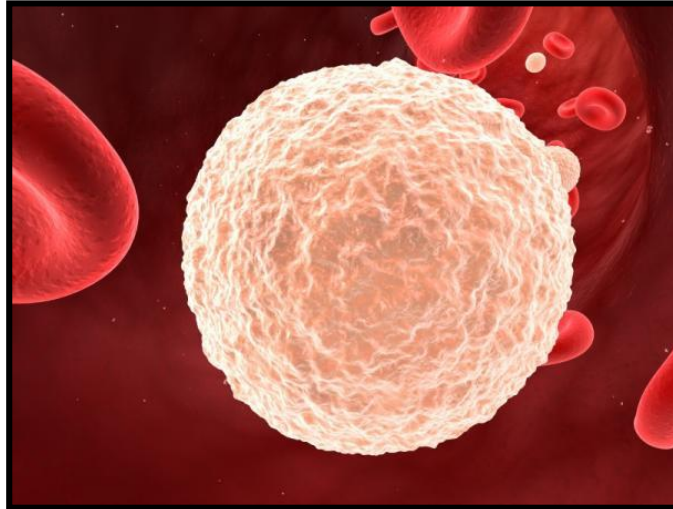
Fuente: <http://www.anatolandia.com/2014/08/globulos-rojos.html>.

Consulta: agosto 2017.

1.3.3. Glóbulos blancos

También denominados leucocitos tienen una destacada función en el sistema inmunológico al efectuar trabajos de limpieza (fagocitos) y defensa (linfocitos). Son mayores que los hematíes, pero menos numerosos (unos siete mil por milímetro cúbico), son células vivas que se trasladan, se salen de los capilares y se dedican a destruir los microbios y las células muertas que encuentran por el organismo. También producen anticuerpos que neutralizan los microbios que producen las enfermedades infecciosas.

Figura 6. **Glóbulos blancos**



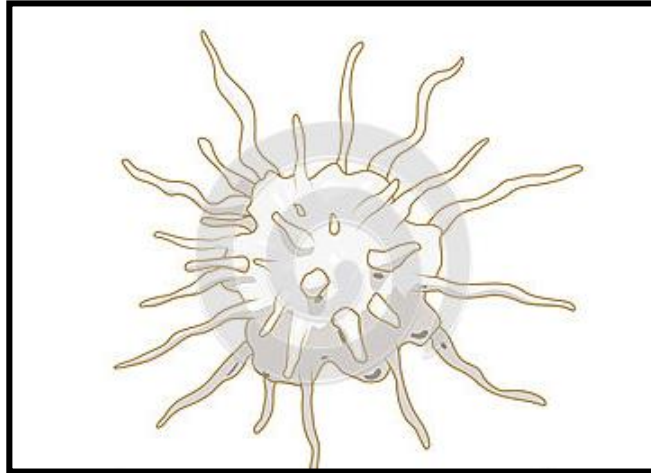
Fuente: <https://salud.uncomo.com/articulo/cuales-son-las-causas-del-descenso-de-los-globulos-blancos-10859.html>.

Consulta: agosto 2017.

1.3.4. Plaquetas

Son pequeños fragmentos de células sanguíneas. Su función es formar coágulos de sangre que ayuden a sanar las heridas y a prevenir el sangrado. La médula ósea es la encargada de producirlas.

Figura 7. **Plaqueta**



Fuente: <http://www.mnogolok.info/ewrazphoto-thrombocytes-produced.htm>.

Consulta: agosto 2017.

1.3.5. El corazón

El corazón es el principal órgano del sistema cardiaco y uno de los más importantes del ser humano. Es un órgano muscular, responsable de recibir y bombear la sangre para que ésta circule por todo el cuerpo, alrededor de unas 60 a 100 veces por minuto.

Histológicamente en el corazón se distinguen tres capas de diferentes tejidos que, del interior al exterior se denominan endocardio, miocardio y pericardio.

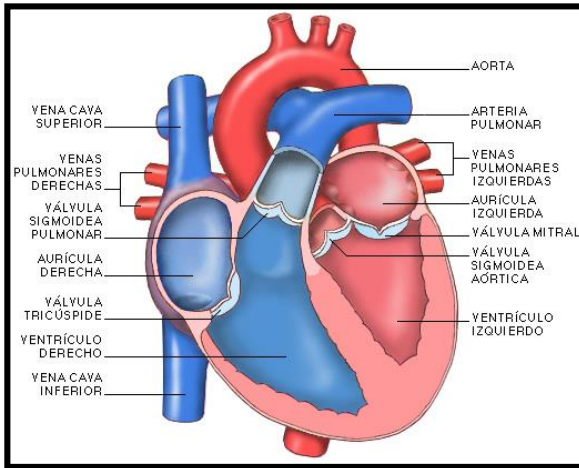
- **El endocardio:** es una membrana que recubre localmente las cavidades del corazón. Es la capa más interna, muy delgada y está constituida por células endoteliales y una capa de tejido conectivo laxo. Reviste la pared interna del miocardio, y se continúa con la membrana que reviste el interior de las arterias y venas.

- **El miocardio:** es el tejido muscular del corazón, musculo encargado de bombear la sangre por el sistema circulatorio mediante contracción.
- **El pericardio:** el pericardio es un saco delgado de dos capas que rodea el corazón. Entre las dos capas hay un líquido que lubrica constantemente las superficies y permite que el corazón se mueva fácilmente durante la contracción.

En el interior del corazón se encuentran cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. Estas están conectadas entre sí mediante válvulas. La que conecta al ventrículo izquierdo con la aurícula izquierda se llama válvula mitral o bicúspide, y la que comunica al ventrículo derecho con la aurícula derecha se llama válvula tricúspide. Las válvulas están formadas por dos y tres membranas, respectivamente, que se encuentran conectadas a las paredes del corazón.

El corazón está conectado a los vasos sanguíneos, que son los tubos por los que circula la sangre. Son de tres tipos: arterias, venas y capilares.

Figura 8. El corazón



Fuente: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/3ESO/aparato_circulatorio/contenidos4.ht.

Consulta: agosto 2017.

1.3.6. Vasos sanguíneos

Los vasos sanguíneos son conductos musculares elásticos que distribuyen y recogen la sangre de todos los rincones del cuerpo. Son de tres tipos: arterias, venas y capilares.

1.3.6.1. Las venas

Las venas son las que llevan la sangre al corazón, desde los órganos del cuerpo. Las que llegan al corazón son las dos venas cavas y las cuatro pulmonares. Las venas cavas llegan a la aurícula derecha y las pulmonares, a la aurícula izquierda. Las venas cavas son dos de las venas mayores del cuerpo. Su característica principal es que cuenta con una vena cava superior o descendente, y otra inferior o ascendente.

- **Vena cava superior:** recibe la sangre de la mitad superior del cuerpo.
- **Vena cava inferior:** recibe la sangre de los órganos situados debajo del diafragma.

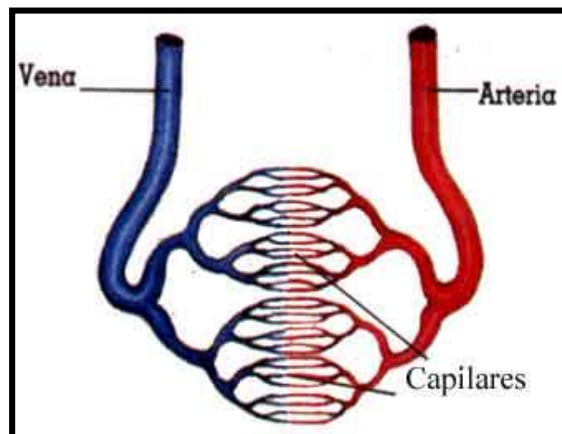
1.3.6.2. Las arterias

Las arterias son los vasos que llevan la sangre desde el corazón hacia los órganos. Salen del corazón la arteria pulmonar y la gran arteria aorta, una del ventrículo derecho y la otra, del ventrículo izquierdo. A diferencia de las venas, estas arterias no trabajan libremente, ya que la administración de sangre hacia ellas, está regulada por las válvulas sigmoideas, que dejan salir sangre sólo cuando se ejerce presión en los ventrículos cuando se contraen.

1.3.6.3. Los capilares

Los capilares son vasos microscópicos de finas paredes que llevan la sangre a todas las células de los órganos del cuerpo.

Figura 9. **Venas, arterias y capilares**



Fuente: <http://www.araucaria2000.cl/scirculatorio/sistemacirculatorio.htm>.

Consulta: agosto 2017.

1.4. Aparato respiratorio y su funcionamiento

El aparato respiratorio está formado por un conjunto de órganos que tiene como principal función llevar el oxígeno atmosférico hacia las células del organismo y eliminar del cuerpo el dióxido de carbono producido por el metabolismo celular.

El Metabolismo Celular es el conjunto de reacciones químicas a través de las cuales el organismo intercambia materia y energía con el medio, es decir que entre estos intercambios (por medio de reacciones químicas) está la absorción del oxígeno y su reacción que produce dióxido de carbono que se expulsa al exterior.

El aparato respiratorio es responsable de hacer posible el mecanismo de la respiración y, en general, se pueden considerar cuatro fases:

- La inspiración o inhalación que conlleva la entrada de aire y oxígeno hacia los alveolos pulmonares.
- El proceso de intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre los alveolos pulmonares y la sangre.
- La exhalación consiste en la salida del aire desde los alveolos pulmonares hacia el exterior, con la eliminación de dióxido de carbono.
- Cambio de O₂ y CO₂ entre las células y la sangre.

Para que el mecanismo de respiración se lleve a cabo el aparato está constituido por varios órganos, donde cada uno cumple una función específica. Los órganos que dan funcionamiento a este aparato son: las fosas nasales, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos, bronquiololetos y los pulmones.

1.4.1. Fosas nasales

Consiste en dos amplias cavidades cuya función es permitir la entrada del aire, el cual se humedece, filtra y calienta a una determinada temperatura a través de unas estructuras llamadas pituitarias.

1.4.2. Faringe

Es un conducto muscular, que se comparte con el sistema digestivo. La entrada de la faringe tiene una “tapa” llamada epiglotis, que se cierra al tragar los alimentos, para que este pueda seguir su curso natural hacia el esófago sin provocar que las personas se atraganten.

1.4.3. Laringe

Es un conducto cuya función principal es la filtración del aire inhalado. Además, permite el paso del aire hacia la tráquea y los pulmones. También tiene la función de órgano fonador, es decir, produce sonido.

1.4.4. Tráquea

Tubo formado por anillos de cartílago unidos por músculos. Debido a esos anillos, aunque flexionemos el cuello, el conducto nunca se aplasta y por lo tanto no obstruye el paso de aire.

1.4.5. Bronquios

Son dos ramas producidas por la bifurcación de la tráquea, las cuales ingresan a cada uno de los pulmones. Conduce el aire que va desde la tráquea hasta los bronquiolos.

1.4.6. Bronquiolos y bronquiolitos

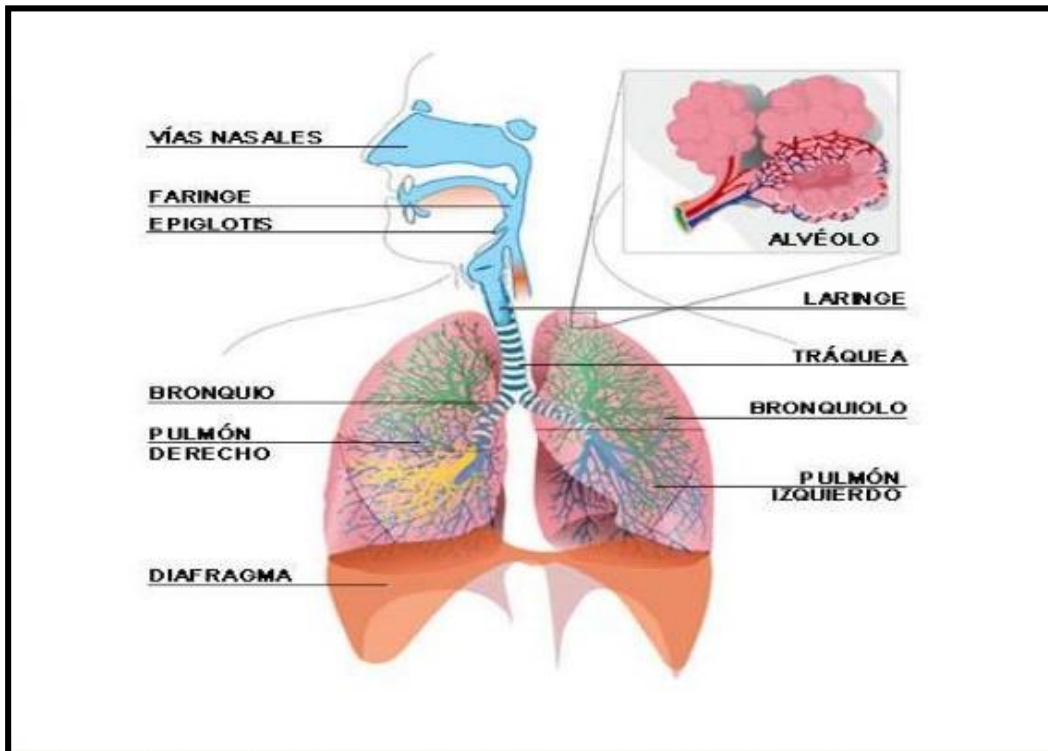
Son pequeñas ramas de los bronquios, conductoras del aparato respiratorio, que garantizan que el aire alcance todas las partes de los pulmones. Conducen el aire que va desde los bronquios a los alveolos.

1.4.7. Pulmones

Los pulmones son los responsables de proporcionar oxígeno al torrente sanguíneo, además de la eliminación del dióxido de carbono. Están situados en la cavidad torácica, protegidos por la caja torácica y recubierta por una doble membrana lubricada llamada pleura.

El pulmón derecho consta de tres lóbulos mientras que el pulmón izquierdo es ligeramente más pequeño y consta de solo dos lóbulos.

Figura 10. **Aparato respiratorio**



Fuente: <http://enfisema.net/pulmones/>.

Consulta: agosto 2017.

2. SIGNOS VITALES Y SUS FORMAS DE MEDIR

2.1. Concepto de signos vitales

Los signos vitales son una serie de parámetros producto de la actividad de varios órganos vitales que se pueden medir en los individuos. Se denominan signos ya que su identificación es producto de un examen médico.

Su presencia es señal de la integridad de la función del sistema nervioso neurovegetativo, así como de órganos como el pulmón y el corazón. La ausencia de signos vitales es señal de la muerte.

Estos parámetros sufren variaciones a lo largo de la vida, existiendo rangos de valores que varían si se trata de un niño, un adulto o un anciano. A pesar de estas variaciones los parámetros son los mismos para cualquier individuo.

2.2. Parámetros más importantes para la salud

Los cuatro signos vitales principales que monitorizan de forma rutinaria a los profesionales médicos y proveedores de atención médica son:

- La temperatura corporal
- El pulso: La frecuencia cardiaca (ritmo cardiaco) y la presión arterial.

2.2.1. Temperatura corporal

Es la medida del grado de calor de un organismo y desempeña un importante papel para poder determinar las condiciones de supervivencia de los seres vivos.

Así los seres humanos necesitan un rango muy limitado de temperatura corporal para poder sobrevivir, y tienen que estar protegidos a cambios de temperatura.

La temperatura normal de los seres humanos varía entre los 36 a 37 °C, en el caso de la hipotermia la temperatura corporal es inferior a los 36 °C. La febrícula que es un tipo de fiebre prolongada moderada de origen infeccioso o nervioso se encuentra en el rango de 37.1 – 37.9 °C y la fiebre cuando supera los 37.9 °C.

2.2.1.1. Factores que afectan la temperatura corporal

La temperatura corporal se puede ver modificada por diferentes factores los cuales hay que tener en cuenta al momento de realizar su medición.

2.2.1.2. Edad

El recién nacido presenta problemas de regulación de la temperatura debido a su inmadurez, de tal modo que le afectan mucho los cambios externos. En el adulto mayor la temperatura corporal suele estar disminuida (36 °C).

2.2.1.3. Hora del día

Las variaciones de temperatura a lo largo del día suelen ser menores a 1.5 °C. La temperatura máxima del organismo se alcanza entre las 18 y las 22 horas y la mínima entre las 2 y 4 horas. Este ritmo es constante y se mantiene incluso en pacientes febriles.

2.2.1.4. Actividad física

Durante el ejercicio prolongado el cuerpo produce la energía necesaria para la actividad física a través de los procesos metabólicos antioxidantes de la célula. La temperatura corporal aumenta con la actividad física y varía con los extremos de temperatura ambiental porque los mecanismos termorreguladores no son perfectos. Cuando se produce un ejercicio agotador, la temperatura del cuerpo puede aumentar de forma temporal desde 38.3 a 40 °C.

2.2.1.5. Enfermedades

Algunas enfermedades del tipo infecciosa bacteriana provocan cambios en el hipotálamo, produciendo que el cuerpo produzca más calor llamado comúnmente fiebre.

2.2.2. Pulso

El pulso es una medición de la frecuencia cardíaca, es decir la cantidad de veces que el corazón late por minuto. A medida que el corazón impulsa la sangre a través de las arterias, estas se expanden y se contraen con el flujo sanguíneo. Al tomar el pulso no solo se mide la frecuencia cardíaca, sino que también se puede indicar:

- El ritmo cardiaco
- La fuerza del pulso

El pulso normal de los adultos sanos oscila entre los 60 y 100 latidos por minuto. El pulso puede fluctuar y aumentar con el ejercicio, las enfermedades, las lesiones y las emociones. Las mujeres mayores de 12 años tienden a tener el pulso más elevado a diferencia de los hombres.

2.2.2.1. Frecuencia cardiaca (ritmo cardiaco)

La frecuencia cardiaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto). Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero además lo debe hacer a una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia. Dada la importancia de este proceso, es normal que el corazón necesite en cada latido un alto consumo de energía.

La frecuencia normal en reposo oscila entre 50 y 100 latidos por minuto, sin embargo, se deben tomar en cuenta algunos aspectos que alteran su estado

- La frecuencia cardiaca de un recién nacido es elevada porque la actividad del organismo es muy intensa. A partir del primer mes de vida va disminuyendo hasta llegar a la edad adulta que es donde ya se mantiene estable.
- Varía a lo largo del día y la noche en respuesta a diferentes estímulos, por lo que su medición tiene variabilidad.
- Al realizar ejercicio físico el corazón produce una respuesta normal que es la taquicardia, llevando al corazón a un promedio de 120-130 latidos por minuto.

- También puede producirse bradicardia que es el descenso de latidos por minuto debajo de 60 BPM.

2.2.3. Presión arterial

La presión arterial es aquella que mide la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias. Cada vez que el corazón late, bombea sangre hacia las arterias, por lo que la presión de la sangre es más alta cuando el corazón se contrae.

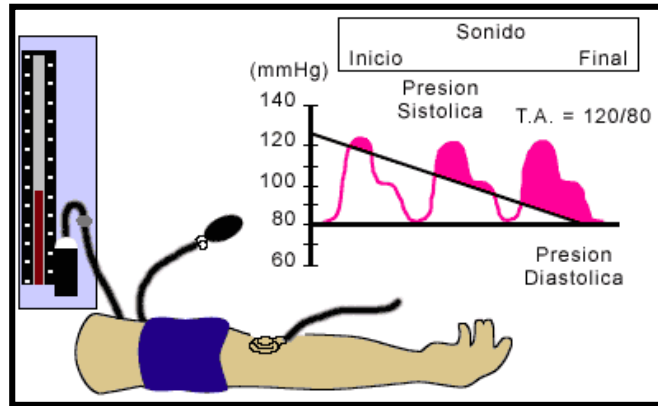
Cuando se mide la presión arterial se registran dos cifras, la más alta se le llama presión sistólica y es aquella que se refiere a la presión en el interior de la arteria cuando el corazón se contrae y bombea la sangre por el cuerpo. La cifra más baja conocida como presión diastólica, se refiere a la presión en el interior de la arteria cuando el corazón está en reposo y se está llenando de sangre.

Tanto la presión sistólica como la diastólica eran medidas en los equipos con columna de mercurio, y la unidad que se usaba era en “mmHg” (milímetros de mercurio). Esta medida representa la altura que alcanza la columna de mercurio debido a la presión de la sangre.

Actualmente existe una gama de equipos que realizan las lecturas de forma digital, por lo que el valor importante es la cifra sin la medida de mercurio, evitando el uso contaminante del mercurio en equipos médicos.

En el caso de la presión media, esta se calcula como la integral de la curva de presión de un ciclo completo y un ciclo es un periodo desde el fin de una contracción cardiaca, hasta el próximo fin de otra contracción cardiaca.

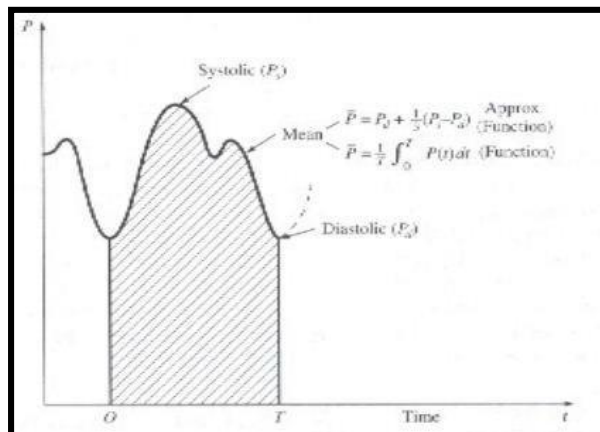
Figura 11. **Presión sistólica y diastólica**



Fuente: www.ganodermalucidum.es.

Consulta: septiembre 2017.

Figura 12. **Presión media**



Fuente: www.ganodermalucidum.es.

Consulta: septiembre 2017.

2.2.4. Mediciones estándar en los distintos parámetros de la salud en función de la edad

Tabla I. **Medición estándar en la temperatura**

Parámetros normales	Temperatura (°C)
Recién nacido	36.6-37.8
Menores de 1 año	36.6 - 37.8
Niños de 2 a 3 años	36.6 -37.8
Adolescentes	36.5-37
Adultos	35-37

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Physiology and pathophysiology of temperature regulation 1998.

Tabla II. **Medición estándar en la frecuencia cardíaca**

Parámetros normales	Pulso o frecuencia cardíaca (Latidos por minuto)
Recién nacido	130 a 140
Menores de 1 año	80 a 140
Niños de 2 a 3 años	100 a 120
Adolescentes	72 a 80
Adultos	60 a 80

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Texbook of medical physiology 2011.

Tabla III. **Medición estándar en la presión arterial**

Parámetros normales	Presión o tensión arterial (mm Hg)
Recién nacido	70/50
Menores de 1 año	90/55
Niños de 2 a 3 años	Sistólica: número de años x2 +80. Diastólica: mitad de lo calculado en la sistólica +10.
Adolescentes	120/80
Adultos	120/80

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Texbook of medical physiology 2011.

Tabla IV. **Medición estándar en la frecuencia respiratoria**

Parámetros normales	Frecuencia respiratoria (Por minuto)
Recién nacido	30 a 40
Menores de 1 año	30 a 50
Niños de 2 a 3 años	25
Adolescentes	18 a 20
Adultos	14 a 20

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Texbook of medical physiology 2011.

2.3. Métodos y procedimientos para la medición de los signos vitales

La determinación de los signos vitales tiene particular importancia ya que es útil para detectar y monitorear problemas de salud. Los signos vitales se pueden medir en cualquier lugar, siempre y cuando se cuente con el equipo de medición adecuado y de preferencia si lo hace un profesional como un médico y/o enfermero/a. Para ello existen métodos con su debido procedimiento en los cuales se explica la forma correcta de poder medirlos.

2.3.1. Métodos y procedimientos para la medición de la temperatura

La temperatura corporal de una persona puede medirse de cualquiera de las siguientes maneras:

En la boca

La temperatura se puede tomar en la boca con un termómetro clásico o con un termómetro digital que utiliza una sonda electrónica para medir la temperatura corporal.

En el recto

La temperatura que se toma por vía rectal (con un termómetro de vidrio o digital) tiende a ser entre 0,22y 0,27 °C más alta que cuando se toma por vía oral.

En la axila

Se puede tomar la temperatura debajo del brazo con un termómetro de vidrio o digital. La temperatura que se toma en esta zona suele ser entre 0,22 y 0.27 °F más baja que la que se toma por vía oral.

En la oreja

Un termómetro especial puede medir rápidamente la temperatura del tímpano para reflejar la temperatura central del cuerpo (la temperatura de los órganos internos).

En la piel

Un termómetro especial puede medir rápidamente la temperatura de la piel de la frente.

Cuando la temperatura es anormal puede producirse por la fiebre (temperatura alta), o por la hipotermia (baja temperatura).

2.3.2. Métodos y procedimientos para la medición de la frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca puede ser tomada efectivamente midiendo el pulso, lo que permitirá conocer el número de veces que el corazón palpita por minuto. Esto se puede hacer sin la ayuda de algún equipo médico. La frecuencia máxima que puede llegar a alcanzar un corazón ante un ejercicio físico alto depende de la edad y puede calcularse de la siguiente forma:

$$Frecuencia\ Cardiac\ Max = 220BDP - edad \quad (2.1)$$

Para la medición de la frecuencia cardiaca sin ayuda de algún equipo médico especial electrónico el procedimiento es el siguiente:

- Se recomienda que se comience midiéndolas en reposo, para esto se debe permanecer sentado y relajado 5 minutos, ya que al estar realizando algún tipo de movimiento las pulsaciones varían y no se podrá captar la frecuencia real.

- Ahora se debe encontrar uno de los varios puntos del pulso en el cuerpo. Los 2 más comúnmente utilizados para tomar la frecuencia cardiaca son al costado del cuello debido a la posición de la arteria carótida y en la parte inferior de la muñeca en la zona de la arteria radial.
- Presionar firmemente sobre la zona donde se tomará la frecuencia cardiaca utilizando el dedo medio y el índice, para después contar la cantidad de latidos durante 10 segundos.
- Teniendo la cantidad de pulsaciones en 10 segundos se procede a multiplicar el número de los latidos por 6 para poder medir la frecuencia del ritmo cardiaco durante 1 minuto.

2.3.3. Métodos y procedimientos para la medición de la presión arterial

Para poder obtener los valores de la presión sanguínea (presión arterial), existen las medidas indirectas de la presión las cuales son medidas no invasivas, pero no proporcionan un registro continuo de las variaciones de presión ya que su rapidez de repetición práctica está limitada. Para estas medidas existen 2 métodos por los cuales podemos tomar la presión, entre ellos está el método de auscultatorio el preferido por los médicos y el método de oscilométrico con el se puede obtener la presión media y obtener el valor de la presión sistólica y diastólica.

2.3.3.1. Medición auscultatoria

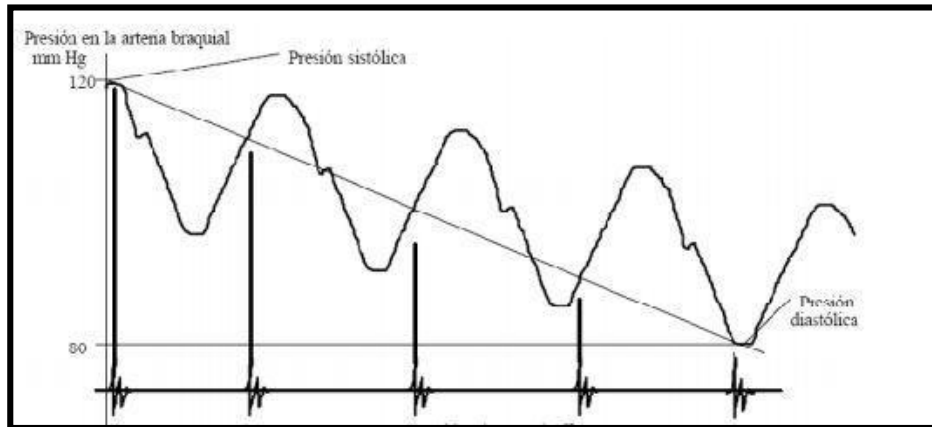
La medición auscultatoria determina la presión arterial controlando los sonidos de Korotkoff.

Los ruidos de Korotkoff o sonidos de Korotkoff son los sonidos que el personal de salud escucha durante la toma y determinación de la presión sanguínea, usando un procedimiento no invasivo.

2.3.3.1.1. Los 5 sonidos de Korotkoff

- Primero: es el sonido de rotura oído primero en la presión sistólica
- Segundo: son los murmullos oídos en la mayor parte del espacio entre las presiones sistólicas y diastólicas.
- Tercero y Cuarto: se oyen en presiones dentro de 10 mmHg sobre la presión sanguínea diastólica, descritos ambos como "golpeando pesadamente" y "acallando".
- Quinto: es el silencio que se oye a medida que la presión del brazalete cae debajo de la presión sanguínea diastólica.

Figura 13. **Sonidos de Korotkkoff**



Fuente: www.ocw.unican.es.

Consulta: septiembre 2017.

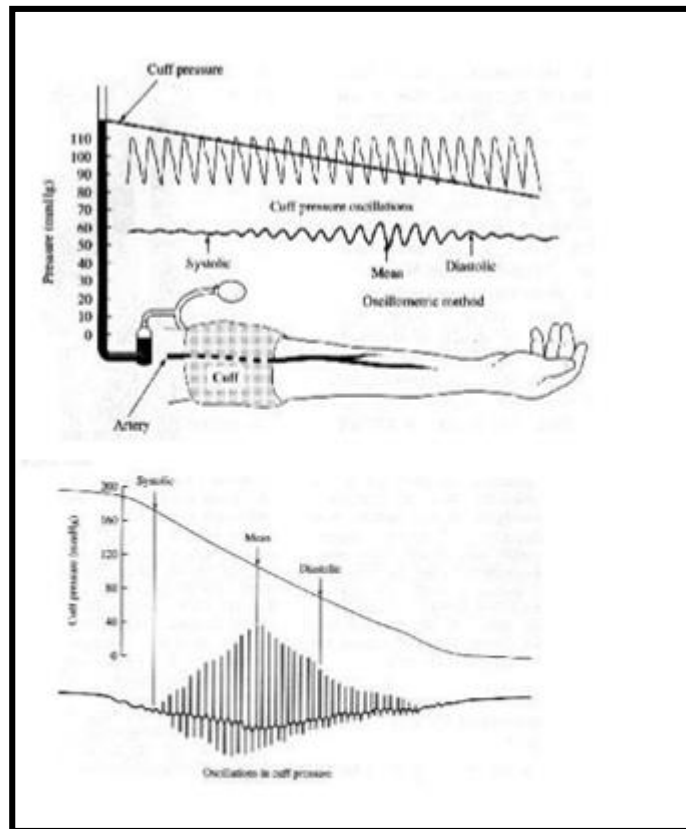
2.3.3.2. **Medición oscilométrica**

Este método se basa en la detección de las ondas de presión en el brazalete como función de la misma decreciente y continua. Estas ondas son mínimas cuando el brazalete está inflado a una presión cercana a los valores sistólicos o diastólicos y máxima cuando la presión del brazalete es cercana a la presión media. Normalmente se detecta sístole cuando las ondas aparecen por encima del ruido y diástole cuando las ondas desaparecen en el ruido.

En base a lo antes mencionado se establece que la presión sistólica es igual a la presión del manguito, entre las dos oscilaciones sucesivas de mayor diferencia de amplitud (derivada positiva máxima), antes de la presión media y la diastólica es igual a la presión del manguito, entre las dos oscilaciones sucesivas de mayor diferencia de amplitud (derivada negativa máxima), después de la presión media.

Al observar la figura 14 se puede entender de una mejor manera lo descrito con anterioridad,

Figura 14. **Medición oscilométrica**



Fuente: www.skyvictor375.wordpress.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4. Aparatos existentes para la medición de los signos vitales

2.4.1. Aparatos más comunes para la medición de la temperatura

La temperatura corporal se puede determinar con la ayuda de los siguientes instrumentos:

2.4.1.1. Termómetro de vidrio de mercurio

Es un cilindro de vidrio hueco con un depósito de mercurio en el fondo y el extremo superior cerrado. Tiene una escala graduada que va desde los 35 °C hasta los 42°C. Al aumentar la temperatura el mercurio se dilata y asciende por el capilar; una escala graduada permite leer directamente el valor de la temperatura.

Figura 15. Termómetro de vidrio



Fuente: www.allafrance.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.1.2. Termómetro digital

La lectura es sencilla y rápida. Se utiliza de la misma manera que el termómetro de vidrio solo que la lectura se realiza a través de un dispositivo visual digital.

Figura 16. Termómetro digital



Fuente: www.allafrance.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.1.3. Termómetro de tira plástica

Las tiras plásticas contienen un cristal líquido sensible al calor el cual cambia de color para indicar la temperatura.

Figura 17. Termómetro de tira



Fuente: www.allafrance.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.2. Aparatos más comunes para la medición del ritmo cardiaco

Para la medición del ritmo cardiaco los aparatos más utilizados por los médicos, deportistas son los siguientes:

2.4.2.1. Estetoscopio

Este instrumento es utilizado principalmente por personal médico para oír los pulsos cardiacos en la toma de la presión. Su uso es totalmente analógico y el registro de pulsos por minuto se hace por medio del conteo de número escuchado de pulsos en un determinado tiempo.

Tiene una membrana y una campana. Cualquiera de las dos partes puede colocarse en el paciente. Las dos detectan las señales acústicas que viajan a través de los tubos llenos de aire y llegan hasta los oídos del médico. La campana transmite los sonidos de baja frecuencia, es ideal para escuchar los pulmones. La membrana, en cambio, detecta las altas frecuencias y permite escuchar el corazón.

Para detectar las diferentes frecuencias, se tienen dos modos:

2.4.2.2. Modo campana (baja frecuencia)

Para escuchar sonidos de baja frecuencia, apoye sin presionar el estetoscopio sobre la piel del paciente. La membrana está sujeta por un contorno flexible quedando suspendida en ésta, permitiendo que la membrana pueda vibrar ampliamente y transmitir sonidos de longitud de ondas largas, es decir sonidos de baja frecuencia.

2.4.2.3. Modo Diafragma (alta frecuencia)

Para captar los sonidos de frecuencias más altas, se presiona firmemente, de la misma forma que se haría con un estetoscopio tradicional de doble campana en el modo diafragma.

Al ejercer esta presión, la membrana se desplaza hacia dentro hasta tocar con un anillo interno. El anillo restringe el movimiento de la membrana bloqueando o atenuando las longitudes de onda más largas de los sonidos de baja frecuencia, permitiendo escuchar solamente las longitudes de onda más cortas de los sonidos de alta frecuencia.

Figura 18. **Estetoscopio**



Fuente: www.laleo.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.2.4. Baumanómetro digital

Es un aparato médico que se utiliza para poder medir la frecuencia cardiaca, presión arterial para de esa forma poder detectar alguna anomalía en el corazón.

Figura 19. **Baumanómetro Digital**



Fuente: www.baumanometrodigital.com.mx.

Consulta: septiembre 2017

2.4.2.5. Pulsómetro de muñeca

El pulsómetro de muñeca es un instrumento que se basa en un fotosensor y varios emisores de luz, fotodiodos o leds, y el algoritmo de procesamiento de datos todo esto de una forma compacta que nos permiten hacer la medición del ritmo cardiaco.

Figura 20. **Pulsómetro de muñeca**



Fuente: Fuente: www.todomountainbike.net.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.3. Aparatos más comunes para la medición de la presión sanguínea

Existen 2 métodos para la medición de la presión sanguínea, Por lo que, los aparatos para la medición se clasifican en auscultatoria y oscilométrica.

2.4.3.1. Aparatos para la medición auscultatoria

2.4.3.2. Esfigmomanómetro de mercurio

Instrumento médico empleado para la medición indirecta de la presión arterial proporcionando, por lo general, la medición en milímetros de mercurio (*mmHg* o *torr*). Es denominado patrón de oro debido a que es muy fiable y bastante preciso.

Consiste en un brazalete (también llamado brazal), que es inflado con una perilla manual, o cualquier otro dispositivo que bombee aire, inflando el brazalete hasta que oprime el brazo. La presión dentro del aire del brazalete se mide mediante un manómetro que indica la presión sanguínea.

El manómetro y el brazalete se encuentran unidos por un manguito de goma. La opresión del brazo se eleva hasta que, por oclusión, cesa el tránsito de sangre por la arteria braquial (denominada también arteria humeral), en su fosa cubital; esta oclusión ocurre a unos 250 mmHg aproximadamente.

La perilla, o dispositivo de bombeo, posee una válvula de purga (o válvula de aeración) que permite descender la presión del brazalete de una forma controlada.

La colocación del estetoscopio en la arteria braquial permite auscultar los intervalos de audición de los sonidos de Korotkoff. Después se realizan las anotaciones proporcionadas por el instrumento.

El esfigmomanómetro se puede encontrar de forma manual y digital, aunque su principio de funcionamiento es básicamente el mismo:

Figura 21. **Esfigmomanómetro de muñeca**



Fuente: Fuente: www.beurer.com.

Consulta: septiembre 2017.

Figura 22. **Esfigmomanómetro manual clásico**



Fuente: Fuente: www.beurer.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.3.3. Aparatos para la medición oscilométrica

Alguno de los instrumentos más utilizados para una medición oscilométrica se describen a continuación:

2.4.3.4. Tensiómetro automático

Es un aparato que trabaja con el principio del método oscilométrico que registra y evalúa las oscilaciones de las arterias. Estas oscilaciones presentan una curva muy típica. Las oscilaciones se producen cuando primero se interrumpe el flujo sanguíneo y después se vuelve a reanudar. Se hacen más fuertes, después disminuyen hasta desaparecer cuando la sangre comienza a fluir normalmente. Tanto el valor sistólico como el diastólico se calculan con la ayuda de un algoritmo. Los valores calculados se visualizan en la pantalla.

Figura 23. Tensiómetro automático



Fuente: www.sihogar.com.

Consulta: septiembre 2017.

2.4.3.5. Tensiómetro Semi-automático

Es un aparato básicamente igual a la automática con la única diferencia que para medir la presión arterial el manguito se infla a mano con una perilla. El aparato se desinfla automáticamente. Después se evalúa y calcula la presión arterial del mismo modo que con los aparatos totalmente automáticos.

Figura 24. Tensiómetro Semi-automático



Fuente: www.sihogar.com.

Consulta: septiembre 2017.

3. TOMA DE SIGNOS VITALES EN LA REALIDAD ECONÓMICA GUATEMALTECA

3.1. Economía de la población guatemalteca con escasos recursos

La Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI), de Guatemala, realizada entre marzo y agosto de 2011, muestra que 53.7% de la población vive en distintos niveles de pobreza, los cuales se dividen en dos formas¹:

- Pobreza extrema: 13.3% de la población pertenece a este grupo
- Pobreza no extrema: 40.4% de la población pertenece a este grupo

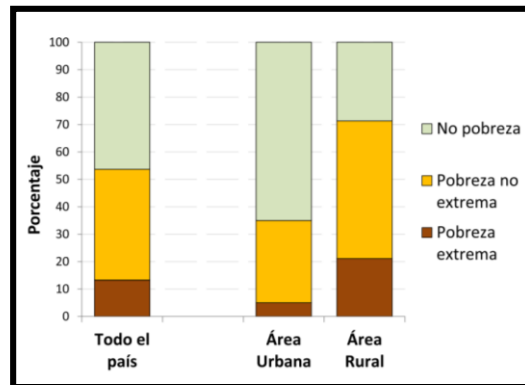
Desde el año 2012, Guatemala ha mejorado esta situación, y a nivel de América Latina no logra destacar en el área económica más sin embargo es la economía más grande de Centroamérica con una tasa de crecimiento por encima del 3%, alcanzando el 4.1% en 2015. En 2016 el país creció a un 2.9% aproximadamente, mientras que en 2017 tuvo un crecimiento de 3.4%¹.

A pesar de ello, Guatemala, se ubica dentro de los países con mayores niveles de desigualdad en Latinoamérica, con altos índices de pobreza, tasas de desnutrición crónica y de mortalidad materno-infantil más altas de la región, sobre todo en zonas rurales y en la población indígena².

¹ Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) en Guatemala. Desigualdad en salud en Guatemala. p.17.

² Banco Mundial en Guatemala <http://www.bancomundial.org/es/country/guatemala/overview>.

Figura 25. **Situación de pobreza a nivel de país y por área de residencia, según ENCOVI 2011**



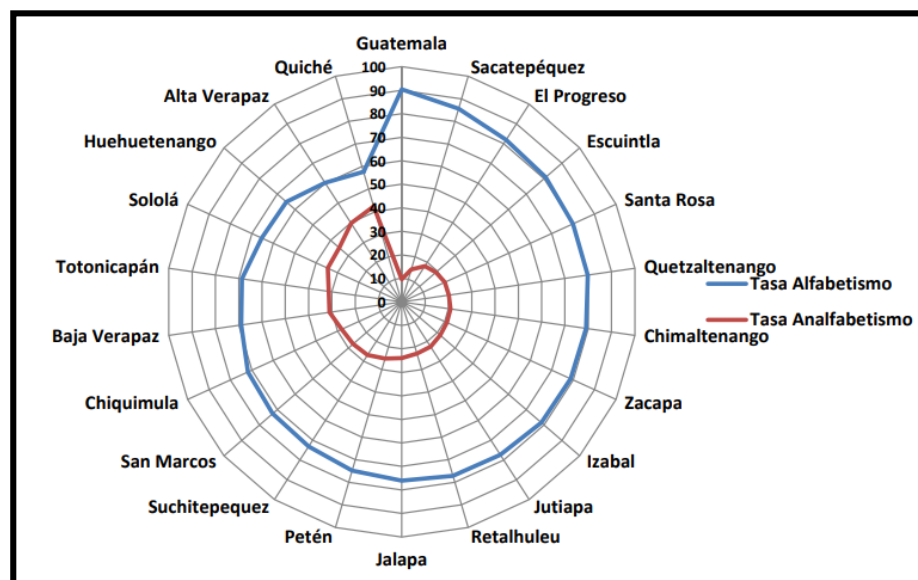
Fuente: Organización Panamericana de la Salud, con datos de ENCONVI 2011.

El estudio Evaluación de la Pobreza en Guatemala del Banco Mundial señala que el país fue capaz de reducir la pobreza de un 56 al 51 por ciento entre 2000 y 2006. No obstante, cifras oficiales de 2014 indican que la pobreza subió posteriormente a un 60%. Del total de personas que viven en pobreza en el país, un 52 por ciento son indígenas. Según la ENCOVI 2011, en Guatemala el 76.5% de la población mayor de 15 años sabe leer y escribir, se observa en términos generales que las personas no indígenas, registran porcentajes más altos de alfabetismo y los hombres registran mayor alfabetización que las mujeres³.

³ MSPAS. Análisis de situación epidemiológica de las enfermedades no transmisibles. p. 11.

La tasa de desempleo en población de 15 años y más en el periodo 2002-2012 ha tenido un leve descenso en general, en Guatemala el desempleo es mayor en las mujeres y especialmente en el área urbana. En 2012, la tasa de desempleo abierto es de 2.9%. Destaca el área urbana metropolitana que presenta la mayor tasa desempleo, duplicando la observada a nivel nacional. La menor tasa de desempleo se registró en el área rural⁴.

Figura 26. **Tasa de analfabetismo y alfabetismo, en mayores de 15 años, según departamento de Guatemala.**



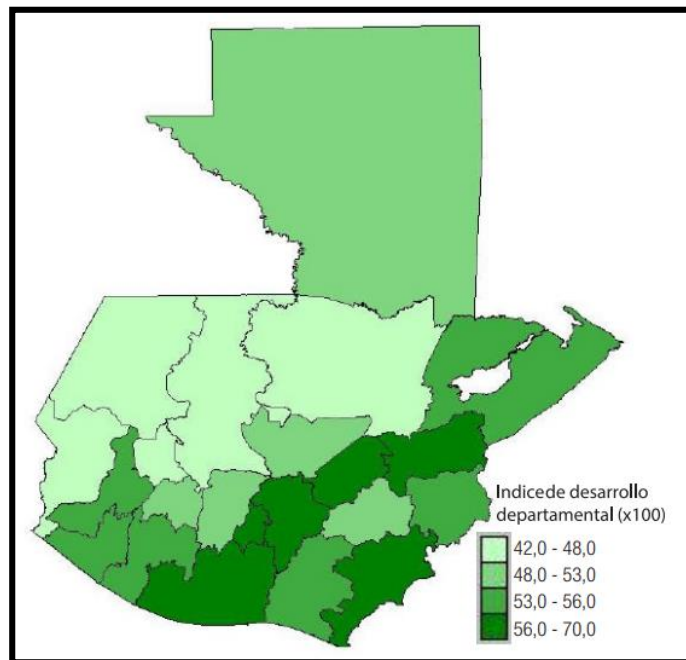
Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Consulta: octubre 2017.

⁴ MSPAS. Análisis de situación epidemiológica de las enfermedades no transmisibles. p.11.

A partir del análisis de los distintos estudios, el INE publicó un documento para la caracterización del desarrollo de los 22 departamentos sobre la base de índices e indicadores normalizados sobre los temas de población, educación condiciones de la vivienda, trabajo, pobreza y salud. El índice de desarrollo para cada departamento expone a los departamentos de Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango San Marcos y Totonicapán con los valores inferiores de índice de desarrollo. Los departamentos de Sololá, Chimaltenango, Baja Verapaz, Petén y Jalapa, ubicados en la siguiente categoría, como se muestra en el mapa de la figura 27⁵.

Figura 27. **Índice de desarrollo departamental**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Consulta: octubre 2017.

⁵ Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p.17.

La mayoría de los departamentos ubicados en las categorías más bajas de desarrollo, aquellos que tienen población mayoritariamente rural y en donde la proporción de población indígena es alta.

3.2. Salud de la población guatemalteca con escasos recursos

3.2.1. Servicio y financiamiento de la salud

La organización y prestación de servicios de salud constituyen uno de los determinantes sociales de salud de la población, y representa un factor clave en el mejoramiento de las condiciones de vida de una comunidad.

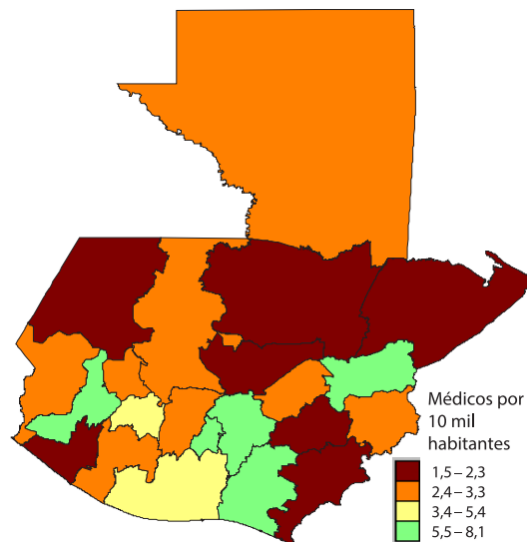
Numerosos estudios han demostrado que las desigualdades en la atención de salud constituyen una inequidad, y un importante obstáculo al desarrollo social y de vida de la población.

El análisis de los datos de la disponibilidad de salud en Guatemala, muestra que a nivel nacional en el 2007 se disponía de 2,4 médicos por cada 10.000 habitantes y en 2012 se alcanzó una razón de 4,2 médicos por diez mil habitantes como promedio nacional, dando así un gran avance para la sociedad. Sin embargo, esta razón es desproporcional en los 22 departamentos, en donde existen de 1,5 a 8,1 médicos por 10.000 habitantes, con una concentración mayor en departamentos con mayor urbanización, y una menor concentración en los departamentos más pobres y rurales del norte y occidente del país⁶.

⁶ Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p.17.

El análisis de los datos de esos contrastes en términos de la desigualdad de los recursos humanos relacionados con la pobreza, y tomando en cuenta el tamaño de la población departamental en pobreza muestra que el departamento con más ventaja tiene 5,4 veces más recurso (8,1 médicos por 10.000 habitantes), que el departamento con mayor desventaja (mayor pobreza), con solamente 1,5 médicos por 10.000 habitantes⁷.

Figura 28. **Razón de médicos por 10 000 habitantes, según departamento. Año 2012**



Fuente: ARGIS.ENCONVI 2012/ Serie de indicadores básicos de salud MSPAS 2007-2012.

Consulta: octubre 2017.

⁷ Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p.17.

En cuanto a los recursos físicos para la atención de la salud, de acuerdo con los datos publicados en los indicadores básicos de salud de 2007 a 2012, hubo un crecimiento mínimo en el número de establecimientos para la atención ambulatoria¹.

Ese incremento ha ocurrido en el 2010 y el 2011. Mientras tanto, el conteo de camas en los centros de atención con internación ha estado prácticamente sin movimiento durante el período⁸.

La distribución de establecimientos de salud en el país demuestra que la mayor parte de los servicios del primer y segundo nivel están concentrados en las áreas urbanas con menor índice de pobreza.

En los municipios con menor índice de pobreza, se concentra la mayor cantidad de infraestructura física de servicios de salud, perteneciente al MSPAS, además de ser áreas principalmente urbanas. En contraste, los municipios con mayor índice de pobreza entre 27,6% y 65% se observa una ausencia marcada de servicios de salud. Cabe destacar que estos municipios son los de más difícil acceso geográfico, de mayor ruralidad y cuentan con la mayor cantidad de población indígena⁸.

Se reconoce que el uso de los servicios depende de una serie de factores más allá de la disponibilidad y asequibilidad de estos, está claro que éstos son factores clave para la promoción y cuidados de la salud de la población.

⁸ Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p. 29.

La distribución de los recursos y servicios de salud ha de tomar en cuenta aquellos territorios en donde la población es más pobre, residente en áreas rurales, en donde las viviendas se encuentran dispersas y deben recorrer distancias largas y/o con terrenos de características que hacen muy difícil y oneroso en esfuerzo y tiempo para alcanzar los centros de atención y promoción. Finalmente, y no menos importante, está el financiamiento de la salud⁹.

En el año 2012, el financiamiento de la salud en Guatemala representó el 7% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, resultando ser el más bajo de la región de las Américas, y uno de los más bajos a nivel mundial. La cantidad absoluta de dinero asignado a salud, tiene un incremento conforme avanzan los años hasta llegar a cerca de 4,5 millones de quetzales en 2013. Sin embargo, cuando esta cantidad se compara respecto al PIB, no se observan cambios sustanciales, pues representan constantemente cerca del 1% del PIB⁹.

En realidad, el gasto en salud de la población guatemalteca proviene del gasto directo de los hogares, y una parte de la población también es beneficiaria del sistema de seguridad social, en donde menos de un tercio de la población guatemalteca está cubierta por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)⁹.

De acuerdo con la publicación del Banco de Guatemala, cuando se categorizan los gastos de consumo de los hogares por finalidades, a nivel de promedio nacional, en el año 2011, el gasto en aspectos de salud (productos, artefactos y equipo médico, servicios para pacientes, servicios hospitalarios), representa el 4% del gasto del hogar. El mayor porcentaje del gasto (41%) se destina a gastos de alimentación⁹.

⁹ Organización Panamericana de la Salud / Organización mundial de la salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p. 29.

Esta cifra promedio esconde un amplio espectro de valores reales asociados al nivel de ingresos y estado socioeconómico de los hogares, aunado a los índices de precios de bienes y servicios asociados a otros factores como distancias de los polos de comercio, desarrollo, ruralidad, etc. En los hogares pobres, rurales y alejados, en donde la prioridad del gasto se va a alimentación y vivienda, la cantidad de dinero disponible para atender los temas relacionados con la recuperación o la protección de la salud es inferior, a la que tienen aquellos hogares en mejor situación económica.

La probabilidad de que un hogar disponga de un seguro de salud es mayor en los hogares con mejor acceso a un empleo fijo, con empleos mejor remunerados, o aquellos situados en asentamientos urbanos desarrollados.

3.2.2. Amenaza de las enfermedades crónicas

A través de los años se ha dado una transición epidemiológica, y se refiere a los cambios a largo plazo en los patrones de muerte, enfermedad e invalidez que caracteriza a una población específica y que se presentan junto con transformaciones demográficas, sociales y económicas, centrado en la evolución del perfil predominante de mortalidad y morbilidad. En Guatemala existe un desplazamiento lento de la mayor carga de morbilidad desde los grupos más jóvenes a los grupos de edad avanzada, lo que resulta en la conveniencia entre las enfermedades infecciosas. Sin embargo, como causa de muerte, las enfermedades infecciosas han sido desplazadas por las enfermedades no transmisibles.

La disminución de las enfermedades infecciosas y parasitarias ha sido sustancial y ha ido acompañada de un incremento rápido, de las enfermedades crónicas. Las enfermedades no transmisibles (ENT), amenazan el alcance de uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), de las Naciones Unidas (Reducción de pobreza), debido a que los altos costos de las ENT conducen a la pobreza de la población.

Figura 29. **Relación de mortalidad enfermedades no transmisibles/enfermedades transmisibles**

años	Lesiones de causa externa	Enf. no transmisibles	Enfermedades transmisibles	Razón
2008	95	170	100	1,71
2009	91	168	86	1,95
2010	98	190	108	1,76
2011	83	143	79	1,80
2012	82	145	78	1,85
2013	84	187	81	2,31

Fuente: Instituto Nacional de Estadística/ cálculo CNE.

El rápido aumento de las enfermedades será un obstáculo para las iniciativas de reducción de la pobreza en los países de ingresos bajos, en particular porque los gastos familiares por atención de salud aumentan. En muchos países, el uso nocivo de alcohol y el consumo de alimentos malsanos se da tanto en los grupos de ingreso alto como en los de ingreso bajo. Sin embargo, las personas vulnerables y socialmente desfavorecidas enferman más y mueren antes que las personas de posición económica alta, sobre todo porque tienen un acceso limitado a los servicios de salud y la alimentación a la que se ven expuestos es deficiente o poco saludable¹⁰.

¹⁰ MSPAS. Análisis de situación epidemiológica de las enfermedades no transmisibles. p.15.

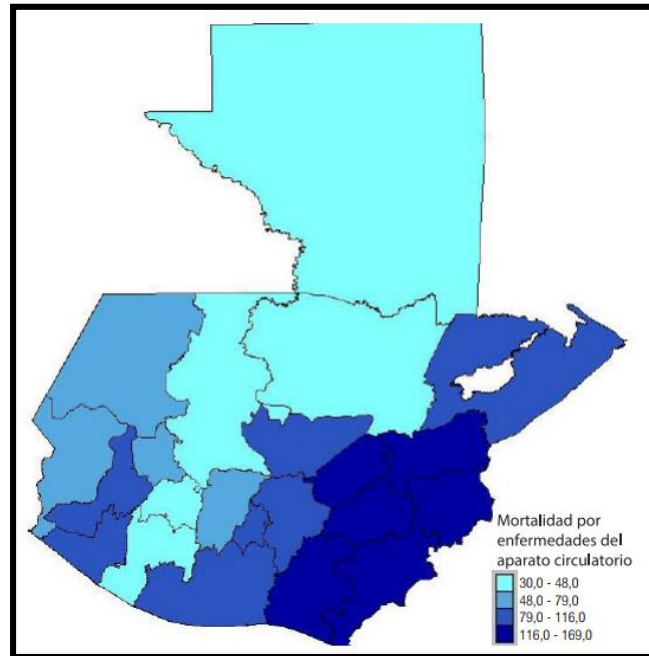
Los costos de la atención en salud para las enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y las enfermedades pulmonares crónicas pueden agotar rápidamente los recursos de las familias y llevarlas a la pobreza. Las muertes por enfermedades no transmisibles y por causas externas, a nivel de país han aumentado considerablemente. Estos grupos de enfermedades requieren tratamientos más costosos y complejos que las enfermedades transmisibles; requiriendo las ENT de la participación multisectorial de tratamientos prolongados¹⁰.

3.3. Tasa de personas con problemas cardíacos y respiratorios en Guatemala

Entre las enfermedades crónicas que está causando preocupación a nivel mundial, en particular en países en transmisión epidemiológica son las enfermedades del sistema circulatorio, diabetes e hipertensión arterial. En la publicación de los indicadores básicos de Guatemala, en el año 2012 se encuentra la mortalidad específica por enfermedades del aparato circulatorio y diabetes. En el mapa de la figura 30 se muestra la distribución por departamentos de mortalidad debidas a enfermedades del aparato circulatorio por cada 100 mil habitantes¹¹.

¹¹ Organización Panamericana de la Salud / Organización mundial de la salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. p. 15.

Figura 30. **Distribución geográfica de mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud con datos de indicadores básicos 2012.

El mapa muestra mayores porcentajes de mortalidad en la región sur-oriental y central, en los departamentos de Quetzaltenango y Retalhuleu. La distribución geográfica coincide con la distribución territorial de indicadores sociales como de pobreza y desarrollo departamental, que fue mencionado en el inciso 3.1.

Se realizaron análisis y se determinó una tendencia a mayor mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio en los departamentos con menores niveles de pobreza. Las personas que viven en los departamentos de Zacapa, Jutiapa, El Progreso, Chiquimula y Jalapa, tienen el doble de probabilidad de que la causa de muerte sea por algún padecimiento cardiovascular, que los guatemaltecos que habitan el resto del territorio¹.

La tasa de mortalidad a nivel de la República por enfermedades cardiovasculares, entre el 2005 y 2013, se incrementó del 69.1 a 79.3 por cada 100 mil habitantes, según el estudio. En este sentido, los ataques cardíacos, derrames cerebrales, la insuficiencia cardíaca (causados por la incapacidad del corazón de bombear sangre en los volúmenes adecuados), y la hipertensión arterial son las causas que provocan la defunción de guatemaltecos. De estos datos, el 50 % de las personas fallecidas por hipertensión arterial en el 2013 presentaron baja o nula escolaridad, como consecuencia de ello, los empleos de este porcentaje de población están inclinados hacia trabajos independientes de bajo ingreso económico, siendo esta la causa principal de la falta de atención, escasa realización de exámenes y análisis médicos y tratamiento de estas enfermedades. En cuanto a las infecciones respiratorias su comportamiento es diferente, en el 2005 ocupaban el 20% como causa de muerte general y para el 2012 se reduce el porcentaje al 13%¹².

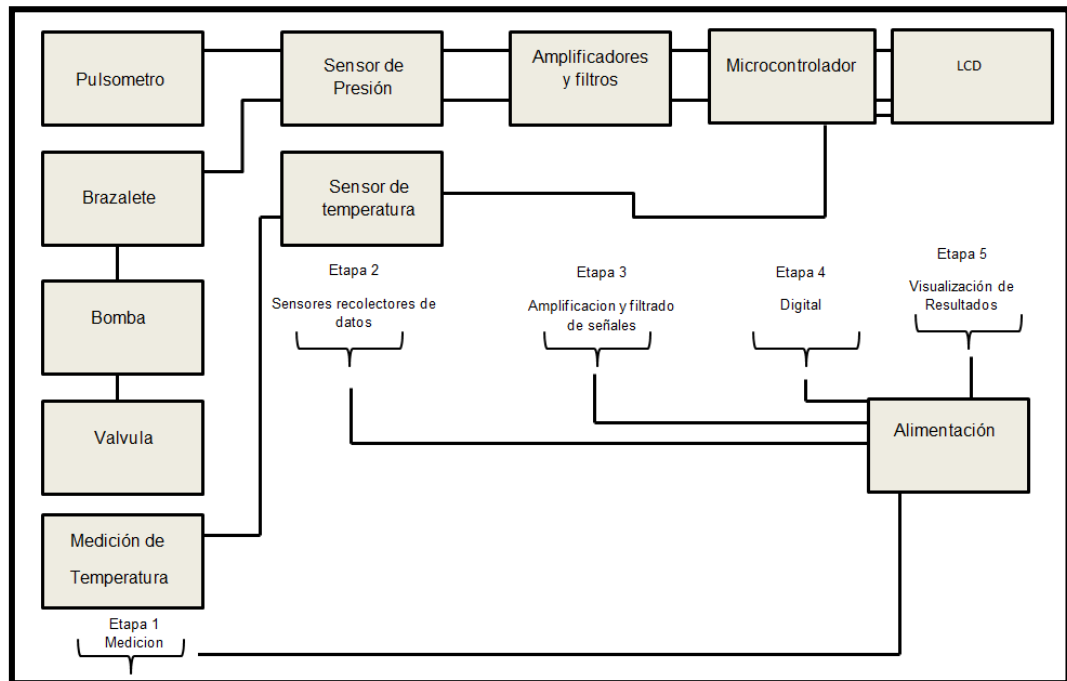
¹² MSPAS. Análisis de situación epidemiológica de las enfermedades no transmisibles. p.14.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL SISTEMA

4.1. Diagrama de bloques del diseño

Se realizó un diagrama de bloques que permite la representación gráfica del funcionamiento interno del sistema, y define el orden de todo el proceso del sistema.

Figura 31. Diagrama de bloques del diseño



Fuente: elaboración propia empleando Word 2013.

4.2. Descripción, funcionamiento y datos técnicos de los componentes para cada etapa en la construcción del aparato

El aparato se diseñó en 5 diferentes etapas, cada una de ellas cumple una función importante.

4.2.1. Etapa de medición

Se encarga de la colocación de los distintos medidores de parámetros en los pacientes, permite recolectar los valores de cada uno de los signos vitales. Se divide en tres sub etapas que son: pulsómetro, brazalete y medición de temperatura.

4.2.1.1. Pulsómetro

Cuando se habla de esta sub etapa se hace referencia a la medición del pulso por medio de sensores ópticos, como por ejemplo leds infrarrojos que son dispositivos opto electrónicos capaces de medir la radiación electromagnética infrarroja, de los cuerpos en su campo de visión.

Un pulsómetro o sensor óptico consta de tres partes fundamentales: un fotosensor, emisores de luz (fotodiodos o leds), y el algoritmo de procesamiento de datos. Al colocar el emisor de luz pegado al dedo índice, la mayor parte de luz es absorbida por la piel y otra pequeña porción de luz llega a los capilares del tejido subcutáneo, en los que la cantidad de sangre varía debido al ritmo cardiaco provocando que la luz reflejada varíe.

El sensor capta la luz reflejada, la amplifica y la modula a través de un microcontrolador hasta poder obtener el ritmo cardiaco.

Para el emisor de luz es importante tomar en cuenta distintos factores entre los que cabe mencionar: la intensidad de luz que pueda emitir el dispositivo, que sea constante y preferiblemente baja, para evitar calentamiento en los tejidos ya que esto ayuda a una mejor toma de datos. Comúnmente se trabajan con LEDES con longitudes de onda del rango del rojo (650 -750 nm), o IR (850 – 1000nm).

El dispositivo a utilizar es un infrarrojo (IR383), porque la sangre absorbe bien los IR mientras que el resto de los fluidos corporales no.

Figura 32. **IRB383**



Fuente: <http://www.censa.mx>.

Consulta: octubre 2017.

El IR383 tiene las características mostradas en la tabla V en sus valores máximos.

Tabla V. **Datos generales IR383**

Características	Símbolo	Rango	Unidad
Corriente directa	I_F	50	mA
Corriente directa de pulso	I_{FP}	600	mA
Voltaje inverso	V_R	5	V
Reducción de corriente directa	$\Delta I_F / ^\circ C$	-0.33	mA/ $^\circ C$
Rango temperatura operación	T_{op}	-25-85	$^\circ C$

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de TLN107A Datasheet (PDF) - Toshiba Semiconductor.

Por medio de la tabla V se pueden conocer los valores máximos a los cuales puede operar el dispositivo, cuenta también con características optoelectricas que permite conocer la intensidad máxima que puede llegar a radiar entre otras cosas, la tabla VI describe las características mencionadas con anterioridad.

Tabla VI. Datos específicos IR383

Características	Símbolo	Condición de prueba	Min	Typ	Max	Unit
Voltaje directo	V_F	$I_F=10mA$	1.0	1.15	1.3	V
Corriente inversa	I_R	$V_R=5V$	-----	-----	10	μA
Intensidad radiante	I_E	$I_F=20mA$	0.8	-----	-----	mW/sr
Potencia radiante	P_O	$I_F=20mA$	-----	2.5	-----	mW
Angulo de valor medio	$\theta \frac{1}{2}$	$I_F=20mA$	-----	± 1.5	-----	$^{\circ}$
Capacitancia	C_T	$V_R=0$ $f = 1MHz$	-----	30	-----	Pf
Longitud de onda	λP	$I_F=20mA$	-----	940	-----	nm
Ancho medio de línea espectral	$\Delta \lambda$	$I_F=20mA$	-----	50	-----	nm

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de TLN107A Datasheet (PDF) - Toshiba Semiconductor.

En la parte del receptor de luz la elección del fotodiodo es importante porque debe adecuarse al LED escogido, Este dispositivo es sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja, para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

Debido a su construcción, los fotodiodos se comportan como células fotovoltaicas, es decir, iluminados en ausencia de una fuente exterior de energía generan una corriente muy pequeña con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo. Se debe tener en cuenta la longitud de onda que absorbe la hemoglobina ya que el fotodiodo tendrá que ser lo más sensible que sea posible a ella, o de lo contrario no detectaría la luz transmitida por el emisor.

La absorción de la luz por la sangre arterial en un vaso pulsátil se produce de manera que cuando la hemoglobina no está oxigenada esta absorbe más luz roja (600-750 nm) y cuando el corazón emite un pulso, es decir que se oxigena la sangre, la absorción pasa a (850-1000) nm. El dispositivo a utilizar es un fotodiodo de silicio debido a que la longitud de onda cumple con las características como se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. **Longitudes de onda**

Material	Longitud de onda (nm)
Silicio	190-1100
Germanio	800-1900
Indio galio arsénico (InGaAs)	800-2600
Sulfuro de plomo	1000-3900

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de www.ingenieriaelectronica.org.

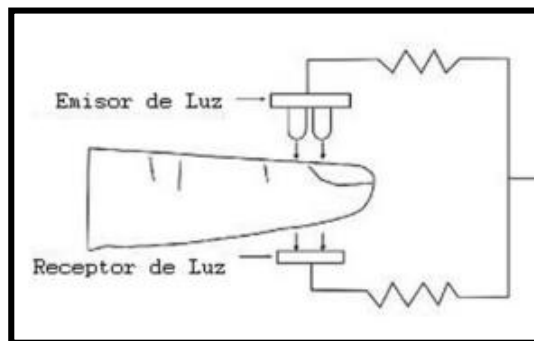
Las figuras 33 y 34 muestran el fotodiodo y cómo es que se debe colocar con el LED para llevar a cabo el funcionamiento del pulsómetro.

Figura 33. **Fotodiodo de silicio**



Fuente: www.ingenieriaelectronica.org.
Consulta: octubre 2017.

Figura 34. **Emisor - receptor**



Fuente: <http://www.kitelectronica.com/>.
Consulta: octubre 2017.

Brazalete con velcro

- Tamaño adulto: 54.5 x 14.5 cm, 1 tubo, 2 tubos, doble tubo
- Tamaño adulto pequeño: 42 x 13cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño adulto extra grande: 70 x 15 cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño de muslo: 70 x 22 cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño de muslo: 100x26 cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño de niño: 35.5 x 10 cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño bebé: 23 x 7.55 cm, 1 tubo, 2 tubos
- Tamaño recién nacido: 15.5 x 5 cm, 1 tubo 2 tubos

4.2.1.3. Micro bomba (Mini compresor)

La tercera sub etapa consiste en una bomba, que es un tipo de máquina de fluido de desplazamiento diseñada para trabajar con aire. Cuando la máquina es accionada por un motor suele llamarse compresor. Es importante destacar que esta sub etapa va ligada a la segunda, porque la bomba es la encargada de inflar el brazalete de forma automática, manteniendo un flujo constante de entrada de aire. La bomba o compresor a utilizar será fabricada debido a que se busca optimizar gastos y elaborar el dispositivo disminuye ese gasto al 40%. Para la realización de la bomba se necesita los siguientes materiales:

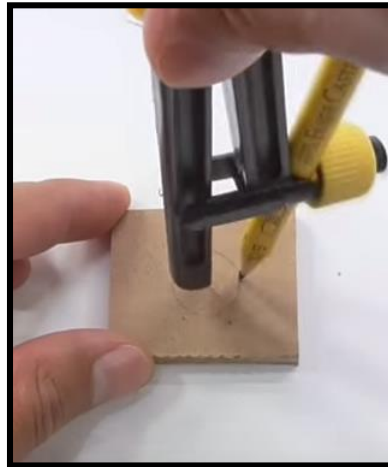
- 1 trozo de madera
- Foamy
- Pegamento
- Paliglobo
- 1 vaso desechable transparente
- 2 trozos de caucho
- 1 tubo de 21 mm

- 1 manguera para pecera
- 1 motor de 5 voltios con su polea
- 1 pequeño clavo

Los siguientes pasos explican la forma de poder elaborar la bomba (mini compresor).

Paso 1: tomar el trozo de madera y con la ayuda de un compás dibujar una circunferencia, como se muestra en la figura 36 luego proceder a cortarlo.

Figura 36. **Realización de micro bomba paso 1**

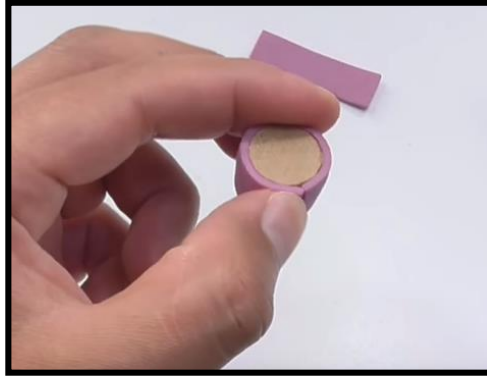


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 2: Cortar un trozo de foamy y pegarlo en el borde de la circunferencia como se muestra en la figura 37.

Figura 37. **Realización de micro bomba paso 2**



Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 3: Cortar a la mitad el paliglobo y pegarlo en el centro de la circunferencia, para abrirle un pequeño agujero al trozo de madera como se muestra en la figura 38.

Figura 38. **Realización de micro bomba paso 3**

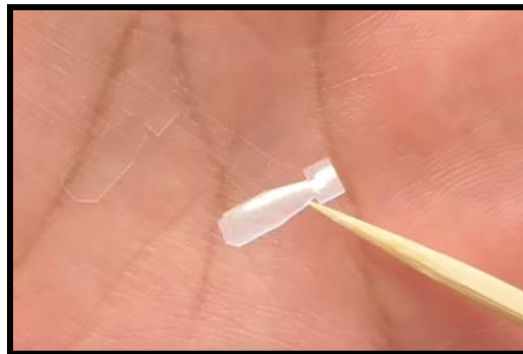


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 4: Cortar un pequeño pedazo del vaso transparente y proceder a realizar las siguientes formas como se muestra en la figura 39.

Figura 39. **Realización de micro bomba paso 4**

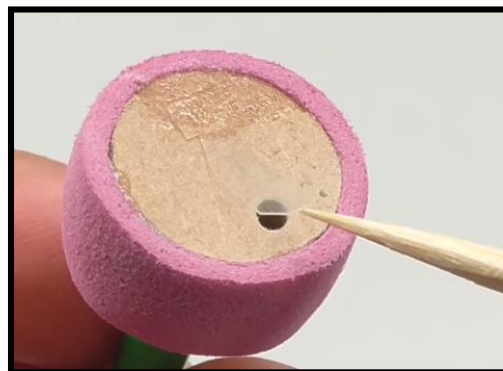


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 5: Pegar la forma realizada en el paso 4 sobre el trozo de madera dejando libre el agujero como se muestra en la figura 40.

Figura 40. **Realización de micro bomba paso 5**

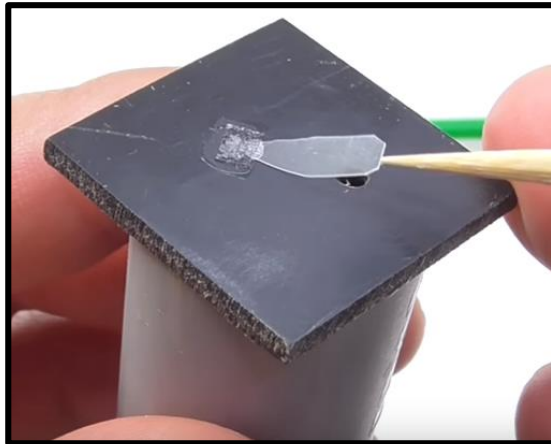


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 6: En el trozo de caucho abrir un pequeño agujero igual al del paso 3, pegarle la figura cortada del paso 4, para después pegar el caucho sobre el tubo de 21mm como se muestra en la figura 41.

Figura 41. **Realización de micro bomba paso 6**

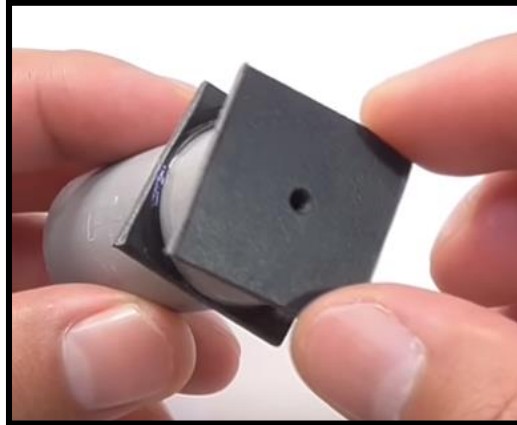


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 7: Colocar encima del caucho un pequeño pedazo del tubo, después otro pedazo de caucho con un agujero al centro como se muestra en la figura 42.

Figura 42. **Realización de micro bomba paso 7**



Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 8: Pegar la manguera de pecera en el agujero del caucho, para poder colocar el trozo de madera con el paliglobo en el agujero del tubo, como se muestra en la figura 43.

Figura 43. **Realización de microbomba paso 8**

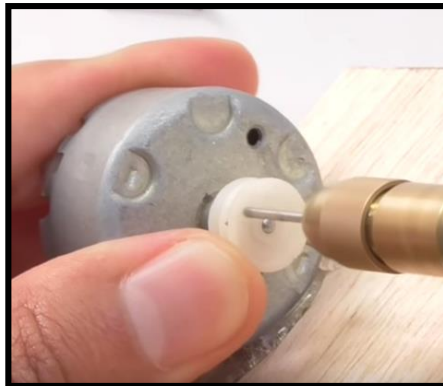


Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 9: Abrir un agujero en la polea del motor DC al igual que en el paliglobo (ver figura 44 y 45).

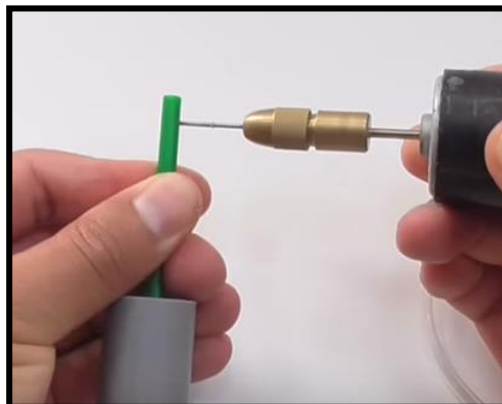
Figura 44. **Realización de microbomba paso 9**



Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Figura 45. **Realización de microbomba paso 9**



Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

Paso 10: Insertar el pequeño clavo entre el agujero del paliglobo y el de la polea del motor DC.

Figura 46. **Realización de microbomba paso 10**



Fuente: www.youtube.com/watch?v=DoSvLRGGi4I.

Consulta: octubre 2017.

4.2.1.4. Electroválvula

La cuarta sub-etapa recibe este nombre debido a que está conformada por una válvula que está diseñada para poder controlar el caudal de un fluido a través de uno o varios conductos, como por ejemplo una tubería. Consta de 2 partes fundamentales las cuales son el solenoide y la válvula. La función del solenoide es poder convertir la energía eléctrica en energía mecánica, y así de esa forma poder activar la válvula. La función principal de la válvula es el desinflado del brazalete de una forma controlada a través del micro controlador, es importante destacar que esta sub etapa va ligada a la tercera, porque al estar inflado el brazalete la válvula entra en ejecución.

Existen diferentes clases de electroválvulas, entre las cuales cabe mencionar

4.2.1.5. Electroválvula sencilla

Este tipo de dispositivo también conocida como electroválvula de tipo directo pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas, esto quiere decir que cuando falla la alimentación quedan cerradas, pero también pueden ser del tipo abiertas o normalmente abiertas que es el caso contrario a las cerradas al momento de no tener alimentación. Para el primer caso la válvula permanece cerrada por un resorte hasta que el solenoide la abre venciendo la fuerza.

4.2.1.6. Electroválvula asistida

Este tipo de electroválvula es diferente a la sencilla debido a que el solenoide no controla la válvula directamente, si no que controla una válvula piloto secundaria y la energía para la válvula principal la entrega la presión del fluido.

4.2.1.7. Electroválvula de tres vías

Este tipo de electroválvula es muy diferente a las mencionadas anteriormente, debido a que está en vez de abrir y cerrar lo que hace es conmutar la entrada entre dos salidas en una válvula de tres vías.

La electroválvula a utilizar es la sencilla, que esta permite accionar la válvula por medio del solenoide que se podrá controlar por medio de pulsos de tensión desde el microcontrolador.

El dispositivo cuenta con las siguientes características:

- Marca KLQD
- Modo de funcionamiento
De control directo
- Temperatura
Min: -5 °C
Max: 80 °C
- Medio
Aire, gas, agua
- Presión
Min: 0 psi
Max: 116 psi
- Alimentación
5 voltios dc

Figura 47. **Electroválvula**



Fuente: www.ferreteriapetapaweb.com.

Consulta: noviembre 2017.

4.2.1.8. Medición de temperatura

La quinta sub etapa llamada medición de temperatura consiste en el instrumento que se utilizará para la toma de datos. El instrumento a utilizar es una termocupla que es un sensor de temperatura, que se compone de dos alambres de distinto material unidos en un extremo que al aplicar temperatura en la unión de los metales, se genera un voltaje bastante pequeño y va aumentando por la temperatura.

Existe una gran cantidad de tipos de termocuplas y se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. Tipos de termocupla

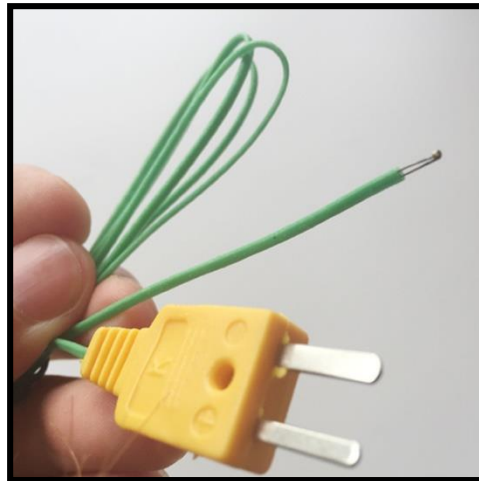
TC	Cable +Aleación	Cable-Aleación	°C	Rango (Min-Max) mv
J	Hierro	Cobre/Níquel	(-180,750)	42.2
K	Níquel/Cromo	Níquel/Aluminio	(-180 , 1372)	54.8
T	Cobre	Cobre/Níquel	(-250 , 400)	20.8
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0 , 1820)	13.814

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de Arial control / instrumentación (PDF).

La gráfica entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal, es deber del instrumento encargado de mostrar la lectura, realizar la linealización, es decir tomar el voltaje y por medio del tipo de termocupla, observar las tablas características y de esa forma saber a qué temperatura corresponde el voltaje.

La termocupla a utilizar es la más común debido a que la aplicación no es industrial como en otros casos.

Figura 48. **Termocupla**



Fuente: www.ferreteriaetapaweb.com.

Consulta: noviembre 2017.

4.2.2. Etapa de sensores recolectores de datos

La etapa de sensores recolectores de datos es la encargada de tomar los valores provenientes de la etapa de medición. La función principal de los sensores es poder medir el valor tomado, para convertirlo en voltaje y de esa forma encontrar una relación entre el valor tomado y el voltaje. Esta etapa se divide en 2 sensores que son:

4.2.2.1. Sensor de presión

El sensor de presión es un dispositivo electrónico que obtiene los datos del caudal de aire que penetran en su válvula. Su función principal es traducir los diferentes valores de presión por medio de señales eléctricas.

El sensor a utilizar es un MPX5050DP, es un dispositivo que combina avanzadas técnicas de micro máquinas y procesos bipolares, bajo un nivel de señal analógica de salida que es proporcional a la aplicación de la presión, además de ser económico y estar en el rango de la presión que se requiere.

Las características principales del sensor se resumen en la tabla IX.

Tabla IX. Características sensor de presión

Atributos de producto	Características
Fabricante	NXP
Presión de trabajo	7.25 psi
Tipo de presión	Diferencial
Exactitud	2.5%
Estilo de montaje	Through hole
Tipo de puerto	Dual Radial Barbed
Paquete /Cubierta	Unibody – 6pin
Voltaje de alimentación	5 V
Temperatura mínima	-40 °C
Temperatura máxima	+ 125 °C
Voltaje de salida	4.7 V
Serie	MPX5050DP
Marca	NXP/Freescale
Tamaño del puerto	4.93mm
Corriente operativa	7mA
Voltaje de alimentación máximo	5.25 V
Voltaje de alimentación mínimo	4.75 V
Peso	5.241 g

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de www.mouser.com.gt.

El MPX5050DP se utilizará para la toma de datos de la presión arterial en el brazalete, porque el pulsómetro es independiente al sensor de presión y pasa directo a la etapa 3 del proyecto.

Figura 49. **MPX5050DP**



Fuente: www.uk.farnell.com.

Consulta: noviembre 2017.

4.2.2.2. Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman la temperatura en señales eléctricas que son procesadas por equipo electrónico. Existen distintos tipos de sensores de temperatura entre ellos cabe mencionar el LM35 y el LM335 con sus características generales.

Características LM335

- Directamente calibrado en grados kelvin
- Exactitud inicial de 1 °C (± 0.5 °C con calibración)
- Salida de 10 mV/°K
- Impedancia dinámica menor a 1 Ω
- Polarizado por corriente, opera desde 450 μ A a 5mA
- Temperatura de operación: 233.15 K a 373.15 K (-40 °C a ± 100 °C)
- Encapsulado TO-92

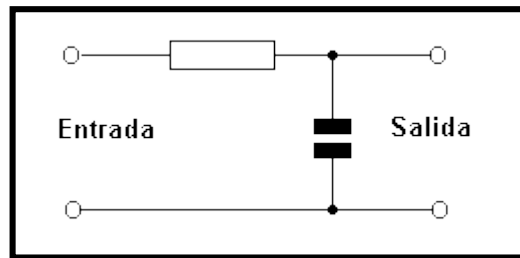
Características LM35

- Directamente calibrado en grados Celsius
 - La tensión de salida es proporcional a la temperatura
 - Tiene una precisión garantizada de 0.5 °C a 25 °C
 - Baja impedancia de salida
 - Baja corriente de alimentación (60 μ A)
 - Baja costo

Tomando en cuenta las características de cada dispositivo el más conveniente a utilizar es el LM35, debido a que no requiere ninguna calibración externa o recorte para proporcionar la precisión de $\pm 1/4$ °C a temperatura ambiente y $\pm 3/4$ °C en un rango de temperatura de -55 °C a 150 °C, y está directamente calibrado en Celsius y el costo es más bajo.

Existen 2 clasificaciones de filtros los pasivos y los activos, un filtro pasivo es un circuito que está compuesto por resistencias, bobinas y capacitores cuya función principal es dividir el sonido en varias bandas de frecuencia.

Figura 51. **Filtro pasivo**

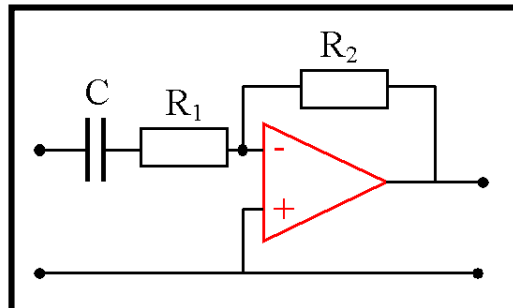


Fuente: www.hispavila.com.

Consulta: diciembre 2017.

Un filtro activo es aquel que está conformado por elementos activos, un tubo vacío, un transistor o un amplificador operacional, pueden llegar a presentar ganancias totales o en parte de la señal de salida con respecto a su señal de entrada, estos filtros pueden ser acompañados de elementos pasivos y se pueden dividir en bastantes etapas, con el fin de obtener resonancia y elevar el factor Q.

Figura 52. **Filtro activo**



Fuente: www.electronia.wordpress.com.

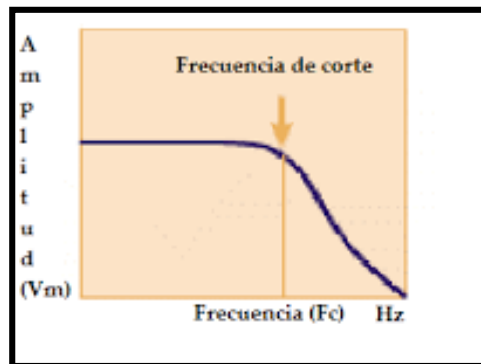
Consulta: diciembre 2017.

Entre las 2 clasificaciones de filtros existen 4 tipos de filtros: filtro pasa bajas, filtro pasa altos, filtro pasa banda y filtro rechaza banda.

4.2.3.1. Filtro pasa bajas

Un filtro pasa bajas es un circuito electrónico que se caracteriza por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las más altas. El filtro deja pasar todas las frecuencias desde 0 Hz hasta el límite dado por la frecuencia de corte. Este término de frecuencia de corte significa que es el nivel por arriba o por debajo que permite el filtro a la salida del circuito. La figura 53 muestra el comportamiento de la gráfica del filtro pasa bajas.

Figura 53. Gráfica filtro pasa bajas



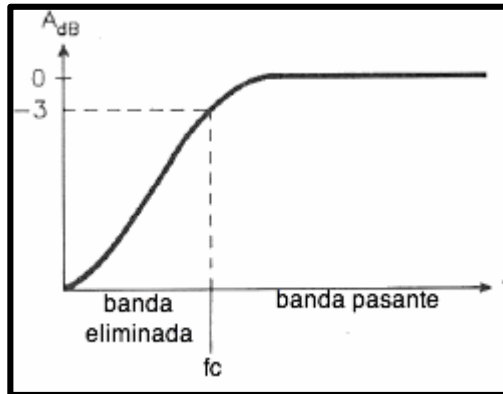
Fuente: www.solarlightmexico.com.

Consulta: diciembre 2017.

4.2.3.2. Filtro pasa alto

Un filtro pasa alto es un circuito electrónico encargado de permitir el paso de las frecuencias altas y atenuar las frecuencias bajas, la frecuencia de corte y la pendiente de la gráfica del filtro dependerá, de la aplicación y los valores con el que se construya el circuito. La figura 54 muestra el comportamiento de la gráfica del filtro pasa altos

Figura 54. **Gráfica filtro pasa altos**



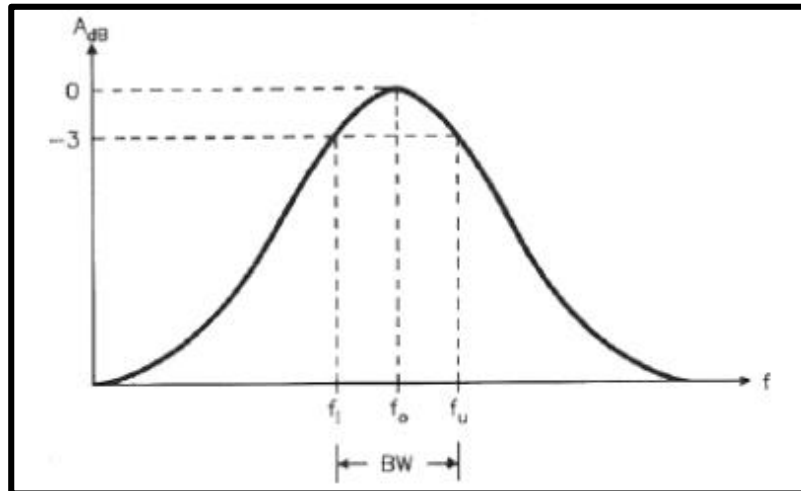
Fuente: www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu.

Consulta: diciembre 2017.

4.2.3.3. **Filtro pasa banda**

El filtro pasa banda es un circuito electrónico cuya función principal es dejar pasar un margen de frecuencias, es por esa razón que se tendrán dos frecuencias de corte, la inferior y la superior atenuando todas las frecuencias que no se encuentren en el rango de las dos frecuencias de corte. Está caracterizada por tres parámetros, la frecuencia de corte, la ganancia y el factor Q relacionado con la anchura de la banda, y la anchura de banda definida como el rango de frecuencias entre los dos puntos de corte. La figura 55 muestra el comportamiento de la gráfica y las dos frecuencias de corte.

Figura 55. **Gráfica filtro pasa banda**



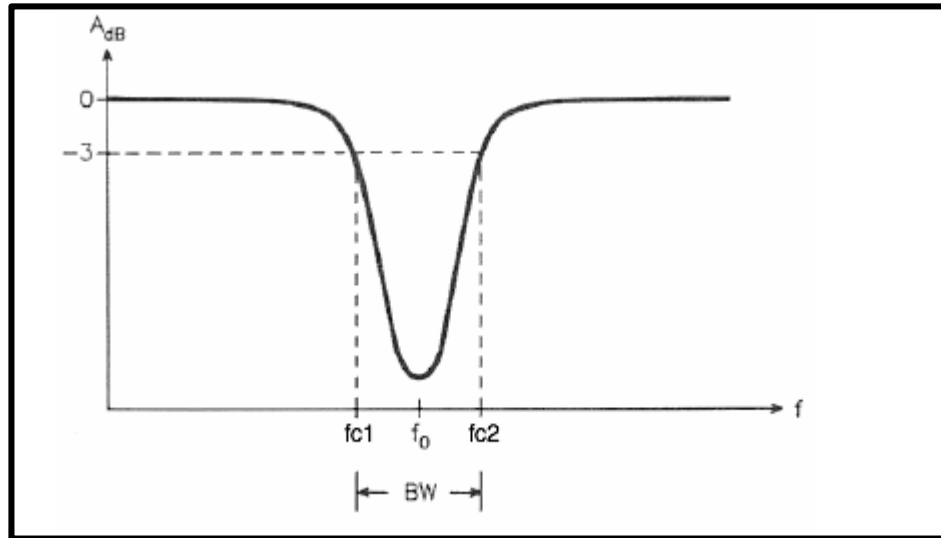
Fuente: www.electronicasi.com.

Consulta: diciembre 2017.

4.2.3.4. **Filtro pasa rechaza banda**

El filtro rechaza banda es un circuito electrónico que también cumple con 2 frecuencias de corte, pero a diferencia de la pasa banda este filtro atenúa (o rechaza), las frecuencias que se encuentren entre el intervalo de las 2 frecuencias de corte. Este filtro puede implementarse de diversas formas. Una de ellas consiste en dos filtros uno pasa bajas cuya frecuencia de corte será la inferior al rechaza banda, y el otro pasa altos que cumplirá la función de que la frecuencia de corte se la superior. La figura 56 muestra el comportamiento de la gráfica y las dos frecuencias de corte.

Figura 56. **Gráfica filtro rechaza banda**



Fuente: www.electronicasi.com.

Consulta: diciembre 2017.

El filtro a utilizar es la pasa banda, este filtro permitirá mantener un margen entre ambas frecuencias de corte, utiliza elementos pasivos y activos para obtener las frecuencias deseadas en el margen, un mejor factor Q y mejor ganancia, se toma en cuenta un filtro activo porque la señal es demasiado pequeña y se necesita amplificar, para eso se utilizarán amplificadores operacionales.

4.2.3.5. Amplificadores operacionales

Un amplificador operacional es un dispositivo amplificador de alta ganancia acoplado en corriente continua que está conformado por dos entradas y una salida.

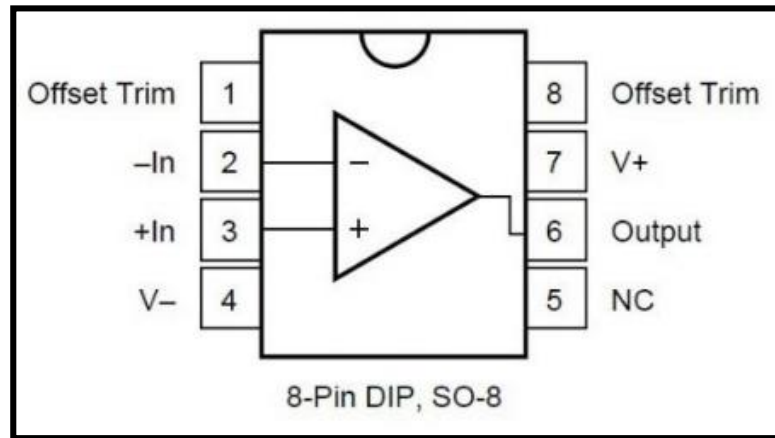
Su uso principal es para la amplificación de señales bastante pequeñas, y cumple otras funciones entre ellas cabe mencionar las siguientes: acondicionamiento de señales, acoplamiento de impedancias, circuitos osciladores, procesamiento lógico de señales entre otras.

El amplificador operacional cumple con ciertas características a nivel ideal, estas son:

- Infinita ganancia de lazo abierto
- Infinita resistencia de entrada
- 0 corriente de entrada
- Infinito rango de voltaje en la salida
- Infinito ancho de banda con desplazamiento de fase cero
- Resistencia de salida 0
- Ruido cero

El CI amplificador operacional está conformado de la siguiente forma:

Figura 57. **Amplificador operacional**



Fuente: www.electronicoscaldas.com.

Consulta: diciembre 2017.

El amplificador operacional tiene diferentes configuraciones que se pueden utilizar, depende de la aplicación y entre las más comunes están:

- Seguidor de voltaje o tensión
- Comparador
- Amplificador no inversor
- Sumador inversor
- Restador inversor
- Integrador
- Derivador

Existen diferentes tipos de amplificadores operacionales cada uno con características diferentes, ancho de banda, costo, corriente de consumo entre otros. Al tomar en cuenta las diferentes características que existen se seleccionó el dispositivo LM833, dado que sus características cumplen con los requisitos. A continuación, en la tabla X se muestra la comparación de algunos amplificadores operacionales que están actualmente en el mercado.

Tabla X. **Tipos de amplificadores operacionales**

Amplificador operacional	Corriente operativa (mA)	Voltaje operativo (V)	Ancho de banda (MHz)	Costo (Q)
LM324	30	3-32	0 -1	4
LM833	5	±30	0-15	3
LM741	1.7	±22	0-1.5	2,50

Fuente: elaboración propia, empleando datos recuperados de www.ti.com.

4.2.4. Etapa digital

La cuarta etapa llamada digital consta de un dispositivo electrónico llamado microcontrolador, que es el encargado de procesar las señales provenientes de los sensores para poder enviar la información y de esa forma, desplegarla de manera gráfica en la etapa de visualización de datos.

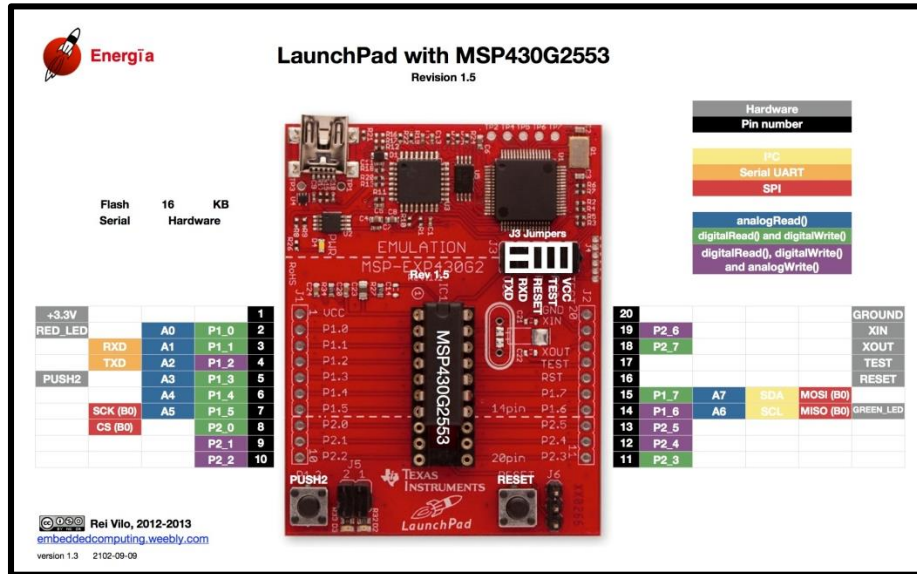
El microcontrolador es una parte fundamental, es el encargado de manejar el proceso de medición, el inflado y desinflado del brazalete, los valores de los sensores, el procesamiento de datos para convertir los datos en valores de presión, temperatura y pulsos por minuto.

El microcontrolador a utilizar en este proyecto será la MSP430G2553 fabricado por la compañía Texas *instrument*, se eligió este microcontrolador debido a que cuenta con características más acopladas a lo necesitado, además es más fácil obtenerla debido a que los microcontroladores pic en su gran mayoría ya son obsoletos. La MSP430G2553 consta de las siguientes características:

- Rango de voltaje de suministro bajo: 1.8 V a 3.6 V
- Consumo de energía de ultra trabajo
 - Modo activo: 230 μ A a 1 MHz, 2.2 V
 - Modo en espera: 0.5 μ A
 - Modo de apagado (retención de RAM): 0.1 μ A

- Arquitectura RISC de 16 bits, 62.5-ns Tiempo de ciclo de instrucción.
- Frecuencias internas de hasta 16 MHz con cuatro frecuencias calibradas.
- Oscilador interno de baja frecuencia (LF) de muy baja potencia
- Cristal de 32 kHz
- Dos Timer_A de 16 bits con tres registros de captura/comparación.
- 24 puertos de E/S habilitados para contacto capacitivo
- Interfaz de comunicación serial universal
- Conversor con referencia interna, muestra, espera y escaneo automático.
- Memoria flash de 16 KB
- Memoria RAM de 512 B

Figura 58. Microcontrolador MSP430G2553



Fuente: www.energia.nu.

Consulta: diciembre 2017.

4.2.5. Etapa de visualización

La quinta etapa conocida como visualización es la etapa encargada de mostrar los datos extraídos de los sensores. Los valores medidos de presión, ritmo cardiaco y temperatura se enviarán a una pantalla LCD, que mostrará el estado de cada uno de los parámetros y de esa forma conocer cómo se encuentra el paciente.

4.2.5.1. Pantalla LCD

Es una pantalla delgada y plana que dispone de un gel líquido cristalino que se intercala entre dos paneles de vidrio o plástico, de visualización formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

Este tipo de pantallas es más común y fácil de producir que las LED, además de ser más baratas, dado que las pantallas LCD fueron fabricadas primero, se han podido desarrollar de una mejor forma y son más fiables en algunos casos.

La pantalla a utilizar será la EL-1602A y cumple con las siguientes características:

- 16 caracteres x 2 líneas
- Caracteres de 5x8 puntos
- Tamaño de carácter: 5.23 x 3 mm
- Alfanumérico con hasta 8 caracteres creados por el usuario
- Backlight de LED color azul
- Caracteres color blanco
- Interfaz paralela, (opera en modo de 8 bits o 4 bits)
- Voltaje de alimentación de 5V

Figura 59. **Modulo LCD**



Fuente: www.electronicoscaldas.com.

Consulta: diciembre 2017.

4.2.5.2. Alimentación

La alimentación a pesar de no ser una etapa para la recolección y muestra de datos es bastante fundamental, debido a que por medio de ella se alimenta cada una de las etapas del proyecto. Es importante tomar en cuenta que cada una de las etapas está conformada por componentes y dispositivos que se alimentan con diferente voltaje, es por esta razón que se consideró el voltaje solicitado para los elementos mencionados con anterioridad.

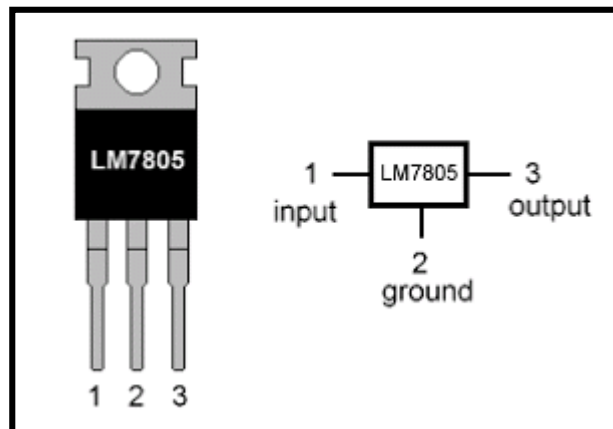
Actualmente en el mercado existen diferentes tipos de baterías entre ellas cabe mencionar: níquel cadmio, níquel hierro, alcalina, litio etc.

La batería de litio presenta características que favorecen el tiempo de ejecución del sistema, además de ser recargables por lo que genera menores gastos. Por esta razón se utilizará como fuente de alimentación para el proyecto.

4.2.5.3. Regulador de voltaje

Este componente como su nombre lo dice regulará el voltaje, es decir se encargará de aumentar o disminuir el voltaje a su salida respecto de su entrada, el proyecto se alimentará con baterías de 9 voltios para asegurar la portabilidad y no todas las etapas pueden operar con ese valor de voltaje. El encargado de la regulación del voltaje será el CI LM7805 que es capaz de llegar a tener valores de voltaje de 5 voltios o menores, depende de la señal de entrada y la configuración.

Figura 60. Regulador de voltaje LM7805



Fuente: www.tuelectronica.es.

Consulta: diciembre 2017.

5. DISEÑO DEL SISTEMA MULTIPARAMÉTRICO

5.1. Descripción general del capítulo

El siguiente capítulo explica la descripción electrónica de las etapas, la unificación de ellas, el funcionamiento del sistema y la lógica de programación para el microcontrolador.

5.2. Descripción electrónica del sistema

Comprende la explicación de las funciones específicas de cada una de las etapas divididas por parámetro, construidas por elementos electrónicos pasivos, activos, mecánicos y de programación.

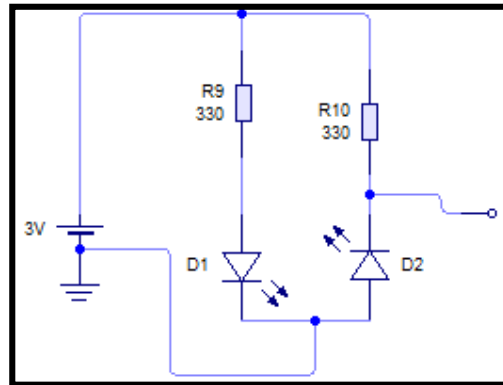
5.2.1. Descripción electrónica parámetro del ritmo cardiaco

La descripción electrónica del ritmo cardiaco se divide en sub etapas. El circuito para la medición del pulso cardiaco se dividirá en 5 secciones, y concluirá con la entrada al microcontrolador.

5.2.1.1. Recolector de datos

El recolector de datos es la primera sección para la medición del pulso, está conformado por el sensor IR acompañado de dos resistencias que evitan el paso total de la corriente hacia los dispositivos recolectores de datos (IR´S), el valor de las resistencias puede variar debido a que lo que se busca es cuidar el funcionamiento óptimo del dispositivo, con la condición de que la corriente que llegue al dispositivo sea la necesaria.

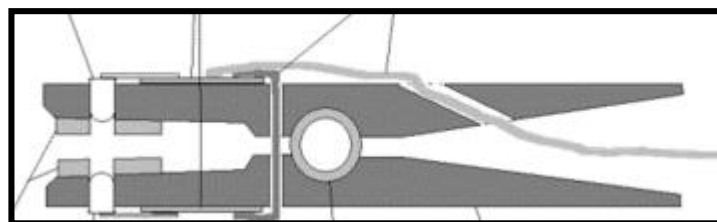
Figura 61. **Circuito recolector de datos**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

Para el diseño de la pinza recolectará de datos se sugiere utilizar un gancho plástico con el diodo infrarrojo y el fotodiodo en la parte interna, para que de esta forma pueda llegar la luz a los capilares del tejido subcutáneo en los que la cantidad de sangre varia, debido al ritmo cardiaco y provoca que la luz reflejada varié.

Figura 62. **Pinza recolectora de datos**



Fuente: www.tecnoclara.wikispaces.com.

Consulta: febrero 2018.

5.2.1.2. Amplificador y filtro pasa altos

La señal proveniente del circuito recolector de datos presenta niveles de voltaje muy bajos, y es requerida la etapa de amplificación, además de esto se presenta un filtrado para poder omitir el ruido (frecuencias no deseadas).

Para la amplificación de la señal se utilizará la configuración no inversora para el amplificador operacional LM833 acompañada del filtro pasa altos, el comportamiento de dicha amplificación se explica de la siguiente forma:

$$\frac{V_O}{V_I} = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (5.1)$$

Como se puede observar en la ecuación 5.1, la ganancia para la configuración no inversora depende solo de los valores de las resistencias R_1 y R_2 (ver figura 61), es por eso que se proponen los siguientes valores para las resistencias:

$$R_1 = 500\Omega \quad (5.2)$$

$$R_2 = 100K\Omega \quad (5.3)$$

Sustituyendo los valores de las resistencias en la ecuación 5.1 se presenta lo siguiente:

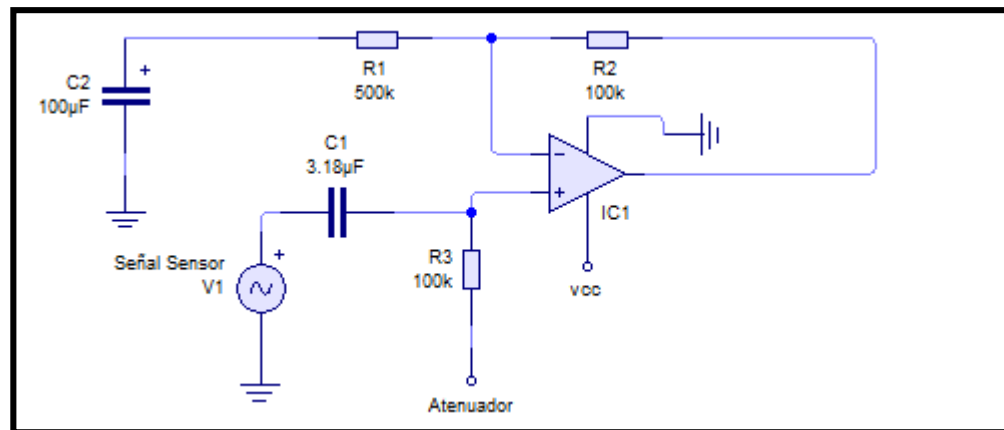
$$\frac{V_O}{V_I} = \frac{100k\Omega}{200\Omega} + 1 \quad (5.4)$$

$$\frac{V_O}{V_I} = 200 \quad (5.5)$$

El valor obtenido por la ecuación 5.5 es la ganancia de voltaje del amplificador, es importante mencionar que es adimensional, porque se habla de la cantidad de veces que se puede amplificar los datos provenientes de la etapa recolectora.

La señal que proviene del recolector de datos es filtrada para poder eliminar frecuencias no deseadas y obtener valores más exactos. Para esto se propone el diseño de un filtro pasa banda con frecuencia de corte, para el pasa bajas de 120Hz y de 0.5Hz para el pasa altas. El circuito consiste en un amplificador operacional con la configuración no inversora, acompañados de elementos pasivos que forman el filtro pasa altas.

Figura 63. **Circuito amplificación y filtro pasa altas**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

La figura 63 muestra el circuito que comprende la etapa de amplificación y filtro pasa altas, este filtro cumple con una función matemática característica que describe su frecuencia de corte como se puede ver en la ecuación 5.6

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1} \quad (5.6)$$

Es importante mencionar que se busca una frecuencia de 0.5Hz y se puede jugar con los valores de la resistencia o del capacitor, y para estos componentes existen ciertos valores comerciales estándares. Los valores propuestos para la ecuación 5.6 son los siguientes:

$$f_c = 0.5\text{Hz} \quad (5.7)$$

$$R_3 = 100\text{k}\Omega \quad (5.8)$$

Al tener los valores propuestos se puede despejar la variable que se desea conocer, al hacerlo se obtiene la siguiente ecuación:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi R_3 f_c} \quad (5.9)$$

Al sustituir los valores de la ecuación 5.5 y 5.6 se obtiene el siguiente valor

$$C_1 = \frac{1}{2\pi(100\text{k}\Omega)(0.5\text{Hz})} \quad (5.10)$$

$$C_1 = 3.18\mu\text{f} \quad (5.11)$$

El valor de la ecuación 5.11 permitirá que la frecuencia de corte del filtro pasa altas sea de 0.5Hz para tomar valores mayores a la F_c .

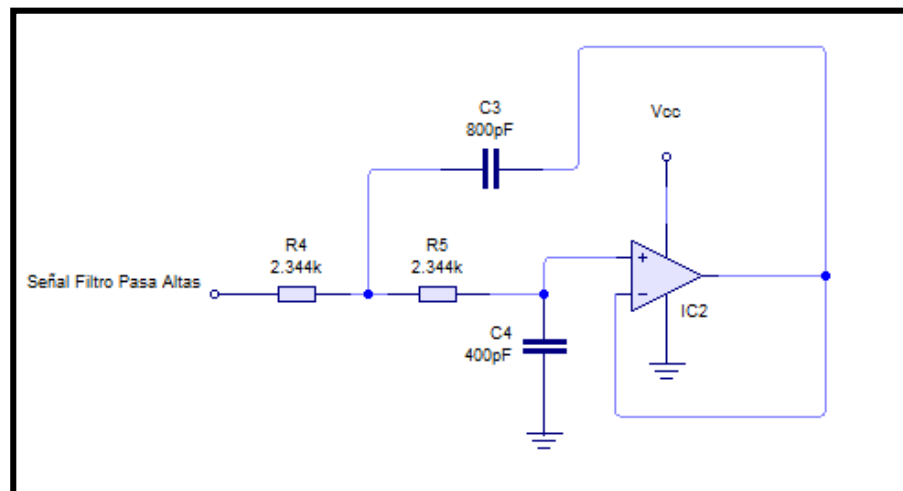
5.2.1.3. Filtro pasa bajas

Para el circuito pasa bajas se debe tomar en cuenta el siguiente procedimiento para el diseño:

- Definir una frecuencia de corte f_c
- Definir C, elegir un valor adecuado, comprendido entre 100 pf y 0.1 μ f
- Definir que $C_3=2C_4$
- Calcular el valor de R
- El valor de R es igual R_4 y R_5
- Calcular el valor de $R_f = 2R$

El diseño del filtro propone una caída de 40db y una resistencia R_f que permite la amplificación, dado que la etapa inicial ya cuenta con la R_f se omite del diseño. Y se deja como circuito el esquema mostrado en la figura 64:

Figura 64. Filtro pasa bajas



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

Para el diseño del circuito se proponen los siguientes valores:

$$C_3 = 800\text{pf} \quad (5.12)$$

$$f_c = 120\text{Hz} \quad (5.13)$$

El procedimiento de diseño del filtro establece una ecuación entre la relación de los capacitores la cual es:

$$C_3 = 2C_4 \quad (5.14)$$

Sustituyendo el valor de la ecuación 5.12 el resultado es el siguiente:

$$C_4 = \frac{800\text{pf}}{2} \quad (5.15)$$

$$C_4 = 400\text{pf} \quad (5.16)$$

Los capacitores son dispositivos reactivos que ofrecen impedancias a señales de frecuencias altas o bajas que entran a través de él. El uso de los capacitores en este circuito es importante porque éste ofrece un comportamiento de una resistencia baja a señales de alta frecuencia, y resistencia alta a señales de baja frecuencia, es decir para el filtro pasa bajas se utilizará el capacitor a tierra, evitando así el paso de frecuencias altas porque el capacitor tendrá una resistencia baja y se comportará como un cable.

El circuito de la figura 64 cuenta con 2 resistencias que se encargan de ecualizar la señal para evitar un cortocircuito, el valor de la resistencia se describe con la siguiente ecuación:

$$R = R_4 = R_5 \quad (5.17)$$

En la ecuación 5.13 se puede conocer el valor de la frecuencia de corte a la que se desea trabajar, el comportamiento de este filtro se puede describir con la siguiente ecuación:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC_4\sqrt{2}} \quad (5.18)$$

Despejando el valor de R y sustituyendo los valores propuestos, la ecuación 5.18 se obtiene así:

$$R = \frac{1}{2\pi(120\text{Hz})(400\text{pf})(\sqrt{2})} \quad (5.19)$$

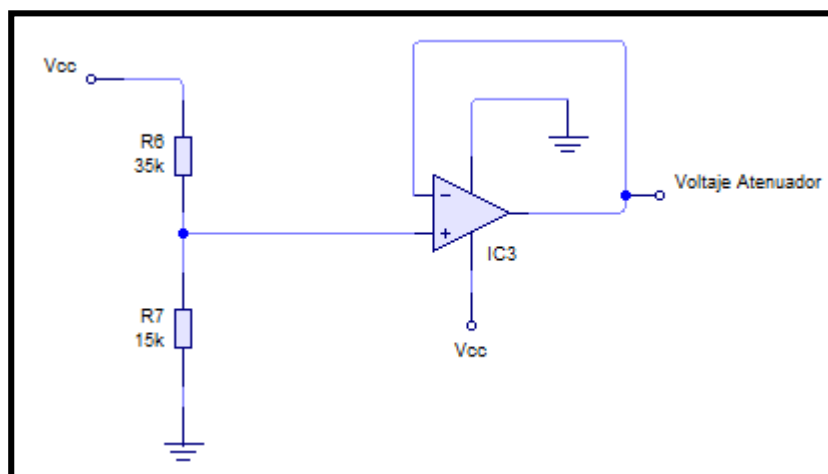
$$R = 2.3445\text{K}\Omega \quad (5.20)$$

El valor de la ecuación 5.20 permitirá que la frecuencia de corte sea de 120Hz para tomar valores menores a f_c .

5.2.1.4. Divisor de voltaje atenuador

Para frecuencias demasiado bajas el nivel de voltaje proveniente de los recolectores de datos es casi 0 y al amplificarlo no presenta un cambio significativo, por esa razón se coloca una etapa divisora de voltaje atenuadora que se encarga de sobreponer una señal de voltaje continuo.

Figura 65. Circuito atenuador



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

Esta etapa está conformada por un divisor y seguidor de voltaje que su función principal es entregar una señal reducida en voltaje, proveniente de la diferencia de potencial de las resistencias R_6 y R_7 (ver figura 65), además de eliminar efectos de carga y adaptar impedancias (conectar un dispositivo con gran impedancia a otro con baja y viceversa).

5.2.2. Descripción electrónica parámetro de presión arterial

5.2.2.1. Sensor de presión MPX5050DP

El sensor de presión es un dispositivo que está conformado por 6 pines, cada pin tiene una función específica al momento de configurarlo, y se pueden identificar y conocer más a detalle por medio de la hoja técnica. La función de cada pin se puede observar en la tabla XI.

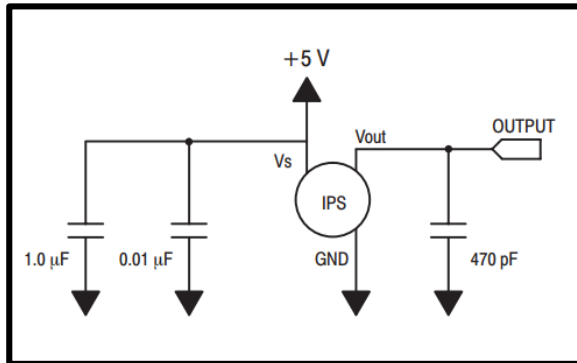
Tabla XI. **Función de los pines**

Pin	Función
1	Vout
2	Ground
3	Vcc
4	V1
5	V2
6	Vex

Fuente: elaboración propia empleando datos de hoja de datos MPX5050DP.

Sabiendo el funcionamiento de cada pin la hoja técnica propone un diseño de configuración en el dispositivo como se muestra en la figura 67.

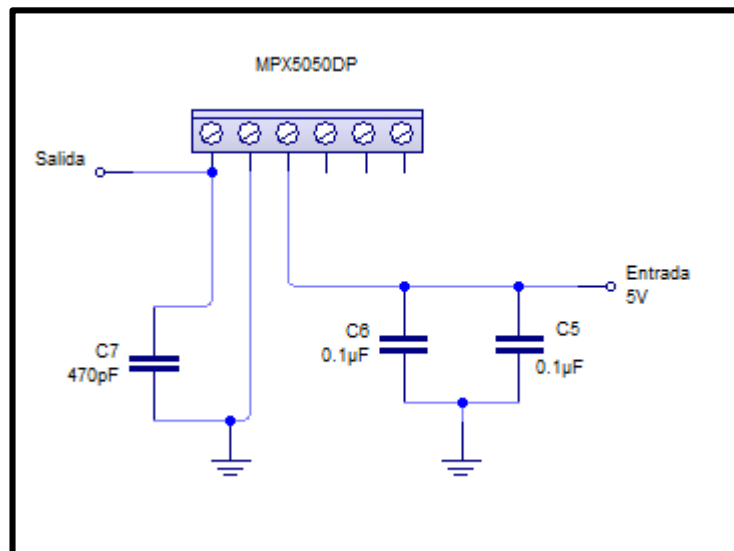
Figura 67. **Configuración básica sensor de presión**



Fuente: hoja de datos MPX5050DP.

Por medio de la figura 67 se conoce la configuración general del dispositivo, que consta de 3 capacitores que funcionan como, desacoplo y filtrado de la señal proporcionada por el sensor y su alimentación. Con más detalle, se muestra la configuración y conexión correcta al colocar el sensor en el circuito (ver figura 68).

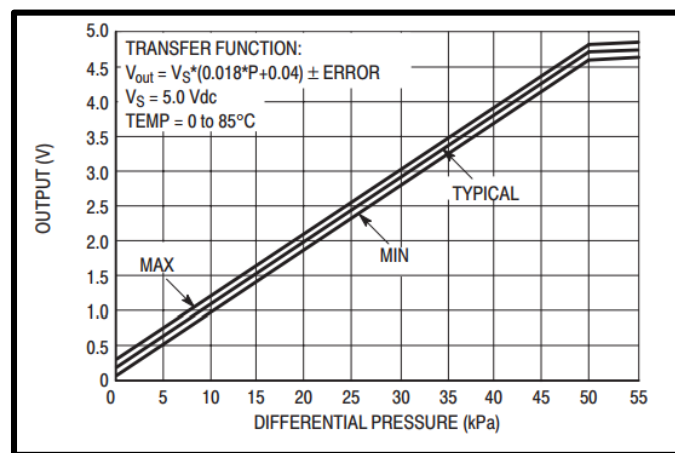
Figura 68. **Configuración sensor de presión**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

La hoja técnica permite conocer la gráfica de la señal de salida del sensor relativa a la entrada de presión (ver figura 69). Las curvas de salida mínima y máxima se muestran para el funcionamiento en un rango de temperatura de 0 °C a 85 °C usando el circuito de desacoplamiento de la figura 68.

Figura 69. **Gráfica de voltaje (V) vs presión diferencial (KPa)**



Fuente: hoja de datos MPX5050DP.

Consulta: febrero 2018.

Dado el comportamiento de la gráfica de la figura 68 se puede obtener la siguiente relación:

$$1\text{kPa} = 7.50006\text{mmhg} \quad (5.21)$$

$$0.5\text{V} = 5\text{KPa} \quad (5.22)$$

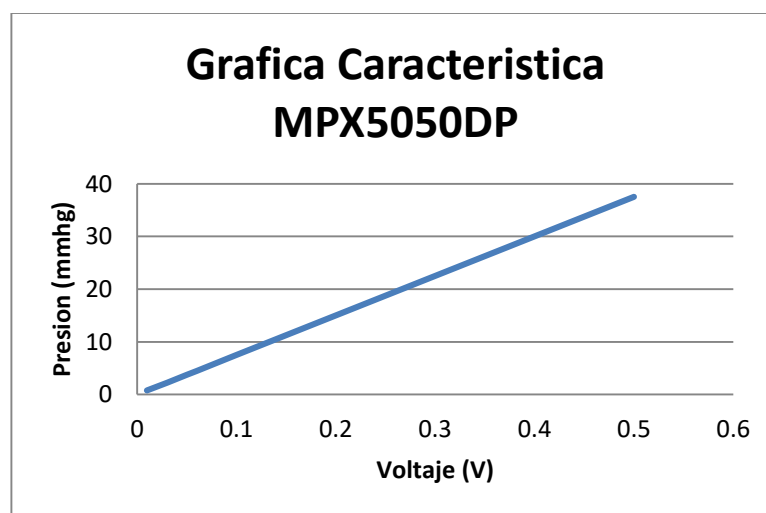
Los valores de la ecuación 5.21 y 5.22 permiten realizar una conversión (ver ecuación 5.23), que muestra la relación de voltaje con respecto a la presión medida en mmhg (ver ecuación 5.24).

$$5\text{KPa} * \frac{7.50006\text{mmhg}}{1\text{KPa}} = 37.503\text{mmhg} \quad (5.23)$$

$$0.5\text{V} = 37.503\text{mmhg} \quad (5.24)$$

Conociendo la relación de la ecuación 5.24, se establecen diferentes escalas que permiten graficar el comportamiento del dispositivo, dando como resultado la presión en mmhg con respecto al voltaje como se puede observar en la figura 70.

Figura 70. **Gráfica de presión diferencial (mmhg) vs Voltaje (V)**



Fuente: elaboración propia empleando datos obtenidos de la conversión empleando Excel 2013.

Para la etapa de amplificación y filtrado de señales del sensor de presión, el diseño del circuito es igual que el utilizado en el parámetro del ritmo cardiaco (ver figura 66), porque se desea analizar la señal en el mismo rango de frecuencias. A pesar de esto se propone utilizar circuitos independientes para cada parámetro, evitando así la interferencia de las señales.

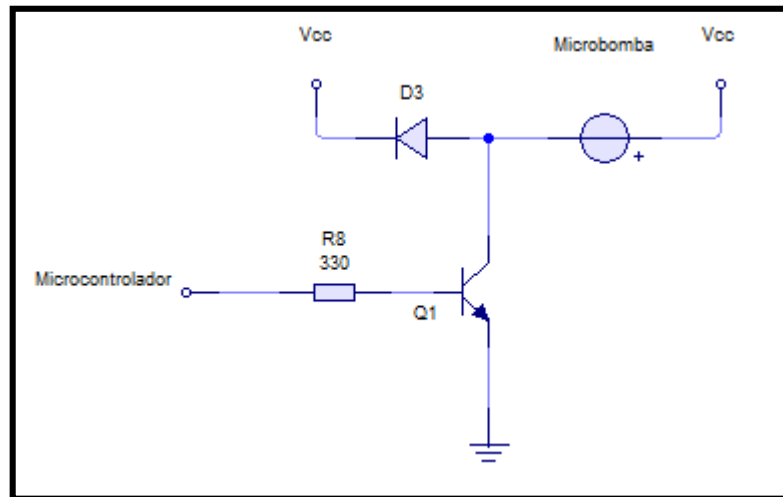
5.2.2.2. Inflado y desinflado del brazalete

El inflado y desinflado del brazalete está conformado por los elementos que controlan el flujo de aire necesario, para medir la presión arterial en el paciente. Estos dispositivos van conectados al microcontrolador por medio de un sistema que está integrado principalmente, por transistores que se utilizan como *switch* electrónico entre la etapa del microcontrolador, la bomba y la electroválvula.

5.2.2.3. Micro bomba

La bomba a utilizar se activa por medio de un pulso enviado por el microcontrolador, al momento de iniciar la etapa de inflado en el brazalete se lleva a cabo de forma paralela la medición de la presión del paciente. La configuración electrónica de la micro bomba se muestra en la figura 71.

Figura 71. Configuración micro bomba



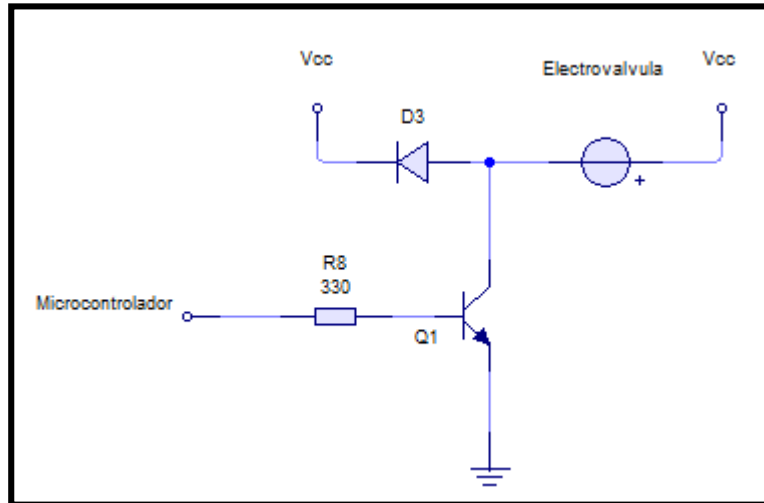
Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

5.2.2.4. Electroválvula

La electroválvula a utilizar mencionada con anterioridad (ver sección 4.2.1.4), se encargará de mantener un flujo constante de salida de aire. La válvula se podrá controlar por medio de un solenoide que lo controlaran pequeños pulsos por parte del microcontrolador.

Para la configuración electrónica se utiliza el mismo esquema que para la bomba, con la diferencia que la electroválvula cuenta con un voltaje de polarización mayor que el de la bomba.

Figura 72. Configuración electroválvula



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

5.2.3. Descripción electrónica parámetro de temperatura

5.2.3.1. Sensor de temperatura LM35

El sensor de temperatura LM35 es un dispositivo que está conformado por 3 pines, cada pin tiene una función específica al momento de configurarlo y por medio de la hoja técnica de datos, se puede conocer más a detalle. La función de cada pin se puede observar en la tabla XII.

Tabla XII. **Función de los pines**

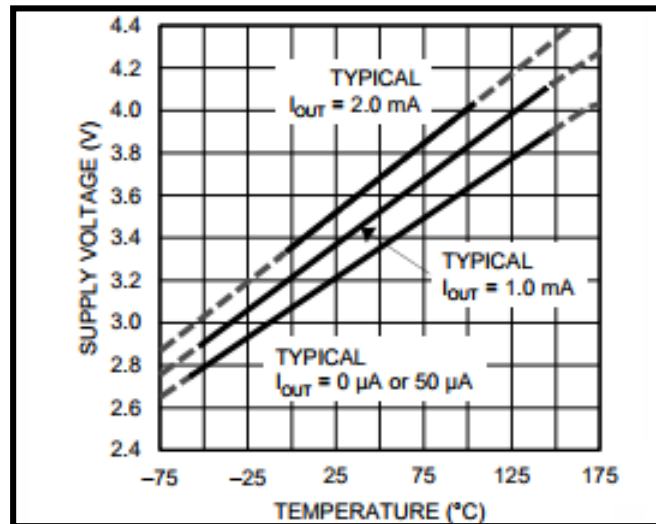
Pin	Función
1	Vcc
2	Vout
3	Ground

Fuente: elaboración propia empleando datos de hoja LM35.

Este dispositivo no necesita ninguna configuración de algún componente externo de acondicionamiento, solo se polariza y en el pin del voltaje de salida se conoce el valor de la temperatura, al pasarlo por el microcontrolador.

El comportamiento de la temperatura en relación al voltaje es lineal (ver figura 73), esto quiere decir que una pequeña variación en la temperatura provocará un cambio en el voltaje y viceversa.

Figura 73. Gráfica de voltaje (V) vs temperatura (°C)



Fuente: Hoja de datos LM35.

Consulta: febrero 2018.

El sensor varía su tensión de salida en 10mV por cada grado centígrado que varía la temperatura a partir de 0V y 0°C. Esto significa que, si se conoce la tensión de salida en mV, se debe dividir dentro de 10 para poder conocer el valor de la temperatura.

5.2.4. Descripción electrónica etapa digital

5.2.4.1. (Microcontrolador)

El procesamiento digital se lleva a cabo en el microcontrolador MSP430G2533 que será el encargado de controlar las diferentes etapas en una medición, el muestreo de los datos entregados por los sensores, el convertidor analógico digital (ADC), el control del flujo de aire en el brazalete y la visualización de los valores en el módulo LCD.

5.2.4.2. Lógica de programación del microcontrolador MSP430G2533

El microcontrolador tiene tareas dedicadas a realizar en ciertos instantes de tiempo:

- Obtener los valores por parte de los sensores
- Activación de dispositivos electromecánicos
- Procesar los valores
- Recibir órdenes mediante comandos programados

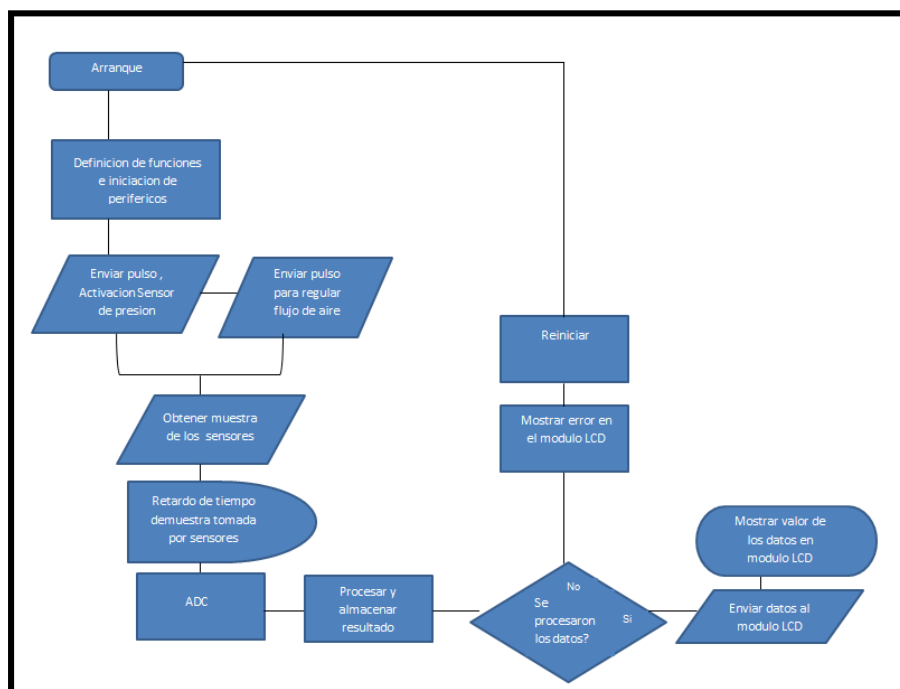
Para las consideraciones anteriores se realiza un enfoque de programación para poder cumplir las tareas y así lograr los objetivos. Procesar los datos obtenidos por los sensores implica el muestreo de cada uno de los valores, para poder almacenarlos temporalmente en la memoria y de esa forma poder enviarlos al módulo LCD.

Si la medición errónea de algún sensor no permite que el microcontrolador pueda obtener los valores, se establece una condición de error que implica que no exista medición para el sensor por algún error en su lectura, debido a que el programa siempre espera un rango establecido de valores para poder

procesarlos, algún valor fuera de dicho rango provocará que la ejecución del programa pueda terminar inesperadamente.

Por otro lado, recibir las órdenes permitirá que el microcontrolador pueda activar los dispositivos electromecánicos, para la toma de los valores por los sensores. La figura 74 muestra una aproximación a la lógica del programa que llevará a cabo una gran parte del proyecto

Figura 74. Diagrama de flujo lógica de programación



Fuente: elaboración propia empleando Word 2013.

5.2.4.3. Software de programación para el microcontrolador

La programación para el microcontrolador MSP430G2553 se llevará a cabo en la plataforma de código abierto llamada Energía.

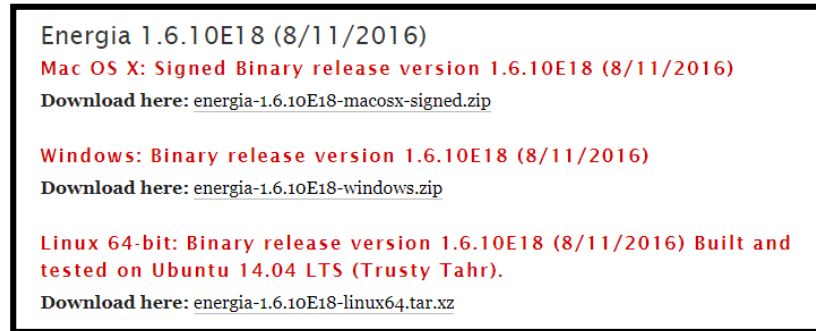
Este Software es un programa de creación de prototipos de electrónica que fue creado con el fin de llevar el marco de *wiring* y arduino al *launchpad* basado en la MSP430 de Texas *instrument*. Energía IDE es multiplataforma y es compatible con Mac OS, Windows y Linux que incluye un entorno de desarrollo integrado (IDE), que se basa en el procesamiento.

Energía también es una capa de marco / abstracción portátil que se puede usar en otros IDEs, populares, utiliza un entorno basado en navegador web con CCS Cloud los complementos e integraciones de energía están disponibles para Xcode, Visual Studio y Code Composer Studio.

El marco se ha creado cuidadosamente con la idea de los diseñadores y artistas, para fomentar una comunidad en la que tanto principiantes como expertos de todo el mundo compartan ideas, conocimientos y su experiencia colectiva. El equipo de Energía adopta la filosofía de aprender haciendo y se esfuerza por facilitar el trabajo directo con el hardware. Los ingenieros profesionales, empresarios, fabricantes y estudiantes pueden beneficiarse de la facilidad de uso que Energía brinda al microcontrolador.

El software es de código abierto se puede descargar de la página oficial de Energía www.energia.nu/download/. La figura 75 muestra las opciones de descarga del software para los diferentes sistemas operativos.

Figura 75. **Software descarga energía**



Fuente: www.energia.nu/download/.
Consulta: febrero 2018.

La figura 76 muestra el software después de haber ejecutado el programa de ejemplo.

Figura 76. **Pantalla de programación energía**



Fuente: Software energía.
Consulta: febrero 2018.

5.2.4.4. Descripción electrónica etapa visualización

5.2.4.5. LCD16X2

La LCD16X2 es la encargada de mostrar de forma gráfica los valores medidos por los sensores. Cuenta con 2 tipos de configuración:

- Configuración 4 bits: permite usar solo 4 pines para el bus de datos, dando como resultado un total de 6 o 7 pines requeridos para la interfaz con la LCD.
- Configuración 8 bits: es aquella que requiere 10 u 11 pines para la interfaz con la LCD.

El módulo de la LCD está conformado por 16 pines, cada pin tiene una función específica al momento de configurarlo, y por medio de la hoja técnica de datos se puede conocer más a detalle. La función de cada pin se puede observar en la tabla XIII.

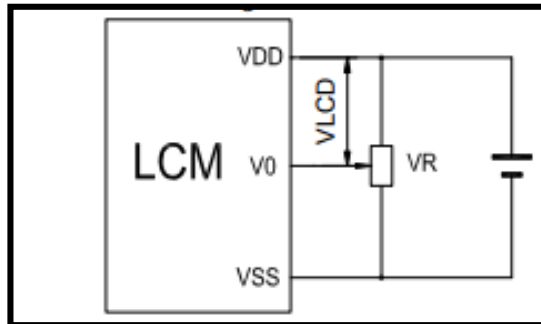
Tabla XIII. **Función de los pines LCD**

PIN	SIMBOLO	FUNCION
1	Vss	Ground
2	Vdd	Alimentación +5V
3	Vo	Ajuste del Contraste
4	Rs	Selección DATO/CONTROL
5	Rw	Lectura o escritura en LCD
6	E	Habilitación
7	D0	Bit menos significativo
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	Bit más significativo
15	LED +	Anodo de LED
16	LED -	Cátodo de LED

Fuente: elaboración propia empleando datos recuperados de specifications of lcd module pdf.

La función principal de los pines 1 y 2 es darle alimentación al módulo LCD, el pin 3 permite el ajuste del contraste de la pantalla y su configuración correcta se muestra en la figura 77.

Figura 77. Configuración contraste LCD



Fuente: Hoja de datos LCD 16X2.

Consulta: febrero 2018.

La variación de la resistencia permitirá obtener diferentes tonalidades de contraste en la pantalla.

De forma general los pines 4,5 y 6 son los encargados de las señales de control de la LCD. De una forma específica la función de cada pin se explica de la siguiente forma:

- Pin 4: los dos registros en la LCD son el registro de datos y el registro de palabra de comando/código, su funcionamiento principal es informar a la pantalla que los bits en el bus son datos o código. Esto se logra estableciendo un valor para cada condición (ver tabla XIV).

Tabla XIV. **Condiciones pin 4**

VALOR	CONDICION
RS=1	Registro de datos
RS=0	Código de comando

Fuente: elaboración propia empleando datos recuperados de specifications of lcd module pdf.

- Pin 5: La función principal para este pin es la lectura o escritura en la pantalla, la forma de poder seleccionar que función se desea realizar se describe en la tabla XV.

Tabla XV. **Condiciones pin 5**

VALOR	CONDICION
R/W=1	Operación de lectura
R/W=0	Operación de escritura

Fuente: elaboración propia empleando datos recuperados de specifications of lcd module pdf.

- Pin 6: El pin de habilitación se trata de una señal de activación de borde, que se utiliza durante la escritura o lectura de datos desde la pantalla LCD. El diagrama de tiempo dado en la hoja técnica de datos informa sobre el retardo mínimo entre las transiciones de nivel. La condición para la habilitación del puerto 6 se observa en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Condiciones pin 6**

VALOR	CONDICION
E=alto a bajo	Escribir
E=bajo a alto	Leer

Fuente: elaboración propia empleando datos recuperados de specifications of lcd module pdf.

El concepto de las banderas se utilizará cuando el procesador interno de la LCD este ocupado, para esto se debe comprobar el estado actual del indicador antes de enviar la palabra de código o datos. D7 es el pin ocupado por la bandera, para poder configurar sus condiciones (ver tabla XVII), el valor del pin 4 debe ser 0 (ver tabla XIV), y el valor del pin 5 debe ser 1 (ver tabla XV), ya que esta es la operación de lectura y la bandera ocupada, es dada por el modo de registro de código de comando.

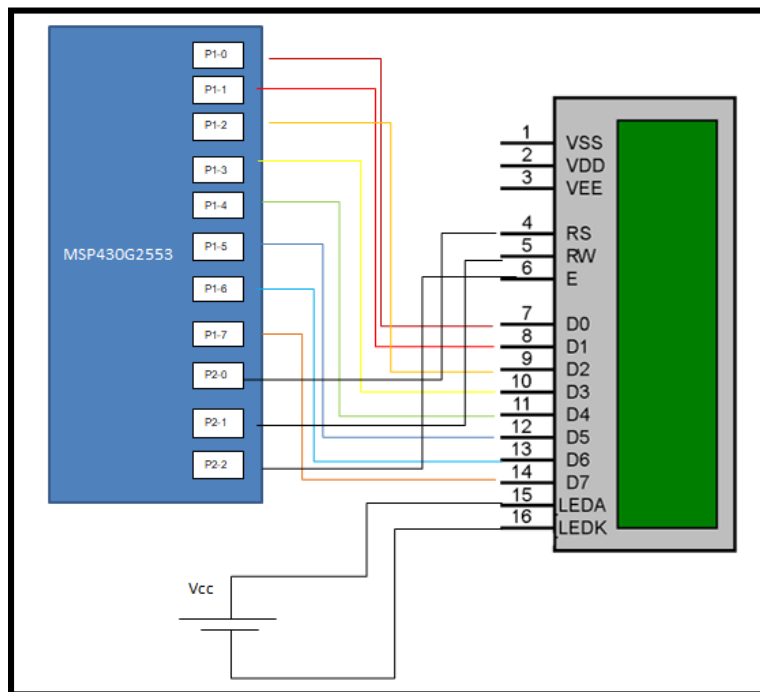
Tabla XVII. **Condición de las banderas**

VALOR	CONDICION
Flag=1	LCD ocupado
Flag=0	LCD toma datos/comando

Fuente: elaboración propia empleando datos recuperados de specifications of lcd module pdf.

La figura 78 muestra la conexión del microcontrolador MSP430G2553 hacia el módulo de la LCD.

Figura 78. **Configuración de LCD a MSP430G2553**



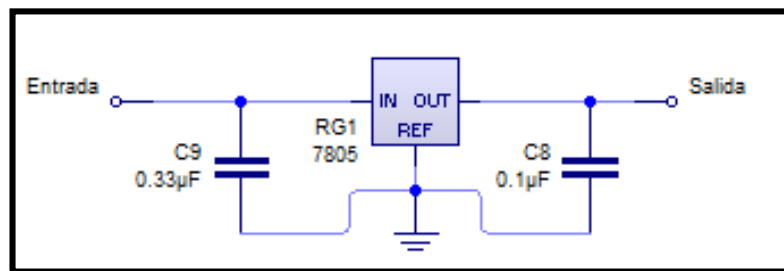
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop CS6.

5.2.5. Descripción electrónica etapa alimentación

5.2.5.1. Alimentación

La etapa de alimentación se logra a partir de la batería de litio de 9 voltios. Las diferentes etapas del proyecto se polarizan con un voltaje menor al de la batería, por esa razón se utilizará el CI LM7805 este dispositivo cuenta con 3 pines que se configuran como lo muestra la figura 79.

Figura 79. Configuración alimentación



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Wizard.

El circuito de la figura 79 muestra la configuración básica del dispositivo, como la alimentación se divide en la etapa analógica y la etapa digital, el microcontrolador será alimentado con un banco de carga llamado power bank (ver figura 80), muestra la configuración básica del dispositivo, como la alimentación se divide en la etapa analógica y la etapa digital, el microcontrolador será alimentado con un banco de carga llamado power bank (ver figura 79), esto se debe a que la MSP430G2553 cuenta con puerto usb (ver sección 4.2.4), y esta característica permitirá conectarla al banco de carga.

Figura 80. **Banco de carga**



Fuente: www.tecnologia.love.com.

Consulta: febrero 2018.

5.3. Presupuesto del proyecto

El listado de los componentes, dispositivos y materiales a utilizar se observan en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Presupuesto del proyecto

Etapa	Cantidad	Dispositivo	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)
Medición				
	1	IRB383	5	5
	1	Fotodiodo Silicio	4,75	4,75
	1	Cable UTP	8	8
	1	Brazalete	118	118
	1	Madera	15	15
	1	Foamy	2	2
	1	Pegamento	3	3
	3	Paliglobo	2	6
	1	Vasos desechables	1	1
	1	Caucho	2	2
	1	Tubo PVC 21mm	12	12
	1	Motor DC 5 voltios	20	20
	1	Electroválvula 5v	96.5	96.5
	1	Termocupla	12	12
	1	Gancho	2	2
	3	resistencia 330Ω	0.5	1,5
	2	Diodo 1N4001	2	4
	2	Transistor 2n3904	3.75	7,5
Sensores recolectores de datos				
	1	Capacitor 1μf	1,25	1,25
	1	Capacitor 0.01μf	1,25	1,25
	1	Capacitor 470pf	1,25	1,25
	1	Sensor Mpx5050DP	135	135
	1	Sensor LM35	4	4
Amplificación y filtrado de señales				
	2	Resistencia 500Ω	0.5	1
	2	Resistencia 1kΩ	0.5	1

	2	Resistencia 100k Ω	0.5	1
	4	Resistencia 2.34k Ω	0.5	2
	2	Resistencia 35k Ω	0.5	1
	2	Resistencia 15k Ω	0.5	1
	2	Capacitor 400pf	1,25	2,5
	2	Capacitor 800pf	1,25	2,5
	2	Capacitor 3.18 μ f	1,25	2,5
	4	Amplificador LM833 doble	4	16
Digital				
	1	MSP430G2533	180	180
	12	Cables macho - hembra	2	24
Visualización				
	1	LCD 16X2	40	40
Alimentación				
	1	Batería litio 9V	18	18
	1	LM7805	8	8
	1	Resistencia variable	12	12
	1	Capacitor 0.33 μ f	1,25	1,25
	1	Capacitor 0.1 μ f	1,25	1,25
	1	Powebank	50	50
TOTAL				828

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para los centros médicos como hospitales y clínicas, sería de gran ayuda contar con el diseño de un sistema capaz de poder determinar los 3 estándares para la identificación de problemas cardiovasculares con los parámetros de presión arterial, ritmo cardiaco y temperatura.
2. Contar con un diseño del sistema medidor de parámetros con materiales que reducen el costo de los equipos estándar, utilizados en la medición de los signos vitales, contribuiría con la economía y la salud.
3. Utilizar circuit wizard como software para el diseño del esquema de los circuitos electrónicos, debido a que este software permite la visualización de los componentes en 3D y diferentes tipos de esquemas en los circuitos.
4. Emplear el microcontrolador MSP430G2533 como dispositivo debido a que es un microcontrolador económico comparado con otros, y es bastante completo para el análisis de las 3 señales, tomadas por los diferentes sensores, en la etapa de recolección de datos.
5. La explicación lógica de programación por medio de un diagrama de flujo, permite el entendimiento de lo más relevante de la programación, además del software llamado energía que trabaja con el lenguaje de programación C.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el diseño multiparamétrico de signos vitales siguiendo los procesos y diagramas presentados en el presente informe.
2. Actualizar las cotizaciones e investigar sobre la existencia de componentes de menor costo.
3. Elaborar un manual de usuario para el programa Circuit Wizard, para que cualquier persona que necesite diseñar circuitos electrónicos pueda hacerlo con una referencia.
4. Diseñar una aplicación en el teléfono que se conecte con el aparato, para poder enviar los valores visualizarlos y almacenarlos en la memoria del teléfono.
5. Desarrollar habilidad en los diferentes softwares de programación, para tener más opciones en función de las necesidades del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGULO DUATO, Claudia. *Diseño e implementación de un pulsometro digital basado en la fotoplestimografía*. Trabajo de graduación de Ing. En tecnologías, Universidad Politécnica de valencia Facultad de Ingeniería, 2014. 68 paginas.
2. *Anónimo. Aparatos para la medición*. [en línea]. < <https://bit.ly/2xnHzzl> >. [Consulta: Septiembre del 2017].
3. *Anónimo. Banco mundial en Guatemala*. [en línea]. <<https://bit.ly/1qppZIH>>. [Consulta octubre del 2017].
4. *Anónimo. Características y anatomía de los bronquiolos*. [en línea]. <<https://bit.ly/2L6z0ej>>. [Consulta: Agosto del 2017].
5. *Anónimo. Composición química*. [en línea]. <<https://bit.ly/2LEAKwt>>. [Consulta: Agosto del 2017].
6. *Anonimo. Conceptos de Signos vitales*. [en línea]. <<https://bit.ly/2IXJJa5>>. [Consulta: Septiembre del 2017].
7. *Anónimo. El corazón y el pericardio*. [en línea]. <<https://bit.ly/2IXiFvy>>. [Consulta: Agosto del 2017].
8. *Anónimo. El cuerpo humano*. [en línea]. <<https://bit.ly/2IXmfID>>. [Consulta: Agosto del 2017].

9. Anónimo. *El mundo de los microcontroladores, Capitulo 1 microcontroladores*. [en línea]. <<https://bit.ly/2xqEHle>>. [Consulta diciembre del 2017].
10. Anónimo. *Frecuencia cardiaca*. [en línea]. <<https://bit.ly/1p0neS6>>. [Consulta: Septiembre del 2017].
11. Anónimo. *Hojas de datos de componentes electrónicos y microcontroladores*. [en línea]. <<https://bit.ly/2H21WS3>>. [Consulta diciembre del 2017].
12. MSPAS. *Análisis de situación epidemiológica de las enfermedades no transmisibles*. Guatemala: Comisión Nacional Para la Prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y cáncer. 2015, 8 paginas.
13. Organización Panamericana de la Salud / Organización mundial de la salud (OPS/OMS) en Guatemala. *Desigualdad en salud en Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 2015,20 paginas
14. P VINCENT. *El cuerpo humano anatomía fisiología biología higiene*. 1ra edición. Barcelona España: Reverte,1984, 355 paginas.
15. SEDRA, A; SMITH, K. *Circuitos microelectrónicos*. Cuarta edición. México: Oxford University Press, 1999, 295 paginas.
16. Anónimo. *Semiconductores Precios*. [en línea]. <<https://bit.ly/2xnKnwn>>. [Consulta diciembre del 2017].

17. *Anónimo. Sistema circulatorio.* [en línea]. <<https://bit.ly/2stSZ0l>>. [Consulta: Agosto del 2017].
18. *Anónimo. Sistemas y aparatos del cuerpo.* [en línea]. <<https://bit.ly/2kvq5Yq>>. [Consulta: Agosto del 2017].
19. *Anónimo. Temperatura, Pulso y Frecuencia.* [en línea]. <<https://bit.ly/2skH9Cx>>. [Consulta: Septiembre del 2017].
20. *Anónimo. TLN107A.* [en línea]. <<https://bit.ly/2sfRbqH>>. [Consulta febrero del 2018].