



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA TEXTIL**

**TEMA:**

**“APLICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA EN  
UNA CAMISETA DEPORTIVA PARA MEDIR LA FRECUENCIA CARDÍACA”**

**AUTORA: NATALIA RUBÍ ULCUANGO LANCHANGO**

**DIRECTOR: ING. MARCO FRANCISCO NARANJO TORO**

**IBARRA - ECUADOR**

**2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**1. IDENTIFICACION DE LA OBRA**

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL AUTOR</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1724431885
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Ulcuango Lanchango Natalia Rubí
<b>DIRECCIÓN</b>	Cayambe – Ayora Barrio Los Lotes
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:nataliarubi1995@gmail.com">nataliarubi1995@gmail.com</a>
<b>TELÉFONO MOVIL</b>	0967809061
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	“Aplicación y programación de una tarjeta electrónica en una camiseta deportiva para medir la frecuencia cardíaca”
<b>AUTOR</b>	Ulcuango Lanchango Natalia Rubí
<b>FECHA</b>	1 de Julio del 2019
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERÍA TEXTIL
<b>ASESOR</b>	Ing. Marco Francisco Naranjo Toro

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 01 Julio del 2019

Firma:.....  


Nombre: Natalia Rubí Ulcuango Lanchango

Cédula: 1724431885



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR**

Certifico que bajo mi dirección el trabajo de grado titulado “**APLICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UNA TARJETA ELECTRÓNICA EN UNA CAMISETA DEPORTIVA PARA MEDIR LA FRECUENCIA CARDÍACA**”, fue desarrollado en su totalidad por la señorita Ulcuango Lanchango Natalia Rubí, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil.

Certifico que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con todas las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica del Norte en lo referente a la elaboración del Trabajo de Grado.

Por lo expuesto.

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para sustentación de este.

  
**Ing. Marco Naranjo**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

A Jehová mi Dios por haberme dado la vida y darme fuerza para culminar con éxito mi etapa de vida universitaria alcanzando así uno de mis mayores objetivos.

A mi padre Nelson Ulcuango y a mi madre Olga Lanchango por ser un ejemplo a seguir, también por apoyarme incondicionalmente, alentarme a seguir adelante cada día, brindarme sus consejos que me han hecho ser una mejor persona logrando así cumplir mis metas y sobre todo por sus sacrificios realizados para ayudarme a culminar la carrera universitaria. A mi hermano René Ulcuango por ser parte de mi vida, ser un ejemplo y apoyarme emocionalmente.

A mis tíos Juan Lanchango y Elizabeth Lanchango por colaborarme y motivarme a seguir adelante y lograr obtener un título universitario.

Al Ing. Marco Naranjo por guiarme en la elaboración del presente trabajo de titulación, a los Ingenieros José Posso y Fausto Gualoto encargados del laboratorio textil por haberme brindado sus conocimientos durante el tiempo que realice prácticas profesionales, gracias por apoyarme y guiarme durante mi vida universitaria.

Agradezco a mis amigos, Stalin por ser un gran apoyo emocional y colaboración, Amanda y Liseth por motivarme y ayudarme con mi vida universitaria, y a todos mis amigos Curi, Thalía, María, Anita, Wilson, Edgar, Wilman, Johnny, Jessy, Laura, Pablito y Yadira con los cuales compartí durante todos estos años de formación, gracias por cruzarse en mi camino y brindarme su amistad.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, en especial a la Carrera de Ingeniería Textil que, con sus docentes y dirigentes, colaboraron con mi educación profesional y humana.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado está dedicado a Jehová mi Dios, a mis padres Nelsito Ulcuango y Olguita Lanchango, y a mi hermano René Ulcuango por ser mi mayor apoyo.

Y a todos aquellos que creyeron que no lograría culminar la carrera universitaria y obtener un título profesional.

*Natalia Rubí Ulcuango Lanchango*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	I
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
CAPITULO I. El deporte .....	1
1.1 Generalidades .....	1
1.2 Beneficios del deporte .....	2
1.3 Tipos de ejercicio físico.....	3
1.3.1 Ejercicios físicos anaeróbicos. ....	4
1.3.2 Ejercicios físicos aeróbicos .....	5
1.4 El ejercicio físico y el corazón .....	8
1.5 Consecuencias negativas del exceso de ejercicio físico .....	10
1.5.1 Riesgo cardiovascular .....	12
CAPITULO II. Frecuencia cardíaca .....	14
2.1 Generalidades .....	14
2.2 Factores que intervienen en la medición de la frecuencia cardíaca.....	15
2.2.1 Factores Internos .....	15
2.2.2 Factores Externos. ....	16
2.3 Intensidad de ejercicio asociada a la frecuencia cardíaca.....	17
2.3.1 Intensidad física moderada.....	17
2.3.2 Intensidad física intensa .....	18

2.4	Frecuencia cardíaca máxima .....	20
2.4.1	Importancia de conocer la Frecuencia Cardíaca Máxima en el ejercicio.....	21
2.4.2	Cálculos de la Frecuencia Cardíaca Máxima. ....	21
CAPITULO III. Componentes de valoración del ritmo cardiaco .....		24
3.1	Componentes electrónicos .....	24
3.1.1	Monitor de frecuencia cardíaca AD8232 .....	24
3.1.2	Arduino LILYPAD .....	26
3.1.3	Programación en Arduino .....	28
3.1.4	Módulo Bluetooth HC-05.....	30
3.1.5	Smartphone.....	32
3.1.6	AppInventor .....	32
3.1.7	Baterías.....	36
3.1.8	Porta baterías para pilas AAA.....	37
CAPITULO IV. Textiles inteligentes .....		38
4.1	Generalidades .....	38
4.1.1	Introducción .....	38
4.1.2	Definición.....	39
4.1.3	Ventajas de los textiles inteligentes .....	40
4.2	Componentes de los textiles inteligentes.....	41
4.3	Clasificación .....	41
4.3.1	Primera Generación.....	41
4.3.2	Segunda Generación.....	42
4.3.3	Tercera Generación .....	42
4.3.4	E-Textiles .....	43
4.1	Textiles inteligentes para deportistas.....	45
4.2	Materiales Inteligentes.....	47
4.2.1	Hilo conductor.....	47



4.2.2	Características del hilo conductor de acero inoxidable.....	48
CAPITULO V. Elaboración de la camiseta deportiva y desarrollo del SVRC.....		49
5.1	Elaboración de la camiseta deportiva .....	49
5.1.1	Tejido .....	49
5.1.2	Descripción de la elaboración de la camiseta.....	50
5.1.3	Ubicación de los sensores del sistema VRC en la camiseta.....	53
5.2	Desarrollo del sistema de valoración del ritmo cardiaco.....	54
5.2.1	Hardware del sistema VRC .....	54
5.2.2	Software del sistema VRC .....	55
CAPITULO VI. Pruebas y resultados .....		66
6.1	Funcionamiento del sistema de VRC (Arduino UNO - Prueba N°1).....	66
6.2	Funcionamiento del sistema VRC (Arduino LilyPad - Prueba N°2) .....	67
6.2.1	Programación del Arduino LilyPad .....	68
6.2.2	Conexión de los componentes electrónicos mediante el hilo conductor.....	70
6.3	Funcionamiento del sistema VRC (Arduino LilyPad conectado a la camiseta - Prueba N°3).....	73
6.4	Funcionamiento del sistema VRC (Lavado de la camiseta - Prueba N°4).....	75
CAPITULO VII. Conclusiones y recomendaciones .....		77
7.1	Conclusiones .....	77
7.2	Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS .....		81
ANEXOS.....		88

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ejercicios Anaeróbicos .....	4
Ilustración 2. Ejercicio Físico Aeróbico.....	6
Ilustración 3. Frecuencia cardíaca máxima .....	20
Ilustración 4. Monitor de Frecuencia Cardíaca AD8232 .....	24
Ilustración 5. Cable del Sensor - Almohadillas Electroodos.....	25
Ilustración 6. Arduino LilyPad Atmega328 Main Board .....	27
Ilustración 7. Estructura del Sketch de Arduino .....	28
Ilustración 8. Conexión de Arduino para cargar el sketch .....	30
Ilustración 9. Módulo Bluetooth HC-05 .....	31
Ilustración 10. Smartphone .....	32
Ilustración 11. Diagrama de funcionamiento App Inventor.....	33
Ilustración 12. Funciones de Texto .....	34
Ilustración 13. Estructura de Control .....	35
Ilustración 14. Eventos.....	35
Ilustración 15. Funciones de números.....	35
Ilustración 16. Batería (Pila) .....	36
Ilustración 17. Porta Pilas AAA.....	37
Ilustración 18. Hilo Conductor de Acero Inoxidable .....	48
Ilustración 19. Diseño de la camiseta deportiva.....	50
Ilustración 20. Flujograma de procesos .....	51
Ilustración 21. Colocaciones típicas de los sensores.....	53
Ilustración 22. Elementos de desarrollo del Hardware .....	54
Ilustración 23. Conexión entre las tarjetas Arduino y AD8232 .....	57
Ilustración 24. Variables del programa .....	57

Ilustración 25. Configuración del Void Setup.....	58
Ilustración 26. Serial Plotter.....	58
Ilustración 27. Programa de VRC .....	59
Ilustración 28. Pantalla Principal .....	60
Ilustración 29. Configuración Botón Cerrar.....	61
Ilustración 30. Configuración del Módulo Bluetooth .....	61
Ilustración 31. ListPicker BeforePicking .....	62
Ilustración 32. ListPicker AfterPicking.....	62
Ilustración 33. Configuración del Timer .....	63
Ilustración 34. Configuración del botón "OK" .....	63
Ilustración 35. Opción Build para descargar la .apk .....	64
Ilustración 36. Instalación de la aplicación .....	64
Ilustración 37. Aplicación para medir el ritmo cardiaco.....	65
Ilustración 38. Aplicación F.C.M.....	66
Ilustración 39. Verificación de funcionamiento - Prueba 1 .....	67
Ilustración 40. Extracción del Microcontrolador .....	68
Ilustración 41. Conexión entre las dos placas .....	68
Ilustración 42. Selección del tipo de placa.....	69
Ilustración 43. Conexión del Arduino LilyPad y elementos electrónicos .....	71
Ilustración 44. Unión de un tejido impermeable para cubrir el hilo conductor .....	71
Ilustración 45. Verificación en Arduino LilyPad .....	72
Ilustración 46. Camiseta y placa de Arduino LilyPad.....	73
Ilustración 47. Verificación del Sistema VRC en la camiseta .....	74
Ilustración 48. Lavado de Camiseta con la placa .....	75
Ilustración 49. Verificación del funcionamiento del Arduino LilyPad.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficios biológicos y psicológicos de los ejercicios físicos.....	3
Tabla 2. Ventajas y Desventajas del Ejercicio Físico Anaeróbico.....	5
Tabla 3. Ventajas y Desventajas del Ejercicio Físico Aeróbico .....	7
Tabla 4. Incidencia de Muerte Súbita por Deporte .....	13
Tabla 5. Intensidad de Entrenamiento.....	19
Tabla 6. Características del Arduino LilyPad 328 Main Board .....	27
Tabla 7. Ejemplos de Lenguaje de Programación Arduino .....	29
Tabla 8. Características Módulo Bluetooth HC-05 .....	31
Tabla 9. Ventajas e Inconvenientes.....	36
Tabla 10. Sensores para textiles inteligentes de tercera generación - Deportivo.....	46
Tabla 11. Características del Tejido.....	49
Tabla 12. Ficha Técnica de Confección.....	52
Tabla 13. Componentes Electrónicos.....	54
Tabla 14. Características del hilo conductor .....	70
Tabla 15. Conexión de Pines entre el Arduino LilyPad y los elementos electrónicos.....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de datos de Arduino LilyPad .....	88
Anexo 2. Hoja de datos del AD8232 .....	90
Anexo 3. Confección de la camiseta deportiva .....	91
Anexo 4. Costura de bordes de tela tarjeta Arduino LilyPad.....	91
Anexo 5. Cosido de Arduino LilyPad con hilo conductor .....	91
Anexo 6. Comprobación del sketch en Arduino UNO .....	92
Anexo 7. Pantalla de aplicación FCM con ritmo cardiaco.....	92
Anexo 8. Comprobación del funcionamiento del sistema .....	92

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad impulsar el conocimiento y uso de la nueva tecnología para el desarrollo de textiles, incentiva a la investigación y desarrollo de textiles inteligentes de tercera generación como son los e-textiles o textiles electrónicos.

El desarrollo constante de los textiles electrónicos ha dado lugar a este proyecto, el cual consiste en aplicar en una camiseta deportiva una tarjeta de Arduino LilyPad programada y que junto a unos electrodos ayudarán a medir la frecuencia cardíaca del deportista, se envían los datos a un dispositivo móvil (teléfono inteligente) y alerta al usuario cuando su frecuencia cardíaca máxima ha excedido el límite; también, se comprobó la comodidad del deportista al usar la camiseta que contiene los componentes electrónicos, el funcionamiento de la tarjeta de Arduino LilyPad y la efectividad de conductividad del hilo conductor de acero inoxidable después del lavado.

Al usar esta camiseta deportiva las personas pueden controlar su frecuencia cardíaca al momento de realizar ejercicio físico y tengan o no experiencia en el uso de instrumentos de medición de frecuencia cardíaca el usuario puede manejar e interpretar fácilmente la aplicación y el sistema desarrollado.

## **ABSTRACT**

This research aims to let people know about the new existing technology for textile development, encouraging research and development of intelligent textiles and third-generation e-textiles also known as Electronic textiles.

This Project consists in the elaboration of an electronic textile, specifically a sports T-shirt with electrodes and Arduino LilyPad card to measure athletes' heart rate, sending this data to a mobile device (smartphone) and alerting the user when their maximum heart rate has exceeded the limit; in the research it was tested the comfort of the athlete when wearing the T-shirt, also were measured the conductivity effectiveness of the conductive yarn and the Arduino LilyPad card after having washed this T-shirt.

By wearing this T-shirt, athletes can control their heart rate when they practices sport; further with or without experience in the use of heart rate measuring instruments the user can easily handle and interpret the application and the developed system.

## CAPITULO I. El deporte

### 1.1 Generalidades

El deporte es una actividad física que realizan las personas, el cual se define como “ejercicio físico o también actividades deportivas sujeto a unas normas o reglas que se realizan colectiva o individualmente, y que acostumbran a tener un carácter competitivo” (Méndez & Méndez, 2016), sin embargo, las personas no solo lo hacen por competencia o siguiendo reglas, sino también para mantenerse saludables y salir de la rutina, ya que según (Bembibre, 2011) manifiesta que el deporte es una actividad física que las personas practican con el fin de hacer que el cuerpo entre en funcionamiento ya que lo saca de su estado de reposo en el cual se encuentra normalmente.

Sin embargo, realizar deportes repentinamente pasando del estado de reposo a la actividad física inmediata implica un riesgo en la salud, por lo tanto, antes de comenzar a hacer actividades deportivas es importante tener un examen médico, (Rodríguez, 2017) menciona que la práctica del deporte se encuentra indicada en todas las personas siempre y cuando tengan una buena salud, esto como modo de evitar el sedentarismo en las personas, además con la realización del deporte se logra la prevención de enfermedades cardiovasculares. La realización del deporte, actividades físicas o ejercicio físico es beneficioso siempre y cuando se tome en cuenta que se deber realizar con una intensidad, duración, progresión y prescripción médica (Román & Ruiz , 2011).



## 1.2 Beneficios del deporte

Llevar a cabo una actividad deportiva siempre trae consigo consecuencias positivas para la salud como la prevención de enfermedades, el bienestar físico y emocional, sin embargo, para lograr esto es necesario realizar las actividades deportivas de forma regular, de acuerdo con (Webconsultas, 2017) menciona que la “actividad física ha demostrado ser muy beneficiosa en la prevención, desarrollo y rehabilitación de la salud, a la vez que ayuda al carácter, la disciplina y la toma de decisiones”.

Realizar ejercicios físicos de corta o larga duración contribuyen con el bienestar mental y emocional de las personas, ya que mejora la autonomía, la memoria, la rapidez de captar información y solucionar problemas, entre otros; además a nivel emocional mejora la autoestima lo cual también ayuda en la salud mental de las personas. (Webconsultas, 2017).

Desde el punto de vista médico el realizar ejercicios físicos ayuda a prevenir múltiples enfermedades siempre y cuando estas se realicen de forma regular, de acuerdo con (Delgado, 2015) en su análisis sobre los beneficios de practicar deportes comprobó que realizar actividades deportivas disminuye el riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, ayuda a reducir la presión arterial, el colesterol y el control de azúcar en los diabéticos, en este estudio también menciona las ventajas músculo esqueléticas que se obtiene por ejemplo “te puede ayudar a bajar de peso, lo que va a ayudar a la salud de las articulaciones, como los tobillos y las rodillas que son las que sostienen todo el peso del cuerpo” (Delgado, 2015), es decir, ayuda a fortalecer el cuerpo en general, porque, al realizar una actividad deportiva frecuente el cuerpo obtendrá mayor estabilidad y flexibilidad, contribuyendo de esta manera a prevenir dolores del cuerpo y así reduciendo el riesgo de lesiones.

Por otra parte, los beneficios biológicos y psicológicos de realizar deporte son muchos, pero los más comunes se describen en la siguiente tabla:

*Tabla 1. Beneficios biológicos y psicológicos de los ejercicios físicos*

<b>Beneficios biológicos</b>	<b>Beneficios psicológicos</b>
Mejora la forma y resistencia física	Aumenta la autoestima
Regula las cifras de presión arterial	Mejora la autoimagen
Incrementa o mantiene la densidad ósea	Reduce el aislamiento social
Mejora la resistencia a la insulina	Rebaja la tensión y el estrés
Ayuda a mantener el peso corporal	Reduce el nivel de depresión
Aumenta el tono y la fuerza muscular	Ayuda a relajarte
Mejora la flexibilidad y la movilidad de las articulaciones	Aumenta el estado de alerta
	Disminuye el número de accidentes laborales
Reduce la sensación de fatiga	Menor grado de agresividad, ira, angustia
	Incrementa el bienestar general

*Fuente: webconsultas.com*

### **1.3 Tipos de ejercicio físico**

El ejercicio físico se puede clasificar de diferentes maneras, dependiendo del autor que la realice, sin embargo, la clasificación usada es aquella que divide al ejercicio físico en dos grandes grupos los cuales son: ejercicios físicos anaeróbicos y ejercicios físicos aeróbicos.

### 1.3.1 Ejercicios físicos anaeróbicos.

Los ejercicios anaeróbicos es decir sin oxígeno son aquellos en donde el intercambio de energía producidos en los músculos se realiza pero sin presencia de oxígeno, (Dr. Madrid, 2016) define que “se llama anaeróbico porque lo hacemos con la respiración bloqueada y entonces no hay aporte de oxígeno al organismo”, por lo tanto, este tipo de ejercicio no es recomendable para bajar de peso ya que aumenta la masa muscular porque los ejercicios anaeróbicos “utilizan fuentes de energía acumuladas en el organismo, como la glucosa, en vez de emplear los ácidos grasos, que si precisan oxígeno para ser metabolizados” (Salabert, 2018)

El ejercicio físico anaeróbico consiste principalmente en realizar movimientos repetitivos en períodos cortos de tiempo los mismos que deben ser de alta intensidad y esfuerzo, (Salabert, 2018) afirma que al realizar ejercicio físico anaeróbico los músculos “ofrecen mayor rendimiento al realizar actividades de corta duración y gran intensidad, por lo que este tipo de ejercicio se utiliza para adquirir potencia y masa muscular, y sirve para fortalecer el sistema musculoesquelético”. Además, existe una gran cantidad de ejercicios anaeróbicos, por ejemplo: el levantamiento de pesas, carreras cortas y de alta intensidad o esfuerzo, abdominales, saltos, entre otros.



*Ilustración 1. Ejercicios Anaeróbicos*  
*Fuente. webconsultas.com*

De igual manera, la realización de este tipo de ejercicios trae consigo una serie de ventajas y desventajas ocasionadas por una elevada intensidad del ejercicio, en la **Tabla 2** se muestran algunas de estas:

*Tabla 2. Ventajas y Desventajas del Ejercicio Físico Anaeróbico*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Desarrolla y fortalece la masa muscular	Puede ser difícil, intenso y peligroso para personas sin buena condición física
Mejora la capacidad de combatir la fatiga	Evitan el consumo de oxígeno como energía y usan la glucosa en su lugar
Ayuda a evitar el exceso de grasa y controlar el peso	Un ejercicio intenso aumenta la frecuencia cardíaca
Se puede realizar a cualquier edad	Puede ser peligroso para aquellas personas que tengan problemas
Aumenta el bienestar general	cardiacos

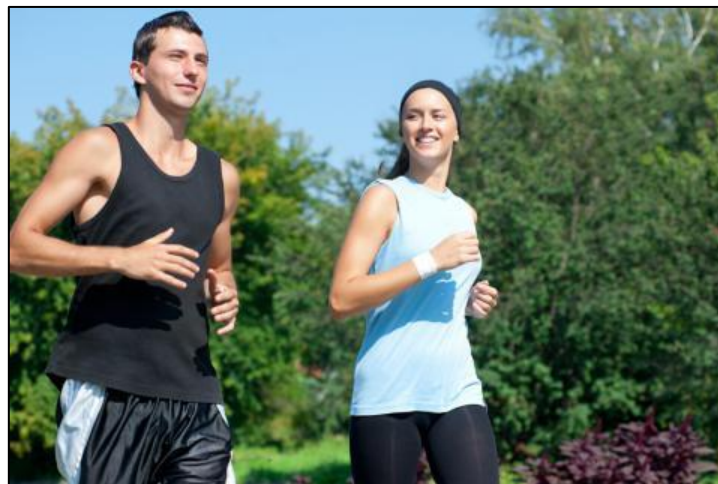
*Fuente: Web*

### **1.3.2 Ejercicios físicos aeróbicos**

Los ejercicios aeróbicos es decir con oxígeno, son aquellos que requieren de la respiración para realizarse, de acuerdo con (Dr. Madrid, 2016) “aeróbico quiere decir que a la vez que realizamos el ejercicio estamos cogiendo oxígeno, estamos respirando con normalidad”, por lo tanto, con este tipo de ejercicio respiramos cuando se realiza el ejercicio físico, por el contrario en el ejercicio anaeróbico la respiración se bloquea al momento de realizar el ejercicio.

A diferencia del ejercicio físico anaeróbico este ejercicio consiste en realizar las actividades deportivas por largos períodos de tiempo, pero sin tanto esfuerzo e intensidad, esto con el fin de lograr una mayor resistencia, también este tipo de ejercicio se realiza para bajar de peso ya que no aumenta la masa muscular, como afirma (Salabert, 2018) “las personas que quieren adelgazar suelen realizar este tipo de ejercicio porque quema grasa y, además, al utilizar mucho oxígeno, incrementa la capacidad pulmonar y es beneficioso para el sistema cardiovascular”, por lo tanto, al realizar ejercicio físico aeróbico se obtiene mayores beneficios cardiovasculares.

Algunos ejemplos de estos ejercicios aeróbicos son: correr, caminar, andar en bicicleta, nadar, entre otros.



*Ilustración 2. Ejercicio Físico Aeróbico*  
*Fuente. webconsultas.com*

Al igual que el ejercicio anaeróbico, el ejercicio físico aeróbico también tiene una serie de ventajas y desventajas, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Ventajas y Desventajas del Ejercicio Físico Aeróbico

Ventajas	Desventajas
Aumento de enzimas que queman la grasa	Hay riesgo de sufrir lesiones cuando no se ha tenido actividad física por largo tiempo especialmente en personas mayores a 40 años
Disminuye el riesgo de padecer enfermedades	
Ayuda al corazón a latir de forma constante y elevada	Se puede tener problemas cardiovasculares previos, alta presión sanguínea y ataques cardiacos
Controla la presión arterial	
Aumenta en colesterol bueno y disminuye el malo	Si se ha tenido un estilo de vida inactivo, puede traer problemas
Mayor resistencia y bienestar general	

Fuente: Web

De igual manera este tipo de ejercicio físico tiene una gran cantidad de beneficios a nivel cardiovascular, principalmente en la prevención de enfermedades ocasionadas a corto y largo plazo, entre estos beneficios según (Brenes, 2014) los principales son:

- Al hacer ejercicio aeróbico se aumenta la capacidad cardiovascular.
- Aumenta la cantidad y tamaño de los glóbulos rojos.
- La sangre aumenta su capacidad de transportar oxígeno a todo el organismo.
- Mayor eficiencia en el transporte de fluidos al organismo.
- Aumenta el máximo consumo de oxígeno.
- Las personas con un mayor nivel cardiovascular pueden correr, nadar, caminar o pedalear más rápido.
- Aumenta la capacidad de ventilación pulmonar, aumentando la cantidad de litros que puede almacenarse en los pulmones.

#### **1.4 El ejercicio físico y el corazón**

En los últimos años, por el avance tecnológico y el cambio de vida, muchas personas han dejado de realizar ejercicios físicos, esto conlleva a que el porcentaje de personas sedentarias vaya aumentando, “los nuevos hábitos de vida caracterizados por el poco tiempo disponible para el disfrute personal y las interminables jornadas laborales marcadas por el estrés provocan que las personas realicen cada vez menos actividad física, sobre todo, los adultos” (Bastarrachea, 2008), además según (Vargas, Galvan , & Adamuz, 2005) expresa que “el estilo de vida activo ha sido sustituido en las últimas décadas por un aumento creciente del sedentarismo, el cual provoca un deterioro de los sistemas locomotor, cardiocirculatorio, metabólico y sanguíneo”, por lo tanto, el ejercicio físico realizado por las personas ha ido decreciendo cada vez ocasionando de esta manera el sedentarismo de las personas y a su vez el aumento o desarrollo de diferentes enfermedades.

Por otra parte, es importante conocer que le sucede o cómo reacciona el corazón cuando se realiza ejercicio físico, (Abellán J. , 2017) menciona que “el corazón proporciona a través de la sangre los nutrientes y oxígeno al resto del cuerpo. Cuando nos movemos los músculos de nuestro organismo necesitan más sangre ya que requiere más nutrientes y más oxígeno es el corazón el que se encarga de esta función” por lo tanto realizar ejercicio ayuda al corazón a realizar de mejor manera sus funciones de suministrar al cuerpo las cantidades adecuadas de nutrientes y oxígeno.

Además, hay ciertas reacciones que tiene el corazón cuando se realiza ejercicio, a continuación, se mencionan las más importantes según (Abellán J. , 2017):

- **Aumenta la frecuencia cardíaca (ppm):** cuando se realiza cualquier tipo de ejercicio como correr, trotar, caminar o andar en bicicleta el corazón empieza a latir más rápido y fuerte con la finalidad de que la sangre que circula por nuestro cuerpo llegue a todos los músculos, el corazón se encarga de realizar esta función ya que es encargado de transportar el combustible para cada músculo del cuerpo y de esta manera pueda funcionar, el combustible usado por el cuerpo es la glucosa y los ácidos grasos que se metabolizan con el oxígeno.
- **Aumenta la fuerza con la que se contrae el corazón:** los músculos cuando una persona realiza ejercicio demandan más cantidad de oxígeno, el mismo que es proporcionado por el corazón a través de la sangre, por lo tanto, para hacer ejercicio se necesita más fuerza ya que la velocidad de contracción del corazón va aumentando esto con la finalidad de impulsar más sangre hacia todo el cuerpo.
- **Aumenta la presión sanguínea:** el corazón empieza a latir más rápido y fuerte por la realización del ejercicio, también existirá un aumento de la presión arterial, un claro ejemplo de esto es que, al terminar de realizar cualquier tipo de ejercicio físico, si se toma la presión arterial en ese momento siempre será mayor que cuando estamos en reposo.

El grado de entrenamiento de las personas también influye de gran manera en las reacciones del corazón ante el ejercicio, porque existe una clara diferencia entre las personas entrenadas y las que no, las personas que son entrenadas y que realizan regularmente ejercicio tienen menos pulsaciones y por ende menor tensión arterial, además estas personas podrían fácilmente adaptarse a cualquier tipo de actividad sin tener mayores complicaciones a la hora de medir las pulsaciones; esto no pasa con las personas que no son acostumbradas a realizar actividades físicas, como señala (Abellán J. , 2017) estas personas “enseguida notarán “palpitaciones” se



marearan y fatigarán antes de poder realizar una actividad física determinada”, por lo tanto para estas personas se recomienda realizar ejercicios sencillos que no tengan mucha intensidad como caminar.

### **1.5 Consecuencias negativas del exceso de ejercicio físico**

A pesar de que el ejercicio físico trae consigo una serie de ventajas al cuerpo, el exceso puede traer grandes desventajas, como lesiones y problemas de salud, (Corbin, 2017) señala las consecuencias negativas de realizar ejercicio físico en exceso, entre ellas se encuentran:

- **Vigorexia o trastorno dismórfico corporal:** es una condición patológica adquirida principalmente por realizar exceso de entrenamiento con pesas, este trastorno es caracterizado porque la persona se ve menos musculosa de lo que en realidad está y se obsesiona por adquirir más musculatura y como consecuencia la persona se obsesiona con realizar más ejercicio físico.
- **Runnorexia:** trastorno ocasionado por la obsesión de correr y entrenar demasiado y como consecuencia disminuye la calidad de vida de la persona, correr es una práctica deportiva muy sana y beneficiosa pero no cuando se realiza en exceso, el cambio de vida, los factores sociales, la presión social e incluso la cultura ha llevado a las personas a desarrollar esta patología la cual empezó como una moda.
- **Rabdomiólisis:** es una condición ocasionada por el exceso y elevada intensidad de ejercicio físico y como consecuencia se tiene la alteración de las células musculares las cuales puede afectar al organismo o poner en riesgo la vida de una persona, por esta razón se recomienda que a la hora de realizar ejercicio físico este debe ser controlado y supervisado por profesionales.

- **Lesiones:** producidas generalmente por sobrentrenamiento, exceso de ejercicio, elevada intensidad e inclusive por fatiga mental, las lesiones se presentan frecuentemente en los músculos y articulaciones del cuerpo.
- **Envejecimiento:** realizar deporte ayuda a las personas a estar saludable tanto física como mentalmente, sin embargo, el ejercicio físico realizado de una manera excesiva desgasta las articulaciones del cuerpo.
- **Síndrome de sobrentrenamiento o staleness:** esta condición hace referencia a la frase de “todo exceso es malo” en este caso no es la excepción, el sobrentrenamiento es una condición producida por el exceso y prolongación del ejercicio físico, esto produce en las personas diferentes afecciones no solo a nivel muscular y articular sino también a nivel psicológico como: sentimiento de fatiga, insomnio, depresión, pérdida de vigor, entre otros.
- **Problemas cardíacos:** a pesar de que realizar ejercicio físico es muy beneficioso para el sistema cardiovascular; el aumento de intensidad, prolongación y exceso del ejercicio puede afectar al sistema cardiovascular y circulatorio, causando así un aumento de problemas cardíacos, (Corbin, 2017) da a conocer en la investigación de la revista Heart:

Practicar mucho deporte puede ser contraproducente para el corazón, especialmente en aquellas personas con más de 30 años que entrenan intensamente más de cinco horas a la semana. Los datos concluyen que un 19% de la población son más propensos a desarrollar alguna cardiopatía como la fibrilación auricular al llegar a los 60 años.

Por esta razón se recomienda siempre tener asesoramiento con especialistas para saber cuál es la intensidad adecuada para realizar los ejercicios físicos dependiendo de la edad de la persona.

- **Descenso del sistema inmune:** esto sucede cuando se realiza mucho ejercicio físico, prolongado e intenso sin descansar apropiadamente, esto va perjudicando al cuerpo

poco a poco haciendo que el sistema inmune descienda provocando diferentes molestias y enfermedades como resfriados, fiebre, dolores de cabeza, entre otras que podrían ser más serias.

### **1.5.1 Riesgo cardiovascular**

De acuerdo con (Vargas, Galvan , & Adamuz, 2005) sobre el riesgo cardiovascular indica que “el ejercicio de alta densidad y realizado de forma aislada aumenta el riesgo de muerte súbita en las personas con baja condición física, a través de mecanismos ligados a la hiperestimulación simpática y los procesos oxidativos e inflamatorios”, en otras palabras la persona que está realizando ejercicio físico en exceso puede sufrir una muerte súbita que es un paro cardíaco repentino e inesperado, especialistas definen a la muerte súbita del deportista como “es la que acontece de forma inesperada, por causa natural, no traumática ni violenta y en un corto período y cuyos síntomas aparecen durante o en la hora siguiente a la práctica deportiva” (Manonelles , 2011).

El riesgo de sufrir muerte súbita frecuentemente se presenta por enfermedades del corazón hereditarias, pero cuando se realiza ejercicio físico esta patología puede ser causada por la elevada intensidad y exceso del ejercicio o actividad física, el riesgo no depende del tipo de la actividad física que se esté practicando ya que no existen deportes, actividades o ejercicios físicos más peligrosos que otros, sin embargo, (Manonelles , 2011) en su estudio sobre la muerte súbita en el deportista menciona que en Estados Unidos el basquetbol y el fútbol americano son los principales deportes que ocasionan la muerte súbita mientras que en España es causado por el fútbol, el ciclismo y el footing que es un trote lento.

En la **Tabla 4** se detalla la incidencia de muerte súbita en algunos deportes:

*Tabla 4. Incidencia de Muerte Súbita por Deporte*

<b>Deporte</b>	<b>Varón</b>	<b>Mujer</b>	<b>SI</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Fútbol	40	0	0	40	22,22
Ciclismo	30	1	0	39	21,66
Atletismo (footing)	19	3	2	24	13,33
Fútbol Sala	8	0	0	8	4,44
Deportes de frontón	8	0	0	8	4,44
Baloncesto	7	0	0	7	3,88
Educación Física	4	3	0	7	3,88
Trabajo gimnasio temporal	6	0	0	6	3,33
Montañismo	5	0	0	5	2,77
Natación	4	1	0	5	2,77
Buceo	1	1	1	3	1,66
Tenis	3	0	0	3	1,66
Bádminton, BTT, triatlón, esquí, pádel, pesca	7	3	0	10	5,55
SI	11	0	0	11	6,11
Desconocido	3	0	1	4	2,22
<b>Total</b>	<b>164</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>180</b>	<b>100,00</b>

**BTT: bicicleta todo terreno; SI: sin identificar.**

*Fuente: (Manonelles , 2011)*

## CAPITULO II. Frecuencia cardíaca

### 2.1 Generalidades

(MacGill, 2016) sobre la frecuencia cardíaca (FC) menciona que es uno de los signos vitales del ser humano caracterizado por el número de veces por minuto de latidos o contracciones del corazón; la frecuencia cardíaca depende de la actividad que se está realizando, ya que el cuerpo al estar en reposo la frecuencia del corazón es relajada y va aumentando con el esfuerzo que se realiza.

Al igual que la actividad física que se realiza, la frecuencia cardíaca también depende de cada persona, (Pérez, 2017) señala que habitualmente la frecuencia cardíaca normal de una persona adulta se encuentra entre 60 a 100 latidos por minuto.

Además, existen algunos tipos de frecuencia cardíaca que deben ser previamente medidos a la hora de realizar ejercicio físico, según (Pareja, 1998) la frecuencia cardíaca se clasifica en:

- **Frecuencia cardíaca máxima:** es un valor máximo de frecuencia cardíaca que se puede alcanzar cuando se realiza ejercicio físico hasta llegar al agotamiento.
- **Frecuencia cardíaca de reposo:** es un valor de frecuencia cardíaca que se da cuando la persona se encuentra en estado de reposo o acostado, esta frecuencia se toma a la persona cuando esta acostada y ha pasado un tiempo en esa posición.
- **Frecuencia cardíaca de reserva:** es un valor obtenido por la diferencia entre la frecuencia cardíaca máxima y la frecuencia cardíaca en reposo.

- **Frecuencia cardíaca de entrenamiento:** es un valor obtenido cuando la persona se encuentra en entrenamiento, se toma por medio de pulsómetros para obtener un valor real o se puede tomar durante los primeros 10 a 15 segundos de que haya terminado de realizar el ejercicio.

Cada una de estas frecuencias tienen un valor de medición las cuales dependen directamente de algunos factores, entre los principales se encuentran el estado de salud, edad, sexo y peso.

## 2.2 Factores que intervienen en la medición de la frecuencia cardíaca

Existen factores que influyen de gran manera en la medición de las pulsaciones o el ritmo cardíaco, estos factores pueden ser tanto internos como externos.

### 2.2.1 Factores Internos

Entre los factores internos según (Guiafitness, 2018) se encuentran:

- **La edad:** las personas desde que nacen presentan un valor de frecuencia cardíaca conocida como frecuencia basal la cual tiene un valor elevado, esta frecuencia va disminuyendo con el pasar de los años hasta llegar a la edad adulta en donde la frecuencia cardíaca se mantendrá estable.
- **Género:** existe una diferencia considerable en el valor de la frecuencia cardíaca de los hombres y mujeres, ya que las mujeres tienen aproximadamente entre 5 a 15 pulsaciones por minuto menos que los hombres.
- **Genética:** diferentes caracteres hereditarios transmitidos de padres a hijos como el sexo, la hemofilia, entre otros afectan directamente a la hora de medir la frecuencia

cardíaca ya que estas características afectan a la frecuencia cardíaca máxima, en reposo, de reserva y de entrenamiento.

- **Composición corporal:** la talla y el peso son factores corporales que afectan en la medición de la frecuencia cardíaca, ya que las personas con más peso tienen mayor número de pulsaciones que las personas delgadas y las personas altas tienen menor número de pulsaciones que las personas bajas.
- **Control mental:** la frecuencia cardíaca se puede controlar mediante la concentración, porque gracias a la relajación algunos maestros de yoga han logrado controlar fácilmente las pulsaciones por minuto, logrando de esta manera una disminución del stress llegando fácilmente a un estado de reposo en cuanto a frecuencia cardíaca se refiere.

### 2.2.2 Factores Externos.

Entre los factores externos según (Guiafitness, 2018) se encuentran:

- **La hora del día:** el número de pulsaciones por minuto depende mucho si nos encontramos en la mañana, en la tarde o en la noche, ya que en la mañana la frecuencia cardíaca siempre tiene un valor menor que en la tarde, mientras que en la noche las pulsaciones disminuyen porque el cuerpo se encuentra en estado total de reposo.
- **Temperatura:** el clima es otro factor que afecta directamente en la medida de la frecuencia cardíaca, esto depende del calor o frío del día ya que el cuerpo al estar en un clima frío baja las pulsaciones por minuto y en el clima cálido aumenta.
- **Altura:** cuanto más alto sea la superficie donde nos encontramos sobre el nivel del mar el oxígeno va disminuyendo y como consecuencia el valor de la frecuencia cardíaca de

las personas va aumentando debido a que el corazón tiene que bombear más sangre para obtener el oxígeno necesario para el organismo.

- **Contaminación:** el monóxido de carbono producido por autos, fabricas, entre otros, empuja al oxígeno el cual va disminuyendo su cantidad por cada litro que ingresa hacia los pulmones, y como resultado el corazón actúa como si le faltara oxígeno aumentando las pulsaciones por minuto para mantener el consumo del oxígeno.

### **2.3 Intensidad de ejercicio asociada a la frecuencia cardíaca**

La intensidad de ejercicio según (Méndez & Méndez, 2016) la define como “grado de esfuerzo que exige un ejercicio en cada unidad de acción (repetición)”, es decir que es el nivel de esfuerzo de una persona al realizar ejercicio físico generalmente aeróbico como correr, trotar o andar en bicicleta, lo que provoca que el corazón lata más rápido aumentando la frecuencia cardíaca.

La Organización Mundial de la Salud menciona que la intensidad de la actividad física depende de cada persona, de lo que se esté ejercitando y de su condición física (OMS, 2018), además menciona que existen dos tipos de intensidades físicas moderada e intensa.

#### **2.3.1 Intensidad física moderada**

En esta intensidad el ritmo cardiaco aumenta y se acelera de forma perceptible ya que requiere de un esfuerzo moderado, se considera en esta intensidad ejercicios como:

- Caminar a paso rápido.
- Bailar.
- Tareas domésticas.



- Participación en juegos y deportes con niños.

Este tipo de actividades físicas siempre es recomendado para la mayoría de las personas y para aquellas realizan actividad física con frecuencia, aunque es importante tener en cuenta que antes de hacer actividades físicas más intensas hay que consultar con el médico.

### **2.3.2 Intensidad física intensa**

Provoca una rápida respiración y un aumento considerable del ritmo cardiaco ya que requiere una gran cantidad de esfuerzo, entre los ejercicios que tienen esta intensidad de encuentran:

- Footing.
- Ascender o trepar rápido.
- Desplazamiento rápido en bicicleta.
- Natación rápida.
- Esquiar.
- Deportes y juegos competitivos (fútbol, básquet, voleibol, entre otros).

La intensidad del ejercicio según (Méndez & Méndez, 2016) dependen de dos parámetros fundamentales los cuales son la duración y la frecuencia del entrenamiento del individuo, también menciona que existe una relación directamente proporcional entre la intensidad de ejercicio y el estado de salud de una persona, ya que si el individuo tiene un bajo estado de salud y realiza sobreentrenamiento puede ser perjudicial.

Otros aspectos importantes que hay que tomar en cuenta en la intensidad del ejercicio es el nivel del deportista, es decir, si el individuo realiza actividades físicas frecuentemente o no y la temporada del año.

Algunos autores relacionan la intensidad del ejercicio físico con la fuerza, la frecuencia cardíaca y la resistencia para obtener la intensidad del entrenamiento con niveles que van desde la intensidad escasa hasta la intensidad máxima, teniendo en cuenta que “en manifestaciones de fuerza, una persona no entrenada deberá utilizar entre un 30-40% de su fuerza máxima para conseguir aumento del rendimiento, mientras que un deportista de fuerza necesitara intensidades por encima del 70%” (Méndez & Méndez, 2016), en la siguiente tabla se muestran los niveles de intensidad de entrenamiento, la fuerza, el rendimiento, la frecuencia cardíaca ideal y el tiempo recomendado para realizar ejercicio físico dependiendo del nivel:

*Tabla 5. Intensidad de Entrenamiento*

<b>Intensidad</b>	<b>Fuerza</b> (% <i>F</i> <sub>max</sub> )	<b>Resistencia</b> (% <i>Max. Tiempo</i> )	<b>F.C.</b> <i>Pulsaciones/minuto</i>	<b>Tiempo</b> ( <i>min</i> )
Escasa	30-50	30-50	130	20-40
Leve	50-70	50-60	140	40-80
Mediana	70-80	60-75	150	10-40
Submáxima	75-90	75-90	165	2-10
Máxima	90-100	90-100	180	Menor a 5

*Fuente: adaptado de (Méndez & Méndez, 2016) y (Lara, 2014)*

- **Fuerza.** - “es la capacidad para vencer resistencias o contrarrestarla por medio de la acción muscular” (Méndez & Méndez, 2016)

- **Resistencia.** – “es la capacidad de resistencia psicológica y físicamente aplicada a una carga durante un largo tiempo, produciéndose finalmente un cansancio insuperable debido a su intensidad y duración” (Méndez & Méndez, 2016)

Otra forma de representar los niveles de frecuencia cardíaca máxima se muestra en la **Ilustración 3**, en donde se observan los porcentajes de intensidad de ejercicio, el ritmo cardiaco promedio y el tiempo de duración dependiendo de la intensidad.



*Ilustración 3. Frecuencia cardíaca máxima  
Fuente: Ulcuango rubí*

## 2.4 Frecuencia cardíaca máxima

La frecuencia cardíaca como antes se había mencionado es el número de veces por minuto que late o se contrae el corazón, sin embargo, la frecuencia cardíaca máxima es el número máximo de latidos por minuto que puede soportar el corazón al realizar actividades físicas, según (GEONAUTE, 2018) “la frecuencia cardíaca es el indicador más seguro para evaluar el estado físico” por lo tanto, conocer los límites que tiene el cuerpo con respecto a la frecuencia cardíaca ayudará a las personas a lograr tener un entrenamiento deportivo personalizado, eficaz, sólido y sobre todo seguro.

### 2.4.1 Importancia de conocer la Frecuencia Cardíaca Máxima en el ejercicio

Sobre la importancia de la FCM y para una mejor comprensión (Decathlon , s.f.) menciona el siguiente ejemplo:

En plena sesión de marcha rápida, las necesidades de oxígeno de tu cuerpo aumentan por el esfuerzo. El corazón late más rápido y alcanzas la frecuencia cardíaca máxima cuando el oxígeno bombea tu corazón no es suficiente para alimentar a los músculos. Si excedes la zona de resistencia, los músculos no reciben la alimentación correcta, les falta oxígeno, lo que reduce los beneficios de la marcha rápida.

En otras palabras, conocer la FCM es necesario para poder obtener los beneficios de cada ejercicio que se realice, además para que el deportista no se agote fácilmente y no siga con la rutina de entrenamiento.

### 2.4.2 Cálculos de la Frecuencia Cardíaca Máxima.

Existen dos métodos para calcular la frecuencia cardíaca máxima, estos son:

#### 2.4.2.1 Método de Astrand

Es el método más conocido, fue desarrollado por Haskell y Fox y consiste principalmente en restar 220 de la edad de una persona, además de incluir la intensidad de ejercicio en porcentaje para obtener un resultado acertado, para obtener la Frecuencia Cardíaca Máxima según este método simplemente aplicamos la siguiente fórmula:

$$FC_{m\acute{a}x} = (220 - edad) \times \% \text{ intensidad de ejercicio}$$

Con esta fórmula se obtiene la frecuencia máxima promedio que las personas deben alcanzar, sin embargo, este método no deja de ser teórico, aunque dependiendo de los autores esta puede cambiar de acuerdo al género de la persona, tenemos como ejemplo las fórmulas

citadas por (Méndez & Méndez, 2016) en su libro Educación, Actividad Física y Deportes estas son:

Para varones tenemos:

$$FC_{m\acute{a}x} = 220 - edad$$

Y para mujeres:

$$FC_{m\acute{a}x} = 226 - edad$$

Los autores señalan que estas fórmulas pueden tener un error del 10% o más en los datos. Para entender mejor el uso de esta fórmula se tiene el siguiente ejemplo: si un deportista de 50 años tiene una frecuencia cardíaca máxima de 170 y al comenzar con un programa de entrenamiento decide que lo realizará con una intensidad leve, es decir el 60% de su frecuencia cardíaca máxima que son 102 PPM, por lo tanto, el deportista no debe superar las 102 PPM para realizar un ejercicio leve.

#### ***2.4.2.2 Método de Karvonen***

Muchos especialistas en deportes consideran que el método de Karvonen para obtener la frecuencia cardíaca de entrenamiento es más acertado, confiable y preciso ya que utiliza la frecuencia cardíaca de reposo y la intensidad de ejercicio como datos principales, esta fórmula es:

$$F.C.E = ((F.C.M - F.C.R) \times \%Intensidad + F.C.R)$$

Donde:

- **FCE:** Frecuencia Cardíaca de Entrenamiento
- **FCM:** Frecuencia Cardíaca Máxima
- **FCR:** Frecuencia Cardíaca en Reposo

Con esta fórmula y con ayuda de los datos de la intensidad de ejercicio de la **Tabla 5** se puede dosificar la intensidad y así obtener la frecuencia cardíaca con la cual se debe realizar el entrenamiento y de esta manera no afectar a la salud cardiovascular.

Por ejemplo, si una persona desea realizar un ejercicio físico con una intensidad de resistencia mediana, es decir el 70% de intensidad y conociendo que su frecuencia cardíaca máxima es 190 PPM y la frecuencia cardíaca en reposo es 50 PPM, la frecuencia cardíaca de entrenamiento de la persona sin limitar el corazón y sin tener problemas cardiovasculares sería:

$$F.C.E = ((190 - 50) \times 70\% + 50)$$

$$F.C.E = 148 \text{ ppm}$$

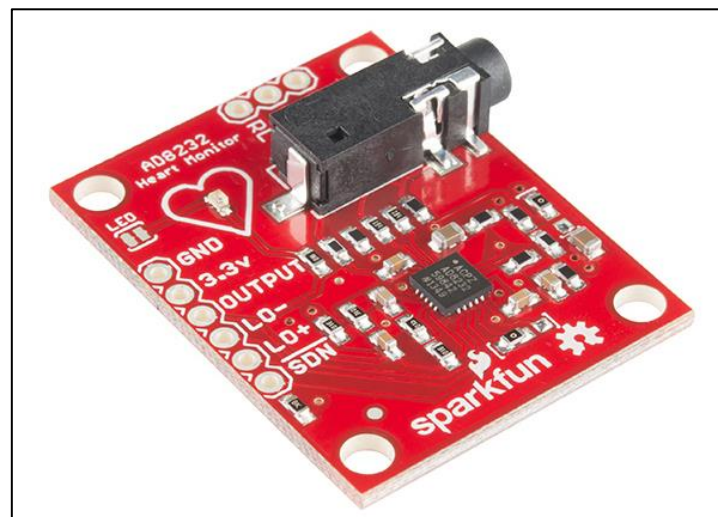
Como se puede observar dependiendo del nivel de intensidad de entrenamiento la frecuencia cardíaca varía, en este caso esta persona podrá realizar un entrenamiento adecuado siempre y cuando su frecuencia cardíaca no sobrepase las 148 pulsaciones por minuto.

## CAPITULO III. Componentes de valoración del ritmo cardiaco

### 3.1 Componentes electrónicos

#### 3.1.1 Monitor de frecuencia cardíaca AD8232

(Caseytherobot, s.f.) menciona que “El AD8232 es un pequeño chip limpio que se utiliza para medir la actividad eléctrica del corazón. Esta actividad eléctrica se puede graficar como un ECG o un electrocardiograma”, sin embargo, este dispositivo no es recomendado para diagnosticar ninguna condición médica, simplemente sirve para medir la frecuencia cardíaca.



*Ilustración 4. Monitor de Frecuencia Cardíaca AD8232*

*Fuente: (Caseytherobot, s.f.)*

Por otra parte, (Analog Devices, 2013) sobre la descripción general del monitor de frecuencia cardíaca AD8232 manifiesta que:

El AD8232 es un chip de almacenamiento de señal integrada para ECG y otras aplicaciones de medición biopotenciales. Está diseñado para extraer, amplificar y filtrar pequeñas señales biopotenciales en presencia de condiciones ruidosas, como aquellos creados por el movimiento o por la colocación remota de los electrodos. Este diseño permite un ultra-bajo convertidor de

analógico a un digital de potencia (ADC) o un microcontrolador para adquirir la señal de salida fácilmente.

Además, (Caseytherobot, s.f.) señala que el monitor de ritmo cardiaco AD8232 puede adaptarse a otras tarjetas y dispositivos electrónicos, ya que:

El AD8232 rompe las conexiones del IC (circuito integrado) a las que se puede soldar pines, cables u otros conectores. SDN, LO +, LO -, SALIDA, 3.3V, GND proporcionan pines esenciales para operar este monitor con Arduino u otra placa de desarrollo. También se proporcionan en esta placa los pines RA (brazo derecho), LA (brazo izquierdo) y RL (pierna derecha) para conectar y utilizar sus propios sensores personalizados. Además, hay una luz indicadora LED que pulsara al ritmo de un latido del corazón. Las almohadillas sensoriales biomédicas y el cable del sensor se requieren para usar el monitor cardiaco.

Por lo tanto, el monitor cardiaco AD8232 se puede fácilmente adaptar a cualquier tipo de tarjeta electrónica de Arduino, como el Arduino LILYPAD en el cual se puede programar para poder obtener datos de la frecuencia cardíaca, además para el uso de este monitor cardiaco es necesario conectarlo con las almohadillas de los electrodos y el cable del sensor de tres conductores, los cuales tienen una longitud de 24 pulgadas y cuentan con 3 cables conectores de 3,5mm en donde se colocaran las almohadillas para la medición de la frecuencia cardíaca (SparkFun Electronics, s.f.)



*Ilustración 5. Cable del Sensor - Almohadillas Electrodo*

*Fuente. (SparkFun Electronics, s.f.)*



### ***3.1.1.1 Características***

El monitor de frecuencia AD 8232 posee las siguientes características:

- Voltaje de almacenamiento -3,3 V.
- Salida analógica.
- Detección de derivaciones.
- Pin de apagado.
- Indicador LED.
- Jack de 3,5 mm para la conexión del cojín biomédico.

### ***3.1.1.2 Aplicaciones***

- Monitoreo de actividad física y de ritmo cardiaco.
- Electrocardiograma portátil.
- Monitor de signos vitales.
- Obtención de señales biopotenciales (señal eléctrica emitida por el cuerpo humano).

## **3.1.2 Arduino LILYPAD**

(Ben, s.f.) sobre la placa de Arduino Lilypad manifiesta que es:

Una tecnología e-textil portátil desarrollada por Leah Buechley y diseñada cooperativamente por Leah y SparkFun. Cada LilyPad fue diseñado creativamente con grandes almohadillas de conexión y una parte posterior plana para permitir que se cosan en la ropa con hilo conductor. El LilyPad también tiene su propia familia de placas de entrada, salida, energía y sensores que también constituyen específicamente para e-textiles. ¡Incluso son lavables!

Por lo tanto, las placas de Arduino LilyPad son muy útiles para realizar trabajos de textiles electrónicos gracias a su capacidad de poder lavarlos.

### 3.1.2.1 Arduino LilyPad 328 Main Board

Sobre el Arduino LilyPad Atmega328 Main Board (SparkFun Electronics, s.f.) menciona que:

Es un microcontrolador programado por Arduino diseñado para integrarse fácilmente a e-textiles y proyectos portátiles. Ofrece la misma funcionalidad que se encuentra en otras tablas Arduino, en un paquete redondo y liviano diseñado para minimizar el enganche y el perfil, con pestañas anchas que se pueden coser y conectar con hilo conductor. Esta placa funcionará de 2V a 5V y ofrece grandes orificios de pin-out que facilitan la costura y la conexión. Cada uno de estos pines, con la excepción de (+) y (-), puede controlar un dispositivo de entrada o salida adjunto (como una luz, un motor o un interruptor).

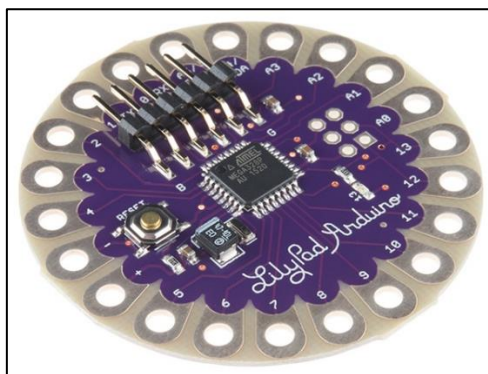


Ilustración 6. Arduino LilyPad Atmega328 Main Board

Fuente. (SparkFun Electronics, s.f.)

### 3.1.2.2 Características

Según (Arduino, s.f.) las características del Arduino LilyPad 328 Main Board son:

Tabla 6. Características del Arduino LilyPad 328 Main Board

Descripción	Características
Microcontrolador	ATmega168 o ATmega 328V
Tensión de funcionamiento	2,7 – 5,5 V
Voltaje de entrada	2,7 – 5,5 V
Pines Digitales	14
Pines Analógicos	6
Corriente DC por Pin de E/S	40 mA

*Advertencia: No encienda el LilyPad Arduino con más de 5,5 voltios, o conecte la alimentación al revés, lo matará.*

Fuente: (Arduino, s.f.)

### 3.1.3 Programación en Arduino

Sobre la programación en Arduino (Crespo, 2017) manifiesta que:

Arduino proporciona un entorno de programación sencillo y potente para programar, pero además incluye las herramientas necesarias para compilar el programa y “quemar” el programa ya compilado en la memoria flash del microcontrolador. Además, el IDE nos ofrece un sistema de gestión de librerías muy práctico.

Por lo tanto, programar en la plataforma de Arduino es muy sencillo y cualquier persona puede lograrlo sin tener amplios conocimientos de programación, la facilidad para realizar los sketches y transferir los datos hacia la tarjeta electrónica también es una ventaja que posee Arduino.

#### 3.1.3.1 Estructura de un Sketch

En Arduino un Sketch es un proyecto, es decir, es donde se desarrolla el programa, (Crespo, 2017) afirma que “la estructura básica de un sketch en Arduino es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes son obligatorias y encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones”. Las dos funciones son necesarias e indispensables para que el programa trabaje, estas funciones son:

- **Setup ():** donde se configura el Arduino y se ejecuta una sola vez.
- **Loop ():** se ejecuta cíclicamente y además contiene el programa.

```

sketch_mar23a $
1 void setup() {
2   // pon tu código de configuración aquí, para correr una vez
3   //inicializar la comunicación serial
4 }
5
6 void loop() {
7   // pon tu código principal aquí, para correr repetidamente
8   //zona donde se escribe lo que quiero que Arduino haga
9 }

```

*Ilustración 7. Estructura del Sketch de Arduino  
Fuente: Ulcuango Rubí*

### 3.1.3.2 Lenguaje de programación de Arduino

Hablar de un lenguaje propio de Arduino no es del todo cierto, ya que el lenguaje de programación de este es una adaptación de C++, la diferencia con la programación estándar de C++ radica en la estructura de Arduino (Crespo, 2017).

Como señala (Arduino, s.f.) el lenguaje de programación de Arduino puede dividirse en tres partes principales las cuales son:

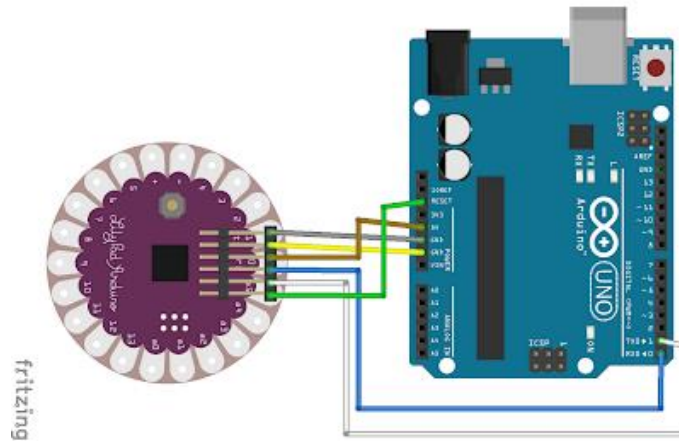
Tabla 7. Ejemplos de Lenguaje de Programación Arduino

<b>Funciones</b>	<b>Valores</b>	<b>Estructura</b>
Controlan la placa Arduino y	Arduino tipos de datos y	Los elementos del código
realizar cálculos	constantes	Arduino (C++)
<b>E / S digital</b>	<b>Conversión</b>	<b>Sketch</b>
digitalRead ()	byte ()	loop ()
digitalWrite ()	char ()	setup ()
pinMode ()	float ()	
	int ()	<b>Control Structure</b>
<b>E / S analógica</b>	long ()	break
analogRead ()	word ()	continue
analogReference ()		do...while
analogWrite ()	<b>Tipos de datos</b>	else
	String ()	for
<b>Familia de fuentes Zero,</b>	array	goto
<b>Due y MKR</b>	bool	if
analogReadResolution ()	byte	return
analogWriteResolution ()	char	switch...case
	doble	while
	float	
	int	

Fuente: Adaptado de (Arduino, s.f.)

### 3.1.3.3 Programación del Arduino LilyPad

Al no tener un USB para conectar la placa al computador y cargar el sketch, el Arduino LilyPad debe ser cargado por otros medios ya sea por un cable FTDI o por medio de una Arduino UNO. En la **Ilustración 8** se muestra la forma de conectar la placa de Arduino LilyPad con la de Arduino UNO para cargar el sketch:



*Ilustración 8. Conexión de Arduino para cargar el sketch  
Fuente: Tecnología pedromercedes*

### 3.1.4 Módulo Bluetooth HC-05

Con la finalidad de reemplazar y eliminar los puertos infrarrojos y las conexiones por cables en 1994 la compañía Ericsson desarrollo la tecnología bluetooth para comunicación entre dispositivos de corto alcance, según (Tecnología Informática, s.f.) afirma que “la tecnología es bastante ventajosa, pues permite la comunicación entre diversos dispositivos sin necesidad de cables, además de eso, es una tecnología barata”, por lo cual ganó mucha popularidad en el mercado, existen muchos modelos de dispositivos bluetooth en el mercado, sin embargo, nos referiremos únicamente al bluetooth HC-05.

El módulo bluetooth HC-05 es un dispositivo que permite comunicarse con un Smartphone, microcontroladores o cualquier otro aparato electrónico de manera inalámbrica a máximo 10

metros de distancia, (Durán, 2015) dice que el bluetooth HC-05 ha mejorado considerablemente en su precio y ha adquirido nuevas características, ya que es un módulo Maestro-Esclavo, esto quiere decir que se puede conectar fácilmente a un computador, Smartphone u otros dispositivos electrónicos que contengan bluetooth.

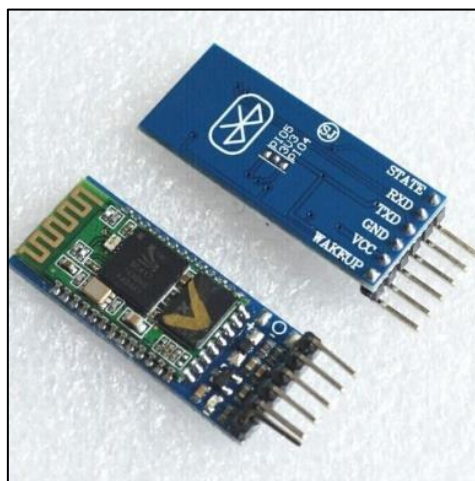


Ilustración 9. Módulo Bluetooth HC-05  
Fuente. [www.prometec.net](http://www.prometec.net)

### 3.1.4.1 Características

De acuerdo con (Ing. Guarnizo, S/F) las características del módulo bluetooth HC-05 son:

Tabla 8. Características Módulo Bluetooth HC-05

Descripción	Características
Compatibilidad	Con Arduino
Frecuencia	2.4 GHz
Antena	PBC incorporada
Potencia de emisión	$\leq 4$ dBm (decibelios - milivoltios)
Alcance	De 5 a 10 metros
Consumo de corriente	50 mA
Voltaje de alimentación	3,6 V a 6 V
Dimensiones totales	1,7 cm x 4 cm aprox.
Temperatura de operación	-20 °C a + 75 °C

Fuente. Adaptado de [www.electronicoscaldas.com](http://www.electronicoscaldas.com)

### 3.1.5 Smartphone

Conocido también como “teléfono Inteligente” que es la traducción de inglés a español, un smartphone a diferencia de los teléfonos celulares antiguos tiene múltiples ventajas porque tiene una mayor capacidad de procesamiento, movilidad y facilidad de uso, (Roca, s.f.) menciona que un Smartphone es “un ordenador de bolsillo, que gracias a las tecnologías microelectrónicas, ha ido acumulando funciones y posibilidades que lo acercan a otros dispositivos de proceso aparentemente más potentes y versátiles” y gracias a estas características los teléfonos inteligentes han ganado mucha popularidad en el mercado.

Además, gracias a sus sistemas operativos como Android, iOS, BlackBerry entre otros se han convertido en dispositivos muy versátiles ya que se puede incorporar más aplicaciones (Apps) a los smartphones para mejorar sus características y brindar mejores ventajas para su uso.



*Ilustración 10. Smartphone  
Fuente. www.extra.com.br*

### 3.1.6 AppInventor

Sobre AppInventor (Abellán Á. , s.f.) menciona que:

Es un entorno de desarrollo de software creado por Google para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo de Android. El lenguaje es gratuito y se puede acceder fácilmente de la web. Las aplicaciones con AppInventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas de un dispositivo móvil.

Por lo tanto, MIT AppInventor es un software con el cual se podrá desarrollar fácilmente la aplicación para calcular la frecuencia cardíaca, ya que la programación es muy sencilla, se puede desarrollar en la nube y se puede compartir a cualquier usuario.

### 3.1.6.1 Programación en MIT App Inventor

En App Inventor la programación está basada en bloques lo cual facilita el desarrollo y creación de diferentes aplicaciones, además los bloques en App Inventor están clasificados por colores según la función que cada uno va a realizar, en la **Ilustración 11** se muestra el funcionamiento de App Inventor, en donde se muestra que primero se configura o diseña la pantalla, luego se programa mediante bloques, finalmente se prueba el programa en el emulador o se descarga la aplicación directamente al móvil:

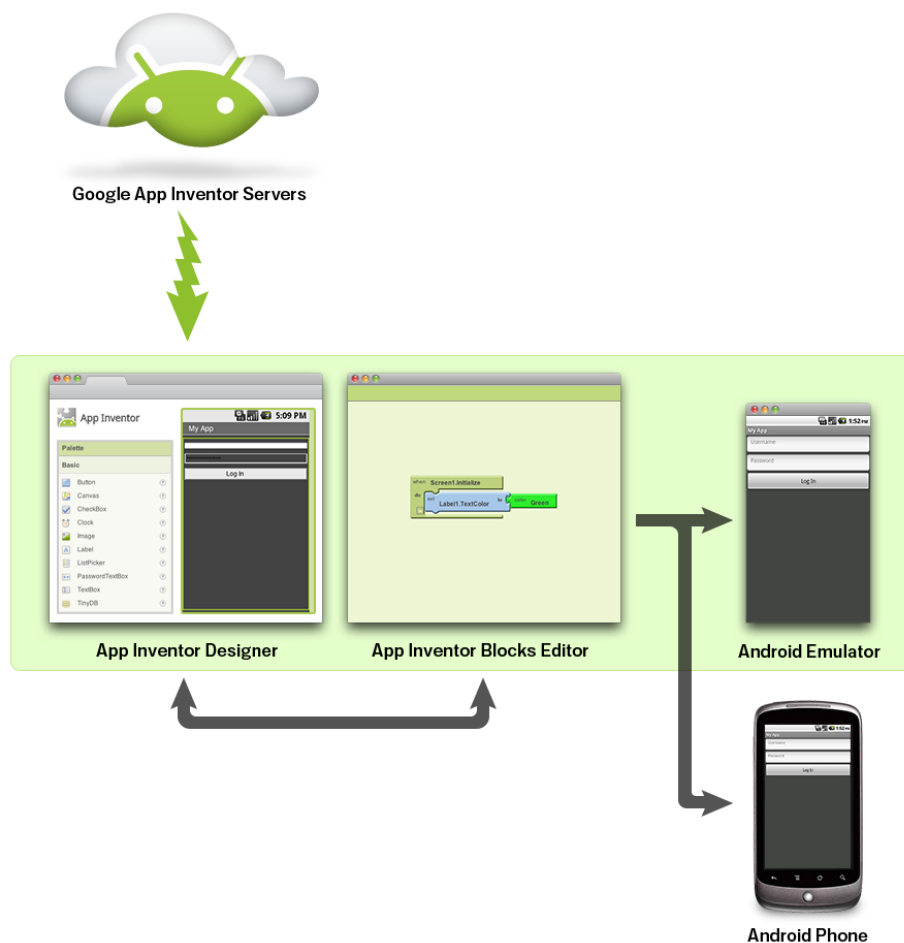


Ilustración 11. Diagrama de funcionamiento App Inventor  
Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>



### 3.1.6.2 Elementos de programación de App Inventor

Según (Código 21, s.f.) en App Inventor existen unos bloques que son comunes en todos los proyectos, independientemente de los componentes que los contengan, a continuación, se muestran las funciones de cada tipo de bloques:

- **Funciones de Texto**

Son bloques de color vino que generalmente van unidos a otras condiciones dependiendo de la programación a realizarse, estas funciones de texto como su palabra lo dice permite manipular las cadenas de texto, estas funciones de texto “permiten dividir un texto en partes, convertirlo en mayúsculas, cambiar de altura, texto o visibilidad de un recuadro de texto o definir una variable” (Rederjo, 2013).

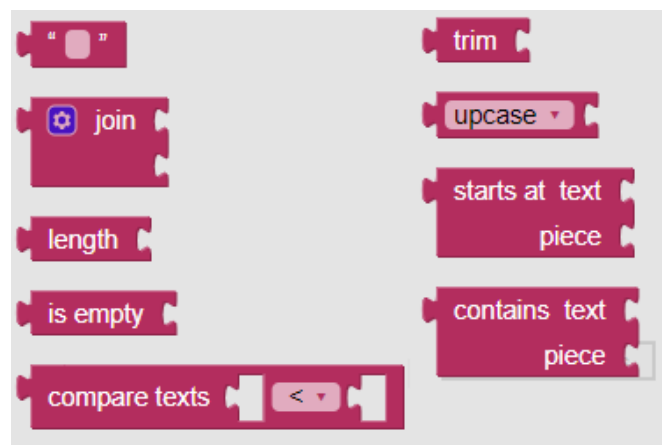


Ilustración 12. Funciones de Texto  
Fuente: MIT App Inventor

- **Estructura de control**

Son comparaciones que se realiza en la programación para el desarrollo de la aplicación, son de color café y frecuentemente engloban los demás bloques.

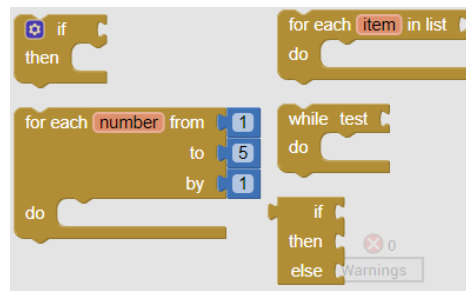


Ilustración 13. Estructura de Control  
Fuente: MIT App Inventor

- **Eventos**

“Es toda actividad producida por el usuario como tocar un botón o arrastrar el dedo sobre la pantalla” (Navarrete, 2013), estos son importantes para que el usuario pueda interactuar con la interfaz.

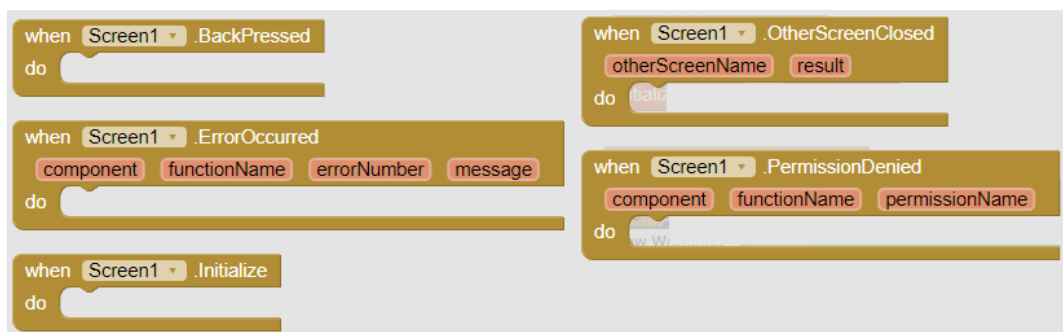


Ilustración 14. Eventos  
Fuente: MIT App Inventor

- **Funciones de números**

Permite realizar diferentes operaciones matemáticas, son de color azul y van conectadas a otras condiciones de programación dependiendo de la lógica desarrollada por el usuario.

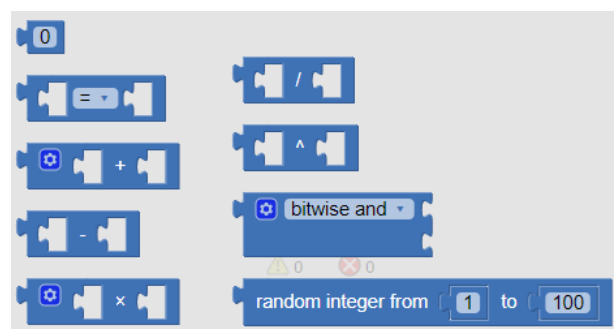


Ilustración 15. Funciones de números  
Fuente: MIT App Inventor

- **Ventajas e inconvenientes**

Tabla 9. Ventajas e Inconvenientes

<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Se puede crear aplicaciones sin necesidad de saber programación	Solo se puede desarrollar para Android
Se puede acceder en cualquier momento y cualquier lugar siempre que estemos conectados a internet	No genera código Java para desarrollos más profundos
Nos ofrece varias formas de conectividad: directa, WI-FI o por medio del emulador	
Nos permite descargar la aplicación mediante el .apk a nuestro pc.	

*Fuente. (Abellán Á. , s.f.)*

### 3.1.7 Baterías

Las baterías eléctricas o acumuladores son dispositivos que almacenan energía eléctrica mediante el uso de procesos electroquímicos, luego esa energía almacenada se devuelve casi en su totalidad y vuelve a iniciar el ciclo (Equipos de Laboratorio de Colombia, s.f.).



*Ilustración 16. Batería (Pila)*  
*Fuente. blog.330ohms.com*

### 3.1.7.1 Pila alcalina

Conocidas también como pilas de alta potencia o de larga vida, las pilas alcalinas llevan dióxido de manganeso, según (330ohms, 2016) sobre las pilas alcalinas menciona que:

En estas pilas, el electrodo negativo está hecho de polvo de zinc y el electrodo positivo de dióxido de manganeso, mientras que el electrolito es hidróxido de potasio. Estas pilas proporcionan más energía que los análogos de zinc-carbón y son menos susceptibles a tener caídas de voltaje durante su ciclo de descarga.

Existen algunas ventajas que tienen las pilas alcalinas de dióxido de manganeso, estas son:

- Duran más tiempo que las pilas de zinc-carbón.
- Almacena más energía.
- Algunas son recargables.

### 3.1.8 Porta baterías para pilas AAA

El porta baterías para dos pilas AAA permite realizar fácilmente instalaciones eléctricas y electrónicas, ya que se puede usar principalmente para proyectos electrónicos en protoboard o para alimentar de energía cualquier prototipo de circuito electrónico, la función de este porta pilas es sumar el voltaje de las 2 pilas AAA y tiene una fácil conexión ya que cuenta con dos cables polarizados (Oxdea, s.f.)



Ilustración 17. Porta Pilas AAA

Fuente: (Oxdea, s.f.)

## **CAPITULO IV. Textiles inteligentes**

### **4.1 Generalidades**

#### **4.1.1 Introducción**

(Sánchez, 2007) sobre los textiles inteligentes menciona que el diseño de prendas se ha dado por muchos años, utilizando distintos tipos de fibras ya que dependiendo de las fibras usadas en la fabricación de las prendas se les otorgaba algunas propiedades. Sin embargo, con el pasar de los años los textiles han ido cambiando con el fin de causar un impacto en la vida de las personas, ya que en estos días los textiles son diseñados con el objetivo de mejorar la calidad de nuestras vidas al tener características específicas.

Existe una gran cantidad de textiles, pero desde hace algunos años atrás en el mercado se introdujeron los llamado textiles inteligentes que tienen características y aplicaciones especiales, además, son utilizados en diferentes campos de la actividad humana e industrial, estas aplicaciones van desde el uso en los deportes para mejorar los resultados hasta el uso en los programas médicos.

Por su parte (Roldán, 2010) comenta que con el propósito de desarrollar tejidos con características especiales y con nuevas funcionalidades, las investigaciones dentro del campo textil y disciplinas como la ciencia, la electrónica, entre otras han ido aumentando. Sensores, hilos conductores, y distintos materiales inteligentes textiles han sido desarrollados para poder ajustarse a las prendas y puedan ayudar a medir y controlar parámetros fisiológicos del ser humano como los electrocardiogramas, frecuencia cardíaca, respiración, etcétera. Además, al

tener materiales o componentes inteligentes, electrónicos, sensores, biosensores, entre otros, estos textiles tienen mucho más valor económico.

#### **4.1.2 Definición**

“Los textiles inteligentes se definen como textiles que piensan por sí mismos, que pueden detectar y reaccionar a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas” (Universidad de Palermo, 2012)

(Sánchez, 2007) menciona que los textiles inteligentes son capaces de alterar su naturaleza cuando reaccionan ante distintos estímulos físicos, químicos o mecánicos y modifican sus propiedades para que el usuario pueda obtener sus beneficios, entre los textiles inteligentes o comúnmente conocidos como Smart textiles existe una gran cantidad que pueden diferenciarse por su función o aplicación, por ejemplo, existen textiles que protegen a las personas de los rayos ultravioleta otros que cambian de color cuando se exponen a diferentes temperaturas o aquellos que son capaces de transmitir datos vitales del cuerpo hacia un computador, también hay textiles que son capaces de combatir las bacterias, algunos que se mantienen con fragancias durante mucho tiempo, entre otros.

Por su parte (Thierry, s.f.) define a los textiles inteligentes como:

Tejidos que tienen componentes electrónicos incorporados. Estos componentes pueden incluir dispositivos como conductores, circuitos integrados, diodos emisores de luz, baterías y hasta pequeñas computadoras. Los textiles inteligentes tienen los dispositivos electrónicos entretejidos de manera imperceptible, lo que les permite ser flexibles. Mientras que algunas formas de textiles inteligentes se utilizan para fabricar ropa, también se pueden usar para textiles destinados a diseño de interiores. Una faceta importante de la tecnología de textiles inteligentes se encuentra en el campo

de la fibratrónica, la cual estudia cómo lograr la integración completa de estos componentes electrónicos en las fibras textiles. También se ocupa de cuestiones como la fabricación de textiles inteligentes lavables cuando se ensucian.

Gracias a los distintos componentes que los textiles inteligentes tienen incorporados se puede decir que tienen múltiples aplicaciones que ayudan a facilitar y mejorar la vida de las personas.

### **4.1.3 Ventajas de los textiles inteligentes**

Con el avance de la tecnología los textiles también han ido evolucionando, hoy en día los textiles inteligentes se han vuelto muy conocidos por las personas no solo por ser novedosos sino porque otorgan múltiples ventajas, (BigBang, 2017) manifiesta que los Smart textiles tienen muchos beneficios ya que al tener incorporados sensores, chips en miniatura, entre otros, pueden a monitorear signos vitales del ser humano como las señales eléctricas del corazón o ECG.

Por otra parte, existen textiles con tecnologías incluidas directamente en las fibras de los tejidos que le brindan propiedades especiales como la repelencia a la suciedad, prendas antibacterianas, aquellas que pueden proteger de los rayos UV o las que son resistentes al fuego, los Smart Textiles también han sido desarrollados para tener propiedades curativas como aquellas telas que ayudan a regenerar heridas o que contribuyen con el tratamiento de alergias, textiles que ayudan a la absorción del CO<sub>2</sub>, entre otros que facilitan la vida del ser humano y el entorno.

## 4.2 Componentes de los textiles inteligentes

Un textil debe tener al menos uno de los tres componentes esenciales para ser considerado un material textil inteligente, según (Tao, 2001) en su libro *Smart Fibres, Fabrics and Clothing Fundamentals and Applications* menciona que los componentes esenciales de un textil inteligente son:

- **Sensores:** son dispositivos que ayudan a detectar y medir variables físicas como (presión, temperatura, movimientos, etc.) para transformarlas en variables eléctricas, es decir actúan como un sistema nervioso central detectando señales del entorno.
- **Actuadores:** son dispositivos capaces de proveer una señal eléctrica a la unidad de control ya que actúan directamente sobre la señal juntamente con los sensores.
- **Unidad de control:** es la unidad central en donde se recopila la información para procesarla permitiendo su activación o reacción.

## 4.3 Clasificación

Los textiles inteligentes se clasifican generalmente en tres categorías que son los de primera generación o pasivos, segunda generación o activos y los de tercera generación o ultra inteligentes, a continuación, se detalla cada uno:

### 4.3.1 Primera Generación

Conocidos también como textiles inteligentes pasivos, estos textiles son aquellos que “pueden detectar las condiciones o estímulos medioambientales” (Departamento de



Inteligencia de Mercados, 2017); los textiles pasivos se caracterizan principalmente por estar compuestos sensores, carecer de actuadores y de una unidad de control, es decir este tipo de textiles solamente captan las señales que detectan del ambiente.

#### **4.3.2 Segunda Generación**

Estos textiles “tienen la capacidad de detectar y actuar frente a una determinada situación” (Departamento de Inteligencia de Mercados, 2017), también, son llamados textiles inteligentes activos ya que están compuestos de sensores y actuadores, pero carecen de una unidad de control.

#### **4.3.3 Tercera Generación**

Llamados también textiles Ultra inteligentes “estos pueden detectar, reaccionar y adaptarse a las condiciones y estímulos del medio” (Departamento de Inteligencia de Mercados, 2017); este tipo de textiles poseen los tres componentes esenciales que debe contener un textil; es decir, estos textiles tienen sensores, actuadores y una unidad de control.

(Pambaquishpe, 2017) sobre los textiles ultra inteligentes menciona que son capaces de monitorear la salud del ser humano ya que poseen diferentes sensores, actuadores que son capaces de transmitir información hacia una unidad de control para que pueda procesar, transformar y enviar datos hacia un dispositivo que puede ser un smartphone, computador, tablet, entre otros dispositivos electrónicos.

Gracias a distintas investigaciones se han logrado desarrollar este tipo de textiles, que aunque parezcan del futuro estos tejidos ya existen y están compuestos generalmente por

componentes electrónicos que han sido fabricados en miniatura o en tamaño nano como diodos LED, baterías, circuitos integrados y electrónicos, los cuales pueden ajustarse a la prenda textil sin incomodar a la persona que lo esté usando, pero también existen aquellos textiles que para su fabricación se han modificado su materia prima, es decir las fibras, para que puedan reaccionar ante un estímulo (AquaClean, 2018).

#### **4.3.4 E-Textiles**

##### ***4.3.4.1 Generalidades***

El 98% de nuestras vidas se encuentran en contacto con los textiles y cada vez van evolucionando, es decir, están empezando a ser inteligentes, la integración de la electrónica a los tejidos se ha ido desarrollando desde ya hace varios años y a medida que esta tecnología es cada vez más explorada se desarrollan nuevos productos con distintas funcionalidades que no solamente están en tejidos industriales sino también el ropa de uso diario (Hayward, s.f.).

(Hayward, s.f.) en su investigación E-Textiles 2018-2028: Technologies, Markets, Players menciona que en los últimos años los textiles electrónicos se han ido desarrollando favorablemente, aunque las compañías creadoras de estos productos no han tenido un gran éxito comercial han podido fabricar y vender los textiles electrónicos durante décadas; la confiabilidad, compatibilidad, estándares, disponibilidad de materiales y los costos son factores que han provocado que estos productos no sean consumidos, sin embargo, gracias a inversiones y asociaciones se están reduciendo estas barreras logrando realizar textiles electrónicos a costos bajos y fácilmente accesibles.

Combinar los textiles con la electrónica requiere más procedimientos de manufactura, ya que la producción de un textil tradicional ya está establecida, los métodos comúnmente usados para manufacturar y los más baratos de producción siempre han sido el corte y la costura, sin embargo hoy en día existen nuevas tecnologías para realizar estos procesos y así lograr una producción fácil de e-textiles, como por ejemplo existen máquinas de punto que realizan las prendas completas eliminando así el proceso de costura de la prenda (Myers, Bowles, Shahariar, Bhakta , & Jur, 2017).

#### ***4.3.4.2 Definición***

También conocidos como textiles electrónicos o textiles ultra inteligentes, los e-textiles son “un tipo de tejido que contiene elementos electrónicos” (Techopedia, s.f.), es decir, estos textiles contienen tarjetas, microprocesadores, sensores o pequeñas computadoras digitales.

Los e-textiles tienen la capacidad de conducir electricidad y junto con los componentes que pueden ser sensores detectan los cambios que hay en el entorno, además, estos textiles al tener sensores tienen la capacidad de detección biométrica o externa y los datos obtenidos se pueden transmitir hacia un dispositivo de procesamiento de información para enviarlos hacia un dispositivo electrónico como smartphones o computadores, la característica de los textiles electrónicos es que tanto sus componentes electrónicos como las conexiones que se realizan en el tejido son mucho menos visibles y por lo tanto no son susceptibles a enredarse con medios del entorno (Anwar, s.f.)

Los textiles electrónicos pueden clasificarse en dos tipos principales (Anwar, s.f.) menciona los siguientes:

1. E-textiles con dispositivos electrónicos clásicos como conductores, circuitos integrados, LED y baterías convencionales incrustadas en prendas.
2. E-textiles con electrónica integrada directamente en los sustratos textiles. Esto puede incluir componentes electrónicos pasivos tales como conductores y resistencias o componentes activos como transistores, diodos y células solares.

Por otra parte, los textiles electrónicos también pueden ser fabricados de forma híbrida ya que los componentes electrónicos que forman parte del textil (sensores e hilo conductor) pueden estar conectados a dispositivos electrónicos clásicos como baterías o tarjetas electrónicas externas (Anwar, s.f.)

#### **4.1 Textiles inteligentes para deportistas**

(Banús, 2012) manifiesta que los textiles para el deporte han estado en constante evolución por lo cual se han ido adaptando a diferentes demandas de los usuarios, la industria textil tiene una gran oportunidad en el desarrollo de prendas deportivas ya que el deporte es una actividad practicada por las personas de forma frecuente.

Por su parte (Pambaquishpe, 2017) dice que las prendas deportivas tienen incorporadas materiales textiles inteligentes que son capaces de ayudar en el desempeño de las personas que practican diferentes actividades deportivas. Existen prendas deportivas de primera y segunda generación que dependiendo de sus características son aceptadas o no por los usuarios, pero también hay prendas deportivas de tercera generación que, gracias a los sensores, actuadores y la unidad de control que tiene incorporada la prenda le da un valor agregado y características especiales que ayudan al deportista a mejorar su rendimiento y también a cuidar su salud.

En la siguiente tabla se muestran algunos sensores utilizados en la creación de textiles ultra-inteligentes deportivos:

*Tabla 10. Sensores para textiles inteligentes de tercera generación - Deportivo*

<b>Tipo de sensores</b>	<b>Característica</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Ejemplo</b>
Sensores biopotenciales para monitorización de ECG y EMG	Se usa principalmente en los cambios periódicos de potencial eléctrico para actividades cardiovasculares y musculares.	Usa un electrodo portátil de tejido y con hilos de plata tejidos en la superficie de la ropa. De manera que los electrodos del textil no de fijen en la piel y son sensibles al movimiento del cuerpo.	LifeShirt
Sensores de respiración	Permiten medir la circunferencia del pecho el abdomen y su cambio durante las actividades de exhalación e inhalación.	La base de los sensores de respiración es la neumografía. Y los métodos usados son la pletismografía inductiva respiratoria (RIP) y sensores piezo eléctricos.	Intelligent Knee Sleeve
Sensores de movimientos	Tienen gran potencial para rehabilitación y entrenamiento fitness. Los sensores permiten medir la cantidad y la calidad de ejercicio. Permiten convertir el movimiento mecánico en una señal eléctrica.	Los sensores más comúnmente utilizados son los acelerómetros que toman la forma de circuito en el tejido textil, un transeptor para comunicación inalámbrica y conexión con batería.	Intelligent Knee Sleeve

*Fuente: (Pambaquishpe, 2017)*

## 4.2 Materiales Inteligentes

### 4.2.1 Hilo conductor

Los hilos conductivos o conductive thread son hilos que tienen el mismo aspecto que un hilo normal textil pero tienen características de conductividad eléctrica (Mastachi, s.f.) sobre los hilos conductores señala que son materiales muy importantes para el desarrollo de e-textiles (textiles electrónicos), wearables (textiles que tienen un microprocesador) y soft-electronics (textiles electrónicos flexibles), ya que estos hilos tienen características especiales como la flexibilidad, son discretos y además son fáciles de implementar en los tejidos.

Estos hilos son fabricados generalmente con hilos de algodón o nylon en el núcleo y cubierto con fibras de acero inoxidable o plata, aunque también existen hilos de filamento continuo de acero inoxidable 100% o hilos de fibras cortas de plata. Los hilos pueden ser implementados en las telas por un cosido tradicional con aguja y a mano o también se pueden coser con máquina, la conductividad de los hilos se encuentra aproximadamente en 80 ohms por metro, por lo tanto, es bueno tener en cuenta este dato cuando se planea realizar circuitos muy largos (Mastachi, s.f.)

Por otra parte, (Myers et al., 2017) dice que estos hilos conductivos pueden ser de acero inoxidable o de plata que es el más conductivo, sin embargo, su elevado costo permite que el hilo de acero inoxidable sea más consumido por su bajo precio, pero el uso de estos hilos está limitado ya que son más rígidos y menos extensibles por lo que es más difícil el doblado y torsión durante el proceso de fabricación.

#### 4.2.2 Características del hilo conductor de acero inoxidable

Este hilo es de 2 cabos, un poco más grueso que el hilo normal de poliéster o algodón, pero es lo suficientemente delgado para pasar a través de una aguja para realizar la costura a mano o en una máquina de confección que sea para un “hilo pesado”, ya que este hilo es fuerte y liso es ideal para la creación de textiles electrónicos, se puede usar para conducir electricidad hacia LEDs y otros componentes electrónicos,

A pesar de que este hilo es algo duro y un poco rígido tiene la ventaja de que no llegara a oxidarse por el paso del tiempo y el lavado de la prenda de vestir, porque al estar compuesto de acero inoxidable este no se oxida como la plata, por lo tanto, el proyecto no dejara de funcionar con el paso del tiempo por oxidación del hilo (TechMake Electronics , s.f.).



*Ilustración 18. Hilo Conductor de Acero Inoxidable  
Fuente: [www.webelectro.com.mx](http://www.webelectro.com.mx)*

## CAPITULO V. Elaboración de la camiseta deportiva y desarrollo del SVRC

### 5.1 Elaboración de la camiseta deportiva

#### 5.1.1 Tejido

Para la elaboración de la camiseta deportiva se ha considerado realizarla en un tejido 100% poliéster, ya que esta tela tiene beneficios que otorgan al deportista confort, además, de ser un tejido ligero y resistente, este no es absorbente por lo cual la prenda ayudará a mantener el cuerpo fresco y libre de sudor, fácil lavado y rápido secado.

A continuación, se describen las características del tejido usado en la elaboración de la camiseta deportiva:

Tabla 11. Características del Tejido

<b>TEJIDO CAMISETA</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	Ligamento	<i>Jersey</i>
	Color	<i>Blanco</i>
	Ancho del tejido abierto	<i>184 cm</i>
	Gramaje (gr/m <sup>2</sup> )	<i>103,89</i>
	Rendimiento (m/kg)	<i>9,63</i>
<b>COMPOSICIÓN</b>	Fibra	<i>100% Poliéster</i>

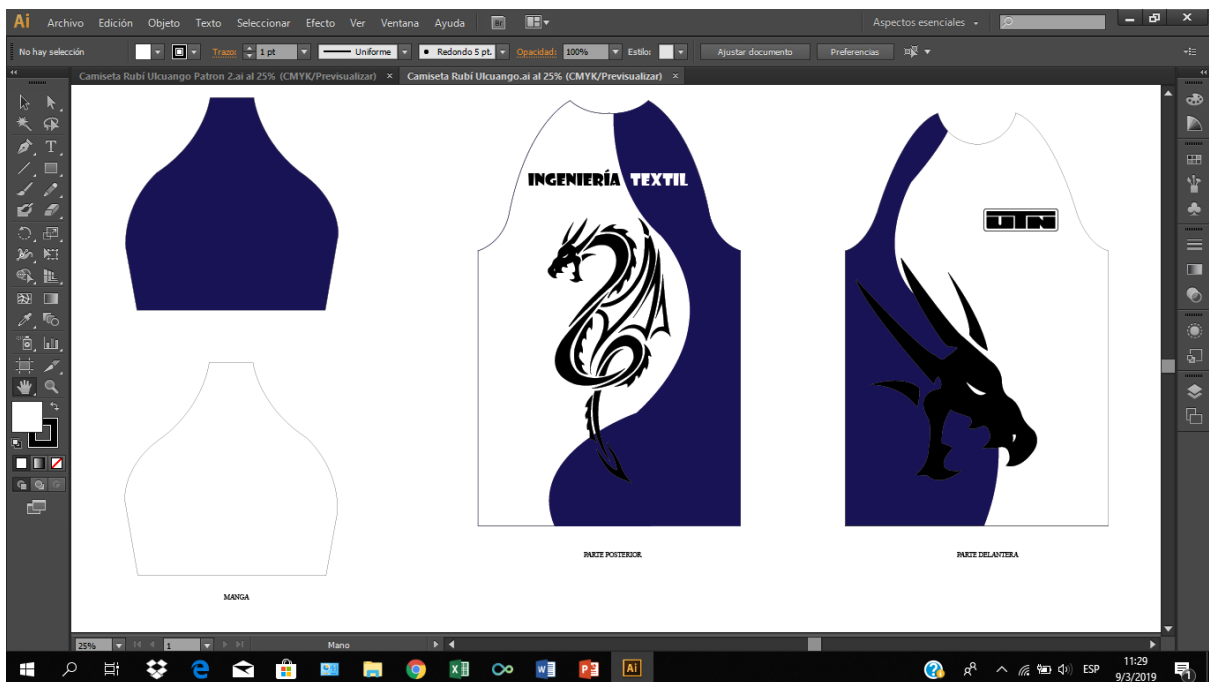
Fuente: *Ulcuango Rubí*



## 5.1.2 Descripción de la elaboración de la camiseta

### 5.1.2.1 Diseño

Para el diseño de la prenda deportiva se ha utilizado el programa Adobe Illustrator, debido a que en este programa se puede editar y desarrollar imágenes fácilmente, lo cual es muy útil a la hora de realizar una prenda deportiva sublimada porque facilita la creación del diseño y el trazo de la camiseta para el posterior corte y confección. La camiseta deportiva se ha diseñado con manga tipo ranglán, que permite mayor libertad de movimientos y por lo tanto es muy usada en prendas deportivas.



*Ilustración 19. Diseño de la camiseta deportiva  
Fuente: Ulcuango Rubí*

En la **Ilustración 19** se muestra las piezas que forman la camiseta deportiva manga ranglán, en donde la parte delantera y la parte posterior serán sublimadas en tela 100% poliéster de color blanco, de igual manera las mangas se realizaran en tela 100% poliéster una de color azul

marino sublimada y la otra de color blanco, además en cuello será de color blanco de tejido rib PES/CO.

La tarjeta electrónica de Arduino y los sensores serán colocados por el interior de la camiseta, la ubicación de los sensores se muestra en la **Ilustración 21** mientras que la tarjeta de Arduino LilyPad se ubicará detrás de la camiseta y se unirá con los componentes electrónicos por medio de hilo conductor, así mismo la batería que alimenta de energía se ubicará en la parte posterior de la camiseta en un pequeño bolsillo elaborado con el mismo tejido.

#### 5.1.2.2 Flujograma del proceso de elaboración de la camiseta

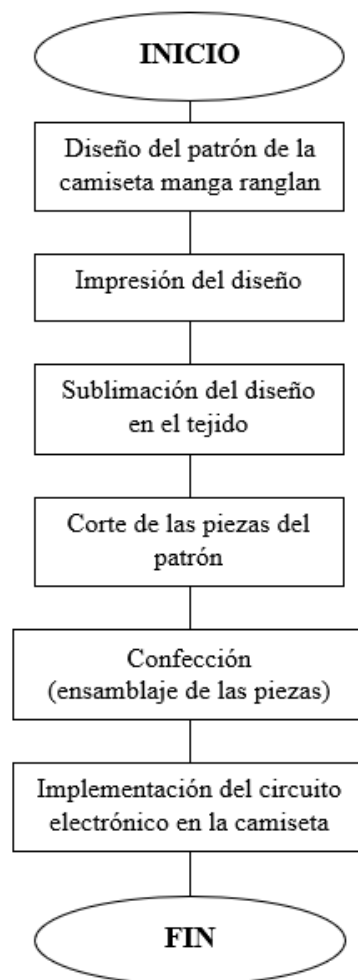


Ilustración 20. Flujograma de procesos  
Fuente: Ulcuango Rubí

En la siguiente tabla se muestra los detalles y especificaciones de la elaboración y confección de la camiseta deportiva:

### 5.1.2.3 Ficha de confección y especificaciones técnicas de la camiseta

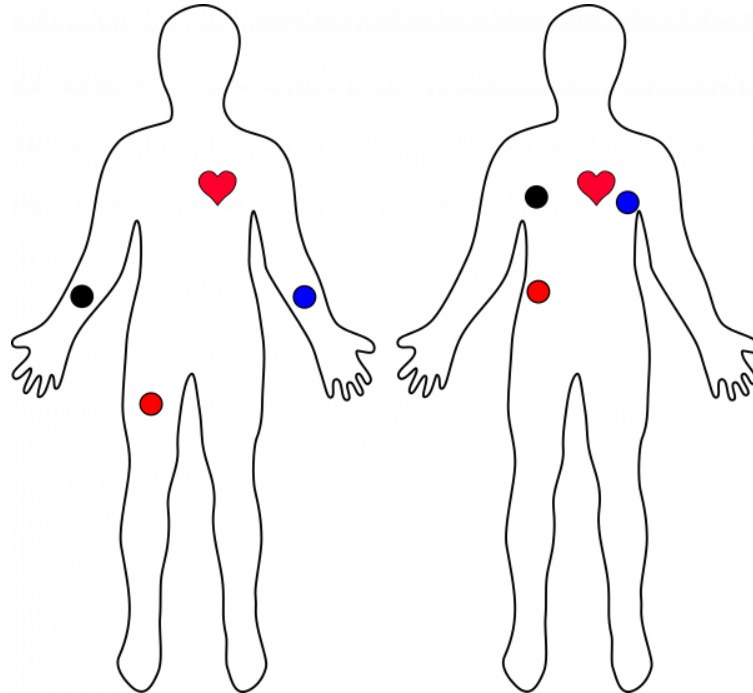
Tabla 12. Ficha Técnica de Confección

FICHA TÉCNICA						
<b>Referencia</b>	Camiseta	<b>Diseñador</b>	Ulcuango Rubí			
<b>Descripción</b>	Manga Ranglán	<b>Fecha:</b>	21-ene-19			
<b>Talla</b>	S					
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>ESPECIFICACIONES</b>			
Camiseta sublimada con manga ranglán, cuello redondo terminado con tejido Rib de poliéster algodón, bolsillo en la parte posterior de la camiseta de 100% poliéster color blanco.			<b>Máquina</b>	<b>Puntadas por Pulgada</b>	<b>Máquina</b>	<b>Puntadas por Pulgada</b>
			<b>Recta</b>	9	<b>Recubridora</b>	10
			<b>Overlock</b>	11	<b>Margen de costura</b>	2 cm

Fuente: Ulcuango Rubí

### 5.1.3 Ubicación de los sensores del sistema VRC en la camiseta

Los sensores de medición del ritmo cardiaco tienen una ubicación predeterminada en el cuerpo, en la **Ilustración 21** se muestran las colocaciones típicas que deben tener los sensores para una correcta valoración del ritmo cardiaco.



*Ilustración 21. Colocaciones típicas de los sensores*  
*Fuente: (Caseytherobot, s.f.)*

Para la colocación de los sensores en la camiseta se toma como referencia la imagen derecha en la cual los sensores se ubican en la parte superior del cuerpo con lo cual la colocación de los electrodos será más fácil en la camiseta.

## 5.2 Desarrollo del sistema de valoración del ritmo cardiaco

### 5.2.1 Hardware del sistema VRC

Para la elaboración del hardware de valoración del ritmo cardiaco se utilizará elementos como el Kit Heart Monitor AD8232, Arduino UNO, Arduino Lilypad, el módulo bluetooth HC-05, protoboard, batería, hilo conductor, cables y un smartphone.

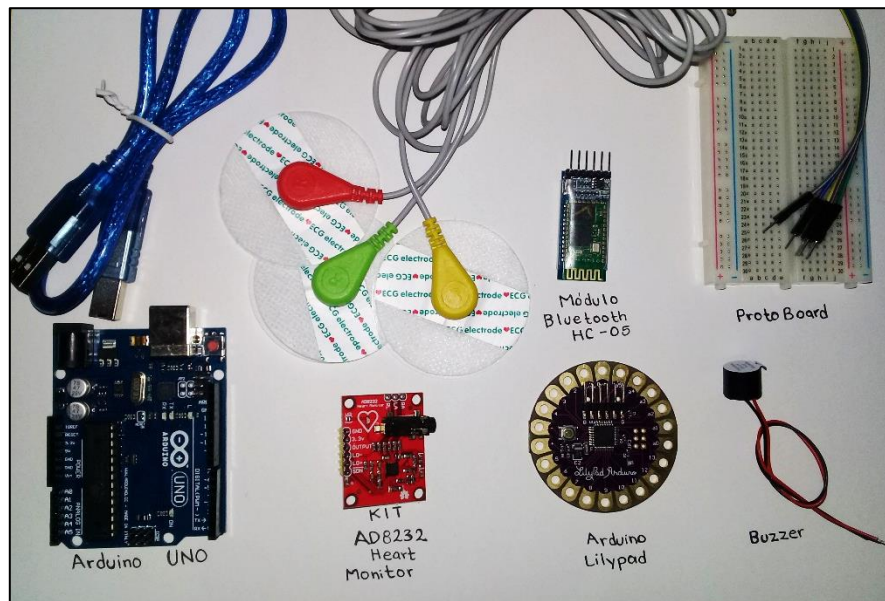


Ilustración 22. Elementos de desarrollo del Hardware  
Fuente: Rubí Ulcuango

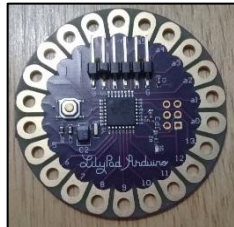
#### 5.2.1.1 Componentes electrónicos

Tabla 13. Componentes Electrónicos

Material	Descripción
<b>Kit Heart Monitor AD 8232</b> 	Consta de una tarjeta electrónica Arduino AD8232 y tres sensores que miden la frecuencia cardíaca, esta tarjeta es que se puede conectar a otras tarjetas electrónicas ya sea del sistema Arduino o no.

**Arduino UNO**

Es una placa electrónica que será utilizado como un medio de conexión para la programación del ritmo cardiaco en la tarjeta AD8232 y del Arduino LilyPad.

**Arduino LilyPad**

Esta placa es el componente principal de la programación del SVRC, esta recibirá, procesara, transmitirá y enviara hacia el Smartphone los datos del ritmo cardiaco emitidos por los sensores.

**Módulo Bluetooth HC-05**

Este dispositivo electrónico permite la transmisión de datos de la frecuencia cardíaca hacia el Smartphone.

**Pilas AAA**

Usada para alimentar de energía la placa electrónica

**Porta pilas AAA**

Usada para portar dos baterías AAA que servirán para alimentar energía al sistema electrónico

*Fuente: Ulcuango Rubí*

### 5.2.2 Software del sistema VRC

Para el desarrollo del software del sistema de valoración del ritmo cardiaco se utilizaron dos programas los cuales son: ARDUINO UNO para el desarrollo del Sketch o código del sistema VRC y APP INVENTOR para la creación de la aplicación en donde se recibirán los datos en el Smartphone proporcionados por la tarjeta de Arduino.

### 5.2.2.1 Programación del sistema de valoración del ritmo cardiaco

- **Descripción general del programa**

Como se ha mencionado anteriormente para el cálculo de la frecuencia cardíaca existen varios métodos que se pueden diferenciar dependiendo de la dificultad y de la precisión de la frecuencia cardíaca que se requiere obtener, existe un método muy sencillo que consiste en restar 220 de la edad, pero no es muy confiable ya que no se usa la intensidad de ejercicio de la persona para el cálculo. Por lo tanto, para el desarrollo del sistema se utilizó la siguiente fórmula:

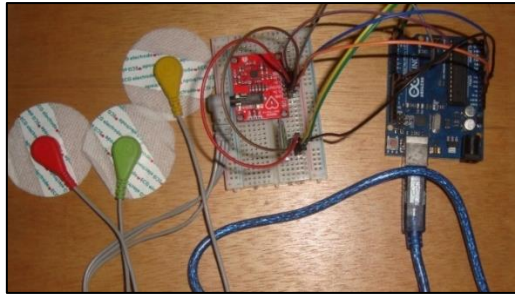
$$F.C.M = (220 - edad) \times intensidad\ de\ ejercicio$$

Esta fórmula es más confiable porque incluye en una de sus variables la intensidad de ejercicio lo cual optimiza el valor obtenido de la frecuencia cardíaca máxima dependiendo de la zona de entrenamiento con la cual va a trabajar la persona.

Para el desarrollo del programa de valoración de la frecuencia cardíaca máxima completo, se usó dos programas: primero se realizó la medición del ritmo cardiaco en la tarjeta de Arduino junto con la tarjeta AD8232 y luego usando APP INVENTOR se realizó la programación de la edad, la intensidad de ejercicio y la alerta de frecuencia cardíaca máxima.

- **Programa en Arduino para medir el ritmo cardiaco**

La tarjeta AD8232 encargada de recibir los datos proporcionados por los tres sensores o electrodos de señales biopotenciales fue programada junto con la tarjeta de Arduino para poder procesar los datos y convertirlos en pulsos cardiacos. En la **Ilustración 23** se muestra la conexión entre las dos tarjetas electrónicas para realizar la programación:



*Ilustración 23. Conexión entre las tarjetas Arduino y AD8232  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Para iniciar con la programación primero se declararon las variables las cuales servirán para nombrar y almacenar datos, los mismos que luego serán usados en el programa para transformar y calcular las pulsaciones por minuto (ppm) o ritmo cardiaco, en la **Ilustración 24** se muestran las variables utilizadas:

```

Sistema_VRC2.0 Arduino 1.8.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Sistema_VRC2.0

// variables para reconocer el pico mas alto - pulso cardiaco
int estadoanterior = 0;
int estadoactual = 0;

// contar los pulsos que realiza cada segundo
int contador_pulso = 0;
bool d_almacenado = 0; // auxiliar para contar el pico
int PPM = 0;

//variables capa tiempo entre pulsos
float tiempo_ant = 0;
float tiempo_act = 0;
float tpp = 1;

//varibales para tomar muestras cada segundo
int segant = 0;
int seg = 0;

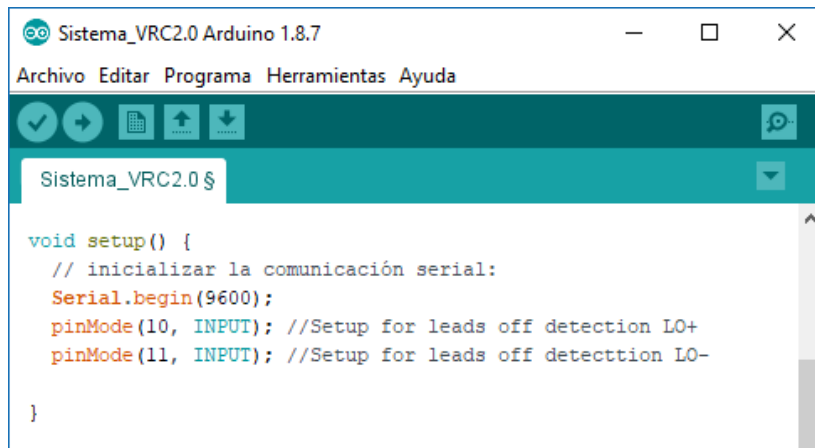
//variable para realizar operaciones
bool operaciones = 0;

```

*Ilustración 24. Variables del programa  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Posteriormente declaramos en la función **void setup** la velocidad de transmisión de datos del Arduino (9600 baudios) para iniciar la comunicación serial y configuramos los pines usados los mismos que serán conectados entre el Arduino y la tarjeta AD8232 para la transmisión de datos.





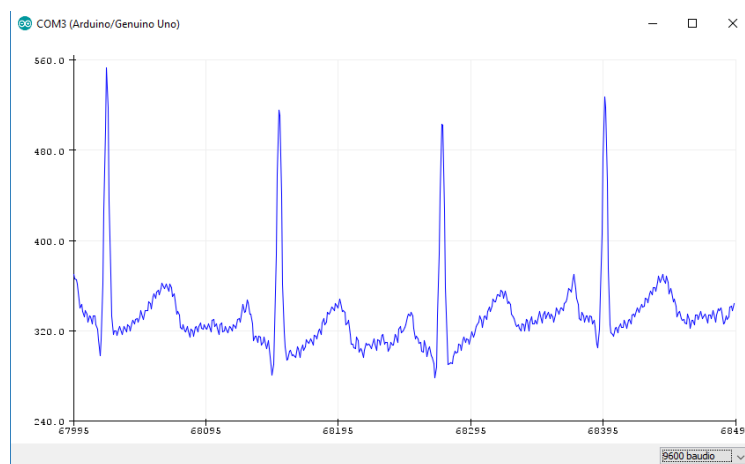
```

Sistema_VRC2.0 Arduino 1.8.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Sistema_VRC2.0 $
void setup() {
  // inicializar la comunicación serial:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10, INPUT); //Setup for leads off detection LO+
  pinMode(11, INPUT); //Setup for leads off detection LO-
}

```

*Ilustración 25. Configuración del Void Setup  
Fuente: Ulcuango Rubí*

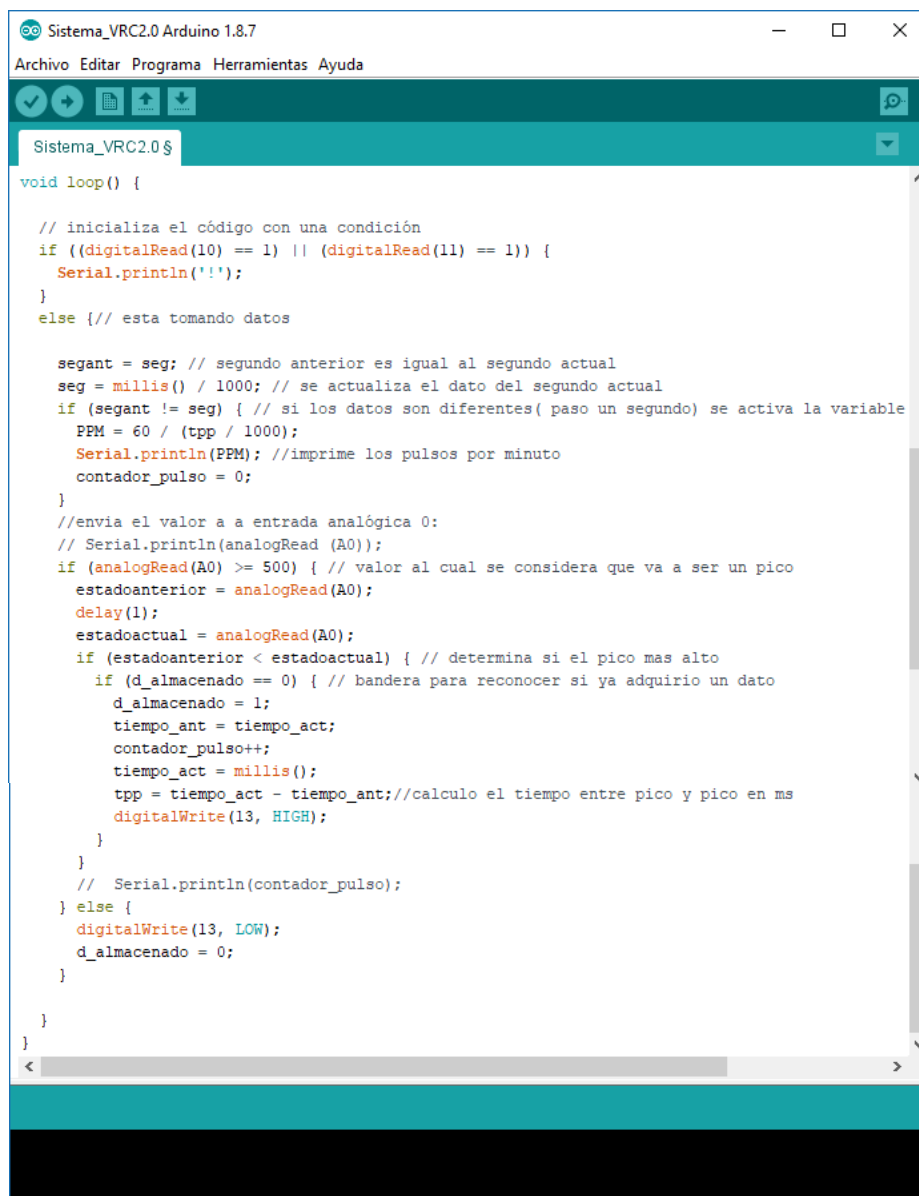
Una vez declaradas las variables y configurada la función **void setup** iniciamos con la programación para transformar las señales eléctricas de la tarjeta AD8232 en pulsos cardiacos por minuto. En la función **void loop** el código inicia con una condición creada por DPV Technology para obtener las señales eléctricas de los sensores, una vez configurado el código se procede a la transformación de datos para obtener las pulsaciones por minuto, para ello tenemos que medir los picos más altos de las señales eléctricas del corazón.



*Ilustración 26. Serial Plotter  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Con las señales eléctricas obtenidas por los sensores y visualizados en el serial plotter podemos determinar el valor aproximado de los picos más altos los cuales se encuentran a

partir de 500 mV, entonces si el valor ingresado a la entrada analógica A0 es mayor o igual a 500 se considerará un pico, y para obtener el pico más alto se comparará entre un estado anterior y un estado actual, ya que si el estado anterior es menor al estado actual podemos determinar un solo valor los cuales se irán almacenando y contando. Pero para obtener las PPM tenemos que transformar el tiempo calculado entre pico y pico que está en milisegundos a segundos, en la siguiente **Ilustración 27** se muestra el código para obtener las pulsaciones por minuto:



```

Sistema_VRC2.0 Arduino 1.8.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Sistema_VRC2.0 $
void loop() {
    // inicializa el código con una condición
    if ((digitalRead(10) == 1) || (digitalRead(11) == 1)) {
        Serial.println('!');
    }
    else { // esta tomando datos

        segant = seg; // segundo anterior es igual al segundo actual
        seg = millis() / 1000; // se actualiza el dato del segundo actual
        if (segant != seg) { // si los datos son diferentes( paso un segundo) se activa la variable
            PPM = 60 / (tpp / 1000);
            Serial.println(PPM); //imprime los pulsos por minuto
            contador_pulso = 0;
        }
        //envia el valor a a entrada analógica 0:
        // Serial.println(analogRead (A0));
        if (analogRead(A0) >= 500) { // valor al cual se considera que va a ser un pico
            estadoanterior = analogRead(A0);
            delay(1);
            estadoactual = analogRead(A0);
            if (estadoanterior < estadoactual) { // determina si el pico mas alto
                if (d_almacenado == 0) { // bandera para reconocer si ya adquirio un dato
                    d_almacenado = 1;
                    tiempo_ant = tiempo_act;
                    contador_pulso++;
                    tiempo_act = millis();
                    tpp = tiempo_act - tiempo_ant; //calculo el tiempo entre pico y pico en ms
                    digitalWrite(13, HIGH);
                }
            }
            // Serial.println(contador_pulso);
        } else {
            digitalWrite(13, LOW);
            d_almacenado = 0;
        }
    }
}

```

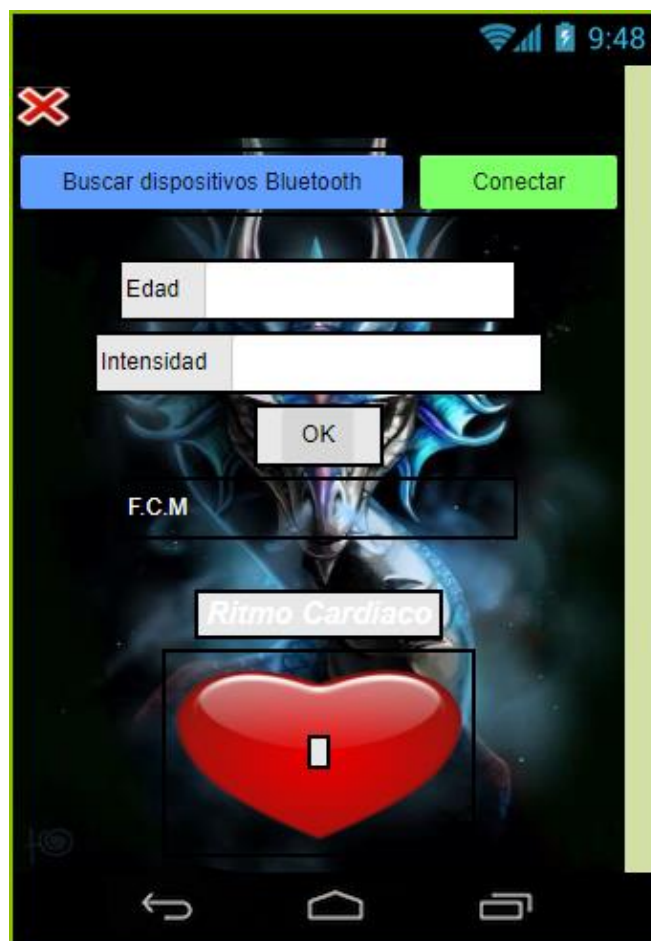
*Ilustración 27. Programa de VRC  
Fuente: Ulcuango Rubí*

- ***Programa en App Inventor para calcular la frecuencia cardíaca máxima***

Una vez obtenidas las pulsaciones por minuto, se procede a realizar la aplicación para calcular la frecuencia cardíaca máxima teniendo en cuenta la edad y la intensidad de ejercicio que realizará la persona; la aplicación se realizó con una programación por bloques en MIT App Inventor que está diseñada para cualquier Smartphone. A continuación, se detallará cada bloque del programa:

### ***Configuración de la pantalla del menú principal***

La pantalla del menú principal es donde el usuario ingresará la edad y la intensidad de ejercicio que va a realizar, en esta también se mostrara los pulsos por minuto y la frecuencia cardíaca máxima con la cual debe realizarse la actividad física.

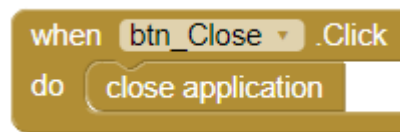


*Ilustración 28. Pantalla Principal  
Fuente: Ulcuango Rubí*

La configuración en esta pantalla es la siguiente:

- **Botón “cerrar aplicación (X)”**

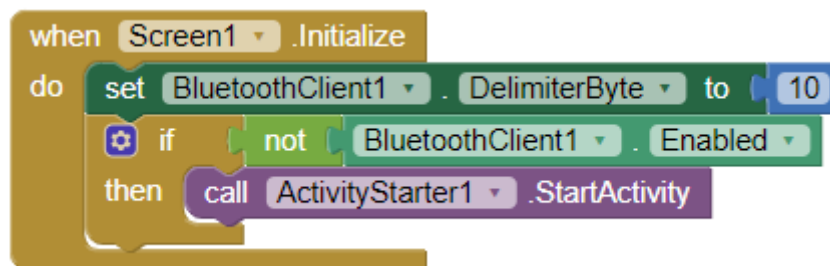
La configuración de este botón es sencilla, simplemente colocamos el mando “close application” en el btn\_Close (botón cerrar) y cuando el usuario desee hacer clic en el botón la aplicación se cerrará.



*Ilustración 29. Configuración Botón Cerrar  
Fuente: Ulcuango Rubí*

- **Configuración del módulo bluetooth HC-05**

Para que habilitar la conexión entre el módulo bluetooth HC-05 y el Smartphone se realizó el programa que se muestra en la **Ilustración 30**; en donde si el bluetooth no se habilita la comunicación no inicia.



*Ilustración 30. Configuración del Módulo Bluetooth  
Fuente: Ulcuango Rubí*

- **Configuración del ListPicker**

El ListPicker (ListaDispositivosBT) se usa para buscar una lista de dispositivos bluetooth disponibles y para eso se usa el comando “when ListaDispositivosBT. BeforePicking”, con el comando “set ListaDispositivosBT.Elements to” definimos que vamos a mostrar en la lista del

ListPicker y con el comando “BluetoothClient1.AddressesAndNames” logramos mostrar los dispositivos bluetooth que se encuentran disponibles.



Ilustración 31. ListPicker BeforePicking  
Fuente: Ulcuango Rubí

Luego de configurar la lista de dispositivos bluetooth disponible se procede a configurar la acción que va a realizar la App luego de seleccionar el dispositivo bluetooth

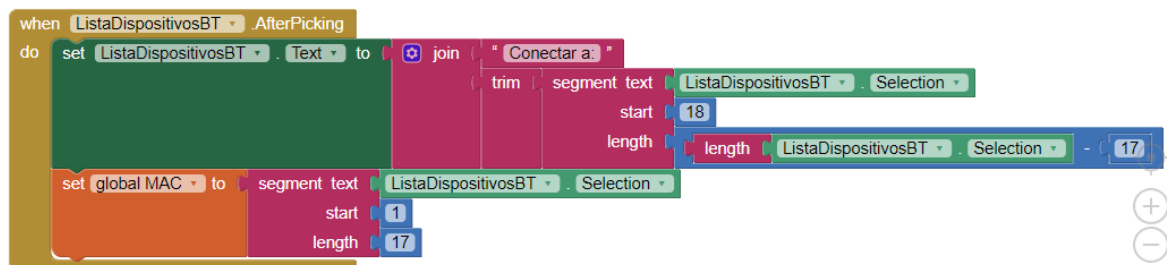


Ilustración 32. ListPicker AfterPicking  
Fuente: Ulcuango Rubí

- **Configuración del Timer**

La característica del **Timer** es que este se activara al momento en que comience a recibir los datos proporcionados por el módulo bluetooth HC-05, además con la condición ubicada en el primer bloque evaluaremos el estado de conexión del bluetooth, en el cual si el **BluetoothClient1** está conectado recibe los datos **PPM** de la tarjeta electrónica LilyPad, adicionalmente en este bloque de programación procedemos a realizar una comparación entre las pulsaciones por minuto obtenidas de la tarjeta electrónica y la frecuencia cardíaca máxima calculada con el fin de habilitar un sonido el cual se emitirá cuando las PPM sean mayores a la FCM.

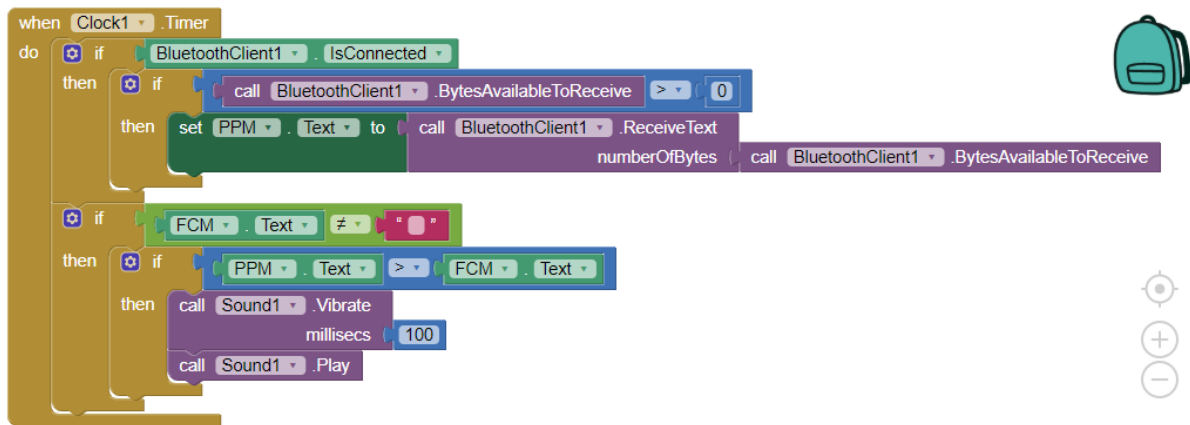


Ilustración 33. Configuración del Timer  
Fuente: Ulcuango Rubí

- **Configuración del botón “OK” para el cálculo de la FCM**

Para la configuración del botón “OK” y con el cual lograremos obtener la frecuencia cardíaca máxima, se realizará el cálculo de  $220 - \text{la edad dato que es ingresado en la pantalla principal}$  por el usuario y al resultado de este lo multiplicaremos por los porcentajes de acuerdo con las intensidades de ejercicio que también son ingresadas por el usuario, existe una condición para cada intensidad ingresada.

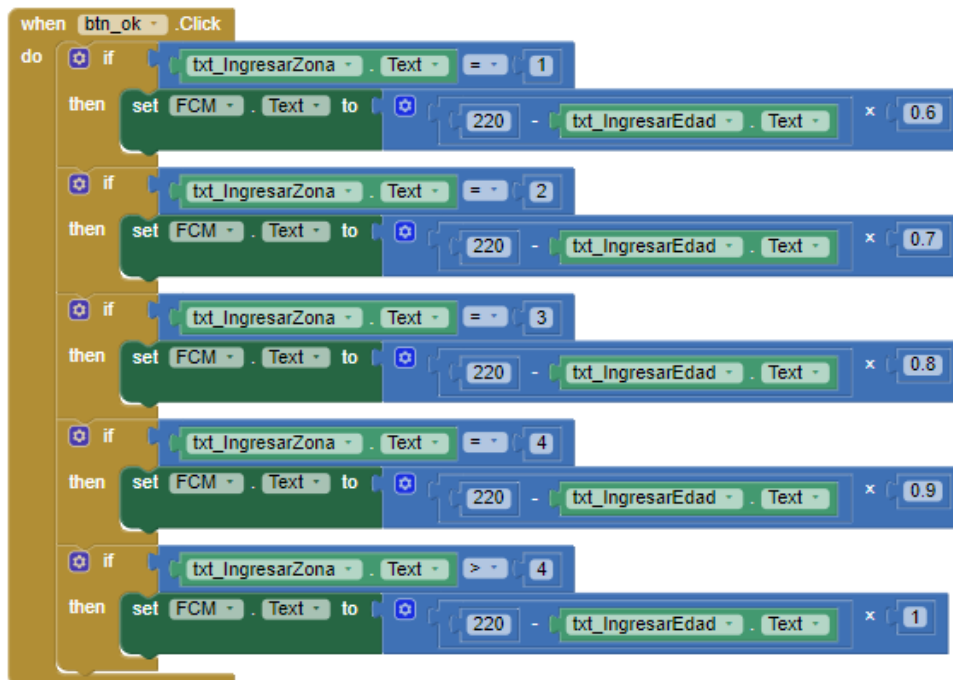


Ilustración 34. Configuración del botón "OK"  
Fuente: Ulcuango Rubí

- **Descarga de la aplicación F.C.M. al smartphone**

Una vez concluida la programación en bloques de la aplicación para medir la frecuencia cardíaca se procede a descargar la aplicación móvil en el teléfono inteligente, para ello se siguieron los siguientes pasos:

**PASO 1:** En la pantalla principal de MIT App Inventor escogemos la opción **Build** la cual desplegara dos opciones **App (proporcionar código QR para .apk)** o **App (guardar .apk en el computador)**, en este caso elegiremos la segunda opción la cual guarda el paquete de aplicación del Android en el computador para luego enviar al smartphone.

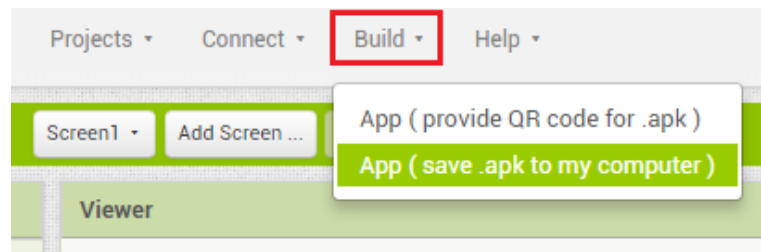


Ilustración 35. Opción Build para descargar la .apk  
Fuente: Ulcuango Rubí

**PASO 2:** Una vez descargada la .apk en el computador enviamos la aplicación al móvil y se instala la aplicación.

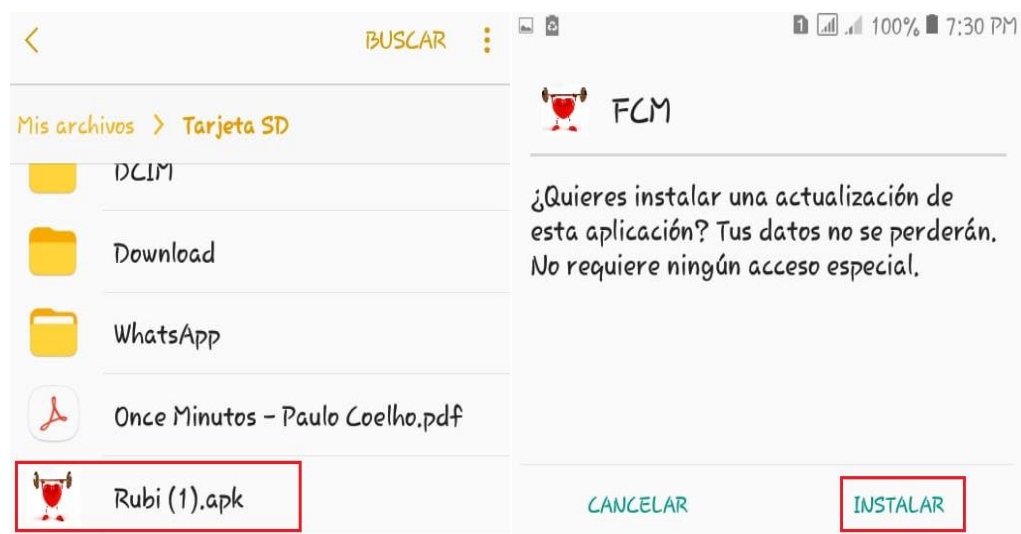


Ilustración 36. Instalación de la aplicación  
Fuente: Ulcuango Rubí

**PASO 3:** Instalada ya la aplicación en el móvil, se abre para verificar que se ha instalado correctamente.



*Ilustración 37. Aplicación para medir el ritmo cardiaco  
Fuente: Ulcuango Rubí*

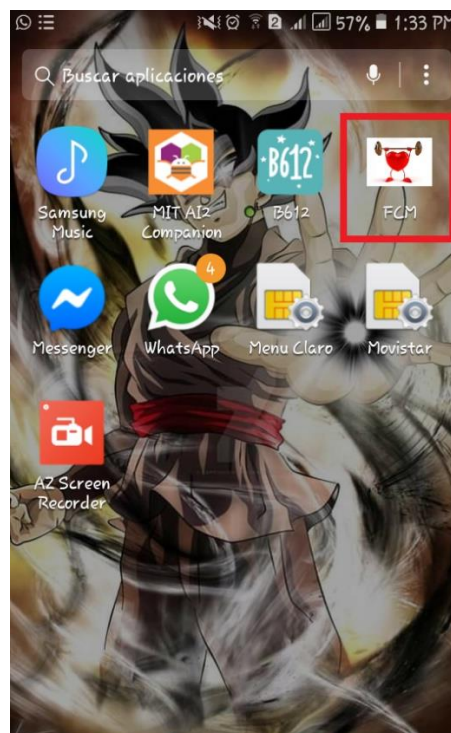


## CAPITULO VI. Pruebas y resultados

Una vez finalizada la programación en Arduino y en App Inventor se procedió a realizar las pruebas de verificación del funcionamiento de todo el sistema de valoración del ritmo cardiaco, con la finalidad de que la programación se encuentre correctamente:

### 6.1 Funcionamiento del sistema de VRC (Arduino UNO - Prueba N°1)

La **Prueba N°1** es específicamente para la verificación del código de programación de Arduino y de la aplicación llamada **F.C.M.**, además de comprobar la transmisión de datos del bluetooth y la correcta lectura de señales de los tres sensores.



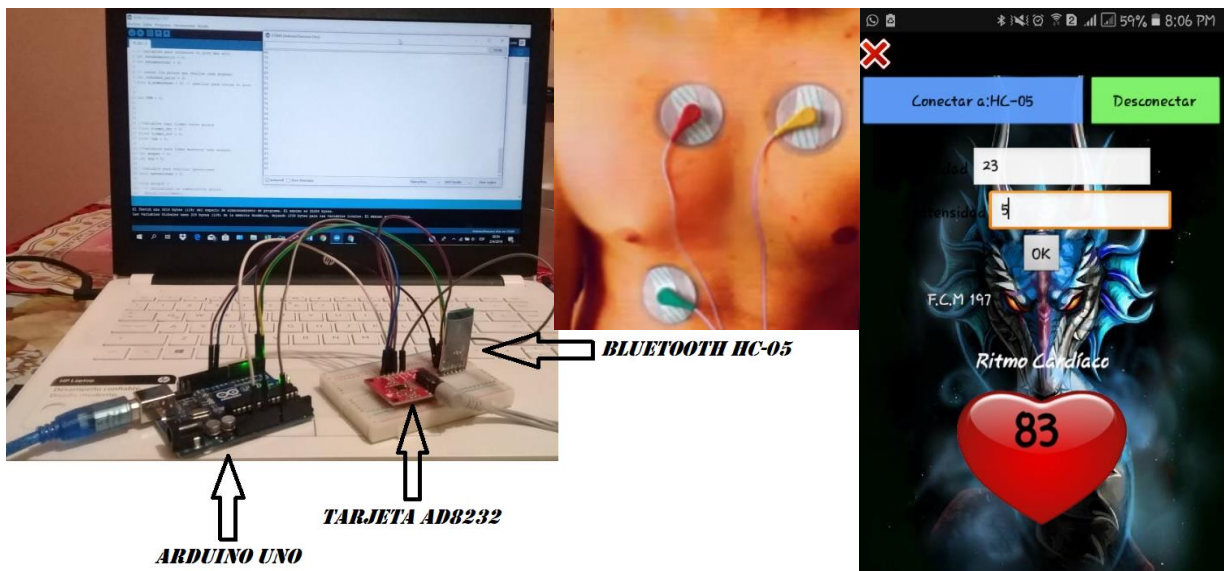
*Ilustración 38. Aplicación F.C.M  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Para ello se procede a verificar el correcto funcionamiento de todo el sistema de valoración del ritmo cardiaco antes de enviar el sketch de programación al Arduino LilyPad, en la

**Ilustración 39** se muestran las conexiones de la tarjeta AD8232 y el módulo bluetooth HC-05 al Arduino UNO y la aplicación de F.C.M ya en funcionamiento.

El resultado obtenido en esta prueba fue positivo ya que los sensores estaban proporcionando datos adecuados de frecuencia cardíaca los cuales se encontraban en rangos normales de 60 a 100 latidos por minuto de una persona adulta.

Los pulsos por minuto se verifico de dos formas primero en el monitor serial de Arduino y luego en la Aplicación F.C.M. que ya estaba instalada en el smartphone y así comprobando la correcta transmisión de datos del bluetooth hacia el smartphone.



*Ilustración 39. Verificación de funcionamiento - Prueba 1  
Fuente: Ulcuango Rubí*

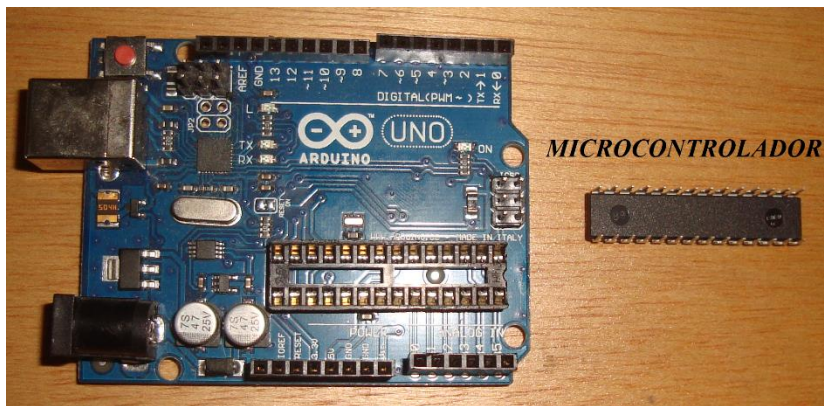
## 6.2 Funcionamiento del sistema VRC (Arduino LilyPad - Prueba N°2)

En la **Prueba N°2** y ya comprobado el funcionamiento del código del programa, se procede a la transmisión del código de toma de pulsos cardiacos hacia el Arduino LilyPad, a la comprobación de la alimentación eléctrica al sistema y a la verificación del correcto funcionamiento del Arduino LilyPad.

### 6.2.1 Programación del Arduino LilyPad

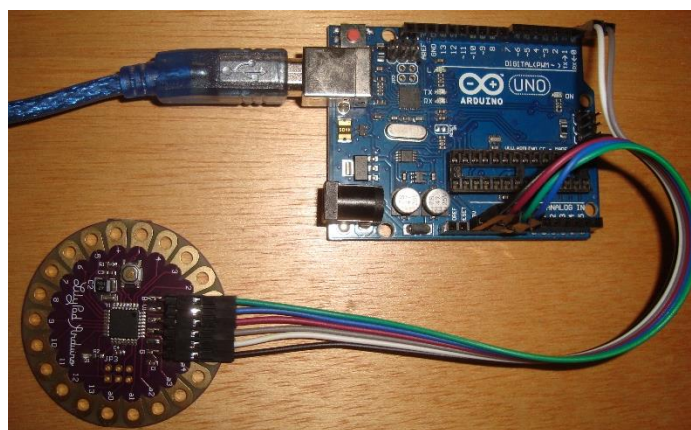
Como se mencionó anteriormente la placa LilyPad al carecer de un USB para programar directamente es necesario usar un Arduino UNO para enviar el Sketch programado hacia el LilyPad, para ello se realizaron los siguientes pasos:

**PASO 1:** Para transferir los datos del programa primero es necesario retirar cuidadosamente el microcontrolador de la placa de Arduino UNO.



*Ilustración 40. Extracción del Microcontrolador  
Fuente: Ulcuango Rubí*

**PASO 2:** Siguiendo el diagrama de la **Ilustración 41** procedemos a conectar las dos placas para la transferencia del Sketch.



*Ilustración 41. Conexión entre las dos placas  
Fuente: Ulcuango Rubí*

**PASO 3:** Conectamos la placa de Arduino UNO al computador y seleccionamos el puerto serial en el cual será conectado el Arduino y además seleccionamos el tipo de placa que vamos a utilizar, en este caso es LilyPad Arduino, ya que el Arduino UNO solamente sirve como medio de transferencia.

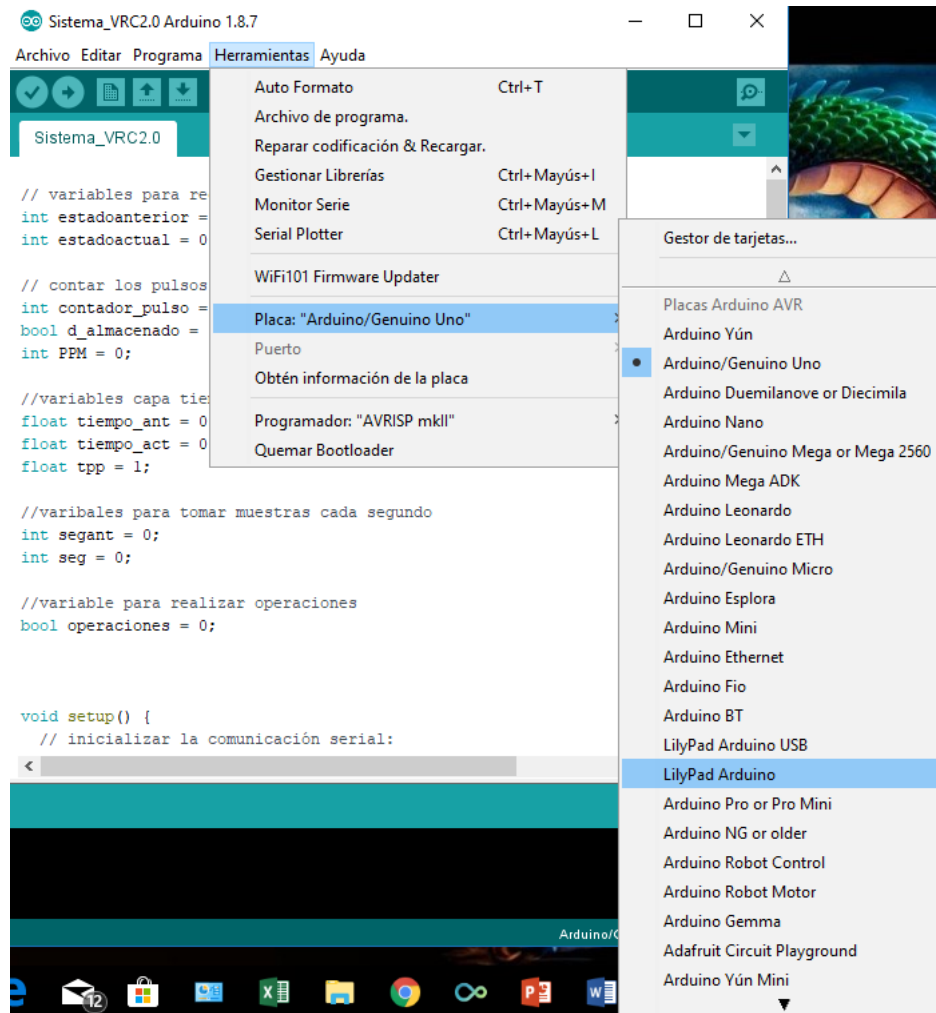


Ilustración 42. Selección del tipo de placa

Fuente: Ulcuango Rubí

**PASO 4:** Una vez seleccionada la placa de Arduino procedemos a cargar el Sketch, es decir el programa realizado para medir el ritmo cardiaco, una vez cargado el programa el led que lleva incorporado el LilyPad parpadeara, con lo cual se demuestra que el Sketch se ha cargado correctamente.

Concluida la transmisión del código de programación de todo el sistema de valoración del ritmo cardiaco al Arduino LilyPad, procedemos a realizar la conexión de los componentes electrónicos mediante cables macho-hembra y el hilo conductor, el cual tiene las siguientes características:

*Tabla 14. Características del hilo conductor*

<b>HILO CONDUCTOR</b>	
Material	Acero Inoxidable Retorcido
Número de cabos	2
Título	506 Tex
Torsiones por metro	163
Sentido de torsión	Z

*Fuente: Ulcuango Rubí*

### 6.2.2 Conexión de los componentes electrónicos mediante el hilo conductor

Para la conexión de los elementos electrónicos a la placa de Arduino LilyPad se realizó el cosido con hilo conductor para la unión entre los pines del Arduino LilyPad, módulo bluetooth HC-05, el módulo AD8232 y las pilas, mismos que se encuentran detallados en la **Tabla 15**:

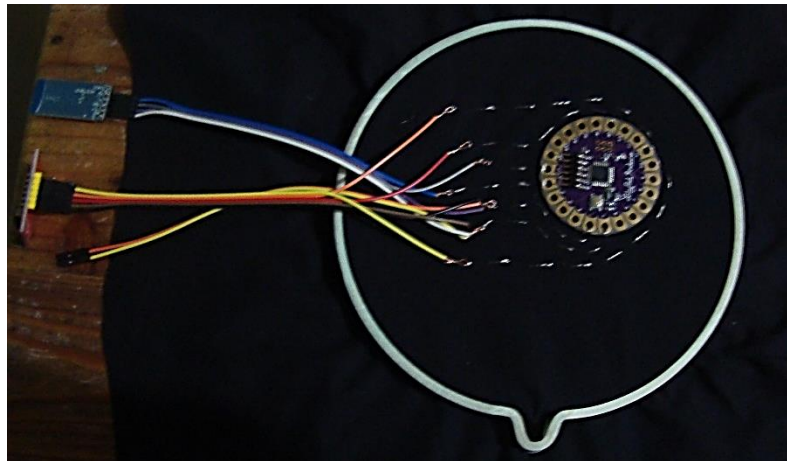
*Tabla 15. Conexión de Pines entre el Arduino LilyPad y los elementos electrónicos*

<b>Arduino LilyPad</b>	<b>Pines</b>	<b>Elemento electrónico</b>
	3,3 V	AD8232
<b>Positivo (+)</b>	+5 V	Bluetooth HC-05
	Positivo (+)	Pilas
	GND	Bluetooth HC-05
<b>Negativo (-)</b>		AD8232
	Negativo (-)	Pilas
<b>RX</b>	TX	Bluetooth HC-05
<b>TX</b>	RX	
<b>Pin 10</b>	LO+	
<b>Pin 11</b>	LO-	AD8232
<b>A0</b>	OUTPUT	

*Fuente: Ulcuango Rubí*

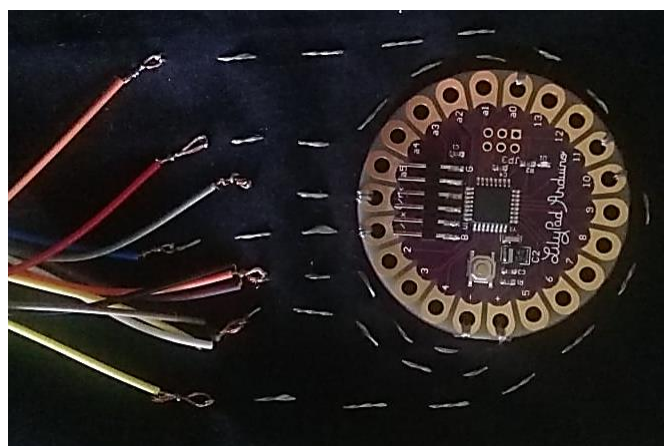


Para realizar la unión entre los pines, primero, se colocó el tejido en el cual se va a realizar la conexión en un tambor de bordar para facilitar la costura, luego siguiendo la **Tabla 15** procedemos a coser con hilo conductor cada uno de los pines del Arduino LilyPad a los cables macho-hembra los cuales servirán para tener una fácil conexión y desconexión de los elementos electrónicos.



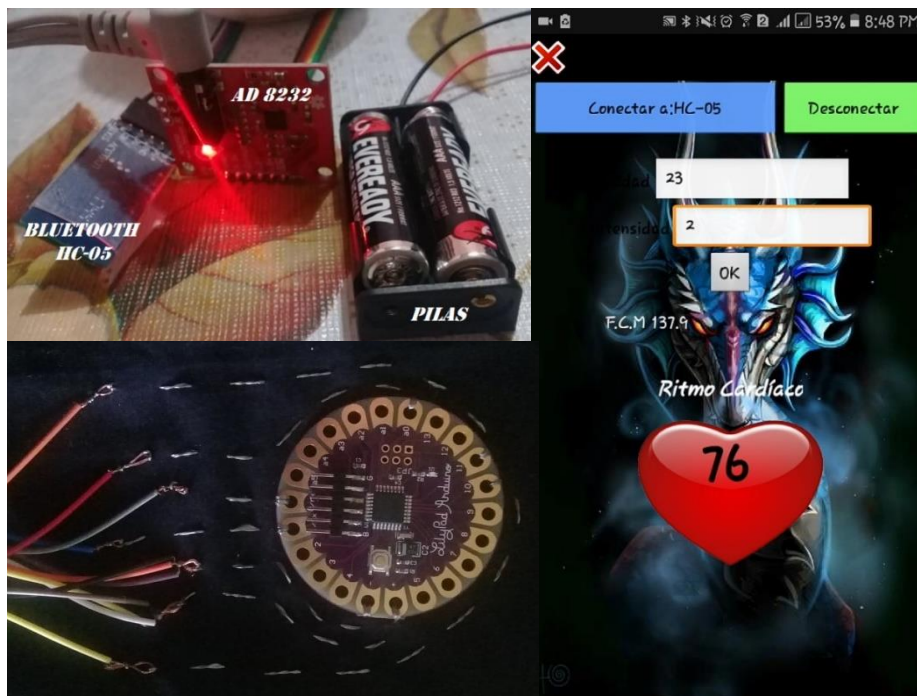
*Ilustración 43. Conexión del Arduino LilyPad y elementos electrónicos  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Una vez cosidos todos los cables, retiramos el tambor de bordar y cortamos la tela y cosemos alrededor con la misma tela para poder cubrir la placa, el hilo conductor y las conexiones; esto se realizó en tejido plano impermeable para proteger el hilo conductor del sudor del deportista y evitar daño al mismo.



*Ilustración 44. Unión de un tejido impermeable para cubrir el hilo conductor  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Se cosen los bordes del tejido para darle un acabado estético y se procede a la comprobación de la alimentación eléctrica al sistema usando el adaptador de pilas que contenga dos pilas AAA, las cuales dan un total de 3 voltios cantidad suficiente para el Arduino LilyPad el cual soporta de 2 a 3 voltios, además se verifica si el programa se envió correctamente al LilyPad y el funcionamiento de este.



*Ilustración 45. Verificación en Arduino LilyPad  
Fuente: Ulcuango Rubí*

En la **Ilustración 45** se muestra la conexión del Arduino LilyPad con los componentes electrónicos y las pilas las cuales se conectaron al positivo y negativo de la placa de Arduino y se pudo comprobar que, si hay transferencia de energía, ya que los LEDs que tienen: el LilyPad, el módulo bluetooth y la tarjeta AD8232 se encienden.

El resultado obtenido en esta prueba también es favorable ya se comprobó la transferencia del código del programa al Arduino LilyPad y al igual que en la Prueba N°1 con la aplicación F.C.M se pudo demostrar que el módulo bluetooth transfiere correctamente los datos de frecuencia cardíaca proporcionados por la señal de los sensores hacia el smartphone.

### 6.3 Funcionamiento del sistema VRC (Arduino LilyPad conectado a la camiseta - Prueba N°3)

Una vez comprobado el funcionamiento del sistema de valoración del ritmo cardiaco con el Arduino LilyPad, en la **Prueba N°3** se realiza la adaptación de todo el sistema en la camiseta deportiva anteriormente descrita y con la característica de que este pueda ser desmontable de la camiseta para poder adaptarla a otra similar, para ello en la parte posterior de la camiseta y en el tejido del Arduino LilyPad se colocaron botones macho-hembra para poder colocarlo y retirarlo fácilmente. En la **Ilustración 46** se muestra el resultado final de la placa de Arduino LilyPad y la ubicación de esta en la camiseta.



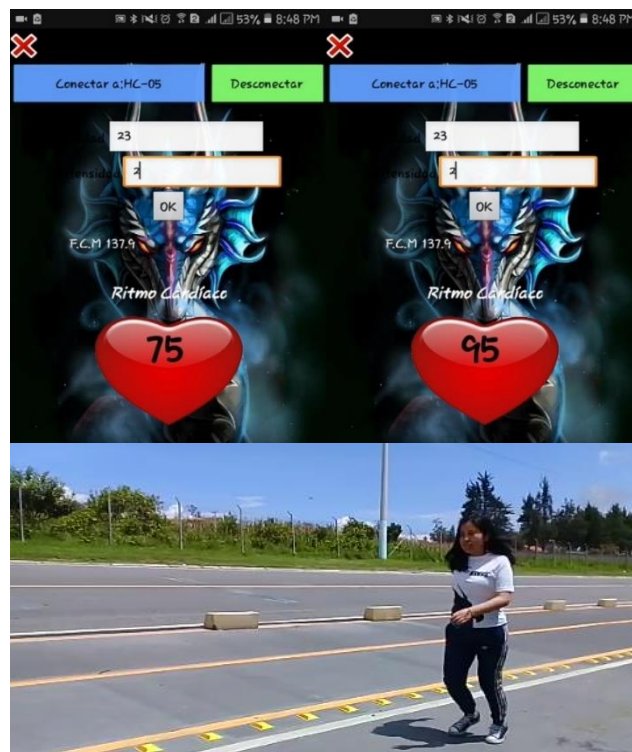
*Ilustración 46. Camiseta y placa de Arduino LilyPad  
Fuente: Ulcuango Rubí.*

La placa se coloca en la parte posterior para dar comodidad al deportista y porque está más cerca de los electrodos ubicados en la parte delantera de la camiseta.



Ya colocada la placa de Arduino y los sensores en la camiseta se procede a verificar el funcionamiento del sistema al realizar una actividad física y también calculando la frecuencia cardíaca máxima para una actividad de intensidad 2 (trote).

Para ello primero conectan todos los componentes electrónicos a la placa de Arduino LilyPad colocada en la camiseta y se abre la aplicación F.C.M del móvil para conectarlo al módulo bluetooth HC-05. En la **Ilustración 47** se observa cómo se verifico el funcionamiento del sistema en la aplicación F.C.M., ingresamos los datos: edad e intensidad de ejercicio y automáticamente la aplicación nos calcula la frecuencia cardíaca máxima, en este caso el resultado fue de 137,9 lpm, durante la actividad física la persona no debe superar esta cantidad, caso contrario se emitirá una alarma alertando a la persona que debe parar la actividad física, sin embargo en esta prueba no se pudo verificar la emisión de sonido ya que los pulsos por minuto no superaron los 110, también se muestra cómo va aumentando la frecuencia cardíaca la cual inicia en 75 y transcurrido un tiempo se eleva a 95.



*Ilustración 47. Verificación del Sistema VRC en la camiseta  
Fuente: Ulcuango Rubí*

La comodidad de la persona que está usando la camiseta también es un punto importante para tomar en cuenta, pero gracias a la ubicación en la parte posterior de la camiseta de los elementos electrónicos que son pequeños y del Arduino LilyPad el cual no es grande, se logra que el usuario se sienta cómodo al usar la camiseta en el momento de realizar la actividad física.

#### 6.4 Funcionamiento del sistema VRC (Lavado de la camiseta - Prueba N°4)

Al ser todo el sistema de valoración del ritmo cardiaco desmontable de la camiseta el lavado es muy fácil se retiran los componentes electrónicos de la camiseta y se lava la camiseta normalmente, sin embargo, comprobar si la placa de Arduino LilyPad todavía funciona después del primer lavado es lo que se realiza en la **Prueba N°4**, en las características del Arduino LilyPad mencionadas en el **Capítulo III** se mencionó que esta placa puede ser lavable por lo cual se procedió a realizarle una prueba de lavado a la camiseta pero sin retirarle la tarjeta de Arduino LilyPad pero si retirando los demás componentes electrónicos ya que estos no son resistentes al agua.

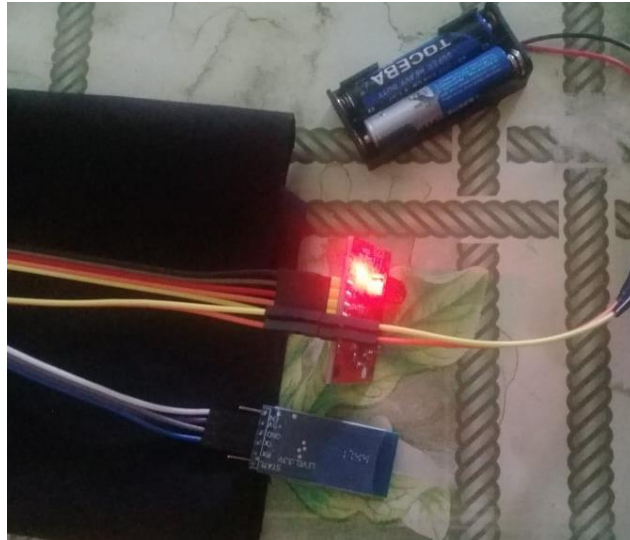
El lavado de la camiseta junto con la tarjeta LilyPad se realizó cuidadosamente a mano ya que no es recomendable lavar la placa en lavadora porque se maltrata la tarjeta electrónica. en la **Ilustración 48** se muestra el lavado de la camiseta.



*Ilustración 48. Lavado de Camiseta con la placa  
Fuente: Ulcuango Rubí*

Se dejó secar la camiseta normalmente y se procedió a verificar el correcto funcionamiento del sistema luego del lavado.

Los resultados obtenidos después de lavar la camiseta fueron favorables pues se comprobó que la placa de Arduino LilyPad es resistente al agua ya que todavía funciona y los datos transmitidos hacia el smartphone siguen siendo correctos.



*Ilustración 49. Verificación del funcionamiento del Arduino LilyPad  
Fuente: Ulcuango Rubí*

En la **Ilustración 49** se muestra el funcionamiento de la placa de Arduino LilyPad luego de ser sometido al lavado y secado, se comprueba que al conectar los componentes electrónicos estos si transmiten energía por lo tanto el LED del AD8232 si se enciende.

## CAPITULO VII. Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- Al desarrollar el sistema de valoración de ritmo cardiaco y colocarlo en una camiseta específicamente para deportistas, permite que todas las personas que realicen deportes de manera aficionada o profesional puedan controlar fácilmente su ritmo cardiaco sin necesidad de usar pulsómetros o aplicaciones muy complejas, con este sistema se logra que los usuarios realicen actividad física de manera planificada y controlada sin exceder el nivel de frecuencia cardíaca máxima permitida según la intensidad de ejercicio que se realice ayudando así a fortalecer el corazón, los músculos, activar zonas del cerebro entre otros beneficios, sin olvidar que puede alertar al usuario del riesgo de sufrir muerte súbita que es un paro cardiaco inesperado y repentino por excederse demasiado al realizar ejercicio físico.
- Existen diversas fórmulas para calcular la frecuencia cardíaca máxima; sin embargo, las más conocidas son el método de Astrand y el método de Karvonen, siendo este último el más seguro y complejo para el cálculo de la frecuencia cardíaca ya que interviene la frecuencia cardíaca en reposo y la intensidad de ejercicio; no obstante, el método de Astrand también es válido ya que en esta interviene la edad y la intensidad de ejercicio, este fue el método utilizado para el cálculo de la FCM ya que nos brinda datos correctos y la fórmula es fácil de aplicar.
- Para la elaboración de la camiseta se usó tejido jersey 100% poliéster con la finalidad de poder sublimarlo y que se vea estético, pero también se usó este tipo de composición del tejido porque mantiene al deportista con el cuerpo fresco y libre de sudor, además

las características que posee el tejido hacen que sea adecuado para realizar la camiseta deportiva ya que es liviano, fácil lavado y secado, el diseño de la camiseta también es un punto a tomar en cuenta ya que fue realizada con manga ranglan, tipo de manga que es muy usado en prendas deportivas por la facilidad de movimiento de brazos que este otorga.

- Luego de una valoración de ubicación de la tarjeta electrónica en la camiseta se determinó que la mejor ubicación de la tarjeta electrónica es en la parte posterior de la camiseta en un bolsillo para así evitar la incomodidad del deportista por el peso de los componentes electrónicos, ya que en las mangas incomoda al deportista y en la parte delantera no se ve estético.
- Se investigaron las características de cada material para ser usado en el desarrollo del sistema, en el cual la placa de Arduino LilyPad es un elemento muy importante ya que junto con el hilo conductor se pueden desarrollar E-textiles, para la obtención de datos eléctricos del corazón se optó por la tarjeta electrónica AD8232 ya que esta se puede aplicar para medir el ritmo cardiaco al momento de realizar la actividad física sin que el movimiento del usuario afecte las señales emitidas por los sensores, proporcionando datos reales; el módulo bluetooth usado en esta investigación es el HC-05 principalmente por sus características y por el bajo costo; para la alimentación de energía al Arduino LilyPad se usó un adaptador que tiene dos pilas AAA que dan un voltaje total de 3V y con este adaptador el cambio de baterías cuando se terminen es relativamente fácil.

- Al no poseer un cable USB para conectar el Arduino LilyPad al computador es necesario tener una placa Arduino UNO, ya que gracias a esta se puede enviar el código de programación al Arduino LilyPad.
- La programación del cálculo de frecuencia cardíaca máximo se desarrolló en MIT App Inventor un software gratis en donde se programa por bloques, esta es muy usada ya que la programación es fácil y la puede realizar cualquier persona sin necesidad de tener conocimientos avanzados de programación, la aplicación llamada FCM permite al usuario ingresar datos de edad e intensidad de ejercicio para calcular la frecuencia cardíaca máxima, además, tiene la capacidad de emitir un sonido cuando la frecuencia cardíaca del deportista exceda la frecuencia cardíaca máxima calculada por la aplicación.

## **7.2 Recomendaciones**

- Esta investigación es un ejemplo para futuros desarrollos de textiles inteligentes, principalmente los E-textiles o textiles electrónicos que involucren el uso del Arduino LilyPad no solamente para medir señales eléctricas del cuerpo sino también para desarrollar textiles que contengan diodos LED, sensores, entre otros componentes.
- Al momento de realizar la conexión de los cables macho-hembra para conectar los elementos electrónicos, es importante tomar en cuenta que los hilos conductores nunca deben entrar en contacto ya que puede ocasionar un cortocircuito y dañar los componentes y el sistema de monitoreo del ritmo cardiaco.

- El Arduino LilyPad tiene una característica de ser lavable, sin embargo, es recomendable no lavarlo frecuentemente ya que después de un tiempo puede dejar de funcionar, si se decide lavar el LilyPad hay que tomar en cuenta que debe ser un lavado a mano, no en una lavadora doméstica.
- Es recomendable que el Arduino LilyPad no sea conectado directamente a la prenda de vestir para no tener que lavarla frecuentemente, es necesario realizar sistemas que puedan ser desmontables de la prenda de vestir para que duren mucho tiempo.
- Para la reducción de costos en el desarrollo de investigaciones y proyectos de programación se recomienda usar softwares libres como son MIT App Inventor para el desarrollo de aplicaciones móviles e IDE Arduino para realizar distintos programas

## REFERENCIAS

- 330ohms. (24 de Marzo de 2016). *330ohms*. Obtenido de 330ohms Web Site:  
<https://blog.330ohms.com/2016/03/24/las-pilas-y-las-baterias-seran-lo-mismo/>
- Abellán, Á. (s.f.). *Programo Ergo Sum*. Obtenido de Programa Ergo Sum Web Site:  
<https://www.programoergosum.com/cursos-online/appinventor/27-curso-de-programacion-con-app-inventor/primeros-pasos>
- Abellán, J. (20 de Julio de 2017). *SALUD 1*. Obtenido de Salud-1 Web Site: <https://salud-1.com/ejercicio-fisico-deporte/corazon-cuando-hacemos-ejercicio-fisico/>
- Analog Devices. (2013). *Sparkfun Start Something*. Obtenido de Sparkfun Web Site:  
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/AD8232.pdf>
- Anwar, S. (s.f.). *Fibre2fashion*. Obtenido de Fibre2fashion Web Site:  
<https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7124/manufacturing-of-electronic-textile>
- AquaClean. (01 de Enero de 2018). *Aqua Clean*. Obtenido de Aqua Clean Web Site:  
<https://www.aquaclean.com/es-es/post/la-tecnologia-detras-de-los-tejidos-inteligentes>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Store*. Obtenido de Arduino Store Web Site:  
<https://store.arduino.cc/usa/lilypad-arduino-main-board>
- Banús, L. (24 de Octubre de 2012). *Interempresas*. Obtenido de Interempresas.net:  
<http://www.interempresas.net/Textil/Articulos/101607-El-tejido-para-el-deporte-en-continua-evolucion.html>
- Bastarrachea, Y. (19 de Abril de 2008). *Wordpress*. Obtenido de Wordpress Web Site:  
<https://mvillard.wordpress.com/2008/04/19/%C2%BFpor-que-somos-sedentarios/>
- Bembibre, C. (11 de Mayo de 2011). *Deporte*. Obtenido de Importancia.org Web Site:  
<https://www.importancia.org/?s=Deporte>



- Ben. (s.f.). *SparkFun Electronics*. Obtenido de SparkFun Web Site:  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino>
- BigBang. (17 de Mayo de 2017). *BigBang Corporate Appareil*. Obtenido de BigBang Corporate  
 Web Site: <https://www.bigbanguniforms.com/es/blog/noticias/las-ventajas-de-la-ropa-inteligente-y-su-innovacion>
- Brenes, Y. (23 de Julio de 2014). *Triton Multisport*. Obtenido de Triton Multisport Web Site:  
<http://www.tritonmultisport.com/consejos/2014/07/beneficio-del-ejercicio-a-nivel-cardiovascular/>
- Caseytherobot. (s.f.). *Sparkfun Start Something*. Obtenido de Sparkfun Web Site:  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/ad8232-heart-rate-monitor-hookup-guide/all>
- Código 21. (s.f.). *Grupo Código 21 tecnologías creativas*. Obtenido de Sitio Web del  
 Departamento de Educación del Gobierno de Navarra:  
<http://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/descripcion-de-los-bloques-integrados-de-app-inventor-2/#control>
- Corbin, A. (2017). *Psicología y Mente*. Obtenido de Psicología y Mente Web Site:  
<https://psicologiaymente.com/deporte/consecuencias-negativas-exceso-ejercicio-fisico>
- Crespo, E. (23 de Enero de 2017). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Aprendiendo Arduino  
 Web Site: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/01/23/programacion-arduino-5/>
- Decathlon . (s.f.). *DECATHLON S.A.* Obtenido de Newfeel by Decathlon Web Site:  
[https://www.newfeel.es/consejos/que-es-la-frecuencia-cardiaca-maxima-fcm-a\\_13100](https://www.newfeel.es/consejos/que-es-la-frecuencia-cardiaca-maxima-fcm-a_13100)
- Delgado, I. (12 de Diciembre de 2015). *ENDI*. Obtenido de El nuevo día Web Site:  
<https://www.elnuevodia.com/estilosdevida/saludyejercicios/nota/beneficiosdepracticar-deporte-2137930/>

- Departamento de Inteligencia de Mercados. (2017). *Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior - Perú*. Obtenido de SIICEX Web Site: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/167063308radC42B7.pdf>
- Deporte y Salud. (2017). *Deporte y Salud*. Obtenido de Deporte y Salud Web Site: <https://www.deportesalud.com/beneficios-de-la-actividad-fisica-y-el-deporte-en-la-calidad-de-vida.html>
- Dr. Madrid, J. (09 de Noviembre de 2016). *SALUD-1*. Obtenido de SALUD-1 Web Site: <https://salud-1.com/ejercicio-fisico-deporte/cuales-los-distintos-tipos-ejercicio-fisico/>
- Durán, A. (05 de Enero de 2015). *HETPRO*. Obtenido de HETPRO Web Site: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/bluetooth-hc-06-app-arduino/>
- Equipos de Laboratorio de Colombia. (s.f.). *Equipos de Laboratorio de Colombia S.A.S*. Obtenido de Equipos de Laboratorio de Colombia Web Site: [https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=3134](https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=3134)
- GEONAUTE. (2018). *GEONAUTE*. Obtenido de GEONAUTE Web Site: [https://www.geonaute.es/consejos/como-hay-que-calcular-la-frecuencia-cardíaca-maxima-fcm-tp\\_740](https://www.geonaute.es/consejos/como-hay-que-calcular-la-frecuencia-cardíaca-maxima-fcm-tp_740)
- Guiafitness. (2018). *Guiafitness*. Obtenido de Guiafitness Web Site: <https://guiafitness.com/factores-que-afectan-la-frecuencia-cardíaca.html>
- Guimerans, P. (05 de Mayo de 2018). *prototipadoLAB*. Obtenido de prototipadoLAB Web Site: <http://paolaguimerans.com/openart/?p=1372>
- Hayward, J. (s.f.). *IDTechEx*. Obtenido de IDTechEx Web Site: <https://www.idtechex.com/research/reports/e-textiles-2018-2028-technologies-markets-and-players-000613.asp>

- Ing. Guarnizo, J. (S/F). *Sigma Electrónica Ltda.* Obtenido de Sigma Electrónica Web Site:  
<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HOJA%20REFERENCIA%20TARJETA%20HC-05%20ARD.pdf>
- JADIAZ. (21 de Enero de 2016). *MiArduino*. Obtenido de IESCAMP Web Site:  
<http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Lara, J. (2014). *Vitonica*. Obtenido de Vitonica Web Site:  
<https://www.vitonica.com/spinning/la-frecuencia-cardíaca-y-el-entrenamiento-como-se-calcula-que-valores-son-ade cuados>
- MacGill, M. (21 de Enero de 2016). *Medical News Today*. Obtenido de Medical News Today Web Site: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/291182.php>
- Manonelles , P. (Julio de 2011). *Muerte Súbita del Deportista*. Obtenido de Jano:  
<http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/00/1773/49/1v00n1773a90024737pdf001.pdf>
- Mastachi, R. (s.f.). *Inventoteca*. Obtenido de Inventoteca Web Site:  
[http://web.inventoteca.com/es\\_MX/blog/nuestro-blog-1/post/hilo-conductor-4](http://web.inventoteca.com/es_MX/blog/nuestro-blog-1/post/hilo-conductor-4)
- Méndez , B., & Méndez, M. (2016). *Educación, Actividad Física y Deportes*. Ibarra: UTN.
- Myers, A., Bowles, A., Shahariar, H., Bhakta , R., & Jur, J. (27 de Abril de 2017). *Textiles Panamericanos* . Obtenido de Textiles Panamericanos Web Site:  
<https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/2017/04/prendas-electronicas-que-se-pueden-usar/>
- Navarrete, J. (2013). Prototipo G.T.S B-1 (Guante Traductor de Señas Básicas), para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje. *Tesis No Publicada*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.
- OMS. (2018). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de OMS Web Site:  
[https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical\\_activity\\_intensity/es/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/)

- Oxdea. (s.f.). *OXDEA Comercio Electrónico*. Obtenido de OXDEA Web Site:  
<https://www.oxdea.com/shop/product/pr-b2xaaa-porta-baterias-para-2-pilas-aaa-con-cable-13626?category=56>
- Pambaquishpe, C. (13 de Octubre de 2017). Evolución de los textiles ultrainteligentes o de tercera generación. *Tesis no Publicada*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.
- Pareja, L. (1998). *DIALNET*. Obtenido de DIALNET Web Site:  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3645266.pdf>
- Pérez, R. (26 de Diciembre de 2017). *Vitónica* . Obtenido de Vitónica Web Site:  
<https://www.vitonica.com/prevencion/por-que-es-importante-conocer-cuales-son-tus-pulsaciones-en-reposo>
- Rederjo, L. (20 de Febrero de 2013). *Ministerio de Educacion, Cultura y Deporte - España*. Obtenido de Sitio Web del Ministerio de Educacion, Cultura y Deporte :  
<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>
- Roca, J. (s.f.). *Informe TIC facil*. Obtenido de Informe TIC facil Web Site:  
<http://www.informeticplus.com/que-es-un-smartphone>
- Rodriguez. (14 de Junio de 2017). *Scribd*. Obtenido de Scribd Web Site:  
<https://es.scribd.com/document/351250512/Concepto-de-Deporte-y-Sus-Generalidades>
- Roldán, A. (2010). *ACTA*. Obtenido de ACTA Web Site:  
[https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/056069.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/056069.pdf)
- Román , D., & Ruiz , J. (2011). Deporte y corazón. En A. Ramos, J. Ruiz, M. Navarro, & R. Navarro, *Deporte y Corazón* (pág. 62). España: WANCEULEN EDITORIAL S.L.  
Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com>

- Salabert, E. (07 de Septiembre de 2018). *Web Consultas*. Obtenido de Web Consultas Web Site: <https://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/vida-activa/tipos-de-deporte/el-ejercicio-anaerobico-1888>
- Sánchez, J. (2007). Los tejidos Inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil. *Técnica Industrial*, 39. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/28/36/a36.pdf>
- SparkFun Electronics. (s.f.). *Sparkfun Start Something*. Obtenido de Sparkfun Web Site: [https://www.sparkfun.com/products/12970?\\_ga=2.55064172.619429322.1542676671-1438385977.1541648268](https://www.sparkfun.com/products/12970?_ga=2.55064172.619429322.1542676671-1438385977.1541648268)
- Tao, X. (2001). Smart technology for textiles and clothing-introduction and overview. *Smart Fibres, Fabrics and Clothing Fundamentals and Applications* , 1-6. (X. Tao, Ed.) Woodhead . doi:<https://doi.org/10.1533/9781855737600.1>.
- TechMake Electronics . (s.f.). *TechMake Electronics* . Obtenido de TechMake Electronics Web Site: <http://www.techmake.com/00245.html>
- Techopedia. (s.f.). *Techopedia*. Obtenido de Techopedia Web Site: <https://www.techopedia.com/definition/29467/electronic-textile-e-textile>
- Tecnología Informática. (s.f.). *Tecnología Informática*. Obtenido de Tecnología Informática Web Site: <https://tecnologia-informatica.com/bluetooth/>
- Thierry. (s.f.). *Thierry Corporation*. Obtenido de Thierry Corporation Web Site: <https://www.thierry-corp.com/mx/plasma/conceptos-fundamentales/textiles-inteligentes/>
- Universidad de Palermo. (Junio de 2012). *Universidad de Palermo*. Obtenido de UP Web Site: [https://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/vista/detalle\\_articulo.php?id\\_libro=400&id\\_articulo=8610](https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_libro=400&id_articulo=8610)

Vargas, M., Galvan , C., & Adamuz, C. (Noviembre de 2005). *SCIENCEDIRECT* . Obtenido

de **SCIENCEDIRECT** **WEB** **SITE:**

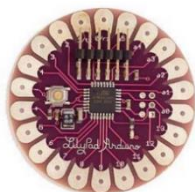
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211344905738261>

Webconsultas. (01 de Agosto de 2017). *Web Consultas*. Obtenido de Web Consultas Web Site:

<https://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/vida-activa/beneficios-del-ejercicio-fisico-869>

## ANEXOS

## ARDUINO LILYPAD

**Visión General**

El Arduino LilyPad es un tablero para microcontroladores diseñado para prendas de vestir y textiles electrónicos, puede ser cosido a tela y conectado a la fuente de alimentación, sensores y actuadores con hilo conductor. La placa se basa en ATmega 168v (la versión de baja potencia del ATmega 168). El Arduino LilyPad fue desarrollado por Leah Buechley y SparkFun Electronics.

**Resumen**

Advertencia: No alimentar el Arduino LilyPad con más de 5,5 voltios y no conectar la alimentación al revés: lo matarás.

Microcontrolador	ATmega 168V o ATmega 328 V
Tensión de funcionamiento	2,7 - 5,5 V
Voltaje de entrada	2,7 – 5,5 V
Pines digitales I/O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
Botones de entrada analógica	6
Corriente DC por E/S Pin	40 mA
Memoria flash	16 KB (de los cuales 2 KB usados para gestor de arranque)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Velocidad de reloj	8 MHz

**Programación**

El Arduino LilyPad puede ser programado con el software de Arduino. \*Nota\*, el Arduino LilyPad puede ser solo programado con el software versión 0010 o superior. Puede programar con versiones anteriores, pero todas las funciones de tiempo relacionadas estarán apagadas (el doble de lento como debe ser).

El ATmega 168V o ATmega 328V en el Arduino LilyPad viene precargado con un gestor de arranque que le permite cargar código nuevo con el software Arduino. También puede omitir el gestor de arranque y programar el ATmega a través del ICSP (In-Circuit Serial Programación).

**Poder**

El Arduino LilyPad se puede alimentar a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa.

Si se utiliza una fuente de alimentación externa, debe proporcionar entre 2,7 a 5,5 voltios. Esto puede venir con un adaptador de CA a CC o la batería. Una vez más, no alimentar el Arduino LilyPad con más de 5,5 voltios y no conectar la alimentación al revés: lo matará.

**Características físicas**

El Arduino LilyPad es un círculo de aproximadamente 50 mm (2”) de diámetro. El tablero en si es .8 mm (1/8”) donde se conectan los componentes electrónicos.

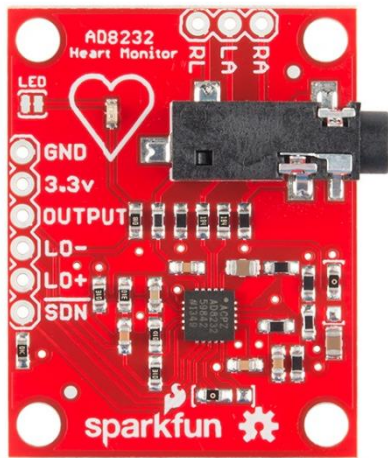
Lavable: lave bajo su propio riesgo – nosotros lo hacemos. Recordamos lavar los proyectos a mano con un suave detergente. Escurrir. ¡asegúrate de quitar primero la fuente de alimentación!

Anexo 1. Hoja de datos de Arduino LilyPad

Fuente: Traducido de <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/LilyPad.pdf>

## AD8232

### Descripción General



El AD8232 es un bloque de acondicionamiento de señal integrado para ECG y otras aplicaciones de medición biopotenciales. Está diseñado para extraer, amplificar y filtrar pequeñas señales biopotenciales en presencia de condiciones ruidosas, como las creadas por el movimiento o colocación remota de electrodos. Este diseño permite que un convertidor de analógico a la digital de potencia ultra baja (ADC) o un microcontrolador incorporado que adquieran fácilmente la señal de salida. El AD8232 puede implementar un filtro de paso alto de dos polos para

eliminar artefactos de movimiento y el potencial de media celda de electrodo. Este filtro está acoplado estrechamente con la arquitectura de instrumentación del amplificador para permitir tanto una gran ganancia como un filtro de paso alto en una sola etapa, lo que ahorra espacio y costo. Un amplificador operacional no comprometido permite al AD8232 crear un filtro de paso bajo de tres polos para eliminar el ruido adicional. El usuario puede seleccionar la frecuencia de corte de todos los filtros para adaptarse a diferentes tipos de aplicaciones.

Para mejorar el rechazo en modo común de las frecuencias de línea en el sistema y otras interferencias no deseadas, el AD8232 incluye un amplificador para aplicaciones de cable impulsado, como el control de la pierna derecha (RLD). El Ad8232 incluye una función de restauración rápida que reduce la duración de las colas de sedimentación largas de los filtros de paso alto. Después de un cambio de señal abrupto que dirige al amplificador (como una desconexión de cable), el Ad8232 se ajusta automáticamente a un corte de filtro más alto. Esta característica permite que el AD8232 se recupere rápidamente y, por lo tanto, tome medidas validas poco después de conectar los electrodos al sujeto.

El Ad8232 está disponible en un paquete LFCSP de 4mm x 4mm, 20 derivaciones. El rendimiento se especifica de 0 °C a 70 °C y es operativo de -40 °C a +85 °C.

### Características

Parte frontal del ECG de un solo cable totalmente integrada. Baja corriente de suministro: 170 $\mu$ A. Relación de rechazo en modo común: 80 dB (dc a 60 Hz). Dos o tres configuraciones de electrodo. Alta ganancia de señal (G=100) con capacidad de bloqueo de CC2 – filtro de paso alto ajustable de polo acepta hasta  $\pm$  300 mV de potencia de media celda. La función de restauración rápida mejora sedimentación del filtro. Filtro de paso bajo ajustable de 3 polos no comprometido con ganancia ajustable. Detección de desconexión de cables: opciones de CA o CC. Impulsión



integrada en la pierna derecha (RLD). Operación de suministro único: 2,0 V a 3,5 V. El búfer de referencia integrado genera tierra virtual. Salida de riel a riel. Filtro RFI interno 8 kV HBM  
Clasificación ESD Pin de parada 20 conductores 4 mm x 4 mm LFCSP paquete.

### Aplicaciones

- Monitores de ritmo cardiaco para actividad física
- Electrocardiograma portátil
- Monitores de salud
- Periféricos de juego
- Adquisición de señales biopotenciales

### Diagrama de bloques funcional

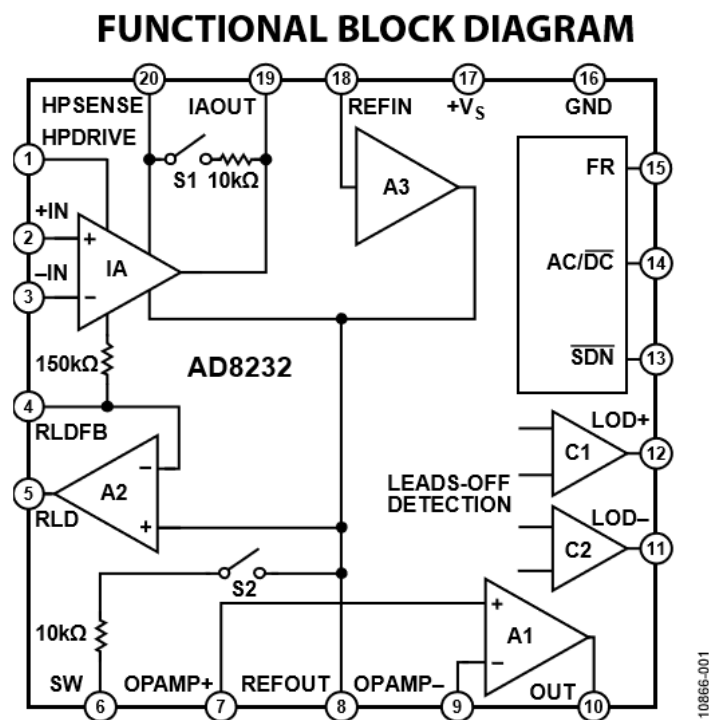


Figure 1.

### \*NOTA\*

Para información adicional, características técnicas y electrónicas visitar el sitio web

[www.analog.com/AD8232](http://www.analog.com/AD8232)

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8232.pdf>

Anexo 2. Hoja de datos del AD8232

Fuente: Resumen traducido de: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8232.pdf>



*Anexo 3. Confección de la camiseta deportiva  
Fuente: Ulcuango Rubí*



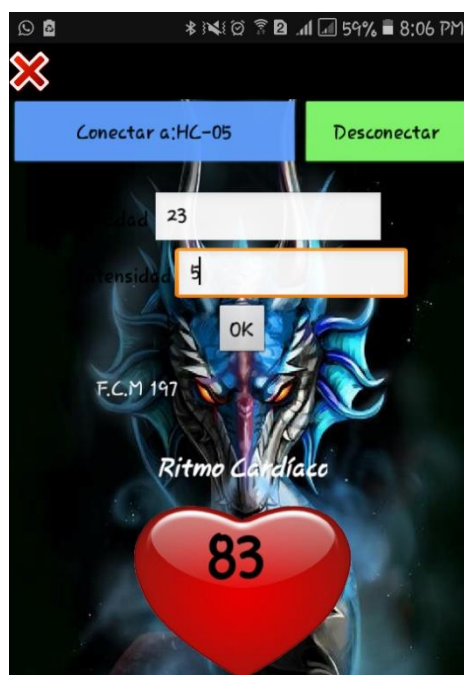
*Anexo 4. Costura de bordes de tela tarjeta Arduino LilyPad  
Fuente: Ulcuango Rubí*



*Anexo 5. Cosido de Arduino LilyPad con hilo conductor  
Fuente: Ulcuango Rubí*



Anexo 6. Comprobación del sketch en Arduino UNO  
Fuente: Ulcuango Rubí



Anexo 7. Pantalla de aplicación FCM con ritmo cardiaco  
Fuente: Ulcuango Rubí



Anexo 8. Comprobación del funcionamiento del sistema  
Fuente: Ulcuango Rubí