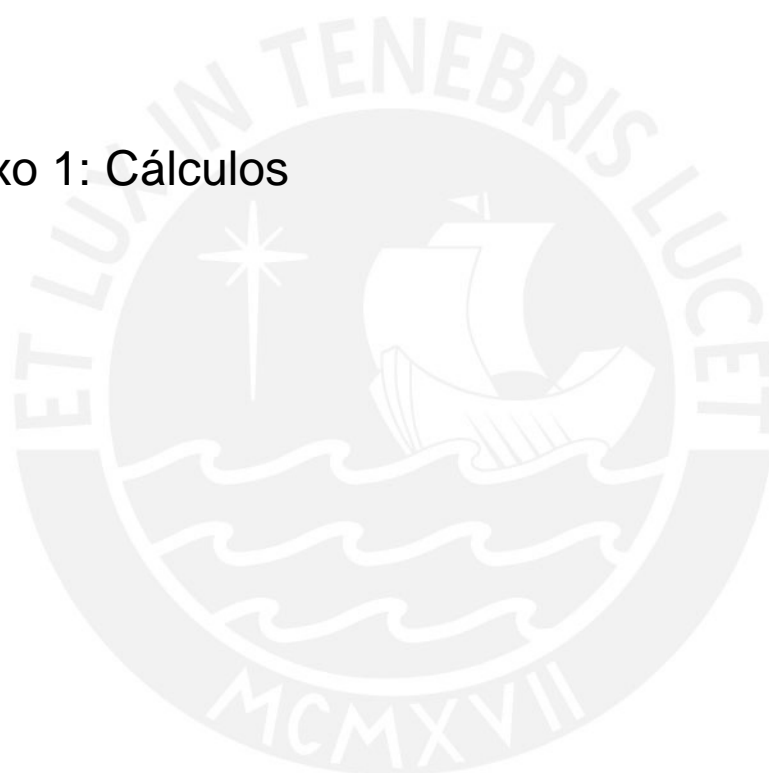




# ANEXOS

## Anexo 1: Cálculos



## Cálculos

### 1.1 Calculo de la batería del Módulo 1

Para el cálculo de la batería se asumieron los valores típicos de funcionamiento. La salida de corriente máxima por cada pin de salida del PIC es de 25mA, se ha restringido la salida de corriente a los led con resistencias de 390 Ohmios, por lo que la corriente consumida por leds será como máximo 9.48mA, se asumirá que se encontraran encendidos todo el tiempo.

Las entradas y salidas de la memoria SPI tienen como límite 25mA, asumiendo que el dispositivo está trabajando y consume la mitad de su máximo durante toda la operación.

El Bluetooth consume 25mA mientras busca otro dispositivo, una vez conectado transmite o no información su consumo es de 8mA. Se supondrá que se encuentra transmitiendo en todo momento.

Tabla A.1- Calculo del consumo del Módulo 1

Dispositivo	Cantidad	Consumo (mA)	Consumo (mA)
Leds	4	9.48	37.92
Memoria	4	12.50	50.00
Op-Amp	1	0.10	0.10
GSR	1	0.0004	0.0004
PPG	1	9.48	9.48
Bluetooth	1	8.00	8.00
Total (80%)			105.5004
Total (100%)			131.8755
En 12 horas			1582.506

### 1.2 Calculo de la memoria requerida.

Para el cálculo de la memoria primero se ha determinado que datos era necesario almacenar. Primero había que ubicar los datos en el tiempo, por lo que se almacena la fecha y hora del evento. Luego se almacenan los datos muestreados y, por último, los datos que se derivan de estos como la Variabilidad cardiaca y el indicador del nivel de ansiedad.

Tabla A.1- Calculo la memoria del Módulo 1

Dato	Tipo	Bytes
Fecha	Date	8
Hora	Time	8
Conductividad	Single	4
Frecuencia Cardiaca	Single	4
Variabilidad	Single	4
Indicador	Integer	4
Total		32

Por muestra se almacena 32 Bytes, una frecuencia de una toma cada 5 segundos nos da 22Kb por hora. En total esto me da 540Kb por día, por ello se eligió una memoria de 1Mb.

### 1.3 Filtro de las señales muestreadas.

Para la adquisición de la señal de pulso cardiaco, es necesario separar el ruido que naturalmente aparece en la lectura debido a diversos factores como breve separación entre la piel y el sensor, rápidos cambios en el ritmo cardiaco, otros factores biológicos que causen una aparente arritmia. El ritmo cardiaco normal de persona se encuentra entre los 70 y 100 latidos por minuto. En niños y jóvenes el ritmo cardiaco puede llegar hasta 160 latidos por minuto. Se define como límite superior los 180 latidos por minuto (3Hz), cualquier frecuencia superior será considerada ruido. Para atenuar estas frecuencias parasitas se dispondrá de un filtro pasa bajos de topología Sallen-Key.

La disposición de este filtro es la siguiente:

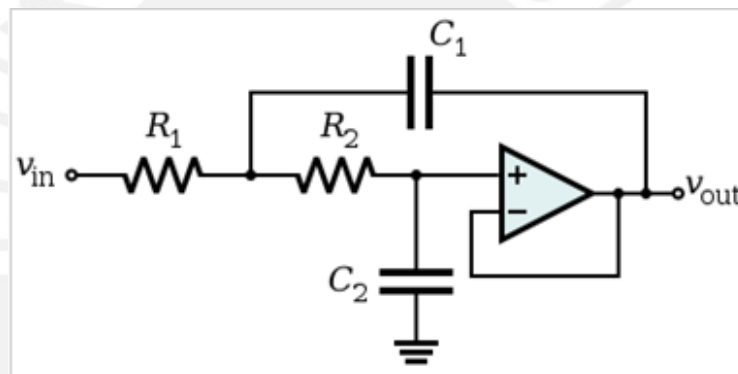


Fig A.1. Filtro pasabajo de arquitectura Sallen-Key

Cuya función de transferencia es:

$$H(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}$$

Resultando cada termino en función de los componentes:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$2\zeta\omega_0 = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{R_1 + R_2}{C_1(R_1 R_2)}$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{C_2(R_1 + R_2)}$$

Donde  $\omega_0$  es la frecuencia natural del sistema y  $\varepsilon$  el factor de amortiguamiento. Para obtener como resultado un filtro Butterworth de segundo orden se debe cumplir:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Para facilitar el diseño definimos:

$$R_1 = mR; R_2 = R$$

$$C_1 = nC; C_2 = C$$

Reemplazando en Q y asumiendo  $m = 1$  y  $n = 2$  obtenemos:

$$Q = \frac{\sqrt{mn}}{m+1} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Reemplazando en  $\omega_0$  para un valor  $f_0 = 3\text{Hz}$ :

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{RC\sqrt{2}}$$

$$RC = \frac{1}{6\sqrt{2}\pi} = 0.0375$$

Elijo valores comerciales que se aproximen al resultado:

$$R_1 = R_2 = 390\text{K}\Omega$$

$$C_1 = 0.22\mu\text{F}; C_2 = 0.1\mu\text{F}$$

La Respuesta Galvánica de la piel (GSR) toma aproximadamente 3 segundos en estabilizarse [4]; por ser de un reducido ancho de banda, frecuencias altas pueden ser también consideradas ruido. Por practicidad se ha utilizado un circuito igual al anterior para atenuar las altas frecuencias que aparezcan durante el muestreo.

#### 1.4 Fuerza aplicada sobre el cuello.

La fuerza que produce el masaje es causada por la compresión de la piel y el musculo del cuello. Para este cálculo primero se ha de considerar algunas características geométricas. Del manual antropométrico [25] las medidas promedio del cuello son:

$$\text{Ancho del cuello} = 13.8\text{cm}$$

$$\text{Largo del cuello} = 11.6\text{m}$$

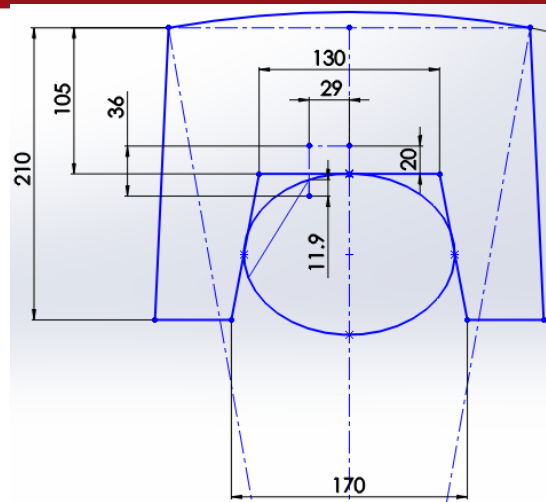


Fig.A.2. Se muestra un bosquejo del masajeador rodeando el cuello.

El elemento masajeador en el momento de mayor compresión también se encuentra en el mayor contacto con la superficie del cuello. En realidad la abertura por donde sobresalen los elementos masajeadores será recubierta con un tul de algodón o un material similar para evitar el contacto directo con el plástico. Durante la compresión máxima el área en contacto es aproximadamente un quinto del área total.

$$\text{Area total del Masajeador} = 6730 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area en contacto con el cuello} = \frac{1}{5} (6730 \text{ mm}^2) = 1350 \text{ mm}^2$$

Para hallar la fuerza normal necesaria para la compresión de un material, asumiendo que el material se encuentra en su zona elástica de deformación y esta tiene un comportamiento lineal, se usará la ley de Hooke:

$$E = \frac{F \cdot L}{\Delta L \cdot A}$$

Donde E es el módulo de Young, L la longitud total del elemento,  $\Delta L$  es la deformación longitudinal y A es la superficie en compresión. De la data experimental de [26] el módulo de Young de los músculos esqueléticos es:

$$E_{\text{piel}} = 24.7 \text{ KPa} = 0.0247 \text{ N/m}^2$$

La deformación longitudinal máxima será igual a la profundidad máxima a la que comprime el elemento masajeador. Esto es  $\Delta L = 11.9\text{mm}$ .

La longitud total del elemento a comprimir no puede ser igual a todo el cuello ya que no es un material homogéneo e incluso con elementos que podrían considerarse incompresibles (huesos). Por simplificación se asumirá que el elemento deformable es la capa exterior del cuello y que esta es la quinta parte de la longitud total.

$$L = \frac{1}{5} (11.6\text{mm}) = 23.2\text{mm}$$

Reemplazando en la ecuación de Hooke:

$$F = \frac{E \cdot A \cdot \Delta L}{L} = \frac{(0.0247)(1350)(11.9)}{23.2} = 17.1N$$

Esta sería la fuerza normal al elemento masajeador. Masajes tradicionales sobre la espalda normalmente llegan a un máximo de 70N según [27]. Por lo que una presión de 17N es un nivel moderado y aceptable de fuerza sobre el cuello.

Durante la compresión se genera una fuerza debido al rozamiento, el coeficiente de fricción del plástico PET o Ertalyte es 0.2 según su descripción en [28]. Por lo que en máxima compresión el valor de la Fuerza de fricción es:

$$F_f = \mu F = 0.2(17.1) = 3.42 N$$

La superficie se encuentra aproximadamente a 40mm del eje de giro del elemento masajeador por lo que el torque necesario para vencer la fricción es:

$$\tau = RF_f = (3.42)(0.040) = 0.136Nm$$

Para que el motor pueda accionar el movimiento sin problemas es necesario que el torque proporcionado sea mayor que el necesario. Por tanto aumentare el valor requerido en un factor de 2, esto me da:

$$\tau_{requerido} = 2(0.136) = 0.272 Nm$$

## Anexo 2: Cotizaciones



Precios de motores obtenidos de Jameco ([www.jameco.com](http://www.jameco.com))



MOTOR,DC,10.3Krpm@4.5VDC,0.11 INCH SOLDER TABS

<b>Part no. 177498</b>	
Manufacturer	JAMECO RELIAPRO
Manufacturer no.	RC280RA2485 (F-7089C460)

Availability: In Stock i

[+ ADD TO MY FAVORITES](#)

**\$2.95** each

QTY

[ADD TO CART](#)



38-007: 12VDC Reversible Gear Head Motor (DC Gearhead)

DC MOTOR with GEARHEAD , 12VDC , 74MA

<b>Part no. 253500</b>	
Product Category	Motors
Product Type	DC Gearhead
Manufacturer	Jameco Reliapro
Manufacturer no.	38-007

Availability: Ship 4 Days ARO i

From **\$17.95** each

1+ \$17.95

5+ \$15.95

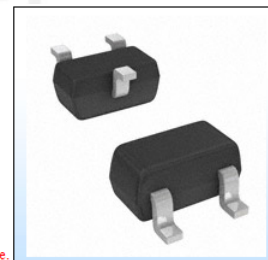
25+ \$13.95

QTY

[ADD TO CART](#)

Precios del componente obtenido de Digi-Key (<http://www.digikey.com>)

All prices are in US dollars.				
Digi-Key Part Number	DMN26D0UT-7DIDKR-ND	Price Break	Unit Price	Extended Price
Quantity Available	Digi-Key Stock: 16,648 Can ship immediately	1	0.34000	0.34
Manufacturer	<a href="#">Diodes Inc</a>	10	0.30900	3.09
Manufacturer Part Number	DMN26D0UT-7	25	0.22240	5.56
Description	MOSFET N-CH 20V 230MA SOT523	100	0.17300	17.30
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS Compliant	250	0.10872	27.18
		500	0.09264	46.32
		1,000	0.06312	63.12



A \$7.00 reeling fee will be applied to each reel ordered. Digi-Reels are a custom product and are non-cancelable and non-returnable.

Precios del driver obtenido de Pololu Electronics (<http://www.pololu.com>)

TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier



Pololu item #: 713 **815** in stock

Price break Unit price (US\$)

**1 4.95**

5 4.25

25 3.75

100 3.49

Quantity:

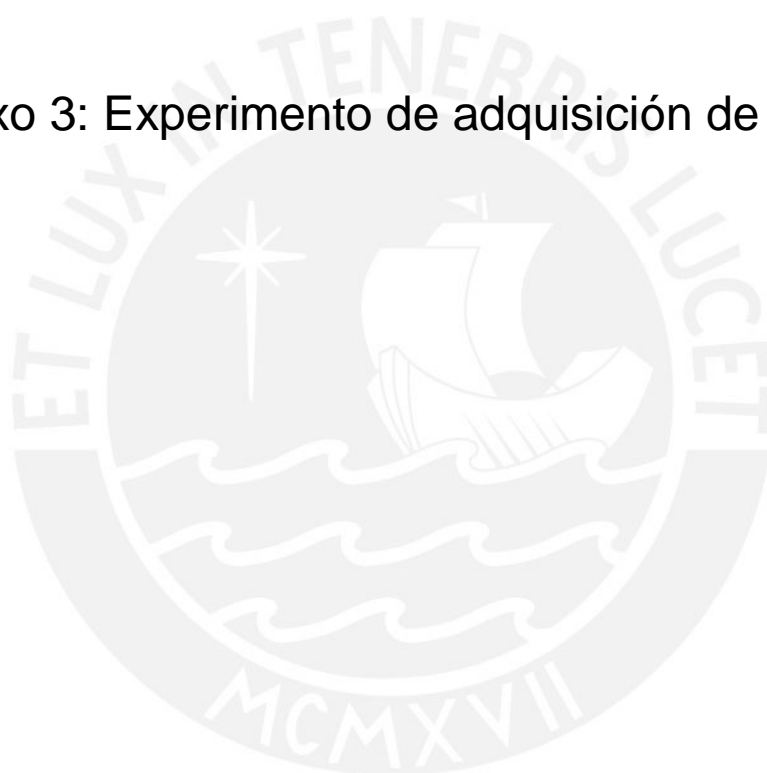
[backorders allowed](#)

[Add to cart](#)

[Add to wish list](#)



## Anexo 3: Experimento de adquisición de señales



### Anexo: Experimento de adquisición de señales.

Para confirmar que los métodos de adquisición elegidos son confiables se realizaron pruebas de los circuitos en un protoboard. Se usó un Op-Amp MCO602 para el filtro pasabajos y un CNY70 para la adquisición de pulso. A la salida del filtro se colocó un led como indicador, el cual aumentaba y disminuía su intensidad según la intensidad del flujo sanguíneo, la diferencia entre 2 niveles altos determina el periodo del pulso. El resultado fue favorable pero deben realizarse más pruebas para confirmar la exactitud del pulso. Además, como el CNY70 no se encontraba adherido a la piel, por momentos la lectura era errónea y no se registraba cambio en la intensidad del led. Para replicar el concepto usado en el Modulo 1 es necesario realizar pruebas con el TCRT1000. Las figuras A-1 y A-2 muestran el arreglo en el protoboard.

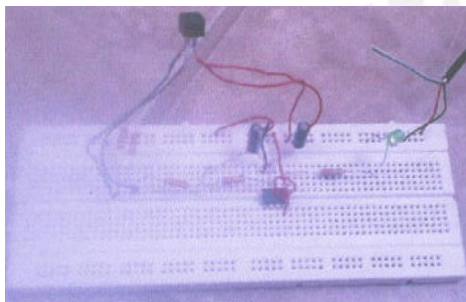


Fig. A-1 Filtro y sensor de pulso.

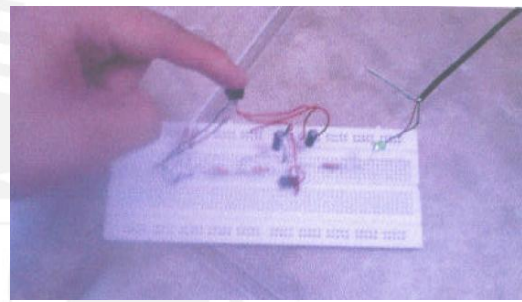


Fig. A-2 Sensor aplicado a la yema del dedo índice.

Usando el mismo filtro se usaron los electrodos de níquel-plata para la obtención de la conductividad de la piel. El resultado obtenido fue satisfactorio aunque los valores de resistencia obtenidos fueron menores a los esperados. Deben realizarse futuras pruebas a una muestra mayor de personas para contrastar los valores. Coherente con lo esperado al presionar fuertemente el puño o levantar peso, incluso con la mano no sensada, los valores de resistencia disminuían. Los valores de cuatro pruebas se muestran en la tabla inferior, en las figuras A-3 y A-4 se muestra el arreglo en el protoboard.

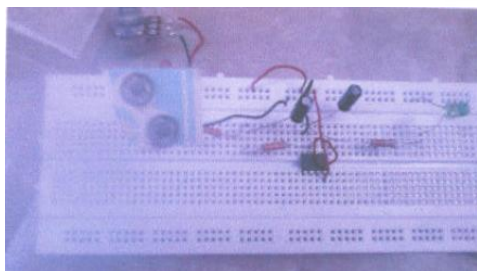


Fig. A-3 Filtro y electrodos.

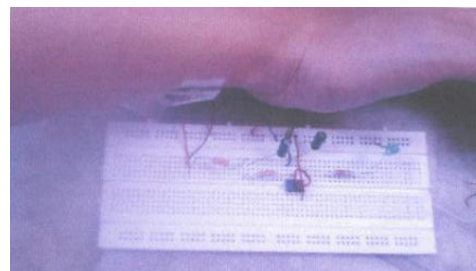


Fig. A-4 Electrodo adheridos a la muñeca.