

# Oxímetro de Pulso

## Programación en Tiempo Real

E.Salvatori   C.Sanabria   G.Bazán

Departamento de Ingeniería  
Universidad Arturo Jauretche

**Trabajo Práctico Integrador. 2da Fecha**

# Indice

- 1 Objetivo del Trabajo
- 2 ¿Qué es un Oxímetro de Pulso?
- 3 Implementación del Oxímetro



# Objetivos

## Generales

El objetivo principal es diseñar un equipo médico que permita visualizar en una pantalla OLED los datos de la saturación de oxígeno (SPO<sub>2</sub>) junto con la frecuencia cardíaca (BPM por sus siglas en inglés *beat per minute*) en tiempo real, utilizando elementos de bajo costo y accesibles a cualquier estudiante.

# Objetivos

## Específicos

- Identificar la necesidad de un equipo médico como el que se propone en este trabajo, en las instituciones de la salud.
- Realizar el armado del equipo médico efectuando las pruebas de diseño y evidenciando resultados reales.

# Objetivos

## Específicos

- Identificar la necesidad de un equipo médico como el que se propone en este trabajo, en las instituciones de la salud.
- Realizar el armado del equipo médico efectuando las pruebas de diseño y evidenciando resultados reales.

# Descripción

## Motivación



Ante la situación de pandemia causada por el Covid-19, y la apremiante disposición de los recursos económicos con los que cuentan los centros de salud, la medición de la saturación de oxígeno es esencial para decidir cuándo utilizar tratamientos de oxígeno y cuándo no.

# Descripción

## Síntomas del COVID-19

Recordemos que los síntomas de esta enfermedad infecciosa son los siguientes:



El Coronavirus, afecta principalmente a los pulmones, por ello la medida de la **saturación de oxígeno** es esencial para decidir cuándo utilizar recursos de oxígeno.

# Descripción

## Oxímetro de Pulso

El Oxímetro de Pulso, permite demostrar de manera confiable, la saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ) presentadas en el torrente sanguíneo y las pulsaciones por minuto; variables que permiten identificar qué pacientes se encuentran enfermos de manera grave y necesitan por tanto ser hospitalizados como también recibir terapia de oxígeno.



Universidad Nacional  
ARTURO JAURETCHÉ



# Oxímetro de Pulso

## Su función

Un Oxímetro de Pulso es un dispositivo médico que posibilita el cálculo de la **saturación de oxígeno en sangre** empleando un método no invasivo, es decir, que no es necesario obtener una muestra de sangre mediante alguna punción.



Se considera que una lectura de oxígeno **normal** oscila entre el 95 y el 98 por ciento de la muestra tomada.

# Oxímetro de Pulso

## ¿Qué mide?

El dispositivo realizará una medición en busca de hemoglobina, la cual es considerada una hemoproteína cuya función es la de transportar oxígeno mediante la sangre; esta absorbe diferentes cantidades y longitudes de onda de luz según el **nivel de oxígeno** que esté transportando.



# Oxímetro de Pulso

## Cómo funciona

El **MAX30100** tiene un LED rojo, un LED infrarrojo y un fotodetector en la parte superior del encapsulado. El LED rojo se emplea para oximetría de pulso, mientras que el LED infrarrojo se utiliza para medir el ritmo cardiaco. Como cada LED emite luz en el dedo de la persona, el fotodetector detecta las variaciones en la luz por cambios de volumen de la sangre.



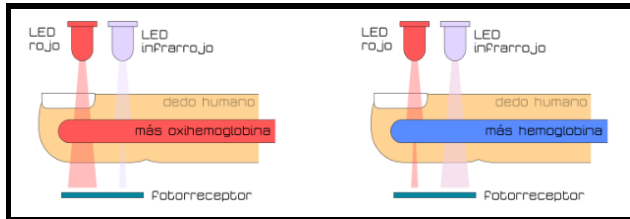
# Oxímetro de Pulso

## Cómo funciona

El oxímetro y sensor de ritmo cardiaco **MAX30100** filtra la luz ambiente que puede interferir en la precisión de la lectura. Consume 600  $\mu\text{A}$  en modo operativo y 700 nA en modo shutdown. La corriente de los dos LED se puede programar para uso en aplicaciones de tipo *low power*.

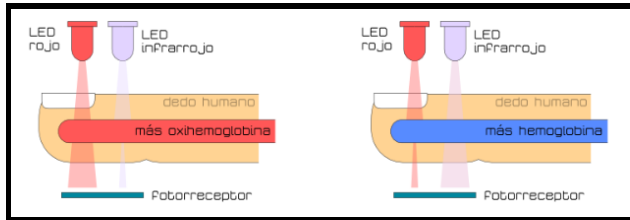
# Espectrofotometría

- La **Hemoglobina oxigenada** absorbe más radiación infrarroja y permite pasar más luz roja (aproximadamente 940 nanómetros)
- La **Hemoglobina desoxigenada** absorbe más luz roja y permite pasar más radiación infrarroja (aproximadamente 660 nanómetros)



# Espectrofotometría

- La **Hemoglobina oxigenada** absorbe más radiación infrarroja y permite pasar más luz roja (aproximadamente 940 nanómetros)
- La **Hemoglobina desoxigenada** absorbe más luz roja y permite pasar más radiación infrarroja (aproximadamente 660 nanómetros)



# Oxímetro de Pulso

## ¿Cuándo utilizarlo?

### ¿Cuándo utilizar el Oxímetro?

Cuando el paciente cuente con alguno de estos síntomas se recomienda medir la spo2.



FIEBRE



TOS O  
DIFICULTAD  
PARA RESPIRAR



AUMENTO DE  
FRECUENCIA  
RESPIRATORIA



SÍNTOMAS  
PERSISTEN  
DURANTE 14  
DÍAS

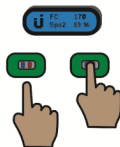
# Oxímetro de Pulso

## ¿Cómo utilizarlo?

### Medición de SPO2



El paciente presenta  
síntomas graves



Se procede a realizar  
la medición



Si el resultado  
arroja un nivel de Spo2  
menor a 93%  
el paciente tiene hipoxemia



Inmediatamente  
se debe suministrar  
oxígeno



# Oxímetro de Pulso

## ¿Cómo interpretar los resultados?

Si es más baja de lo normal



Cuando el paciente  
es diagnosticado



Se deben realizar  
mediciones cada 6 o 12 hs.



Si el nivel de SpO2  
baja del porcentaje  
aceptable



Se procede al  
suministro de  
oxígeno

# Implementación

## Metas

- **Tipo de Proyecto:** Se decidió llevar a cabo el proyecto tratando de obtener muestras lo más semejante al mundo real.
- **Disponibilidad:** ante la situación de pandemia, se utilizaron recursos que se tenían a la mano sin la posibilidad de acceder a otros más complejos y específicos.
- **Experiencia:** Se trató de ganar experiencia volcando los conocimientos adquiridos en la materia, como así también, internalizarse en cuestiones técnicas nunca antes afrontadas.



# Implementación

## Metas

- **Tipo de Proyecto:** Se decidió llevar a cabo el proyecto tratando de obtener muestras lo más semejante al mundo real.
- **Disponibilidad:** ante la situación de pandemia, se utilizaron recursos que se tenían a la mano sin la posibilidad de acceder a otros más complejos y específicos.
- **Experiencia:** Se trató de ganar experiencia volcando los conocimientos adquiridos en la materia, como así también, internalizarse en cuestiones técnicas nunca antes afrontadas.



# Implementación

## Metas

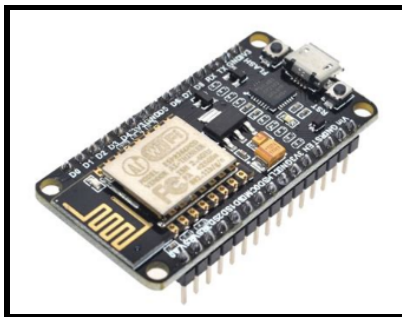
- **Tipo de Proyecto:** Se decidió llevar a cabo el proyecto tratando de obtener muestras lo más semejante al mundo real.
- **Disponibilidad:** ante la situación de pandemia, se utilizaron recursos que se tenían a la mano sin la posibilidad de acceder a otros más complejos y específicos.
- **Experiencia:** Se trató de ganar experiencia volcando los conocimientos adquiridos en la materia, como así también, internalizarse en cuestiones técnicas nunca antes afrontadas.



# Implementación

Dispositivos utilizados: ESP8266

El dispositivo **ESP8266** es un chip de bajo costo Wi-Fi con un stack TCP/IP completo y un microcontrolador, fabricado por Espressif.



Universidad Nacional  
ARTURO JAURETCHÉ

# Implementación

Dispositivos utilizados: MAX30100

El dispositivo **MAX30100** integra los LEDs emisores de luz roja e infrarroja, un fotodiodo y un conversor ADC (Analógico-Digital).



# Implementación

## Cálculos

- En cada pulsación de sangre arterial, se transmiten valores lumínicos.
- Considerando sólo la sangre arterial, se denominará el componente arterial como **CA**.
- Llamamos Componente Estático (**CE**) a lo constituido por los tejidos, huesos y piel.
- La cantidad de luz absorbida cambia de acuerdo a la **cantidad de sangre** y a la presencia de **HbO<sub>2</sub>** o **Hb**.
- La siguiente ecuación, permite visualizar cómo se obtiene la Saturación en sangre mediante el cociente entre la luz roja e infrarroja:

$$\frac{\frac{CALuz_R}{CELuz_R}}{\frac{CALuz_{IR}}{CELuz_{IR}}} = SpO_2$$





# Implementación

## Cálculos

- En cada pulsación de sangre arterial, se transmiten valores lumínicos.
- Considerando sólo la sangre arterial, se denominará el componente arterial como **CA**.
- Llamamos Componente Estático (**CE**) a lo constituido por los tejidos, huesos y piel.
- La cantidad de luz absorbida cambia de acuerdo a la cantidad de sangre y a la presencia de  $\text{HbO}_2$  o  $\text{Hb}$ .
- La siguiente ecuación, permite visualizar cómo se obtiene la Saturación en sangre mediante el cociente entre la luz roja e infrarroja:

$$\frac{\frac{CALuz_R}{CELuz_R}}{\frac{CALuz_{IR}}{CELuz_{IR}}} = SpO_2$$

# Implementación

## Cálculos

- En cada pulsación de sangre arterial, se transmiten valores lumínicos.
- Considerando sólo la sangre arterial, se denominará el componente arterial como **CA**.
- Llamamos Componente Estático (**CE**) a lo constituido por los tejidos, huesos y piel.
- La cantidad de luz absorbida cambia de acuerdo a la **cantidad de sangre** y a la presencia de **HbO<sub>2</sub>** o **Hb**.
- La siguiente ecuación, permite visualizar cómo se obtiene la Saturación en sangre mediante el cociente entre la luz roja e infrarroja:

$$\frac{\frac{CALuz_R}{CELuz_R}}{\frac{CALuz_{IR}}{CELuz_{IR}}} = SpO_2$$

# Implementación

## Cálculos

- En cada pulsación de sangre arterial, se transmiten valores lumínicos.
- Considerando sólo la sangre arterial, se denominará el componente arterial como **CA**.
- Llamamos Componente Estático (**CE**) a lo constituido por los tejidos, huesos y piel.
- La cantidad de luz absorbida cambia de acuerdo a la **cantidad de sangre** y a la presencia de **HbO<sub>2</sub>** o **Hb**.
- La siguiente ecuación, permite visualizar cómo se obtiene la Saturación en sangre mediante el cociente entre la luz roja e infrarroja:

$$\frac{\frac{CALuz_R}{CELuz_R}}{\frac{CALuz_{IR}}{CELuz_{IR}}} = SpO_2$$

# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.





# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Cálculo

- La medición de los **cambios** en la absorción de la luz permite estimar la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia cardíaca.
- La  $SpO_2$  visualizada en la pantalla representa la media de la medición de los últimos segundos; los datos se actualizan en un período que va desde los 0.5 a 1 segundos.
- Algunos factores que **inciden** en la exactitud del cálculo pueden ser:
  - Movimiento.
  - Pigmentación y pintura de las uñas.
  - Interferencia electromagnética.
  - Luz ambiental.



# Implementación

## Operación con MAX30100

En un pulsoxímetro, el cálculo del nivel de oxigenación de la sangre ( $SpO_2$ ) se basa en la medición de intensidad de la luz que ha sido atenuada por el tejido corporal.  $SpO_2$  se define como la relación del nivel de hemoglobina oxigenada ( $HbO_2$ ) sobre el nivel de hemoglobina total (oxigenado y agotado):

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{Hemoglobina\ Total}$$



# Implementación

## Operación con MAX30100

El latido del corazón se mide contando el número de muestras en tres latidos, ya que la frecuencia de muestreo es de 500 mps. El latido del corazón por minuto se calcula mediante:

$$\text{Latidos por minuto} = \frac{500 \cdot 60}{\left( \frac{\text{conteo de muestreos}}{3} \right)}$$



# Implementación

## Operación con MAX30100

El tejido corporal absorbe diferentes cantidades de luz dependiendo del nivel de oxigenación de la sangre que pasa a través de este.

Cabe destacar que esta característica es no lineal.

Se utilizan dos longitudes de onda de luz diferentes, cada una se enciende y se mide alternativamente. Al usar dos longitudes de onda diferentes, la complejidad matemática de la medición puede reducirse a la siguiente expresión:

$$R' = \frac{\log(I_{ac})\lambda_1}{\log(I_{ac})\lambda_2} \quad SpO_2 \propto R'$$



# Implementación

## Operación con MAX30100

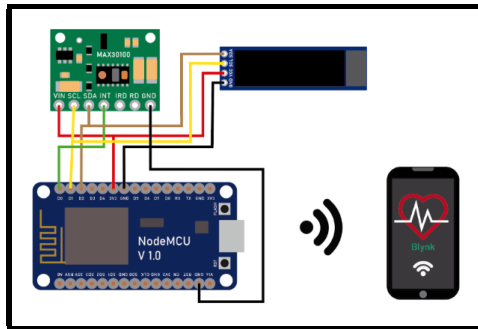
$$R' = \frac{\log(I_{ac})\lambda_1}{\log(I_{ac})\lambda_2} \quad SpO_2 \propto R'$$

Donde  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  representan las dos longitudes de onda distintas.  
Cabe destacar que en la práctica, la relación entre  $SpO_2$  y  $R$  no es tan lineal como se indica en la fórmula anterior.



## Circuito

A continuación se puede visualizar el Oxímetro a implementar en el proyecto, junto con todos sus componentes:



# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ➊ Se inicia el OLED.
- ➋ Se inicia el Sensor.
- ➌ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ➍ Si encuentra latidos:
  - ➊ Calcula  $SpO_2$
  - ➋ Muestra los resultados en el OLED.
- ➎ A través de la herramienta **Blynk** se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.



# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ➊ Se inicia el OLED.
- ➋ Se inicia el Sensor.
- ➌ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ➍ Si encuentra latidos:
  - ➊ Calcula  $SpO_2$
  - ➋ Muestra los resultados en el OLED.
- ➎ A través de la herramienta **Blynk** se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.



# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ➊ Se inicia el OLED.
- ➋ Se inicia el Sensor.
- ➌ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ➍ Si encuentra latidos:
  - ➊ Calcula  $SpO_2$
  - ➋ Muestra los resultados en el OLED.
- ➎ A través de la herramienta **Blynk** se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.

# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ① Se inicia el OLED.
- ② Se inicia el Sensor.
- ③ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ④ Si encuentra latidos:
  - ① Calcula  $SpO_2$
  - ② Muestra los resultados en el OLED.
- ⑤ A través de la herramienta **Blynk** se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.

# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ① Se inicia el OLED.
- ② Se inicia el Sensor.
- ③ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ④ Si encuentra latidos:
  - ① Calcula  $SpO_2$
  - ② Muestra los resultados en el OLED.
- ⑤ A través de la herramienta Blynk se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.

# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ➊ Se inicia el OLED.
- ➋ Se inicia el Sensor.
- ➌ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ➍ Si encuentra latidos:
  - ➊ Calcula  $SpO_2$
  - ➋ Muestra los resultados en el OLED.
- ➎ A través de la herramienta Blynk se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.

# Implementación

## Pseudocódigo

A continuación se resumen los pasos que realiza el algoritmo del Oxímetro:

- ① Se inicia el OLED.
- ② Se inicia el Sensor.
- ③ Se comienza con la búsqueda de latidos.
- ④ Si encuentra latidos:
  - ① Calcula  $SpO_2$
  - ② Muestra los resultados en el OLED.
- ⑤ A través de la herramienta **Blynk** se visualizan los resultados en el dispositivo móvil asociado.

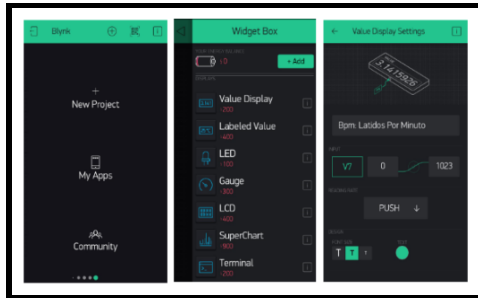
# Implementación

## ¿Qué es Blynk?

**Blynk** es una aplicación para teléfonos móviles, que permite el control de Arduino, y ESP8266 a través de internet, donde un usuario puede crear proyectos IoT. Mediante una interfaz sencilla de utilizar (botones de control) se pueden activar o desactivar funciones del dispositivo implementado.

# Implementación

## Configuración de Blynk

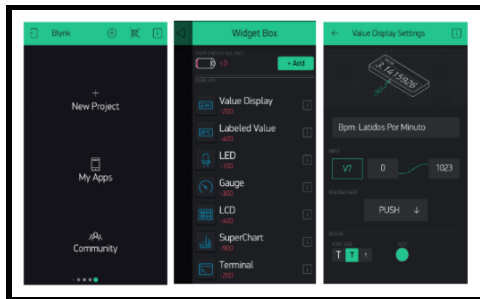


- 1 Se crea un nuevo proyecto.
- 2 Se agregan 2 Value Display y 2 Gauges.
- 3 Se asigna el PIN n° 7 al display.



# Implementación

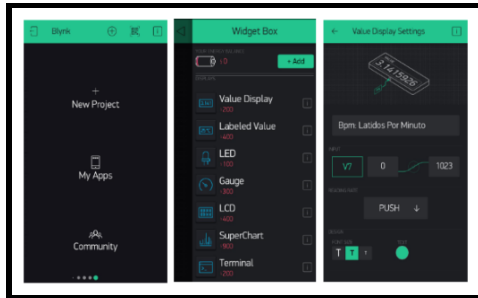
## Configuración de Blynk



- 1 Se crea un nuevo proyecto.
- 2 Se agregan 2 Value Display y 2 Gauges.
- 3 Se asigna el PIN n° 7 al display.

# Implementación

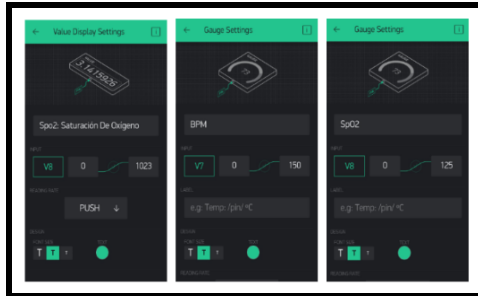
## Configuración de Blynk



- 1 Se crea un nuevo proyecto.
- 2 Se agregan 2 Value Display y 2 Gauges.
- 3 Se asigna el PIN nº 7 al display.

# Implementación

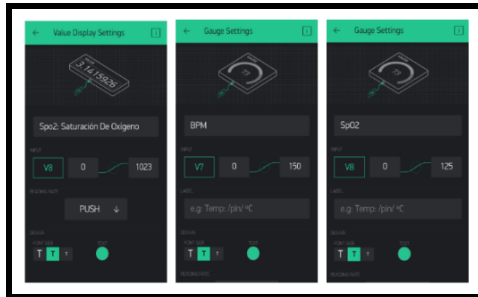
## Configuración de Blynk



- 1 Se asigna el PIN nº 8 al display
- 2 Se asigna el PIN nº 7 del Gauge.
- 3 Se asigna el PIN nº 8 del Gauge.

# Implementación

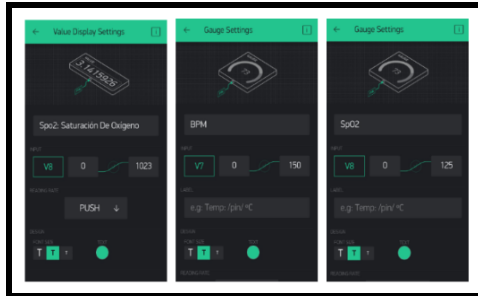
## Configuración de Blynk



- 1 Se asigna el PIN nº 8 al display
- 2 Se asigna el PIN nº 7 del Gauge.
- 3 Se asigna el PIN nº 8 del Gauge.

# Implementación

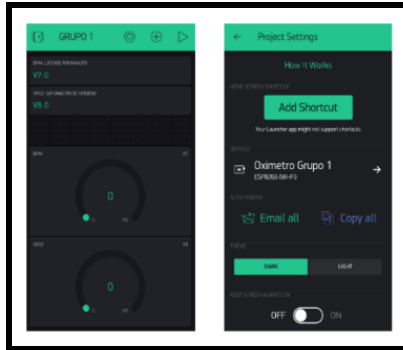
## Configuración de Blynk



- 1 Se asigna el PIN nº 8 al display
- 2 Se asigna el PIN nº 7 del Gauge.
- 3 Se asigna el PIN nº 8 del Gauge.

# Implementación

## Configuración de Blynk



Una vez finalizada la configuración, Blynk asigna un *auto-token*, el cual es un identificador del proyecto, que permite la validación en cuanto el **ESP8266** es alimentado y obtiene datos provenientes de Internet con la red wifi que se le haya establecido.

# Bibliografía I



A. Burns, A. Welling

*Real-Time Systems and Programming Languages.*  
Addison Wesley, 2009.