

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
SEDE LATACUNGA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN AVIÓNICA**

**“Implementación de un prototipo de respirador artificial automático
y un oxímetro para el tratamiento de pacientes en recuperación de
COVID19 en el hogar”**

**Autor: Moscoso Borja, Saúl Danilo
Tutor: Ing. Ávila Villacís, Adrián Alejandro**





INTRODUCCIÓN

Ante la ola de contagios del COVID19 y la insuficiencia de unidades de emergencia en los centros de salud y hospitales para el control de pacientes con síntomas leves y medios, se diseñó un prototipo de respirador artificial automático y un oxímetro para el uso en el hogar, que sustituye la acción manual de aplastar una bolsa de resucitación conocida como AMBU.

La automatización del sistema AMBU, se efectuó mediante el uso de dos piezas en un sistema de tronillo para que estas simulen el movimiento de presión, a través de una placa Arduino Mega, un shield de CNC, dos drives DRV8825 y sus respectivos motores Stepper, cuya programación está basada en estudios médicos.



Objetivo General

- Implementar un respirador artificial automático, que funcione conjuntamente con un oxímetro para recuperación de pacientes de covid19 en el hogar

Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento de los respiradores, tiempos de oxigenación y causas de fallas del sistema respiratorio.
- Analizar los métodos de tratamiento respiratorio para pacientes que presentan SARS CoV2
- Implementar un prototipo automático de un respirador artificial para que pueda ser utilizado en el hogar, con una interfaz amigable.
- Desarrollar una guía de uso fácil interpretación, para que la manipulación y configuración del prototipo sea viable para cualquier persona.



MARCO TEÓRICO

- **Anatomía del Sistema Respiratorio**

Vía aérea de conducción.

Su función es adecuar y direccionar el aire antes de llegar a los alvéolos.

Unidades de intercambio gaseoso

Aquí se realiza el intercambio gaseoso, Acino o unidad respiratoria pulmonar se reconoce como bronquiolo terminal

Irrigación Sanguínea

El doble aporte del pulmón al recibir sangre a través de las arterias pulmonares y de las arterias bronquiales

- **Conceptos básicos de fisiología respiratoria**

El funcionamiento correcto del sistema respiratorio asegura a los diferentes tejidos una adecuada oxigenación y la eliminación rápida del dióxido de carbono.

- **Proceso de Respiración**

La respiración es rítmica, pausad y la frecuencia estable, varia con la edad y actividades, ante dificultad en la respiración se debe dar atención inmediata, antes que las células del cerebro mueran.



• Ventilación mecánica

Historia

Primera generación: desarrollada en los años 70, dispositivos mecánicos simples, ventilación controlada sin alarmas ni monitoreo

Segunda generación: permitían ventilación gatillada por el paciente, alarmas básicas, monitoreo de frecuencia respiratoria y volumen corriente

Tercera generación: hasta finales de los 90, incorporo el control mediante microprocesadores, alarmas y monitoreo más extenso

Cuarta generación: comprende los dispositivos que actualmente se usa.

Tipos

Ventilación mecánica invasiva: se realiza a través del tubo endotraqueal o un tubo de traqueostomía

Ventilación mecánica no invasiva (VMNI): soporte ventilatorio que no emplea la intubación endotraqueal para ventilar al paciente, método seguro para conseguir la corrección de intercambio gaseoso, disminuir el trabajo ventilatorio.

Bolsa AMBU

Bolsa o balón autoinflable conectado a una válvula unidireccional que se a su vez conecta con una mascarilla de ventilación asistida

DATOS PRINCIPALES AMBU

Resucitador Silicona Oval, adulto

Peso corporal	Desde 30 kg (10 años)
Volumen	1475 ml
Dimensiones (largo x diámetro)	291 mm x 128 mm
Conector del paciente	Exterior 22 mm(ISO) Interior 15 mm (ISO)



- **Arduino en la medicina.-** herramienta multidisciplinaria, que ha permitido automatizar, administrar, supervisar, monitorear y actuar en todos los campos de la medicina.

ARDUINO Mega 2560

Es una placa microcontrolada basada en el ATmega2560

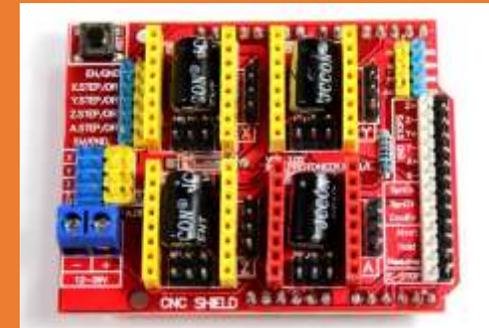
Datos principales Arduino MEGA 2560	
Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Tensión de entrada (recomendada)	7-12V
Tensión de entrada (límite)	6-20V
Pines de E/S digitales	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente continua por pin de E/S	20 mA
Corriente continua por pin de 3,3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	101,52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	37 g

Arduino IDE

Entorno de desarrollo integrado, programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación, puede dedicarse a un solo lenguaje o utilizar varios.

Arduino Shield CNC

Es una pequeña placa que permite controlar hasta 4 motores por su formato shield, soporta 4 controladores de potencia Pololu A4988 o Pololu DRV8825 y dispone de todas las conexiones para conectar interruptores de final de carrera, salidas de relé y diversos sensores.

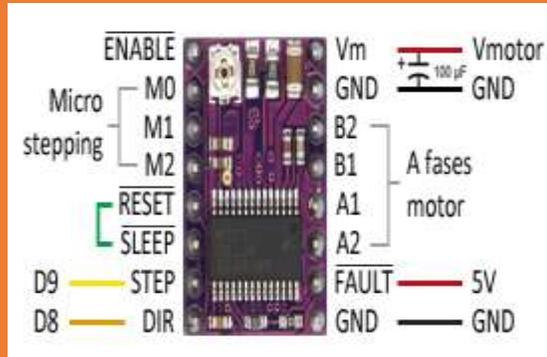




- **Arduino en la medicina**

DRV8825

Es un chip preparado para controlar el movimiento de motores paso a paso, consta de un par de puentes H que energiza cada una de las bobinas de manera independiente y controlador de corriente para motores de menor voltaje que el mínimo de la placa (8.2V).



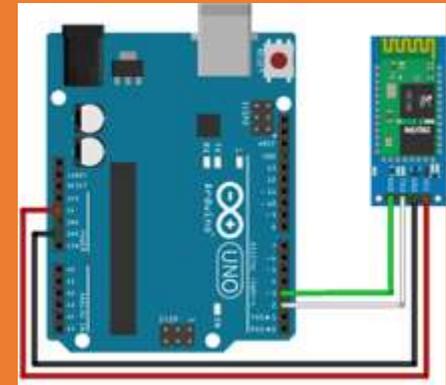
MAX30102

Es un sensor que incorpora las funciones del pulsímetro y oxímetro en un único integrado que se puede usar junto con el procesador Arduino. La comunicación con el MAX30102 se realiza a través de bus I2C.



Módulo Bluetooth HC-06

Permite conectar el proyecto con Arduino a un smartphone, celular o PC de forma inalámbrica, con facilidad de operación de un puerto serial. Los parámetros se pueden configurar mediante comandos AT, la placa incluye un regulador de 3.3V que permite alimentar al módulo con un voltaje entre 3.6V -6V



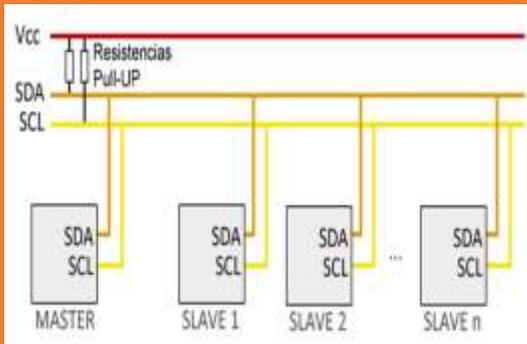


- **Arduino en la medicina**

Comunicación I2C

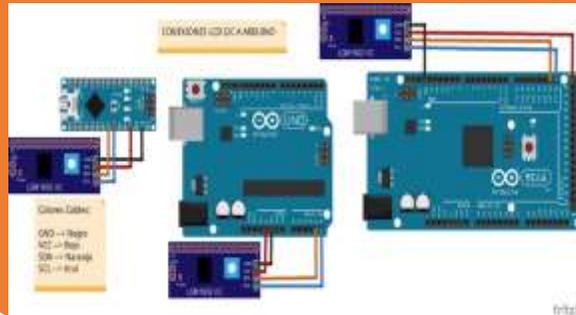
Desarrollado por Philips en 1982 para sus dispositivos electrónicos. Hoy es el estándar del mercado.

Requiere únicamente 2 cables para su funcionamiento, uno para señal reloj (CLK) u otro para el envío de datos (SDA). El bus I2C es síncrono.



LCD I2C

Pantalla LCD de 16x2 basada en el controlador HD44780 de Hitachi, periférico que se utiliza en proyectos con Arduino y microcontroladores en general. Requiere muchos pines para ser controlada, pero con un adaptador basado en PCF8574 permite conectar la pantalla al Arduino usando solo 2 líneas digitales a través del bus I2C.



Motor Stepper

Es un motor paso a paso, dispositivo mecánico que convierte una serie de pulsos electrónicos en desplazamientos angulares.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- **SARS COV-2 (COVID19)**

Es causado por el virus del síndrome respiratorio agudo severo tipo-2, declarado pandemia en marzo de 2020.
Tasas de letalidad se estima entre el 1% y 3%

- **Tratamiento**

Hasta el momento no hay tratamiento antiviral específico aprobado por la FDA. El tratamiento está enfocado en el alivio de los síntomas generales, la oxigenoterapia y en casos críticos soporte respiratorio con o sin ventilación mecánica.



• DESARROLLO DEL TEMA

- **Investigación del proyecto.-** se diseñó un mecanismo que accione el Ambu de forma automática, considerando edad y estado del paciente según la medición del oxímetro.

Generación y control de flujo de aire

Se utilizó un dispositivo que ejerce presión y cuyo desplazamiento permite la deformación uniforme y constante del Ambu lo que reproduce la entrega de aire al paciente, que es regulado automáticamente en la pantalla de acuerdo a la necesidad médica del paciente.

FRECUENCIA Y FLUJO CON MASCARILLA		
TIPO DE BOLSA	FRECUENCIA (POR MINUTO)	LITROS (POR MINUTO)
ADULTO	12-14	10-15
PEDIATRICO	20	7-10

Intercomunicación y obtención de datos del sensor

Se realizó mediante el uso de una aplicación específica, generada en AppInventor del MIT, aplicativo que al funcionar dentro de un dispositivo móvil se convierte en el bluetooth maestro.



Parámetros y programación según mediciones

Parámetros en la aplicación móvil y Arduino fueron la edad y nivel de oxígeno en la sangre.

Se configuró diferentes velocidades de compresión y tiempo de tratamiento para cada rango de edad

Funciona solo con valores de oxigenación bajo el promedio, por lo que randomizó el valor original médico por el módulo MAX30102

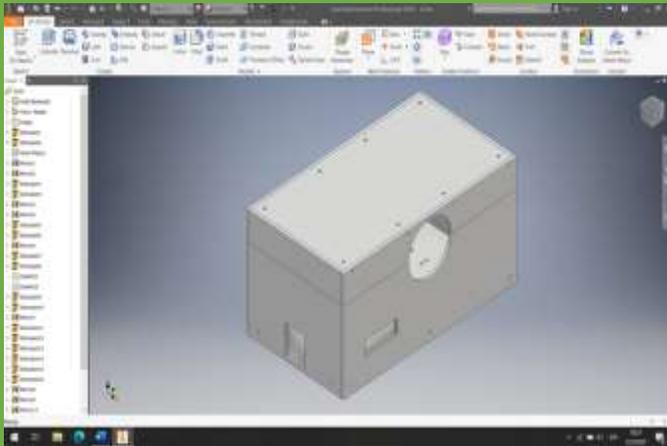


- **Desarrollo del proyecto.-** creación y modelado de las piezas de la estructura hasta la programación y testeo del sistema completo.

Estructura del Prototipo

Esta formado por una caja de acrílico transparente, dimensiones 40cm x 20cm x 30cm, en el interior 2 placas que ejercen presión en el Ambu, mecanismo que está compuesto por un dispositivo electro mecánico que realiza la función de dar presión al Ambu para la salida de aire.

La estructura diseñada en el software Inventor



Prototipos

Prototipo con materiales reciclados



Prototipo final acrílico y aluminio





- **Desarrollo del proyecto.-**

Eje de transmisión

Consiste en dos tornillos para cada placa, nivelados por dos piezas que se mueven fácilmente en dos ejes de soporte, conectados un motor stepper el cual ejerce la fuerza para que se efectuó el movimiento.

Ejes



Paletas, anclajes y motores



Circuito de Fuerza

Los motores son controlados por la shield CNC y la placa Arduino, media el uso de dos drivers DRV8825 y se pueden controlar los pasos y las micropausas para regular la velocidad dirección de motores.

Constantes de DRV8825

```
const int EN = 9;  
const int dirPin = 5;  
const int dirPinY = 6;  
  
const int stepPin = 2;  
const int stepPinY = 3;
```





- **Desarrollo del proyecto.-**

Circuito de control

Es el componente principal del proyecto, es la automatización del sistema.

Se utilizó una tarjeta Arduino Mega 2560, shield CNC, drivers DRV8825, LCD de 16 x20, módulo bluetooth HC-06 y módulo oxímetro MAC30102.

Configuración del módulo MAX30102

Mediante el uso del código abierto y variables

Cálculos del sistema de oxigenación

Para insuflar aproximadamente la mitad del Ambu, que es lo adecuado, no se debe Hiperinsuflar ni hipoinsuflar.

El cálculo es una regla de tres de los pasos que da el motor en cada micro pausa.

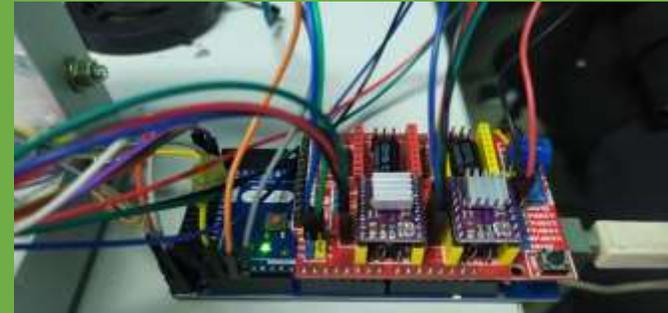
$$\text{halfstep} = \frac{\text{steps}}{2}$$

$$x = \frac{\text{halfstep} * \text{micropausa}}{60000000 \text{ Microsegundos (1min)}}$$

Circuito de control

Se lo ejecuta conjuntamente con una aplicación móvil, cada selección ejecuta lo que se estableció en la programación rango de edad y oxígeno en la sangre.

Conexionado placa Arduino Mega y elementos de control



Caja de control y alimentación del prototipo





- **Programación**

Programado en AppInventor y Arduino por pasos, se empezó por la programación del circuito de fuerza, circuito de control y la aplicación móvil

No se utilizó librería del CNC, para el circuito de fuerza que solo se utilizaron dos motores; mediante jumperes se logró la configuración micropasos

Para el circuito de control se utilizaron dos librerías SoftwareSerial y Wire, que se ocupan de la comunicación bluetooth e I2C respectivamente

Se utilizó el comando Serial println y lcd print con los mensajes y datos de intercomunicación de componentes para que muestre la pantalla.

Se configuró variables para el sensor, los contadores y el random

Para cada rango de edad, se utilizó la sentencia While, configurados los contadores para el tiempo del proceso y la micropausa

Para la aplicación móvil se realizó una app sencilla que envía 4 caracteres para las diferentes opciones y recibe uno para la alarma de finalizado del proceso.



• CONCLUSIONES

El funcionamiento del prototipo de respirador automático y oxímetro se controla por medio de una aplicación móvil, contiene una pantalla LED en la que se visualiza el valor de oxigenación, que a través de la programación desarrollada genera la presión requerida de aire, supliendo así al funcionamiento manual, con una duración de tiempo programada para el efecto de acuerdo a los parámetros establecidos; tiene un adaptador de corriente que se conecta a 110 voltios, por lo que la utilización es muy amigable lo que permite ser usada en el hogar, bajo los parámetros médicos establecidos para el paciente.

El prototipo de respirador automático y oxímetro, por su fácil uso permitió que se ejecuten pruebas con una bolsa de plástico que simula la entrada de aire por la presión que ejerce automáticamente al AMBU, comprobando así su funcionamiento efectivo. Además, es cómodo para el usuario ubicar la posición de la mascarilla, por lo que su uso puede ser intermitente

El prototipo cumple el objetivo de controlar el flujo de respiración automáticamente, logrando ampliar el rango de operación de un respirador manual para adultos y evitando el contacto perpetuo con el infectado.

El peso del prototipo es aproximadamente de 15kg, lo que facilita su traslado y manejo en el hogar.

El costo total del equipo llega a un aproximado de \$350, que frente a otro tipo de respiradores mecánicos es mucho menor, lo que hace accesible la adquisición en el hogar.



• RECOMENDACIONES

• Como posibles adecuaciones al prototipo se recomienda probar el mecanismo en infantes y neonatos, claro está utilizando un AMBU propio para infantes y neonatos, y reduciendo la presión que ejerce el motor a fin de obtener un flujo de aire adecuado.

• Al ser un prototipo se pueden realizar adecuaciones, como cambiar dispositivos genéricos por otros elementos dedicados a este tipo de aplicación, generar otro modelo de encapsulado del equipo y hacerlo más hospitalario.

Comprobar el funcionamiento con pacientes en recuperación de Sars-Cov 2 y verificar que exista una mejoría en ellos

• Monitorizar los signos vitales y saturación de oxígeno del paciente al final de cada sesión.

GRACIAS

