



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TESIS**

Implementación de un mecanismo de sincronización aplicando Bluetooth para optimizar el uso del Ambu en los hospitales del Perú

**PRESENTADO POR**

Criollo Sánchez, Elvis Fredy

**ASESOR**

Lara Herrera, Juan Francisco

**Los Olivos, 2020**

## **Dedicatoria**

El desarrollo de este trabajo está dedicada, a mi familia que es la base fundamental de mi vida, gracias a su apoyo y dedicación que siempre me demuestran de manera incondicional, respetando mis decisiones en el aspecto laboral y académico.

A mis compañeros de trabajo, médicos y enfermeras, quienes me brindaron todo su conocimiento y experiencias durante su vida profesional.

Finalmente, a mis maestros, por el apoyo en la asesoría para el desarrollo de mi tesis.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, por haberme iluminado en el transcurso de mi carrera universitaria, laboral y familiar; dándome la fuerza necesaria para creer que todo en la vida; además, agradezco a la Universidad y docentes por haberme apoyado en los momentos críticos.

## Resumen

Esta investigación, pretende optimizar el uso del Ambu, el cual tiene como propósito cuidar la vida de los pacientes que padecen enfermedades respiratorias, la cual se da cuando no llega suficiente oxígeno a los pulmones, ocasionando la no producción del intercambio de CO<sub>2</sub>; por lo tanto, complica el funcionamiento de los órganos primordiales como el corazón y el cerebro del paciente, debido a que la sangre tiene demasiado dióxido de carbono. Además, este proyecto remplazará el trabajo realizado por el médico, ya que no tendrá que estar manipulando el Ambu, solo tendrá que instalarlo al paciente y dejar que el equipo trabaje solo.

Se plantea hacer un mecanismo sincronizado controlado por Bluetooth, con la capacidad de poder manipular el Ambu de manera sincronizada, para mantener constante la salida de volumen y flujo de oxígeno; y así de esta manera, optimizar la ventilación de los pulmones del paciente. Un control externo enviará comandos hacia el microcontrolador, por medio del módulo Bluetooth, entonces el microcontrolador será quien controle el giro y la velocidad del servomotor para generar el movimiento de las palas; en consecuencia el sistema mecánico estará dentro de un módulo y se acondicionará mediante un soporte de metal, sujetos a los extremos del Ambu.

Para el desarrollo de la investigación se procedió con las siguientes etapas: En primer lugar evaluar la principal dificultad de manejo del Ambu; segundo, el desarrollo del mecanismo; tercero, desarrollo de la programación (Arduino); cuarto, las pruebas de funcionalidad del mecanismo; quinto, la implementación; y por último, las pruebas.

Para la implementación; se empleó un Arduino nano, modulo Bluetooth, servomotor, accesorios de metal, Ambu y batería; además, de un programa en base al cálculo de tiempo y frecuencia.

**Palabras claves:** Microcontrolador, comunicación Bluetooth, ventilación mecánica.

## Abstract

In this investigation, it is intended to optimize the use of the Ambu, the purpose is to take care of the life of patients suffering from respiratory diseases, when not enough oxygen reaches the lungs, causing the non-production of the exchange of CO<sub>2</sub>, therefore, complicates the functioning of the organs, such as the patient's heart and brain, because the blood has too much carbon dioxide, in addition, this project will replace the doctor's work, because he will no longer have to be manipulating the Ambu, he will just have to install it to the patient and let the team work alone.

It is proposed to make a synchronized mechanism controlled by Bluetooth, with the ability to be able to manipulate the Ambu in a synchronized way, to keep the volume and oxygen flow output constant, and thus, optimize the ventilation to the patient's lungs; an external control will send information on, off and programming parameters to the microcontroller, through the Bluetooth module, the microcontroller, will be the one who controls the rotation and speed of the servomotor, to generate the movement of the blades in shape hand; That is why the mechanical system will be inside a module and conditioned by a metal support, attached to the ends of the Ambu.

We proceeded with the following stages: 1) Evaluate the main difficulty of managing Ambu; 2) Development of the mechanism; 3) Programming development (Arduino); 4) Functionality tests of the mechanism; 5) Implementation; 6) Test.

For the implementation, an Arduino nano, Bluetooth module, servo motor, metal accessories, Ambu and battery were used, to this is added a program based on the calculation of time and frequency.

**Keywords:** Microcontroller, Bluetooth communication, mechanical ventilation.

## Contenido

Resumen .....	iii
Abstract.....	iv
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas .....	x
Introducción .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema .....	4
1.1.2. Formulación del problema general .....	7
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	7
<b>1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Objetivo general.....	7
1.2.2. Objetivos específicos .....	7
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Justificación técnica .....	8
1.3.2. Justificación económica.....	8
1.3.3. Justificación social .....	9
<b>1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.4.1. Alcances .....	9
1.4.2. Limitaciones .....	9
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Nacionales .....	11
2.1.2. Internacionales .....	13
<b>2.2. MARCO TEÒRICO .....</b>	<b>18</b>

2.2.1.	El sistema respiratorio.....	18
2.2.2.	Estructura del sistema respiratorio .....	19
2.2.3.	Ventilación manual.....	20
2.2.4.	Ventilación mecánica .....	21
2.2.5.	Resucitador manual Ambu.....	21
2.2.6.	Arduino .....	22
2.2.7.	Programa para Arduino .....	23
2.2.8.	Bluetooth .....	24
2.2.9.	Servomotor.....	26
2.3.	MARCO METODOLÓGICO .....	27
2.3.1.	Tipo de investigación.....	27
2.3.2.	Metodología de investigación.....	28
2.4.	MARCO LEGAL.....	28
2.4.1.	Ley de las comunicaciones.....	28
2.4.2.	Banda ISM O ICM .....	29
2.4.3.	LEY QUE DECLARA DE NECESIDAD PÚBLICA Y DE PREFERENTE INTERÉS NACIONAL LAS INICIATIVAS Y PROYECTOS NACIONALES EN EL ÁREA DE CIENCIA, TÉCNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA ENFRENTAR A LA ENFERMEDAD COVID-19 .....	30
2.4.4.	NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) – ISO 80601-2-12 .....	31
2.4.5.	LEY 29459 .....	31
CAPÍTULO III: DESARROLLO.....		32
3.1.	O.E.1: DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL .....	33
3.2.	O.E.2: DESARROLLO DE MODELAMIENTO .....	37
3.3.	O.E.3: IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRONICO.....	55
3.4.	O.E.4: DETERMINAR LA COMUNICACIÓN .....	62
3.5.	O.E.5: DETERMINAR LA APLICACION DEL SISTEMA MECÁNICO .....	84

<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO .....</b>	<b>86</b>
<b>4.1. ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>87</b>
4.1.1. Recursos humanos .....	87
4.1.2. Recursos de hardware .....	87
4.1.3. Recursos de software .....	88
<b>4.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>	<b>89</b>
4.2.1. Desarrollo del flujo de caja .....	89
4.2.2. Análisis del VAN .....	90
4.2.3. Análisis del TIR .....	91
4.2.4. Análisis del ROI .....	93
<b>Conclusiones.....</b>	<b>95</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>96</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>97</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo A: Diagrama de Alfa de Cronbach .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo B: Confiabilidad de la hipótesis .....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo C: Matriz de Consistencia .....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo D: Técnicas de aplicación de instrumentos .....</b>	<b>108</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Resucitador para pacientes con dificultad respiratorio .....	12
Figura 2. Modulo digital .....	13
Figura 3. Prototipo de un ventilador mecánico portátil .....	15
Figura 4. Prototipo de un ventilador mecánico .....	16
Figura 5. Prototipo de respirador.....	18
Figura 6. Sistema respiratorio .....	19
Figura 7. Respirador manual .....	22
Figura 8. Microcontrolador arduino nano .....	23
Figura 9. Programa IDE arduino .....	24
Figura 10. Comunicación por bluetooth .....	25
Figura 11. Servomotor CYS-S8218 .....	27
Figura 12. Mapa actualizado del Hospital Carlos Alcántara B. ESSALUD.....	33
Figura 13. Hospital Carlos Alcántara B. ESSALUD.....	34
Figura 14. Sala de recuperación del Hospital Carlos Alcántara B. ....	35
Figura 15. Desarrollo del mecanismo mediante el programa MIT inventor .....	37
Figura 16. Pieza riel en H .....	38
Figura 17. Pieza plancha de soporte .....	39
Figura 18. Pieza placa cubierta .....	40
Figura 19. Pieza placa para eje.....	41
Figura 20. Pieza guía de giro .....	42
Figura 21. Pieza placa para presión .....	43
Figura 22. Pieza modulo servomotor .....	44
Figura 23. Pieza perno0.23” .....	45
Figura 24. Pieza perno 0.23” .....	46
Figura 25. Pieza perno 0.20” .....	47
Figura 26. Pieza perno 2” .....	48
Figura 27. Pieza tuerca.....	49
Figura 28. Pieza arandela .....	50
Figura 29. Al piezas .....	51
Figura 30. Piezas para la implementación del mecanismo.....	52
Figura 31. Ensamblado de mecanismo .....	53
Figura 32. Mecanismo .....	54

Figura 33. Desarrollo del programa en arduino .....	55
Figura 34. Programa en arduino .....	56
Figura 35. Transfiriendo programa en tarjeta arduino nano.....	59
Figura 36. Pruebas de giro de servomotor .....	60
Figura 37. Conexión del circuito electrónico .....	61
Figura 38. Diagrama del circuito .....	62
Figura 39. Desarrollo del programa en MIT App inventor .....	63
Figura 40. Programa en MIT App inventor.....	64
Figura 41. Desarrollo de componentes en programa en MIT App inventor.....	65
Figura 42. Desarrollo de blocks en programa MIT App inventor .....	66
Figura 43. Block del programa MIT App inventor .....	67
Figura 44. Transferencia del programa mediante comunicación por bluetooth	68
Figura 45. Apps instalado en dispositivo móvil.....	69
Figura 46. Apertura de Apps en dispositivo móvil .....	70
Figura 47. Vinculación de dispositivos .....	71
Figura 48. Placa arduino vinculado con dispositivo móvil .....	72
Figura 49. Prueba de FR a 10 respiraciones por minuto .....	73
Figura 50. Prueba de FR a 12 respiraciones por minuto .....	74
Figura 51. Prueba de FR a 14 respiraciones por minuto .....	75
Figura 52. Prueba de FR a 16 respiraciones por minuto .....	76
Figura 53. Prueba de FR a 18 respiraciones por minuto .....	77
Figura 54. Prueba de FR a 20 respiraciones por minuto .....	78
Figura 55. Instalación de tarjetas al mecanismo .....	80
Figura 56. Instalación de soporte al mecanismo .....	81
Figura 57. Demostración de funcionamiento del mecanismo .....	82
Figura 58. Mecanismo terminado.....	83
Figura 59. Prototipo .....	84
Figura 60. Uso del prototipo en paciente con insuficiencia respiratoria .....	85
Figura 61. Gráfica de la Tasa interna de retorno.....	92

## Lista de tablas

Tabla 1. Características técnicas del módulo bluetooth .....	25
Tabla 2. Especificaciones técnicas del servomotor CYS-S8218 .....	26
Tabla 3. Tiempo de giro de motor de 0° a 89° .....	79
Tabla 4. Presupuesto de Recursos Humanos .....	87
Tabla 5. Presupuesto de Recursos de hardware .....	88
Tabla 6. Presupuesto de Software .....	88
Tabla 7. Sumatoria de Presupuestos .....	89
Tabla 8. Flujo de Caja del Proyecto .....	90
Tabla 9. Flujo de Caja del Proyecto VAN .....	91
Tabla 10. Flujo de Caja del Proyecto TIR .....	92
Tabla 11. Flujo de Caja del Proyecto ROI .....	93

## Introducción

En la actualidad; en los hospitales del Perú hace falta de equipos médicos, entre ellos los ventiladores mecánicos, muchos de los equipos se encuentran inoperativos por la falta de la compra de repuestos. Al considerar que se tiene muchos pacientes con enfermedades respiratorias, el medico tiene que hacer uso de los respiradores manuales denominados Ambu, para ello necesita emplear las dos manos, y por lo general lo realizan dos personas; además el operador sufre de cansancio en las manos, lo que genera una mala sincronización en el manejo del Ambu, lo que origina que a la sangre no le llegue suficiente oxígeno o retenga demasiado dióxido de carbono, cuando se ventila al paciente.

Por esta razón; se presenta la tesis denominada “Implementación de un mecanismo de sincronización aplicando bluetooth para optimizar el uso del Ambu en los hospitales del Perú”.

El proyecto consiste en desarrollar un sistema mecánico sincronizado, con control de mando a distancia, empleando un circuito electrónico a base del microcontrolador Arduino nano y módulo Bluetooth. Este sistema mecánico estará en el interior de una caja rectangular, y se acondicionará mediante un soporte de metal de acero quirúrgico, sujeto entre los extremos de la bolsa de silicona. El dispositivo móvil se comunicará con el microcontrolador Arduino nano a través del módulo Bluetooth, que enviará los comandos de encendido, apagado, parámetros de programación y parada del movimiento, el microcontrolador Arduino nano estará programado para controlar y dar instrucción de giro y velocidad al servomotor; logrando generar movimiento a las palas metálicas, y hacerlo de manera sincronizada, para así de esta manera mantener en constante la salida de volumen y flujo de oxígeno según la frecuencia de respiraciones por minuto programado, logrando de esta manera optimizar la ventilación.

En el capítulo I, se detalla el planteamiento del problema para el mejoramiento de operación del sistema mecánico, se determina los objetivos para implementar un diseño de un sistema de control automatizado para el movimiento del

mecanismo, se menciona la justificación de la investigación logrando detallar porque es importante el desarrollo de este proyecto de tesis y se determina los alcances y limitaciones de esta investigación; en el capítulo II, se detalla los conceptos teóricos sobre los equipos electrónicos eficaces para conseguir el propósito de nuestro proyecto de tesis; en el capítulo III, se muestra los procedimientos que se han determinado para conseguir el propósito en el desarrollo de la aplicación; y en el capítulo IV, se realiza el análisis de costos y beneficios, dando a conocer el porqué esta tesis es un proyecto eficaz.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Planteamiento y descripción del problema**

En la actualidad, los hospitales privados y públicos del Perú, en los servicios de emergencia, unidad UCI, sala de recuperación y ambulancias, hace falta de equipos bio-médicos. “El 44% de los establecimientos visitados no tiene el equipamiento requerido para la atención de los pacientes” (Ley 27785, 2018).

Además, los equipos con los que cuentan los hospitales nacionales, se encuentran obsoletos. Muchos de los ventiladores mecánicos se encuentran inoperativos por la compra de repuestos.

En cuanto a los equipos bio-médicos son insuficientes y los que se encuentran en uso son de baja operatividad (por ser obsoletos), y debido a que el mantenimiento de los equipos, ventiladores, monitores etc. no se puede realizar de forma eficiente y segura debido a que la institución no compra los accesorios que necesitan para su reparación, limitando de esta manera el actuar de enfermería, poniendo en riesgo la calidad del servicio (Calderón, 2019).

Según lo que el autor manifiesta, es que no cuentan con suficiente equipamiento; además, los equipos bio-médicos por ser de antigüedad y por la falta de repuestos no se les realiza un estricto mantenimiento; por consiguiente, los equipos se encuentran en un estado regular lo que hace posible que se exponga la vida del paciente al usar equipos en condiciones críticas.

Ante la falta de estos ventiladores mecánicos para el uso con pacientes que presentan insuficiencia respiratoria, se menciona lo siguiente: “La insuficiencia respiratoria es la incapacidad del sistema respiratorio de cumplir con el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire ambiental y la sangre, esta condición es común en el paciente crítico” (Theot, et al., 2017).

Necesariamente el personal médico tiene que hacer uso de los respiradores manuales Ambu para Ambucear al paciente.

Es el caso sucedido a una paciente “la bebé, hija de una pobladora nativa de la comunidad nativa de Poyentimari en la provincia de La Convención del Cusco, estuvo por más de 13 horas con ventilación manual; es decir, un resucitador manual conocido también como Ambu” (Sequeiros 2018)

Lo que manifiesta el autor debido a la falta de equipos de ventilación, se vio obligado a emplear el resucitador manual por largas horas, para mantener con vida al paciente.

Cuando la situación del paciente es de gravedad, el personal médico tiene que trasladar al paciente a otra sede de salud de mayor nivel. “El traslado de los pacientes críticos, entre los establecimientos de salud, es de vital importancia y es necesario contar con medios de transporte, dotados de personal capacitado, materiales y equipos de apropiada tecnología” (Ministerio de Salud, 2006).

Por ello se debe contar con ventiladores mecánicos portátiles; pero si el equipo presentará fallas durante el traslado, necesariamente se tiene que hacer uso de los respiradores manuales Ambu, hasta llegar al siguiente establecimiento de salud.

El problema fundamental en todos los casos es cuando el personal médico tenga que hacer uso del respirador manual, para Ambucear al paciente, y cuando lo realiza por varias horas sufre de cansancio físico y fatiga en las manos; por lo tanto, pierde el sincronismo de manejo del Ambu, lo que provoca que la ventilación no sea el adecuado entregando variación de volúmenes y flujo de oxígeno hacia el pulmón del paciente; originando retención de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en la sangre, lo que involucra daños en el corazón y cerebro del paciente. “Cuando respiramos el pulmón se llena de oxígeno. El oxígeno pasa a su sangre, que lo lleva a sus órganos, como el corazón y el cerebro. Tener demasiado dióxido de carbono en la sangre puede dañar sus órganos” (Medlineplus, 2019).

Es así como en el Hospital Carlos Alcántara Bullón de nivel 1 de ESSALUD, lugar donde presto mis servicios, presenta los mismos

problemas de los ventiladores existentes en el servicio, uno de los tres que posee, tiene más de 18 años de funcionamiento, siendo este obsoleto, el cual requiere la compra de repuestos; pero la institución encargada no los adquiere; otro de los problemas, es el servicio de emergencia que cuenta con una área de trauma shock, donde solo tienen dos camas para atender a los pacientes, no cuentan con una unidad de cuidados intensivos, y muchas veces se adecua provisionalmente un ambiente para la atención del paciente; esto se debe al incremento de la población en la zona inscritos a este establecimiento de ESSALUD, cuando llegan por atención inmediata hace que el hospital convulsione, y cuando se necesita del uso de más ventiladores para la atención de otros pacientes, se ven obligado a prestarse los equipos de otro servicio, mientras tanto se realiza la ventilación con el respirador manual, por otro lado el médico, por estar pendiente y ventilando al paciente deja de atender a otros pacientes.

Cuando la situación del estado del paciente es muy grave, tienen que ser trasladados en ambulancias hacia otro establecimiento de salud de mayor nivel; pero no es tan fácil cuando los otros establecimientos de salud están sobrecargados de pacientes.

Por lo tanto; se implementará un sistema mecánico automatizado, que se acoplará al Ambu, para realizar el manejo del respirador manual, realizándolo de manera automática y sincronizado sin la necesidad que el personal médico opere el equipo.

Esta máquina, en primer lugar, beneficiará a los pacientes con problemas de enfermedades respiratorias; así como también a los médicos y enfermeras quienes tienen que ocuparse de manipular el respirador manual cuando podrían aprovechar su tiempo atender a otros pacientes; y a los paramédicos que realizan el traslado de los pacientes.

### **1.1.2. Formulación del problema general**

¿Cómo implementar un mecanismo de sincronización aplicando bluetooth para optimizar el uso del Ambu en los hospitales del Perú?

### **1.1.3. Formulación de los problemas específicos**

**P.E.1:** ¿Cuál es la situación actual con respecto al uso del Ambu en los hospitales del Perú?

**P.E.2:** ¿De qué manera se desarrollaría el modelamiento del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu?

**P.E.3:** ¿Cuál sería el circuito electrónico de control del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu?

**P.E.4:** ¿De qué manera se realizaría la comunicación que controle el mecanismo de sincronización?

**P.E.5:** ¿De qué forma se realizará la aplicación del mecanismo de sincronización instalado en el Ambu para el área de emergencia de los hospitales del Perú?

## **1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Objetivo general**

Implementar un mecanismo de sincronización aplicando Bluetooth para optimizar el uso del Ambu en el área de emergencia de los hospitales del Perú.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

**O.E.1:** Determinar la situación actual con respecto al uso del Ambu en el área de emergencia de los hospitales del Perú.

**O.E.2:** Determinar el desarrollo de modelamiento del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu.

**O.E.3:** Implementar el circuito electrónico de control del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu.

**O.E.4:** Determinar la manera para realizar la comunicación que controle el mecanismo de sincronización.

**O.E.5:** Determinar la aplicación del mecanismo de sincronización instalado en el Ambu para el área de emergencia de los hospitales del Perú.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Justificación técnica**

Este proyecto es confiable, accesible, portátil, duración indeterminada y de fácil limpieza. El equipamiento constará de un microcontrolador Atmega 328p, que se encuentra en un Arduino nano lo que es utilizado en numerosos proyectos, por su eficiencia y bajo costo. El microcontrolador será programado para controlar el giro y la velocidad del servomotor, el movimiento de las palas ejecutará movimientos sincronizados para conseguir a la salida, un volumen y flujo de oxígeno constante para evitar retener anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en la sangre del paciente, de existir mejoras en un futuro se puede modificar los comandos y añadir funciones al sistema.

Gracias a este nuevo sistema acondicionado en el Ambu obtendremos mejores resultados de sincronización cuando se está manipulando el Ambu, además de remplazar el trabajo del personal médico.

#### **1.3.2. Justificación económica**

El proyecto es de costo accesible, para ser implementada en los diferentes centros de salud estatales y privados del Perú, es importante mencionar que a un corto plazo se presentará grandes beneficios a favor de las instituciones.

### **1.3.3. Justificación social**

El proyecto beneficiará:

- A los hospitales, a nivel Nacional, ante la falta de equipos de ventilación mecánica.
- Al personal médico quien ya no tendrá que manipular el Ambu, y podrá ocuparse de atender a otros pacientes.
- A los pacientes que presenten problemas de insuficiencia respiratoria, logrando no dañar el funcionamiento de sus órganos.

## **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Alcances**

- Para este proyecto se diseñará y se implementará el prototipo, módulo de control mecánico automatizado.
- El sistema mecánico implementado para el Ambu mantendrá el sincronismo de operación.
- Los tiempos programados de ventilación serán establecidos según procedimientos médicos.
- La aplicación desarrollada en MIT App inventor solo podrá ser instalado en los celulares con sistema operativo Android.

### **1.4.2. Limitaciones**

- Para el desarrollo de este proyecto no disponemos de recursos económicos por parte de un patrocinador.
- La producción de este equipo solo será empleada para pacientes adultos.
- Es poco los antecedentes relacionados al presente proyecto.
- El Apps diseñado solo será instalado para los sistemas Android.
- El tiempo de la batería recargable estará condicionado para un determinado tiempo.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

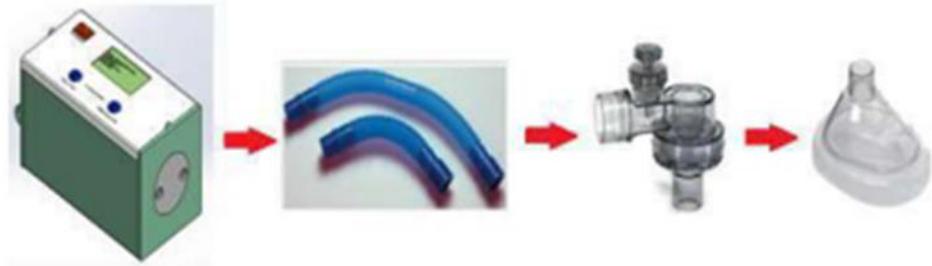
## **2.1. ANTECEDENTES**

### **2.1.1. Nacionales**

- A. El primer trabajo de investigación corresponde a Chambergó (2017), tesis para optar el Grado de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con mención en Automática y Optimización. Diseño, simulación y control de un resucitador para pacientes con dificultad respiratoria, en la cual se destaca lo siguiente:

Esta investigación presenta una optimización en los procesos de ventilación manuales, incluyendo el diseño y mejorando los aspectos de la manipulación y control. Aquí se observa la propuesta del sistema conformado por la manivela, la biela y el pistón, como elementos desde los cuales se va a ejecutar la acción de control por medio de las fuerzas y momentos que intervienen en su uso, controlando su caudal a través de un diseño tipo fuzzy logic. Para ello se hace hincapié en el desarrollo del prototipo que integra los parámetros de dimensión y funcionamiento y aplicado tanto en pacientes adultos como en uso pediátrico. Ahí cabe la pena destacar que el sistema no dio los mismos resultados en neonatos ya que los volúmenes contemplados son considerablemente menores que en los otros dos grupos de prueba. El periodo de prueba de este proyecto es de un segundo y se contempla, adicionalmente, la propuesta de añadir algún mecanismo de disminución de velocidad a través de un sistema modulado por ancho o duración de pulso, para lograr el objetivo del tiempo planteado. La propuesta en sí de esta investigación, muestra la optimización en su automatización, así como la ayuda en dar ventajas inmediatas y la facilidad de transporte hasta que se logre una estabilización vía a un ventilador de mayor funcionabilidad, sobre todo en lugares de difícil acceso (Chambergó, 2017).

Lo que manifiesta el autor en su tesis es la mejora de la ventilación manual; los sistemas de ventilación tienen que ser eficientes al momento de estar ventilando al paciente, la aplicación en neonatos es diferente al de los adultos y pediátricos; el modo de ventilación apropiado será por presión controlado o asistido, cuando se ventila a un paciente adulto la programación es de acuerdo al peso del paciente, mayormente es controlado por volumen.



**Figura 1. Resucitador para pacientes con dificultad respiratorio**

**Fuente: (Chambergó, 2017)**

Imagen muestra un módulo electrónico portátil, donde se conectará los corrugados, la válvula y mascarilla de silicona, este equipo está preparado para la ventilación por control de volumen.

B. El segundo trabajo de investigación corresponde al Doctor Castellón, Investigador de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su trabajo de investigación denominado, Resucitador regulable, manifiesta lo siguiente:

Ante la falta de equipos, el alto costo y ante la necesidad, desarrollaron este equipo con dos ventajas técnicas competitivas sobre los actuales ventiladores manuales en el mercado: tiene la capacidad de generar una serie de volúmenes de aire con presiones similares, sin importar la irregularidad de la fuerza del profesional de salud cuando presiona cíclicamente la bolsa de reanimación, y sin importar la compliancia o elasticidad pulmonar del paciente; asimismo, nuestro el equipo le permite al médico administrar un volumen de aire u oxígeno

(o una mezcla de ambos) a la presión más baja posible, para suministrar el volumen de gas necesario para cada paciente. Además el autor menciona que el prototipo está terminado y viene siendo evaluado para ser sometido a ensayos preclínicos en el Instituto Nacional de Salud del Niño en Lima. En el desarrollo de este equipo participan ingenieros, médicos, enfermeros, diseñadores industriales y técnicos mecánicos (Castillón, 2016).

En la actualidad; muchos de los hospitales no cuentan con suficientes equipos de ventilación, mediante este proyecto, se conseguirá que los centros hospitalarios cuenten con este dispositivo, que será de bajo costo y eficiente debido a que posee un sistema controlado digitalmente.



**Figura 2. Modulo digital**

**Fuente: (Castillón, 2016)**

Imagen muestra un pequeño modulo digital, encargado de controlador la salida de volumen de oxígeno que llegará al paciente, se encuentra acoplado en serie con la válvula del respirador y el Ambu, el modo de ventilación será controlado por volumen, necesariamente tiene ser manipulado por el operador.

### **2.1.2. Internacionales**

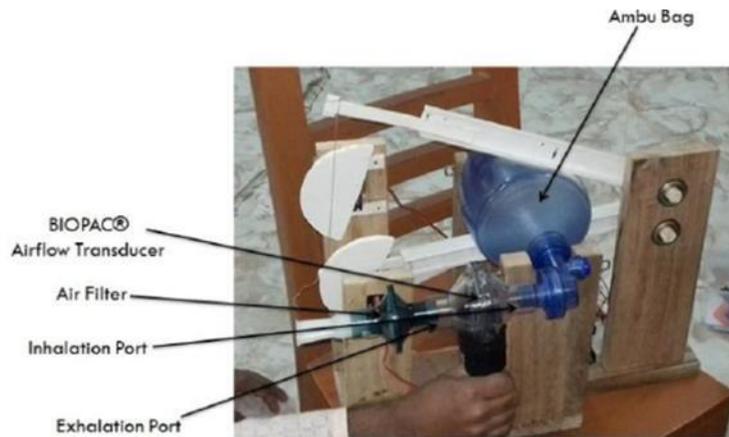
A. Esta investigación corresponde a Tamjid et al. (2018), Conferencia internacional sobre ingeniería mecánica, industrial y energética, Design Construction and Performance Test of a

Low-Cost Portable Mechanical Ventilator for Respiratory Disorder, en el cual indica lo siguiente:

Se ha desarrollado un sistema mecánico junto con un microcontrolador para automatizar la operación de BVM. El prototipo construido contiene dos brazos de 0.30 m de largo, impulsados por dos servomotores, ejercerá los movimientos tirando de alambres y poleas, soportados por marco de madera. Estos brazos comprimen el BVM de manera prescrita a la velocidad establecida por el operador a través de una perilla de control. Con dimensiones principales de 0.55m \* 0.15m \* 0.3m, peso 2.5 kg y tres baterías de 9 Voltios, para suministrar energía durante al menos una hora de operación continua, el prototipo se puede mover fácilmente. Las dimensiones del marco se seleccionan como tales para ser compatibles con la dimensión física de la bolsa Ambu. El rendimiento del dispositivo fue probado utilizando el transductor de flujo de aire BIOPAC.

En los resultados de las pruebas se obtuvo con una media desviación de 0.332 litros con operación manual y 0.542 litros con sujetos humanos. Aunque el dispositivo desarrollado no puede comprimir la bolsa por completo debido a los servomotores de baja potencia, demuestra el concepto de automatización del funcionamiento de BVM utilizando un sistema mecánico para desarrollar un ventilador portátil (Tamjid, et al, 2018).

Lo que manifiesta el autor, es posible hacer equipos de ventilación para hacerlo trabajar en forma automática sin la necesidad de que sea manipulado por un operador, este dispositivo pone a prueba el conocimiento de ventilación para todo aquel estudiante que se proponga desarrollar prototipos de ventilación, eficientes para implementarlo al servicio de la sociedad.



**Figura 3. Prototipo de un ventilador mecánico portátil**

**Fuente: (Tamjid, et al, 2018)**

Imagen muestra la bolsa de silicona Ambu en medio de dos barras, acoplado a cuerdas y poleas, los motores generarán el movimiento de las barras para presionar al Ambu, y así de esta manera obtener la salida el oxígeno de manera constante y sincronizada.

B. El segundo trabajo de investigación corresponde a Al Hussein et al, (2010), Instituto de Tecnología de Massachusetts, Departamento de Ingeniería Mecánica 2 Universidad de Boston, Facultad de Medicina. Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical.

Este documento describe el diseño y la creación de prototipos de un ventilador mecánico portátil de bajo costo para uso en casos de víctimas en masa y entornos de escasos recursos. El ventilador suministra respiraciones por comprimir una máscara convencional de válvula de bolsa (BVM) con un brazo de leva giratorio, eliminando la necesidad de un operador humano para la BVM. Se construyó un prototipo inicial de acrílico, que mide 11.25 x 6.7 x 8 pulgadas (285 x 170 x 200 mm) y un peso de 9 lbs (4.1 kg). Es conducido por un motor paso a paso alimentado por una batería de 14.8 V CC y cuenta con un volumen corriente ajustable de hasta 900 ml, respiraciones ajustables por minuto (lpm) de 5-30 y relación de tiempo de inhalación e exhalación (I:E) opciones de 1: 2, 1: 3 y 1: 4. El volumen corriente, las respiraciones por minuto y la relación I:E se

configuran mediante perillas fáciles de usar, y los ajustes se muestran en una pantalla LCD. El prototipo también presenta un modo de control de asistencia y una alarma para indicar sobre presurización del sistema. Iteraciones futuras del dispositivo estará completamente calibrado según los estándares médicos e incluirá todo el ventilador deseado características. Las iteraciones futuras se optimizarán aún más para un bajo consumo de energía y serán diseñados para fabricación y montaje. Con un costo de creación de prototipos de solo \$ 420, el precio de fabricación a granel del ventilador se estima en menos de \$ 100. A través de este prototipo, se ha demostrado que la estrategia de compresión BVM accionada por leva es una opción viable para lograr fabricar ventiladores portátiles de bajo costo y baja potencia (Al Hussein, et al, 2010).

Lo que manifiesta el autor con respecto al prototipo, será portátil y de bajo costo, ayudará mucho a las personas de bajo recurso, el equipo será automatizado, empleara un sistema de control, y aviso mediante alarmas por sobre presurización, lo importante de este equipo, es que no habrá la necesidad que sea manipulado por un operador cuando se está ventilando al paciente.



**Figura 4. Prototipo de un ventilador mecánico**

**Fuente: (Al Hussein, et al, 2010)**

Imagen muestra el Ambu dentro de una cúpula acrílica transparente, conectado a circuito electrónico, muestra perillas para el ajuste de volumen y frecuencia respiratorio, además incorpora una batería recargable.

C. En el tercer trabajo de investigación corresponde a Fuchs, et al, (2017), Artículo de investigación, Safety and applicability of a pre-stage public access ventilator for trained laypersons: a proof of principle study, el autor manifiesta lo siguiente:

En base al estudio en cincuenta y dos voluntarios sanos, fueron ventilados por medio de un prototipo de respirador a través de una máscara facial completa, en un estudio piloto. El ventilador de acceso público (PAV) previo a la etapa, consistía en una turbina de diseño propio de bajo costo, con sensores para medición de presión diferencial, flujo, FO<sub>2</sub>, FCO<sub>2</sub> y aceleración de 3 ejes. Se utilizaron salidas de sensor para controlar el respirador y para reconocer las condiciones relevantes para la eficiencia de la ventilación y la seguridad de los pacientes. Se aplicaron diferentes maniobras respiratorias:

- a. ventilación controlada por presión (PCV),
- b. PCV con fuga controlada y
- c. PCV con oclusión simulada de la vía aérea. Se analizaron las señales del sensor para detectar fugas y oclusión de las vías respiratorias.

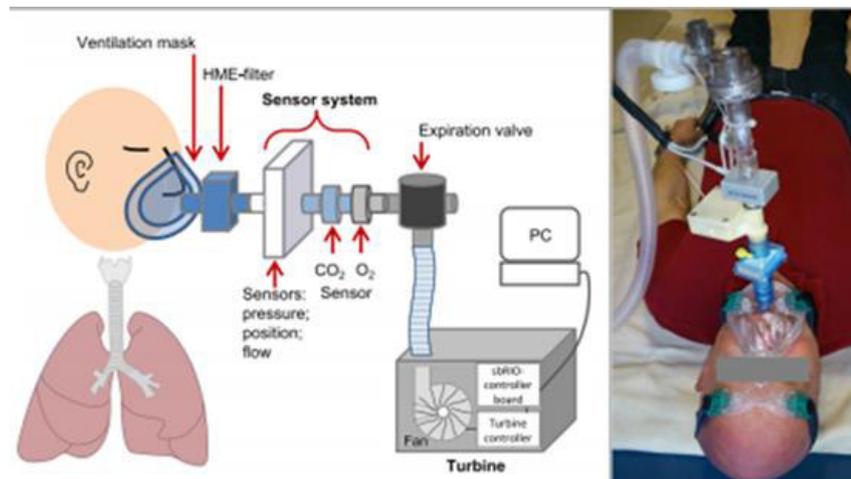
La detección basada en las señales del sensor se comparó con la evaluación basada en la observación clínica y otros parámetros como el CO<sub>2</sub> exhalado.

Resultados: la ventilación controlada por presión se pudo realizar en todos los voluntarios. La fuga fue reconocida con 93.5% sensibilidad y 93.5% de especificidad. Se detectó oclusión de la vía aérea simulada con una sensibilidad del 91.8% y 91.7% especificidad.

Conclusión: el PAV previo a la etapa fue capaz de detectar posibles complicaciones relevantes para la seguridad de los pacientes, como fuga y oclusión de la vía aérea en un estudio

de prueba de principio. Prospectivamente, este dispositivo proporciona una base respetable para el desarrollo de un respirador automático de emergencia y puede ayudar a mejorar la reanimación de los espectadores (Fuchs, et al, 2017).

Lo que manifiesta el autor sobre este equipo a base de turbina y sensores para el control, pasó a etapas de prueba, experimentando con pacientes sanos, logrando obtener resultados favorables de ventilación, la capacidad de detección por posibles fugas, mediante la sensibilidad de los sensores de presión fueron favorables, lo que hace posible que el equipo sea eficiente y confiable para su uso con los pacientes.



**Figura 5. Prototipo de respirador**

**Fuente: (Fuchs, et al, 2017)**

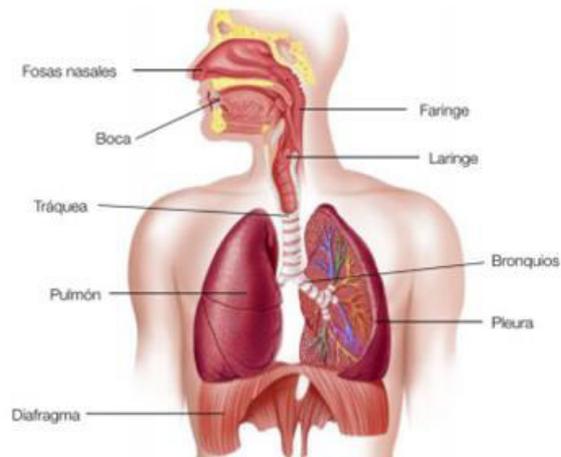
Imagen muestra los accesorios de ventilación, filtros, tubo de línea, válvulas, mascarilla de silicona adulta y corrugada, instalada sobre un maniquí humano, el terminal del corrugado, va hacia la turbina del equipo de ventilación.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. El sistema respiratorio**

El aparato respiratorio toma oxígeno del exterior y se lo entrega a la sangre para que lo transporte a todas las células y a la vez recoge el co<sub>2</sub> de la sangre y lo expulsa al exterior. A los pulmones

le llega el aire limpio, húmedo y caliente gracias a la colaboración del mucus que se encuentra en las vías respiratorias, y que atrapa al polvo (Fernández, 2014).



**Figura 6. Sistema respiratorio**

**Fuente: (Soler, 2017/2018)**

Imagen muestra como está formado el sistema respiratorio, por las fosas nasales, boca, laringe, tráquea y pulmones, dentro de los pulmones podemos encontrar a los alveolos. El aire entra al interior del organismo a través de las fosas nasales o la boca, pasa por el interior de la tráquea, que se ramifica en dos bronquios que llegaran a los pulmones.

### **2.2.2. Estructura del sistema respiratorio**

#### **a. La faringe**

Consiste en reforzar o modificar algunos armónicos de la voz producida en la laringe. La faringe contribuye poderosamente a una de las propiedades de la voz; el timbre (Gento, et al, 2012).

#### **b. La laringe**

La laringe es un órgano situado en la parte superior del árbol traqueo bronquial. Fisiológicamente, la laringe interviene entre otras, en tres funciones fundamentales, como son la deglución, la respiración y la fonación (Vallés,2012).

### **c. El árbol traqueo bronquial**

Consiste en una serie de tubos huecos que se ramifican y van disminuyendo su diámetro progresivamente. En este árbol hay que diferenciar la zona de conducción y la respiratoria.

La zona de conducción está formada por la tráquea, los bronquios y los bronquiolos terminales. En esta zona conductora hay refuerzos cartilagosos que llegan hasta los bronquios, ni los bronquios, ni los bronquiolos terminales presentan cartílago. La zona aérea la constituyen los bronquiolos respiratorios, los conductores alveolares, los sacos alveolares y los alveolos (Gal, et al, 2007).

### **d. Los alveolos**

El aire es conducido desde las fosas nasales hasta los finísimos alveolos pulmonares, sitio donde se tiene lugar el intercambio de los gases de la respiración, el cual se le conoce con el nombre técnico de hematosis. Dicho fenómeno consiste en la captación del oxígeno del aire por los glóbulos rojos de la sangre, eliminando al mismo tiempo el anhídrido carbónico (Encinas, 2012).

### **e. Los pulmones**

Son órganos esponjosos que ocupan la mayor parte de la cavidad torácica, siendo más grande el pulmón derecho que el izquierdo debido al lugar ocupado por el corazón. Son la parte esencial del aparato respiratorio y del sistema circulatorio de la sangre. De ellos salen los bronquios que se juntan en un tubo grande llamado tráquea. Para llegar a los pulmones, el aire pasa por la nariz, laringe, la tráquea y los bronquios (Lezaeta, 2018).

## **2.2.3. Ventilación manual**

Es la administración de oxígeno a través de la aplicación de presión positiva intermitente de ventilación mediante el empleo de un

resucitador manual (Ambu) y una mascarilla que sella la boca y la nariz para pacientes que no respiran o que no lo hacen de forma adecuada (Iberomed, 2018).

#### **2.2.4. Ventilación mecánica**

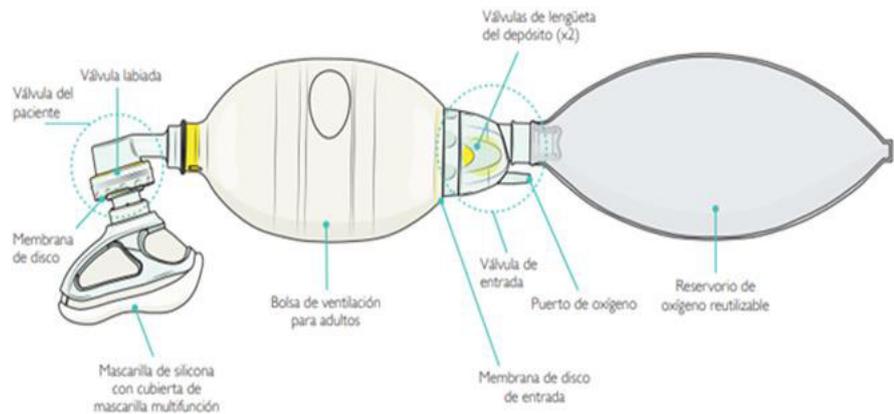
La ventilación mecánica es una medida de soporte vital que se instaura cuando el sistema respiratorio no puede suplir las demandas metabólicas del organismo, se inicia con una fase de ventilación controlada, durante la misma el clínico toma el control absoluto del proceso ventilatorio una vez resuelto el proceso causal se inicia una fase de transición llamada ventilación asistida, en esta fase el paciente comienza a participar en el proceso ventilatorio. La ventilación mecánica a pesar de ser esencial para el apoyo de pacientes críticamente enfermos está asociado a diversas complicaciones entre ellas la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VALI) como consecuencias del uso de presiones y volúmenes altos (Macalopu, 2018).

#### **2.2.5. Resucitador manual Ambu**

El respirador o resucitador manual autoinflable conocido como AMBU ha sido desarrollado para pacientes que necesiten asistencia por insuficiencia respiratoria intermitente o total (Laerdal Medical AS., 2016).

Existen en tres tamaños:

- El modelo Adultos está diseñado para pacientes de más de 25 kilogramos.
- El modelo Pediátrico está diseñado para pacientes de 2,5 kg a 25 kilogramos.
- El modelo Prematuros está diseñado para pacientes de menos de 2,5 kilogramos (Laerdal medical AS., 2016).



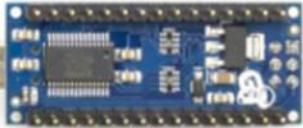
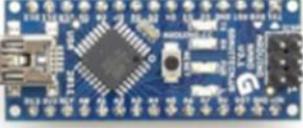
**Figura 7. Respirador manual**

**Fuente: (Laerdal Medical AS., 2016)**

Imagen muestra el Ambu, tipo adulto, contiene un reservorio donde se concentra el oxígeno, en los extremos del Ambu se encuentran los adaptadores con sus respectivas válvulas check y diafragmas, además muestra la mascarilla de silicona especialmente para paciente adultos.

### **2.2.6. Arduino**

Arduino es una plataforma de computación física (son sistemas digitales conectados a sensores y actuadores, que permiten construir sistemas que perciben la realidad y responden con acciones físicas), basada en una simple placa microcontrolador de entrada /salida y desarrollada sobre una biblioteca que simplifica la escritura de la programación en C/C++. Arduino puede ser usado para desarrollar artefactos interactivos stand alone o conectados al ordenador a través de Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data o Super Collider (Caicedo, 2017).

ARDUINO NANO		
 <p>Figura 9. Arduino Nano modelo1.</p>	<i>Microcontrolador:</i>	ATmega328
	<i>Voltaje de Operación:</i>	5V
 <p>Figura 10. Arduino Nano modelo2.</p>	<i>Pines digitales:</i>	14
	<i>Pines PWM:</i>	1
	<i>Pines de entradas análogas:</i>	8
	<i>Corriente DC por cada pin I/O:</i>	40 mA
	<i>Corriente DC en el pin de 3.5V:</i>	-
	<i>Memoria Flash:</i>	32 KB
	<i>Memoria SRAM:</i>	2 KB
	<i>Memoria EEPROM:</i>	1 KB
	<i>Velocidad de reloj:</i>	16 MHZ

**Figura 8. Microcontrolador arduino nano**

**Fuente: (Novillo, et al, 2018)**

Este arduino nano es una Versión más pequeña del arduino uno son como un clon, posee un microcontrolador ATMEGA 328, este ATMEGA 328 cuenta con una memoria flash de 32 kb, esta memoria flash funciona igual como lo hace un disco duro de una pc, quiere decir que es su espacio de almacenamiento, posee una memoria SRAM de 2kb, esta memoria es del tipo volátil, trabaja como la memoria RAM que tiene una pc, también tiene una memoria EEPROM de 1 kb, esta memoria sirve para almacenar datos aun después del reset.

### 2.2.7. Programa para Arduino

IDE – entorno de desarrollo integrado, llamado IDE (sigla en inglés de integrated development environment), es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios.

Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, en el caso de Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware a través del puerto serie.

Los programas de Arduino están compuestos por un solo fichero con extensión “ino”, aunque es posible organizarlo en varios ficheros. El fichero principal siempre debe estar en una carpeta con el mismo nombre que el fichero (Crespo, 2016).

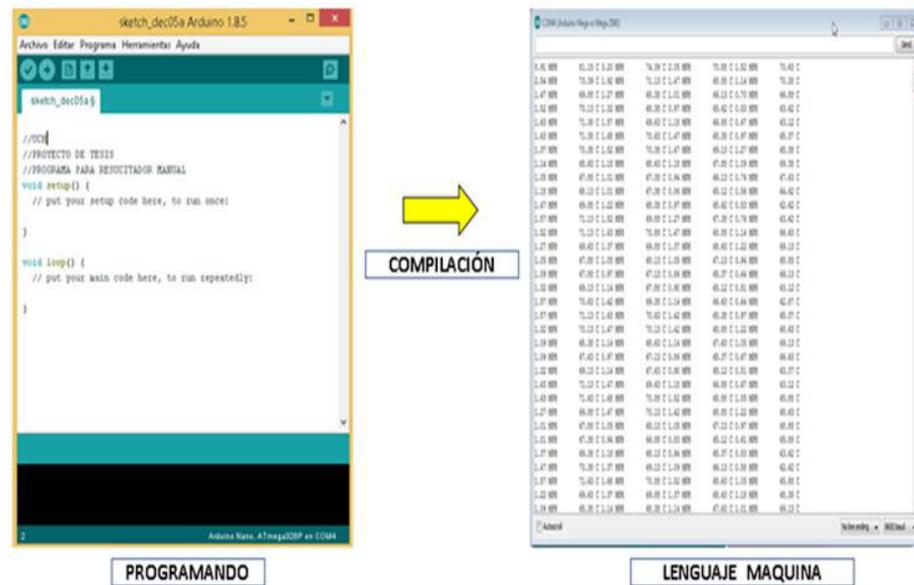


Figura 9. Programa IDE arduino

Fuente: Elaboración Propia

Imagen muestra la pantalla donde se realizará la programación, compilando la programación, al lado derecho, el equipo reconocerá el programa en su propio lenguaje de código.

## 2.2.8. Bluetooth

Se denomina bluetooth al protocolo de comunicaciones diseñado para dispositivos de bajo consumo que cumple con las especificaciones IEEE y que funciona utilizando radiofrecuencias dentro de un ancho de banda permitido y controlado. El estándar fue diseñado para que multitud de dispositivos pudieran conectar entre si independientemente del fabricante. Por eso todos los dispositivos bluetooth siguen una pila o stack de protocolos implantados dentro del marco del IEEE, que es lo que realmente permite que diferentes tipos de dispositivos puedan conectarse y comunicar (García, et al, 2015).

**Tabla 1. Características técnicas del módulo bluetooth**

Voltaje de operación: 3.6V - 6V DC
Consumo corriente: 50mA
Bluetooth: V2.0+EDR
Frecuencia: Banda ISM 2.4GHz
Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Potencia de transmisión: 4dBm, Class 2
Sensibilidad: -84dBm a 0.1% BER
Alcance 10 metros
Interface comunicación: Serial TTL
Velocidad de transmisión: 1200bps hasta 1.3Mbps
Baudrate por defecto: 38400,8,1, n.
Seguridad: Autenticación y encriptación
Temperatura de trabajo: -20C a +75C
Compatible con Android
Dimensiones: 37*16 mm
Peso: 3.6 gramos

En los datos del módulo Bluetooth nos indica un voltaje de operación de 3.6 a 6v DC, su consumo de corriente llega a los 50 mA, además de su alta velocidad de transmisión que llega a los 1200bps. Fuente: Naylamp Mechatronics (2019).



**Figura 10. Comunicación por bluetooth**

**Fuente: Elaboración Propia**

Imagen muestra la interface e intercambio de información entre el módulo Bluetooth y el dispositivo móvil, mediante la comunicación inalámbrica, no requiere cable ni conectores para la comunicación, genera ondas de radio de corto alcance, el propósito de este sistema es simplificar las comunicaciones informáticas y la sincronización de datos entre los dispositivos, este tipo de protocolo implementado en los equipos electrónicos favorece en la comunicación, los dispositivos que tienen instalado este sistema pueden comunicarse entre ellos, cuando se encuentran dentro de su alcance, no es necesario que estén alineados y pueden incluso estar en ambientes separados, estos pueden contactarse sin un control explícito de direcciones de red, permisos y otros aspectos típicos de redes tradicionales.

### 2.2.9. Servomotor

Los actuadores más comunes en robótica básica son los servomotores. Un servomotor consiste en un motor de corriente directa controlado por un sistema embebido interno, el cual transfiere la energía mecánica mediante una serie de engranajes. El sistema embebido interno se encarga de comparar una posición angular, determinada por la señal de control, y la posición actual del eje externo (Castillo, et al, 2018).

**Tabla 2. Especificaciones técnicas del servomotor CYS-S8218**

Item N°	CYS-S8218
Tipo	Digital
Peso	164 g ± 1 g
Talla	59,5 * 29,2 * 55,2 mm
Sistema de control	(+) Control de ancho de pulso 1500usec Neutral
Tensión de funcionamiento	6.0 ~ 7.4 voltios
Rango de temperatura de funcionamiento	(-) 10 a +50 grados C
Velocidad de funcionamiento (6,0 V)	0.20seg / 60 ° sin carga
Velocidad de funcionamiento (7,4 V)	0,18 seg / 60 ° sin carga
Par de bloqueo (6,0 V)	38kg.cm
Par de bloqueo (7,4 V)	40kg.cm
Ángulo de funcionamiento	45deg. pulso de un lado viajando 500 usec
Dirección	En sentido antihorario / pulso viajando 1000 ~ 2000usec
Drenaje de corriente (6,0 V)	20mA / inactivo y 180mA sin carga en funcionamiento
Drenaje de corriente (7,4 V)	20mA / inactivo y 200mA sin carga en funcionamiento
Actual puesto de	7.5A / 8.6A
Ancho de banda muerta	4usec
Tipo de motor	Motor de NdFeB
Tipo de rodamiento	Rodamiento de bolas doble
Estriado del engranaje del cuerno	17T
Tipo de engranaje	Metal
Longitud del cable del conector	300 mm ± 5 mm
Información de cable	Marrón / Negro = Negativo
	Rojo = positivo
	Naranja / Blanco = Señal

Fuente: (CYS Model Technology Co., LTD, 2020)

En la tabla se muestra las características básicas para el desarrollo de nuestro proyecto, como eje principal se debe considerar el alto torque de nuestro servomotor y la precisión, además considerar que es necesario que la caja reductora contenga los engranajes de metal.



**Figura 11. Servomotor CYS-S8218**

**Fuente: (Tecneu, 2020)**

Este dispositivo actuador conocido como servo, puede ubicarse en cualquier posición angular, por medio de señales de control PWM, dentro de su rango de operación, el límite de grados donde trabaja este servomotor, tiene un rango de operación de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y viceversa, este motor tienen más fuerza que un motor de corriente continua, gracias a su mecanismo de engranaje, este servomotor utiliza engranajes de metal, el componente principal de este servomotor es un motor de corriente continua, por si solo tiene mucha velocidad, pero muy bajo torque, para aumentar el torque del servomotor, utiliza una caja reductor que transforma gran parte de la velocidad de giro en fuerza, para lograr el máximo de fuerza del servomotor, se alimentara con su máximo voltaje, el voltaje de este servomotor es de 6 a 7.5 voltios, también cuenta con un circuito de control el cual se encarga de recibir la señal PWM que enviamos para hacer funcionar este sistema, cuenta con tres terminales, el cordón rojo es alimentación positiva, el cordón negro es alimentación negativa o tierra y para la entrada de señal el cordón de color naranja.

## **2.3. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.3.1. Tipo de investigación**

Tipo de investigación es aplicada tecnológica, en primer lugar, se

procederá en investigar y adjuntar la mayor cantidad posible de información sobre los temas relacionados a la tesis, siguiente paso se implementará los componentes, el cual comprende de todo un sistema electrónico y mecánico, controlado y sincronizado. Esta tesis se aplicará a pacientes adultos con insuficiencia respiratoria para así, de esta manera mejorar el trabajo de los médicos en beneficio del paciente.

### **2.3.2. Metodología de investigación**

Metodología de la investigación para esta tesis, el factor importante y primordial es recopilar información como tesis, fuentes bibliográficas, conferencias, artículos, trabajos de investigación, relacionados con la tesis presentada, de los cuáles nos proporcionen información acerca de cómo se procede a la ventilación mecánica y a la ventilación manual, con los diferentes parámetros que se maneja en ventilación para pacientes que presentan insuficiencia respiratoria.

Luego de obtener la información clara sobre parámetros de ventilación mecánica, ventilación manual y fisiología del aparato respiratorio, requerido para esta tesis, desarrollare el programa en base al tiempo y frecuencia, además considerare un único Angulo para el giro del motor.

Después, obtener los movimientos del mecanismo de manera sincronizada y estable se procede a medir el tiempo y la frecuencia.

## **2.4. MARCO LEGAL**

### **2.4.1. Ley de las comunicaciones**

Según, el artículo 83, literal f) del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, establece dentro de las funciones de la Dirección General de Concesiones en

Comunicaciones, otorgar permisos de internamiento, de equipos y aparatos de telecomunicaciones;

Que, mediante Decreto Supremo N° 001-2016-MTC publicado el 12 de marzo de 2016, se modificó el artículo 245° del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por Decreto Supremo N° 020-2007-MTC, regulándose excepciones al permiso de internamiento definitivo de equipos y aparatos de telecomunicaciones, los que señala serán aprobados por Resolución Directoral;

Que, el citado Decreto Supremo N° 001-2016-MTC en su disposición complementaria final señala que entrará en vigencia a los treinta días contados a partir del día siguiente de su publicación, por lo que debe procederse a aprobar la relación, y cantidad de ser el caso, de los equipos y aparatos de telecomunicaciones que estarán exonerados de permiso de internamiento, así como de aquellos que aun contando con homologación requieren de permiso de internamiento, antes que el mencionado Decreto Supremo entre en vigencia;

Que, mediante Informe N° 585-2016-MTC/27 la Dirección General de Concesiones en Comunicaciones, ha propuesto la relación y condiciones de los equipos y aparatos de telecomunicaciones que se sujetarán a las excepciones al permiso de internamiento definitivo establecidos en el Decreto Supremo N° 001-2016-MTC;

De conformidad con el Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el Decreto Supremo N° 013-93-TCC, Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones, y el Decreto Supremo N° 020-2007-MTC, Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones (Resolución Directoral N° 163-2016-MTC/27, 2016).

#### **2.4.2. Banda ISM O ICM**

Según la UIT Unión Internacional de Comunicación, las bandas

ISM o banda ICM (Industrial, Scientific and Medical) son bandas libres y Sin licencia para operar, están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultantes de estas aplicaciones, los equipos ICM que funciones en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones de administración que adoptarán medidas para que la radiación en estos equipos sea la mínima, la UIT ha asignado de esta manera la banda; 24-24.25 GHz (frecuencia central de 24.125 GHz). (International Telecommunication Union (ITU), 2016).

El espectro radioeléctrico de esta banda no está designado para las telecomunicaciones.

Según el ente regulador de las telecomunicaciones el MTC indica aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones industriales, científicas y médicas que operan en las bandas atribuidas para tales aplicaciones en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y en ningún caso podrá causar interferencias a éstas (Resolución Ministerial, 2013).

#### **2.4.3. LEY QUE DECLARA DE NECESIDAD PÚBLICA Y DE PREFERENTE INTERÉS NACIONAL LAS INICIATIVAS Y PROYECTOS NACIONALES EN EL ÁREA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA ENFRENTAR A LA ENFERMEDAD COVID-19**

En esta Ley, el Congreso de la República declara la agilización de los procedimientos para el desarrollo de proyectos en áreas de Ciencia y Tecnología, relacionados a la mejora de insumos médicos y equipos de tecnología médica para enfrentar la pandemia del coronavirus. Esto incluye, además, la validación y producción de: ventiladores mecánicos, pruebas de diagnóstico, vacunas, tratamientos terapéuticos, y equipos de protección personal (EPS), entre otros, que vienen siendo impulsados por

investigadores peruanos con la finalidad de incrementar la capacidad de respuesta y atención del sistema de salud. (Sagasti, 2020).

#### **2.4.4. NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) – ISO 80601-2-12**

En este documento se incluye una gama de requisitos de exactitud de controles, instrumentos y protección contra salidas peligrosas de ventiladores mecánicos; además de procedimientos generales para ensayos aplicable a los accesorios que deben ser conectados a este tipo de equipos médicos, considerando que estas piezas en combinación con el ventilador pueden tener un impacto significativo en la seguridad básica o funcionamiento esencial del equipo. (Inacal, 2020).

#### **2.4.5. LEY 29459**

En esta ley, se observan los principios de regulación en la actuación de personas naturales o jurídicas que intervienen en la fabricación de equipos médicos y otros procesos; así como las competencias de la Autoridad Nacional de Salud (ANS) y las autoridades de productos farmacéuticos, dispositivos médicos y productos sanitarios de nivel regional (ARM); incluyendo los principios de seguridad, eficacia, calidad, racionalidad, accesibilidad, equidad, bien social, objetividad y transparencia (Ley 29459, 2009).

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO**

### 3.1. O.E.1: DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL

Para este caso determinare la situación del hospital Carlos Alcántara B. de ESSALUD.

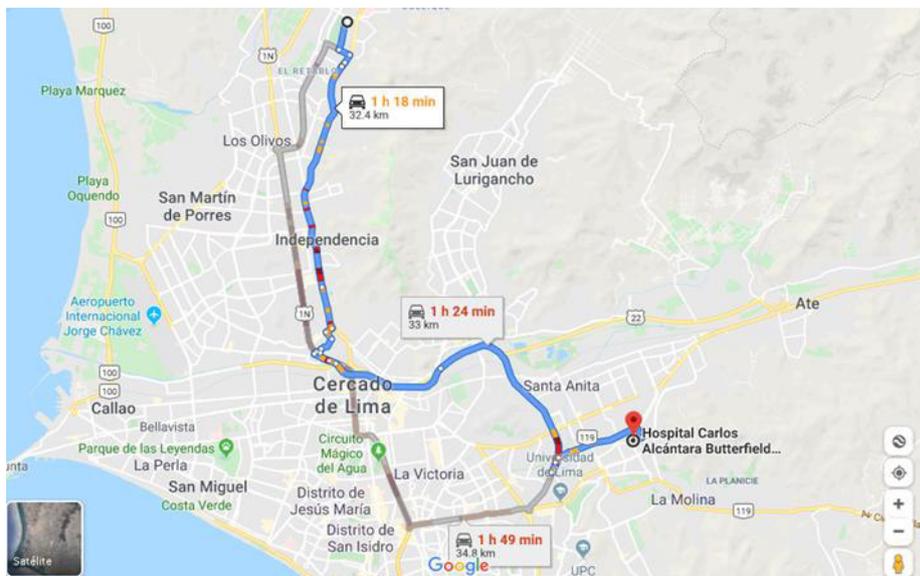


Figura 12. Mapa actualizado del Hospital Carlos Alcántara B. ESSALUD

Fuente: Google

#### Historia

Mediante acuerdo de concejo, visto en sesión ordinaria de concejo de fecha 24 de enero del 2012, el Dictamen N°02-2012 de la comisión de asuntos jurídicos sobre, la actualización del acuerdo de Concejo N° 040-98 de fecha 19 de agosto de 1998;

Considerando que el artículo 194 de la Constitución Política del Perú modificado por la Ley de Reforma Constitucional N° 27680 establece que las Municipalidades son órganos de Gobierno Local con Autonomía Política, Económica y Administrativa en asuntos de su competencia, concordante con el artículo II del Título Preliminar de la Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972, Que mediante Acuerdo de Concejo N° 058-97 del 29 de agosto de 1997, la Municipalidad de la Molina cedió en uso a favor del Instituto Peruano de Seguridad Social (IPSS) un área de 5,705.00m<sup>2</sup> correspondiente al Sub Lote 2-A Mz. J de la Urbanización

COVIMA, para la construcción de un hospital de Alta Especialidad (Acta Municipal No 02-2012, 2012).

**Función:** Atención de pacientes asegurados en Essalud, Hospital perteneciente a la red prestacional Rebagliati, ofrece consultas externas en la mayoría de especialidades médicas, cuenta con servicio de emergencia, dental, hospitalización, recuperación y sala de operaciones.

**Visión:** “Ser una institución que lidere el proceso de universalización de la seguridad social, en el marco de la política de inclusión social del Estado” (Essalud, 2012).

**Misión:** “Somos una institución de seguridad social de salud que persigue el bienestar de los asegurados y su acceso oportuno a prestaciones de salud, económicas y sociales, integrales y de calidad, mediante una gestión transparente y eficiente” (Essalud, 2012).



**Figura 13. Hospital Carlos Alcántara B. ESSALUD**

**Fuente: Elaboración propia**

Infraestructura; este hospital es de nivel 1 no cuenta con un área de cuidados intensivos, el servicio de emergencia tiene un área de trauma shock donde solo cuenta con 2 camas para pacientes críticos que requieren atención inmediata, muchos de estos pacientes que ingresan a esta área necesitan de ventilación mecánica, por insuficiencia respiratorio, el área de sala de recuperación solo esta acondicionado para atender a 4 pacientes, en estas áreas también es necesario la ventilación mecánica cuando el paciente sale de quirófano.

Las áreas de emergencia, hospitalización, sala de operaciones y recuperación cuentan con coche de paro, este contiene una bolsa de silicona denominado resucitador Ambu, necesario para asistencia rápida para la ventilación.



**Figura 14. Sala de recuperación del Hospital Carlos Alcántara B.**

**Fuente: Elaboración propia**

La situación actual de la sala de recuperación donde el paciente después de haber sido intervenido quirúrgicamente, es llevado a esta sala para su recuperación, lo que podemos apreciar son varios equipos médicos, necesarios para monitorizar al paciente, se observa un mueble, este es denominado coche de paro, cuenta con aspirador de secreción,

laringoscopio, desfibrilador, medicamentos y un Ambu(resucitador), el Ambu es de uso inmediato en el paciente cuando presente insuficiencia respiratoria, será remplazado cuando el ventilador mecánico sea preparado, el desfibrilador es utilizado para casos que el paciente sufra un paro cardíaco, también se cuenta en este servicio con ventiladores mecánicos.

Ventilador de la Marca Bird, tiene 18 años de antigüedad, muy buen equipo, marca reconocida, para su manejo presenta pulsadores, los valores ingresados son visualizados en display, no cuenta con pantalla, donde se pueda visualizar las curvas características en ventilación, además de parámetros importantes para la ventilación.

Situación actual para el ventilador de la marca Vela, este si posee una pantalla táctil, es un ventilador mecánico avanzado PCV, de fácil manejo para el usuario, lamentablemente por su uso constante generado, estos equipos llegan a deteriorarse, en la actualidad se encuentra inoperativo, por la compra de repuestos, adquirir estos repuestos son demasiado costosos, por el alto costo que genera repararlo, lo mejor es adquirir equipo nuevo, este equipo tiene una antigüedad de 16 años.

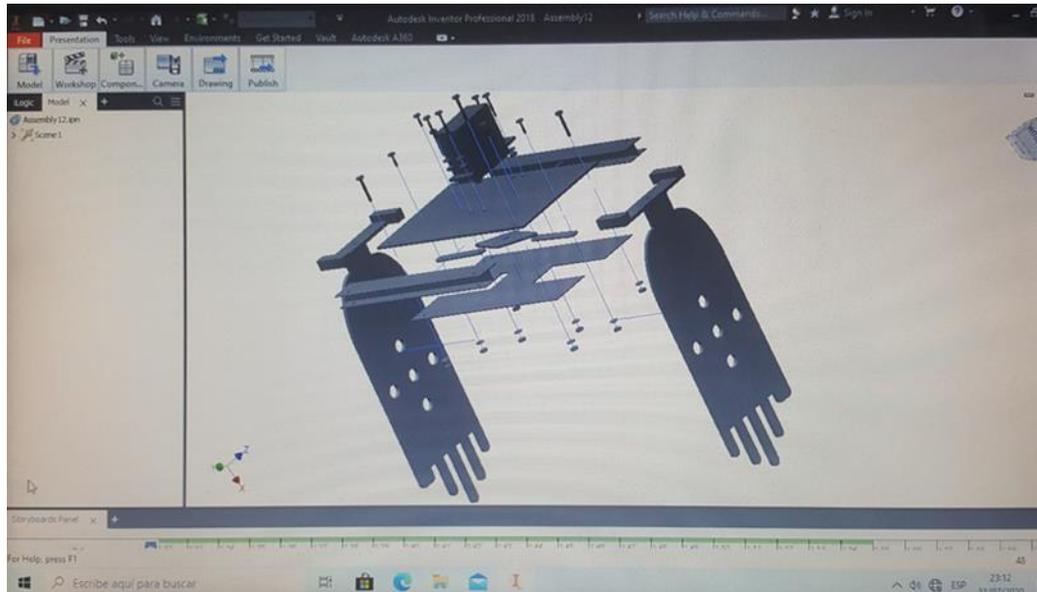
Debido a la importancia de estos equipos en la actualidad el servicio cuenta con un ventilador mecánico de la marca Newport, este equipo se encuentra nuevo y en garantía.

Otro de los equipos importantes para la atención al paciente, que cuenta este servicio son los monitores de signos vitales, sirve para monitorizar el funcionamiento de los signos vitales del paciente. Un parámetro importante cuando se está ventilando al paciente es monitorizar constantemente la saturación de oxígeno SPO2 del paciente.

Estos monitores están diseñados para estar encendido las 24 horas del día, en la actualidad partes que conforman al equipo se encuentran deteriorado, pero aún siguen funcionando, el problema que presenta uno de los monitores es la baja iluminación, lo que implica al usuario tener que acercarse para visualizar los parámetros en pantalla, el fluorescente se encuentra deteriorado, los repuestos ya no se comercializan en el mercado, por ello los constantes mantenimientos preventivos e

imprevistos realizados por el personal biomédico, hacen posible que estos equipos permanezcan funcionando, abril del 2020.

### 3.2. O.E.2: DESARROLLO DE MODELAMIENTO



**Figura 15. Desarrollo del mecanismo mediante el programa MIT inventor**

**Fuente: Elaboración propia**

Diseño del mecanismo, aplicando el programa MIT inventor2, en esta plataforma es posible el diseño de cada pieza que forma el sistema, en este programa podemos determinar con exactitud las medidas de cada pieza, al término del desarrollo es posible dar efecto al movimiento del mecanismo.

En la figura 25 se muestra la imagen de un servomotor, este componente se compra en el mercado, se diseñó para complementar el sistema.

A continuación, se detalla en plano, cada una de las piezas que conformaran este mecanismo.

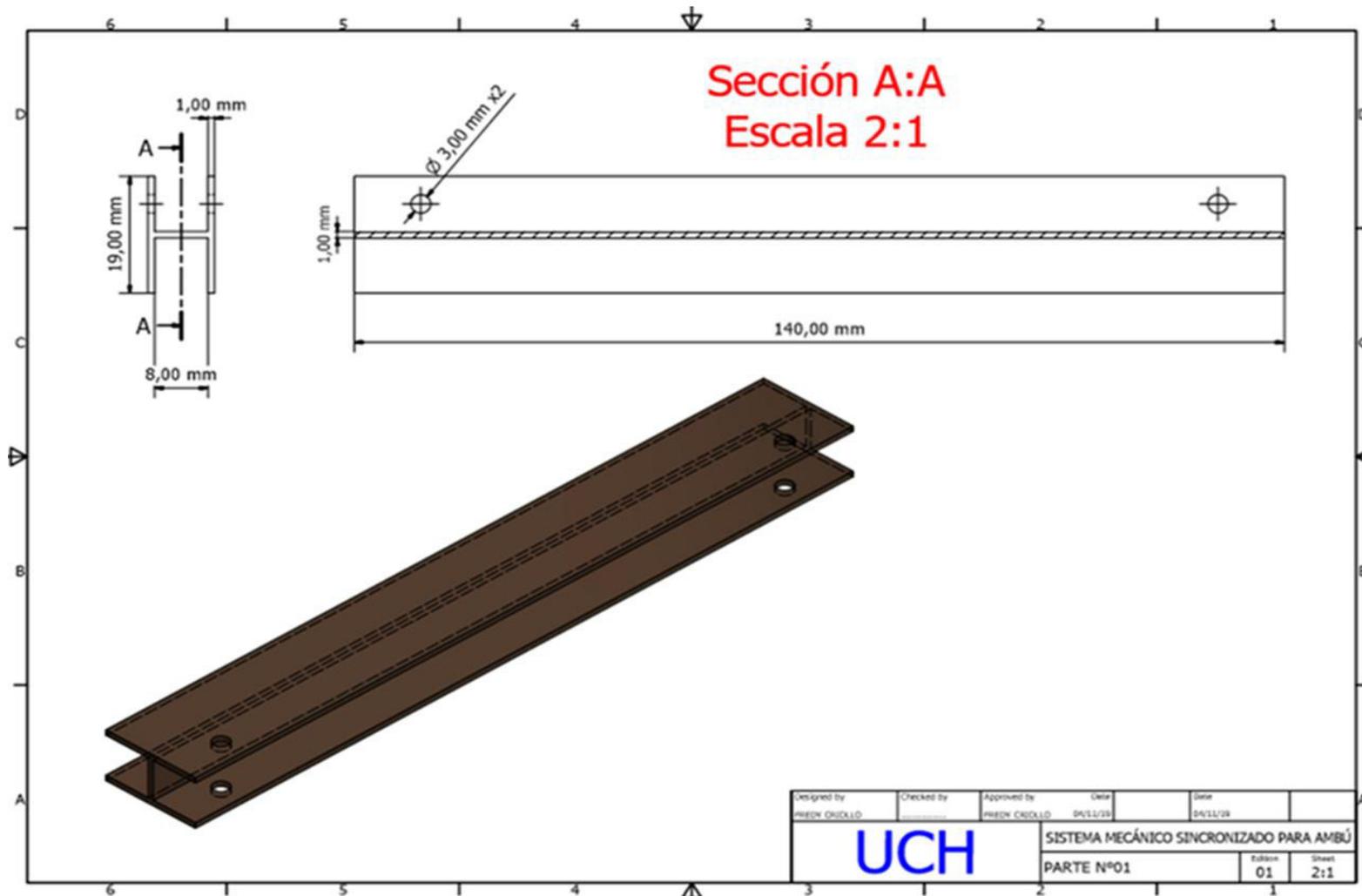


Figura 16. Pieza riel en H

Fuente: Elaboración propia

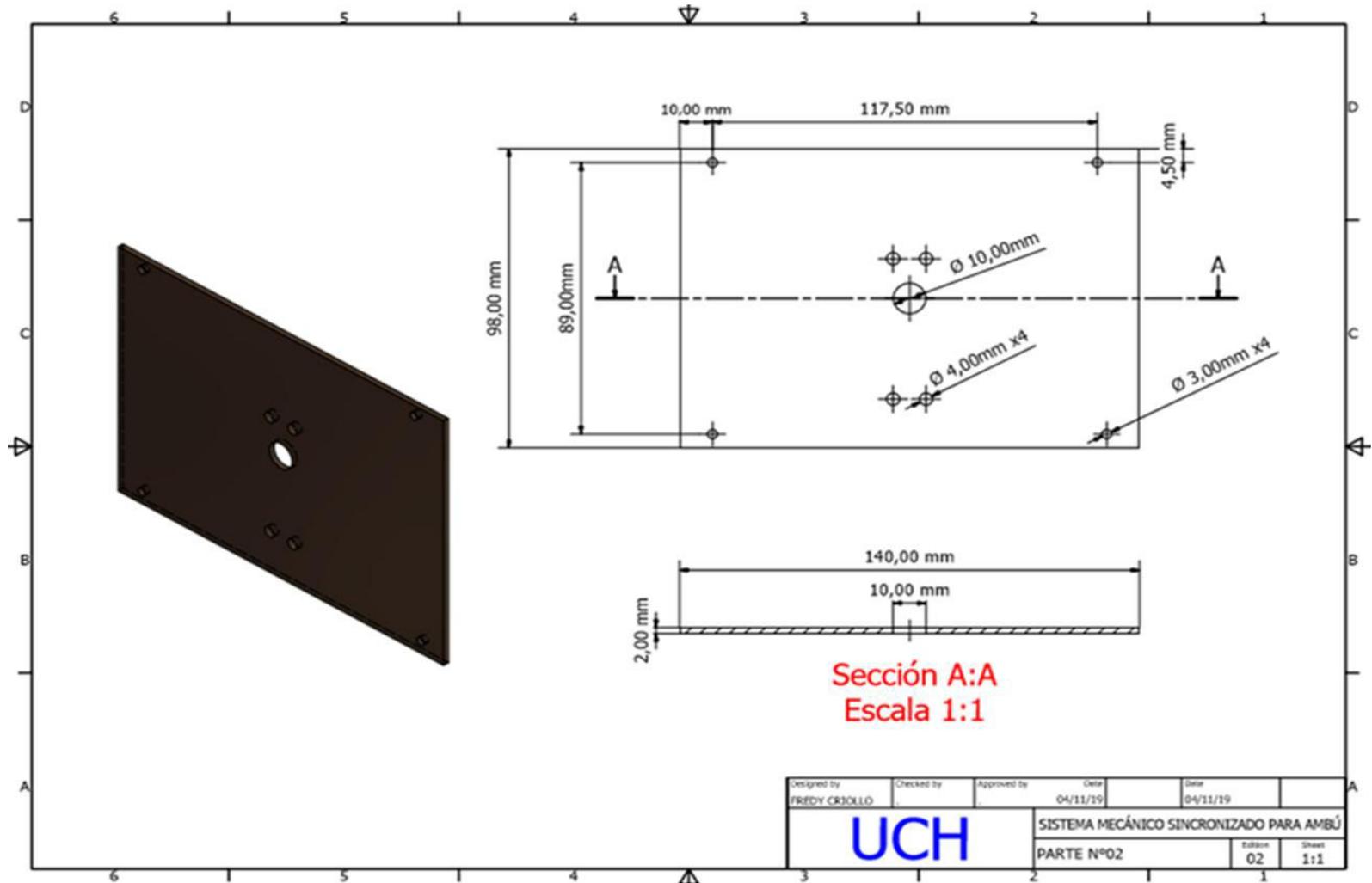


Figura 17. Pieza plancha de soporte

Fuente: Elaboración propia

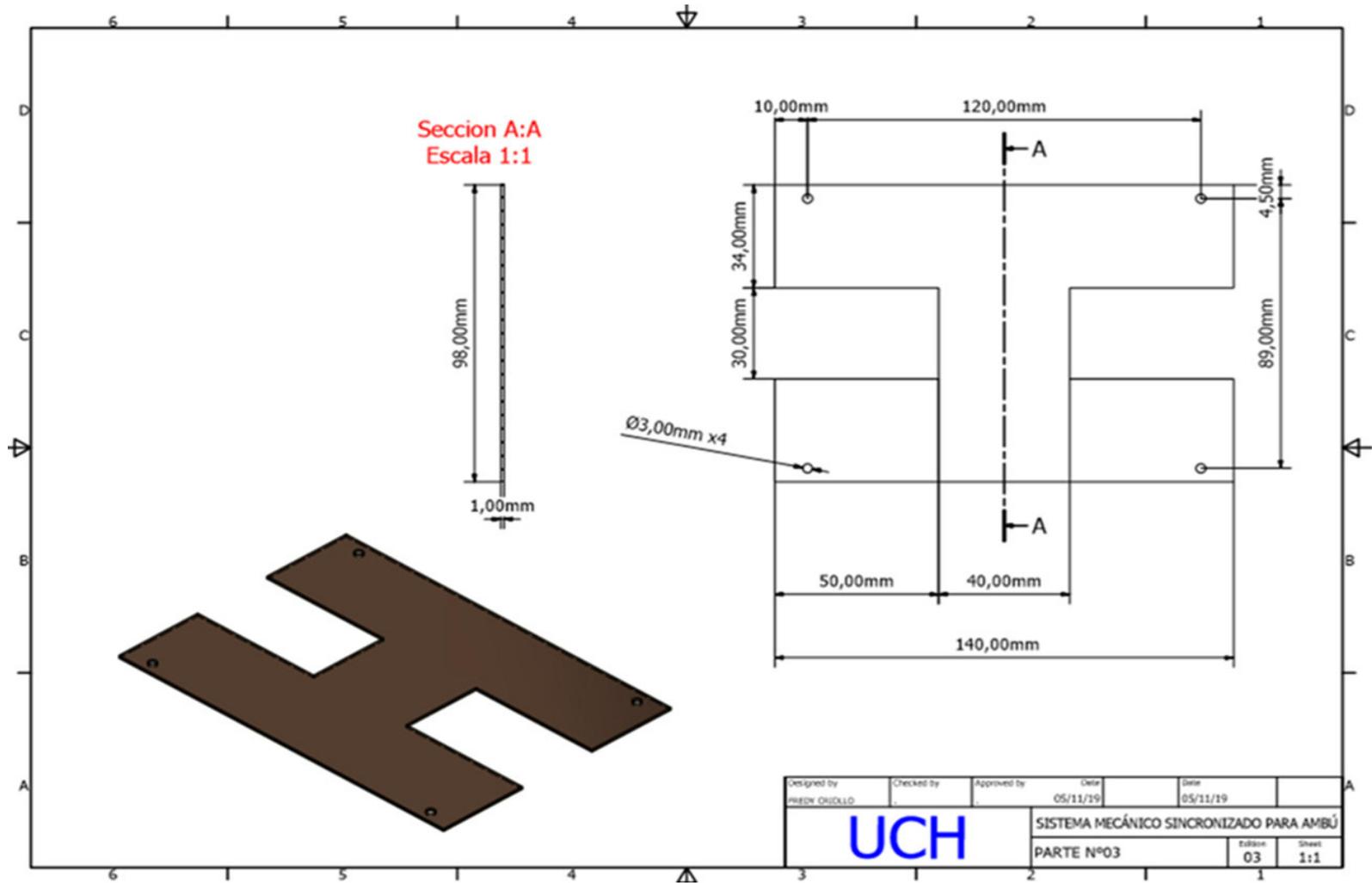


Figura 18. Pieza placa cubierta

Fuente: Elaboración propia

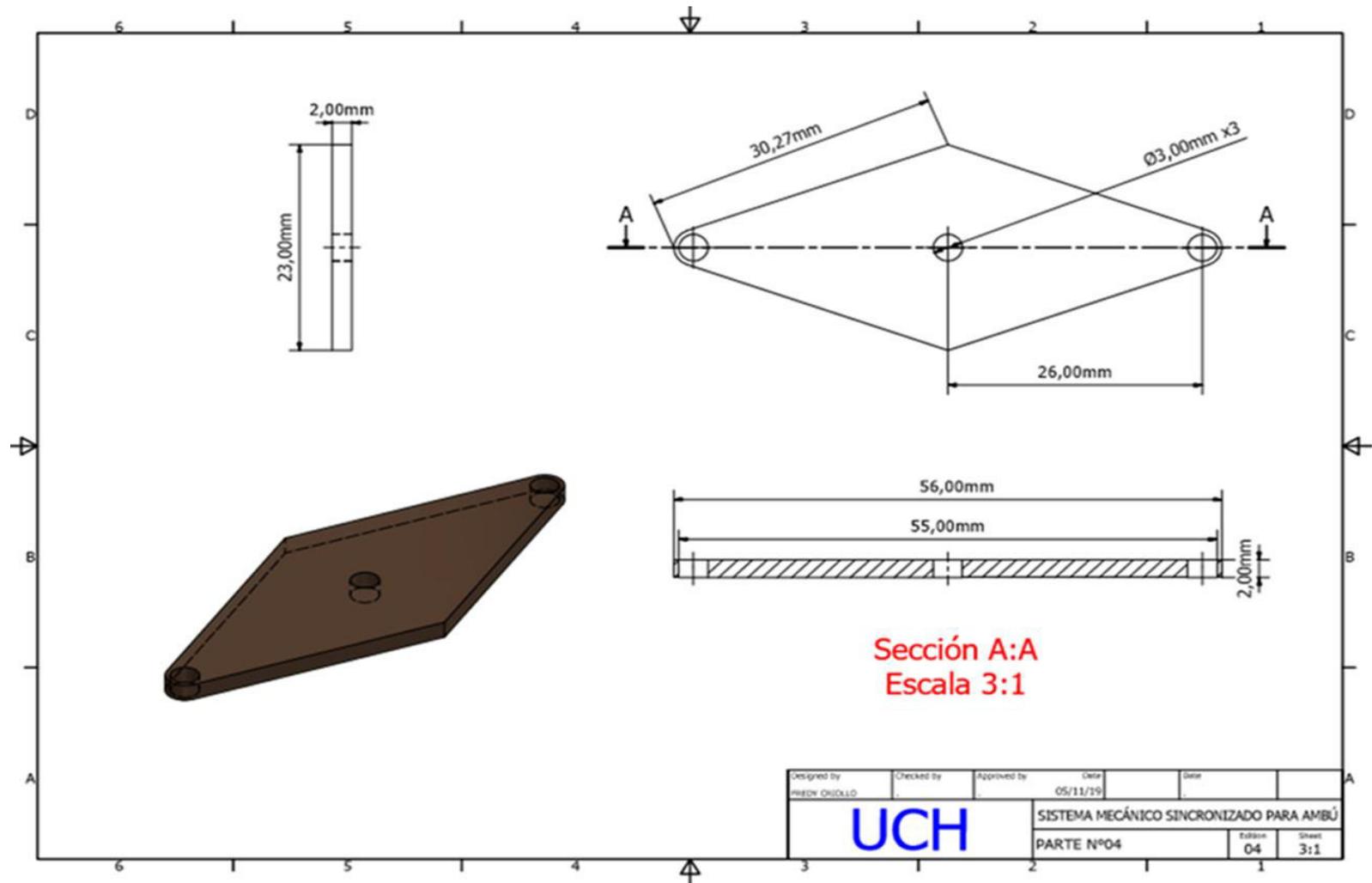


Figura 19. Pieza placa para eje

Fuente: Elaboración propia

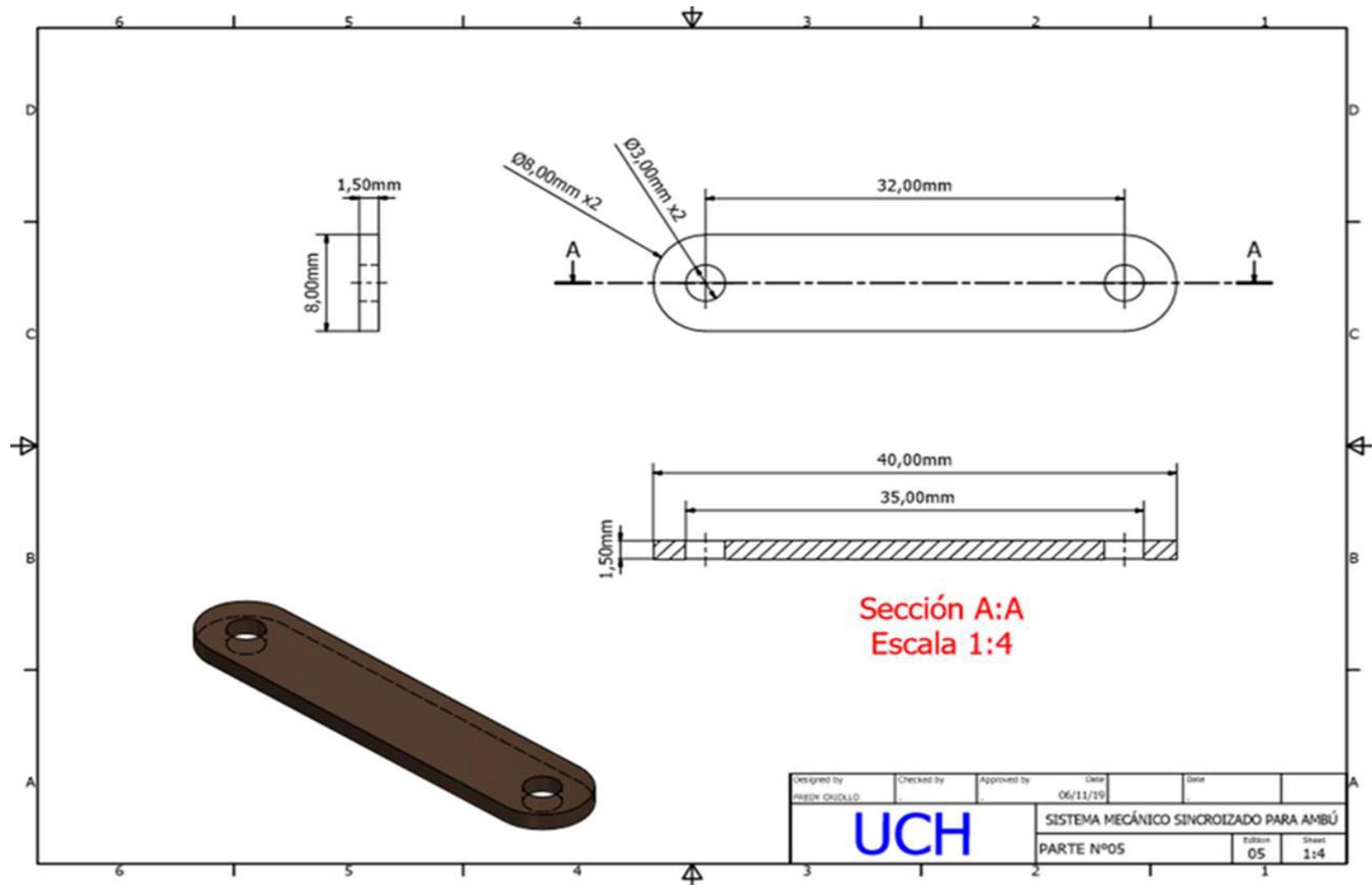


Figura 20. Pieza guía de giro

Fuente: Elaboración propia

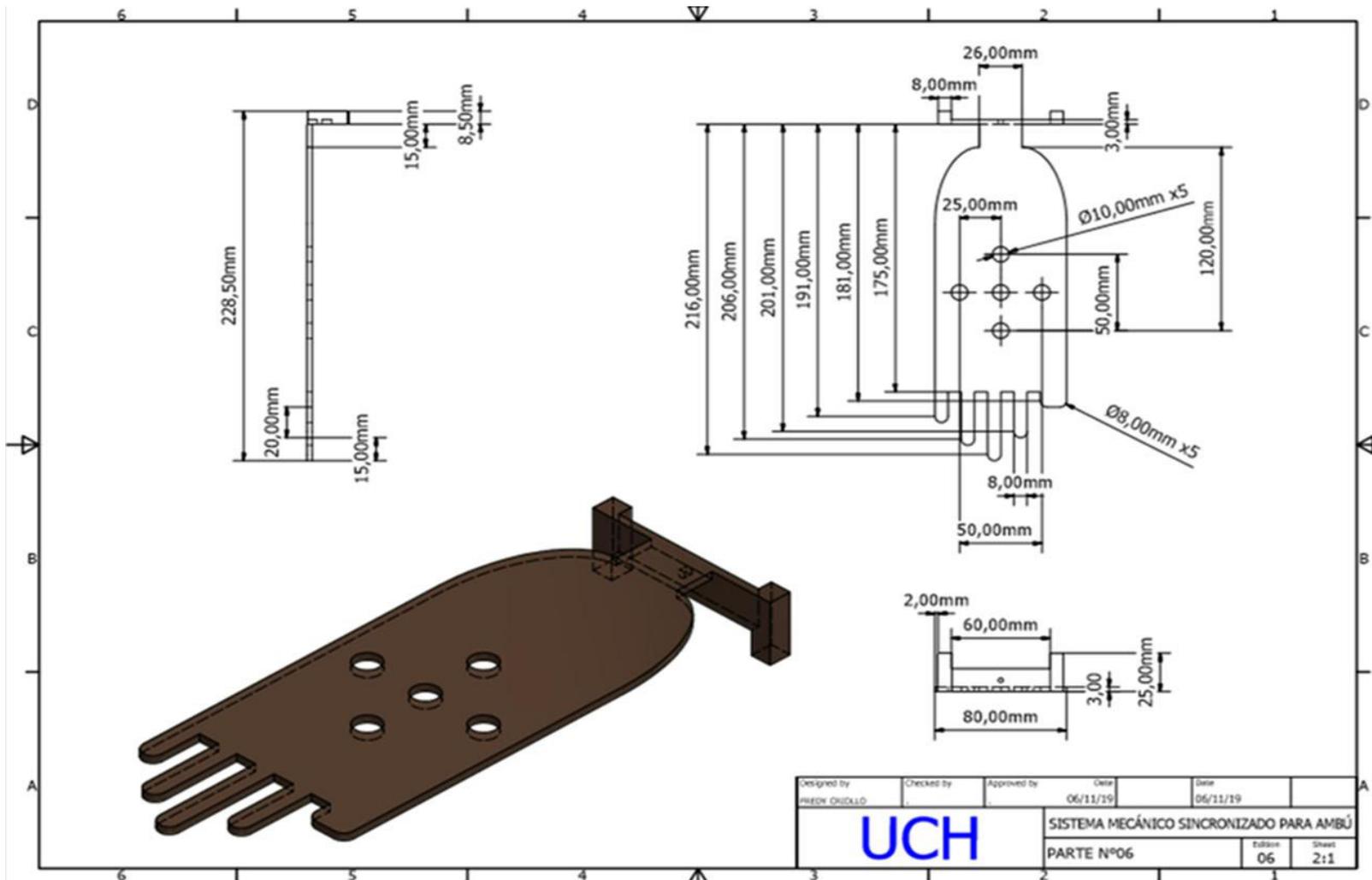


Figura 21. Pieza placa para presión

Fuente: Elaboración propia

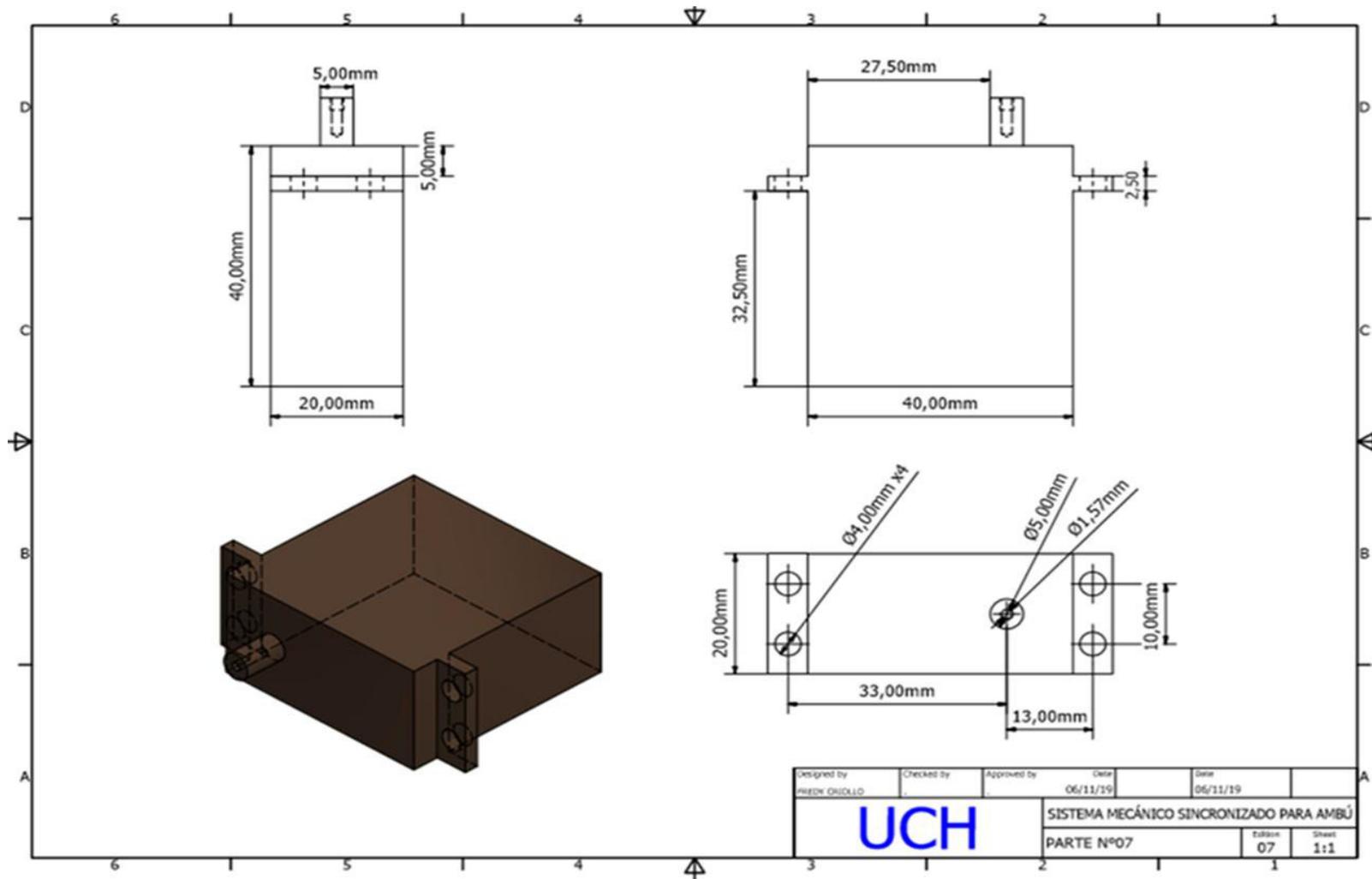


Figura 22. Pieza modulo servomotor

Fuente: Elaboración propia

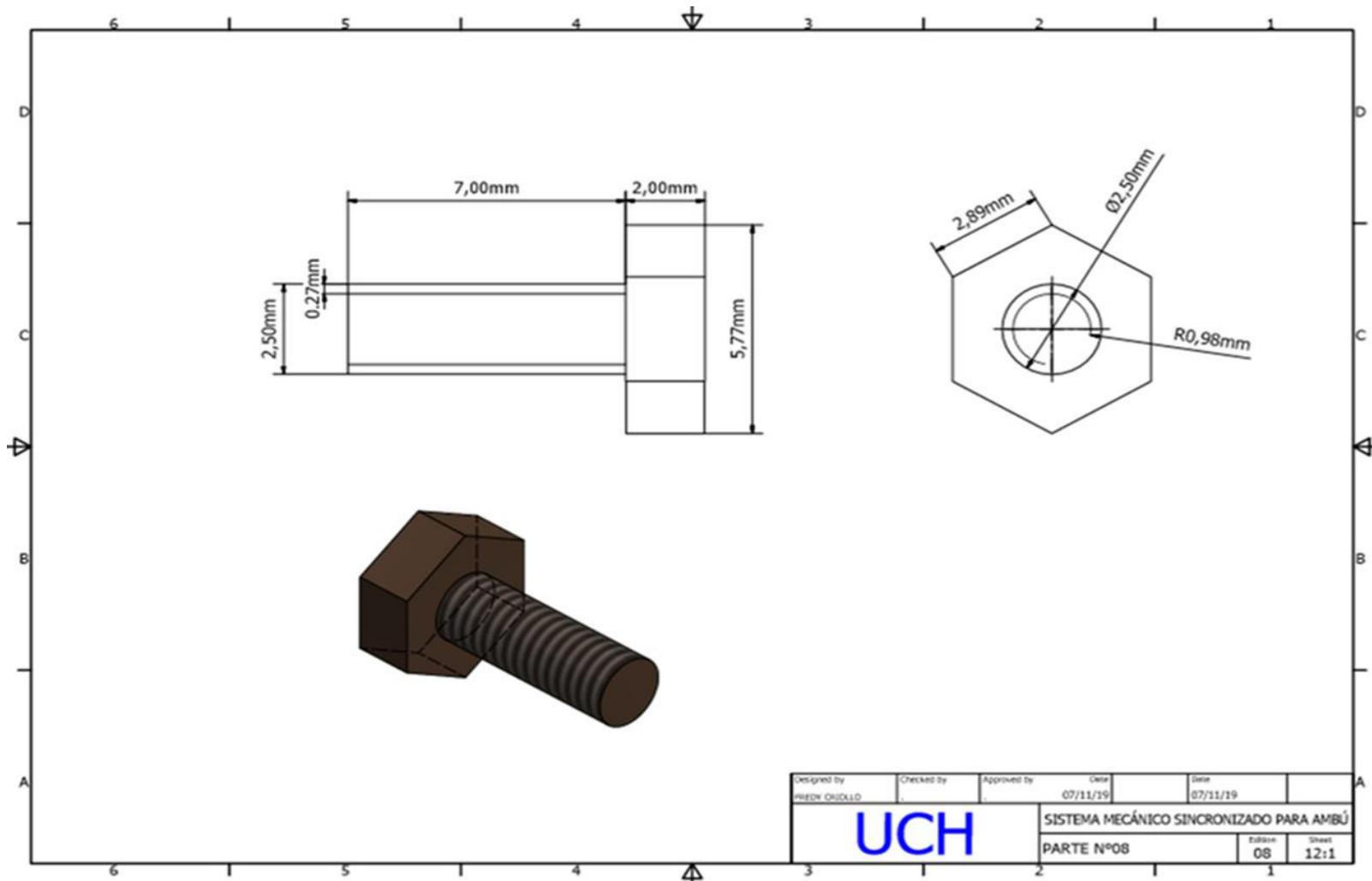


Figura 23. Pieza perno 0.23''

Fuente: Elaboración propia

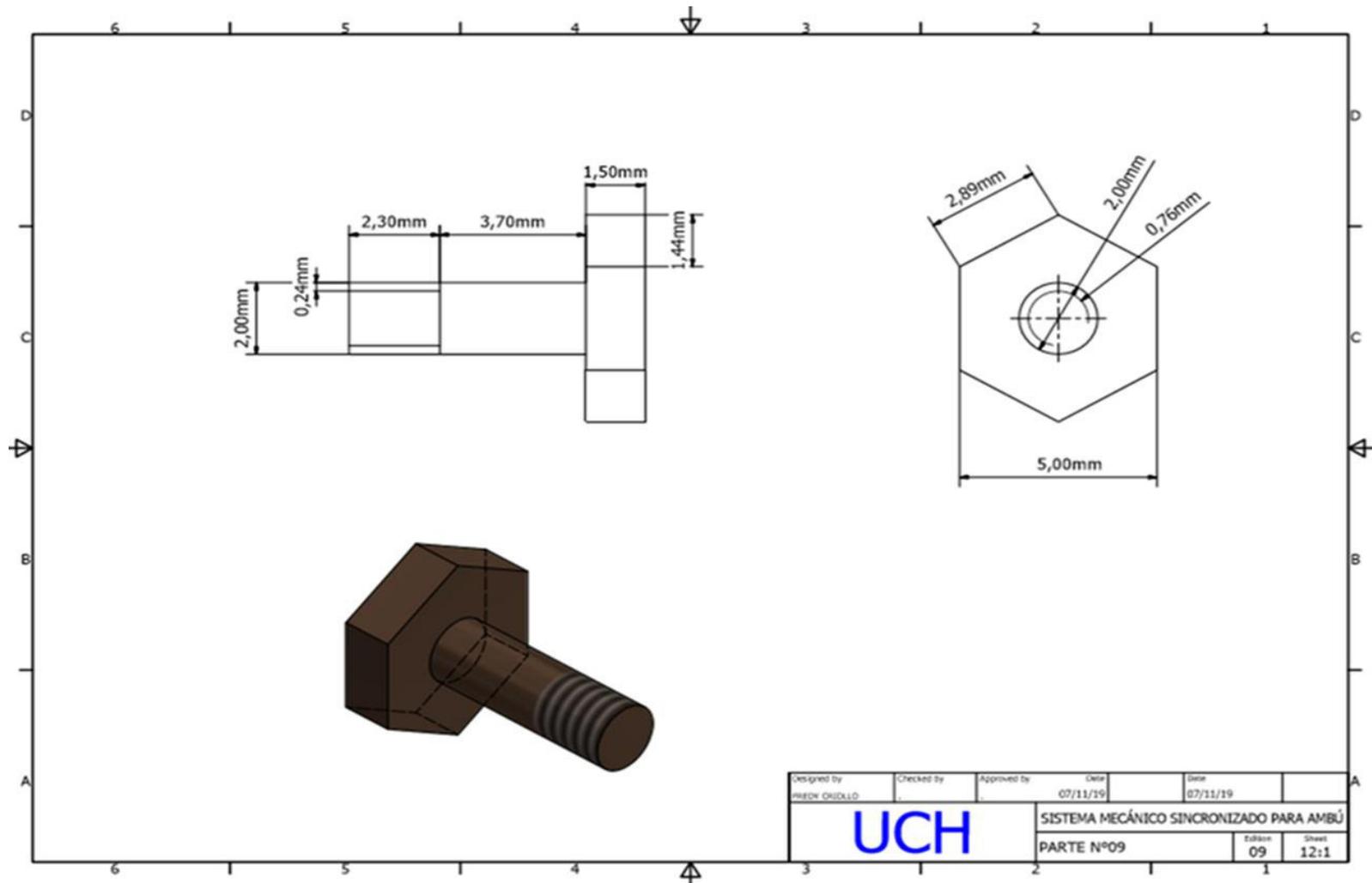


Figura 24. Pieza perno 0.23''

Fuente: Elaboración propia

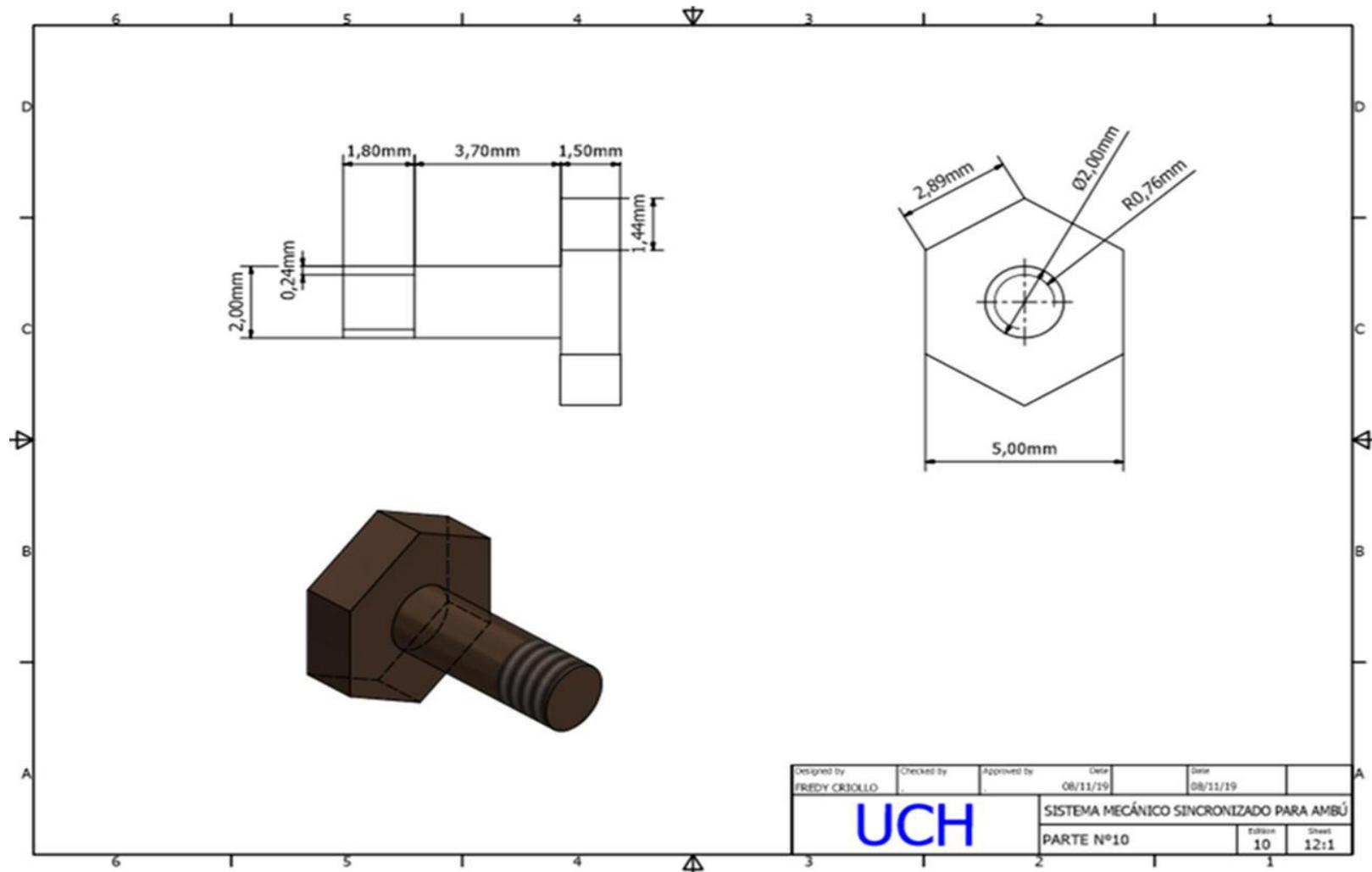


Figura 25. Pieza perno 0.20''

Fuente: Elaboración propia

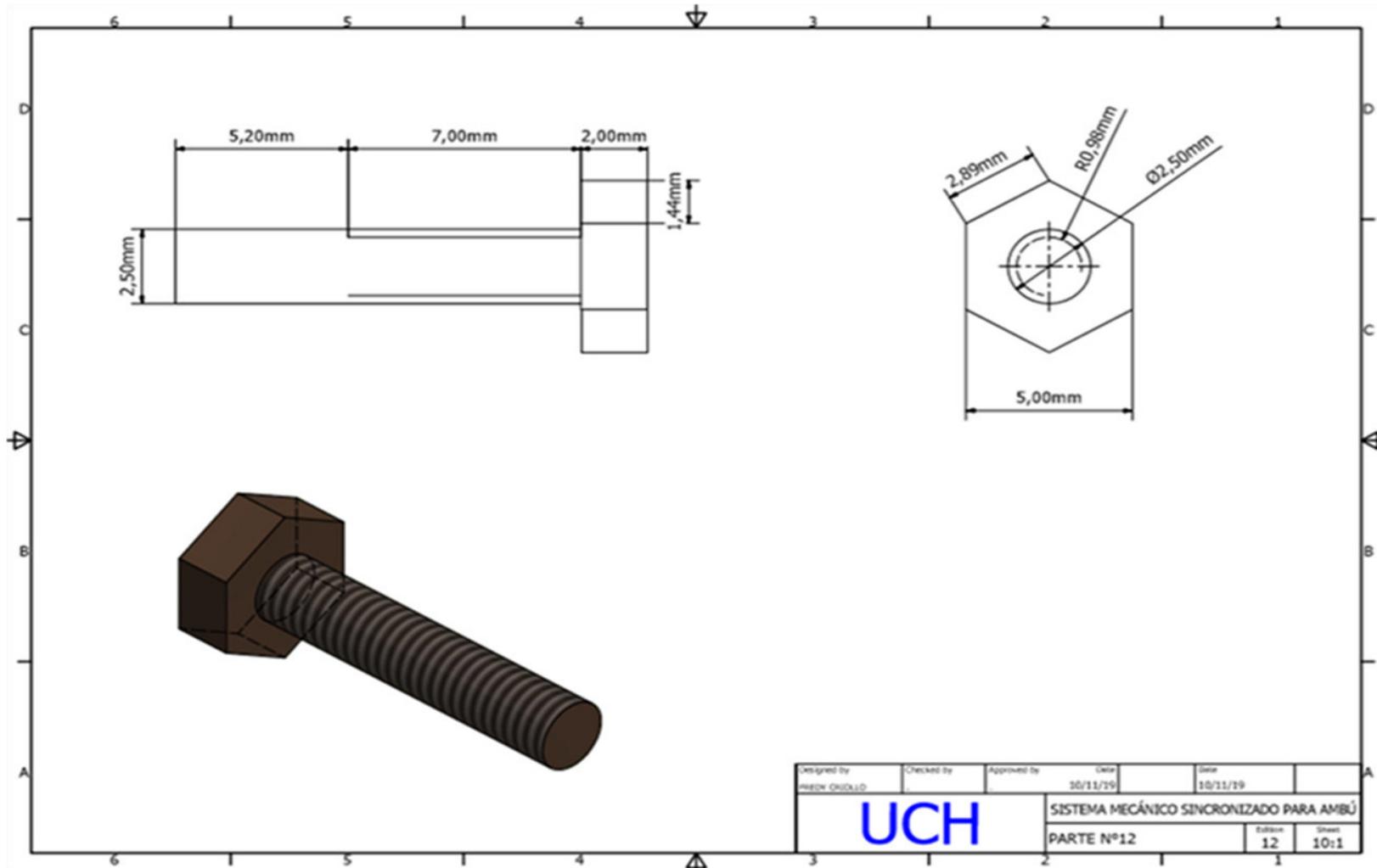


Figura 26. Pieza perno 2"

Fuente: Elaboración propia

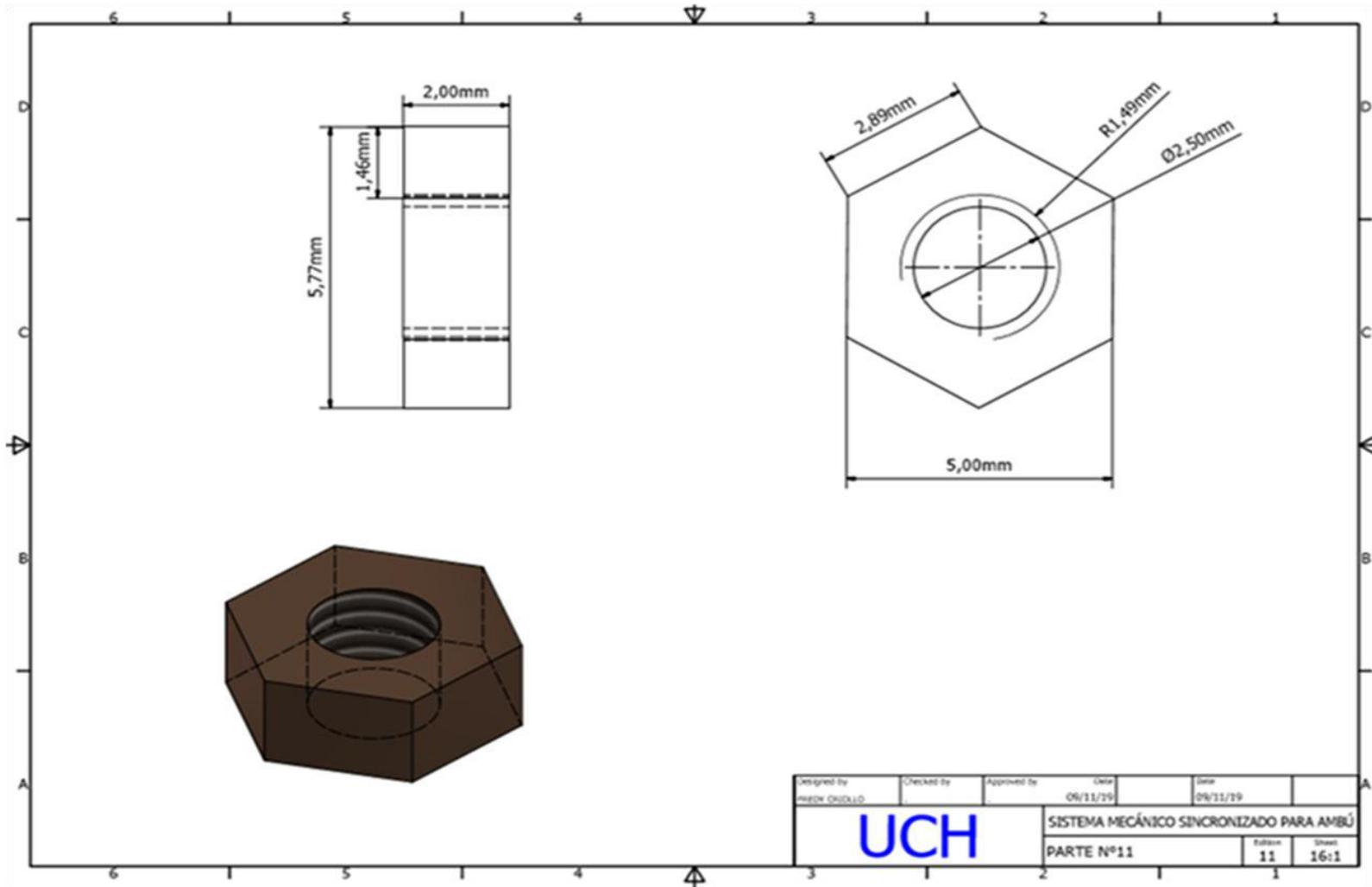


Figura 27. Pieza tuerca

Fuente: Elaboración propia

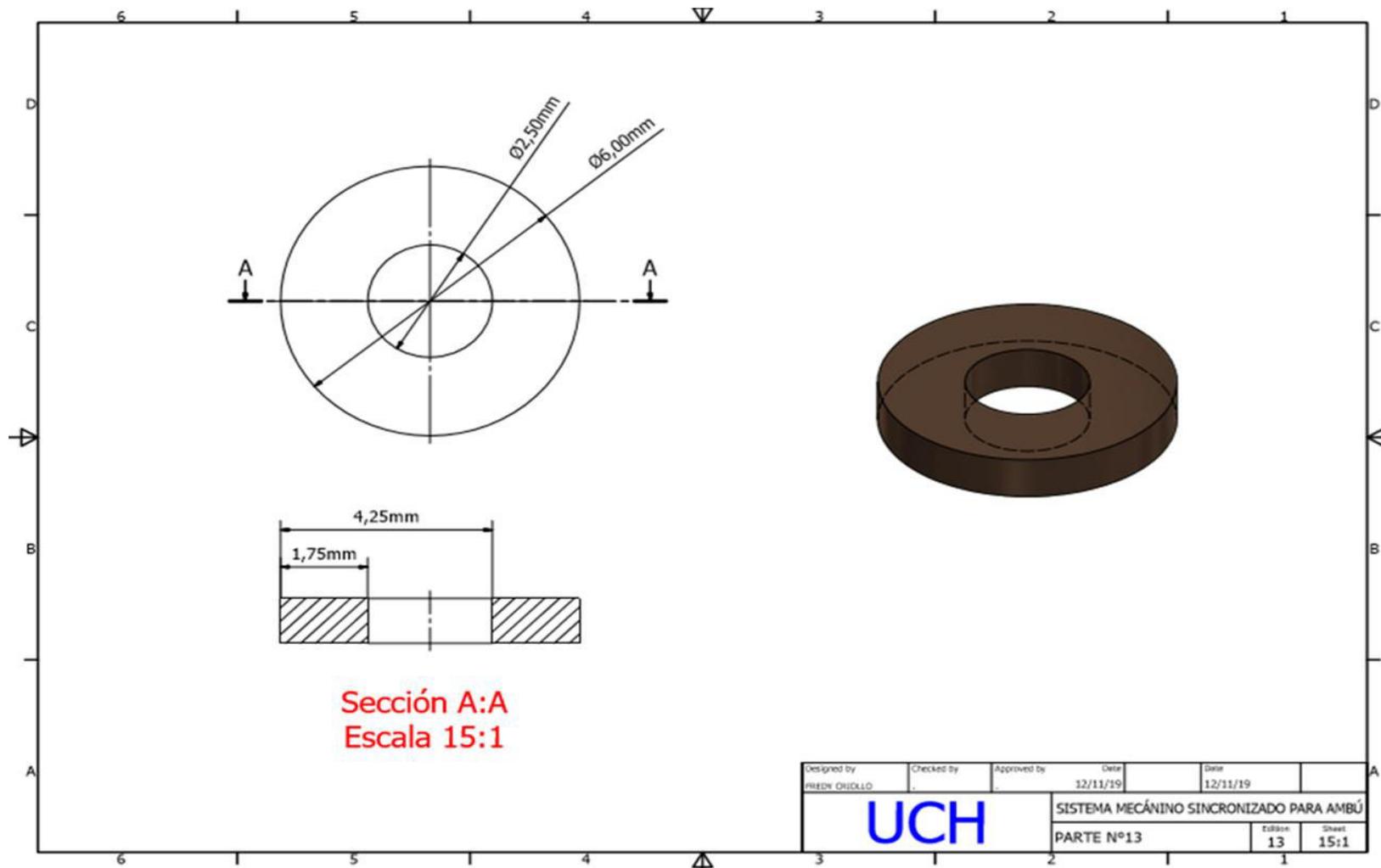


Figura 28. Pieza arandela

Fuente: Elaboración propia

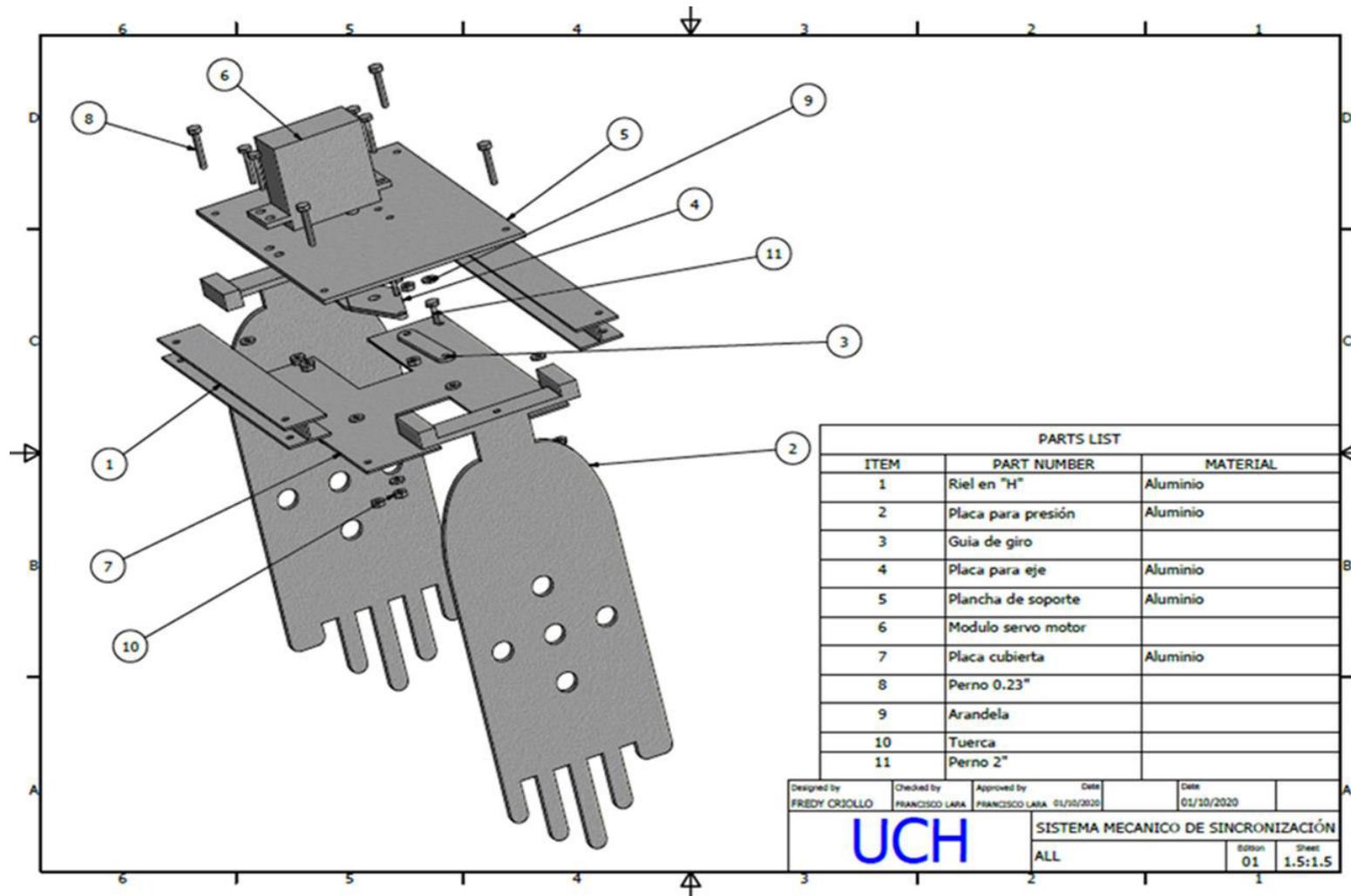


Figura 29. Al piezas

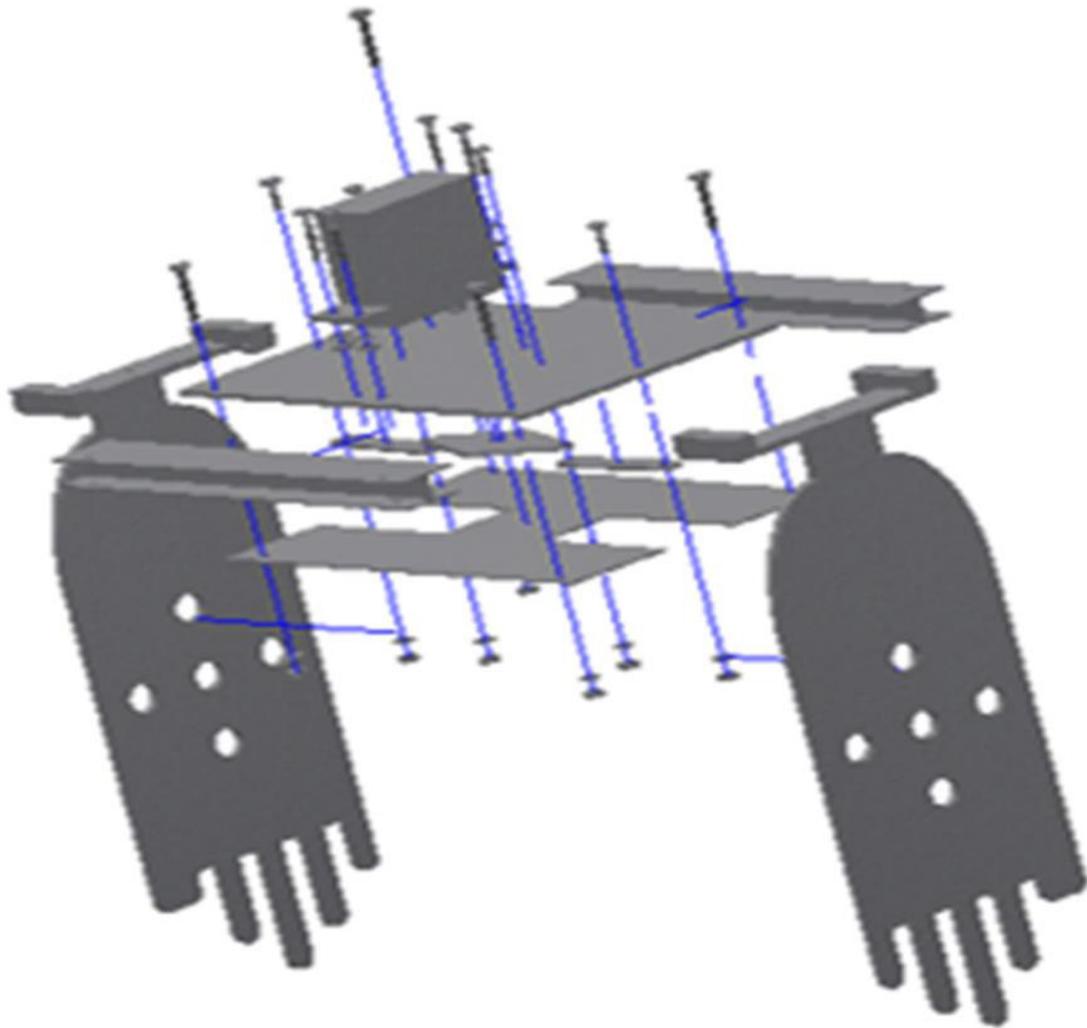
Fuente: Elaboración propio



**Figura 30. Piezas para la implementación del mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

Se muestra en esta imagen las piezas confeccionadas en material de aluminio, las medidas fueron consideradas de acuerdo al plano desarrollado en el programa Autodesk Inventor.



**Figura 31. Ensamblado de mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

La imagen en 3D nos muestra a detalle el ensamblado del mecanismo, la ubicación exacta de cada una de las piezas y el sentido de la colocación de sus respectivos pernos y tuercas de ajuste.



**Figura 32. Mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

La imagen nos muestra al equipo terminado, en el interior se puede apreciar las ranuras del riel, que servirá como guía para mantener la posición de las palas cuando gire el motor, las piezas ubicadas en el centro del mecanismo, serán quienes se encarguen de manipular a las palas, el ángulo de giro del motor será de  $0^\circ$  a  $89^\circ$ .

### 3.3. O.E.3: IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRONICO

Desarrollo de la programación para la implementación del circuito electrónico



**Figura 33. Desarrollo del programa en arduino**

**Fuente: Elaboración propia**

Desarrollo de la programación en software de arduino, para la implementación e instalación en la tarjeta del microcontrolador arduino nano.

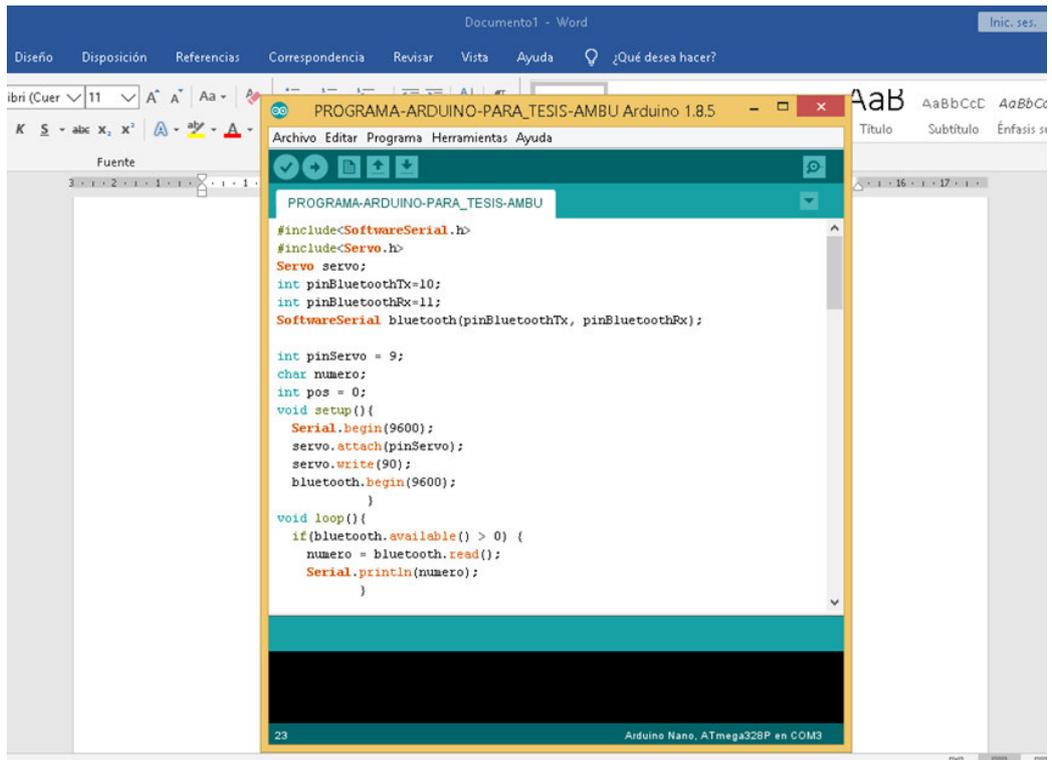


Figura 34. Programa en arduino

Fuente: Elaboración propia

## PROGRAMA EN C+ DE ARDUINO

```

#include<SoftwareSerial.h>
#include<Servo.h>
Servo servo;
int pinBluetoothTx=10;
int pinBluetoothRx=11;
SoftwareSerial bluetooth (pinBluetoothTx, pinBluetoothRx);
int pinServo = 9;
char numero;
int pos = 0;
void setup () {
    Serial.begin(9600);
    servo. attach(pinServo);
    servo. write (90);
    bluetooth. begin (9600);
}
void loop () {

```

```

        if (bluetooth. available () > 0) {
            numero = bluetooth. read ();
            Serial.println(numero);
        }
    if (numero == '0') {
        for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
        {
            servo. write(pos);
            delay (12);
        }
        for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {
            servo. write(pos);
            delay (51); //PARA FR 10
        }
    }
    if (numero == '1') {
        for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
        {
            servo. write(pos);
            delay (12);
        }
        for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {
            servo. write(pos);
            delay (43); //PARA FR 12
        }
    }
    if (numero == '2') {
        for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
        {
            servo. write(pos);
            delay (12);
        }
        for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {

```

```

servo. write(pos);
delay (35); //PARA FR 14
}
}

if (numero == '3') {
    for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
    {
        servo. write(pos);
        delay (12);
    }
    for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {
        servo. write(pos);
        delay (30); //PARA FR 16
    }
}

if (numero == '4') {
    for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
    {
        servo. write(pos);
        delay (12);
    }
    for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {
        servo. write(pos);
        delay (25); //PARA FR 18
    }
}

if (numero == '5') {
    for (pos = 0; pos <= 89; pos += 1)
    {
        servo. write(pos);
        delay (12);
    }
    for (pos = 89; pos >= 0; pos -= 1) {

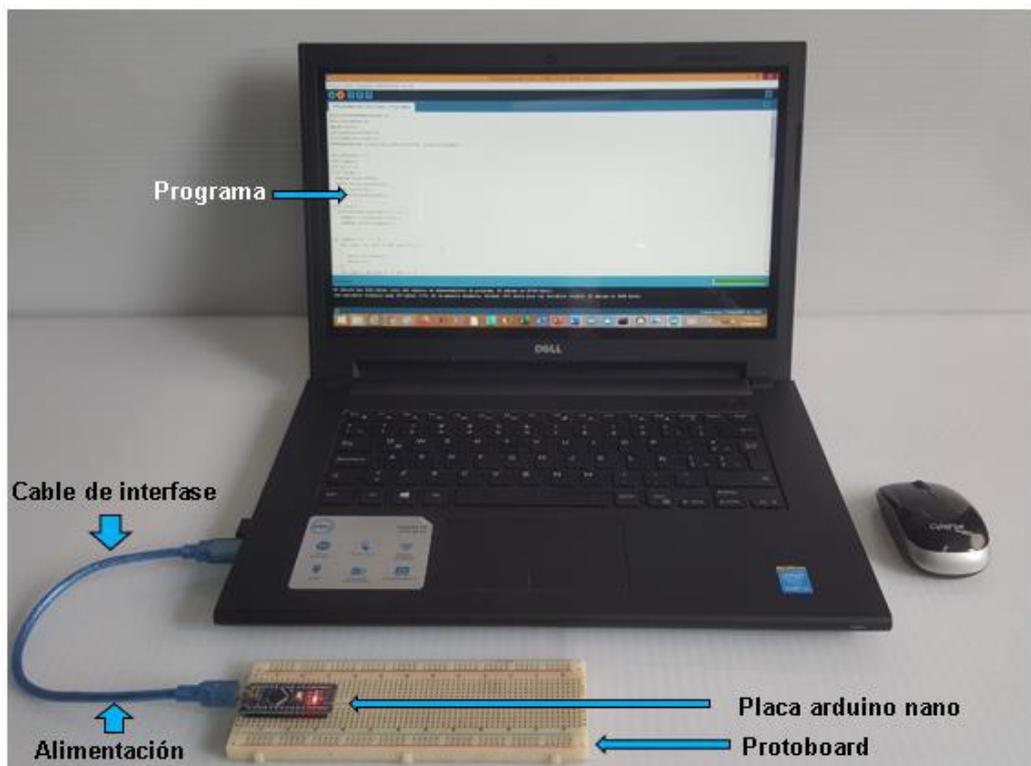
```

```

servo. write(pos);
delay (20); //PARA FR 20
}
}

if (numero == '6') {
  Serial.println("0 grados");
  servo. write (0);
}
}

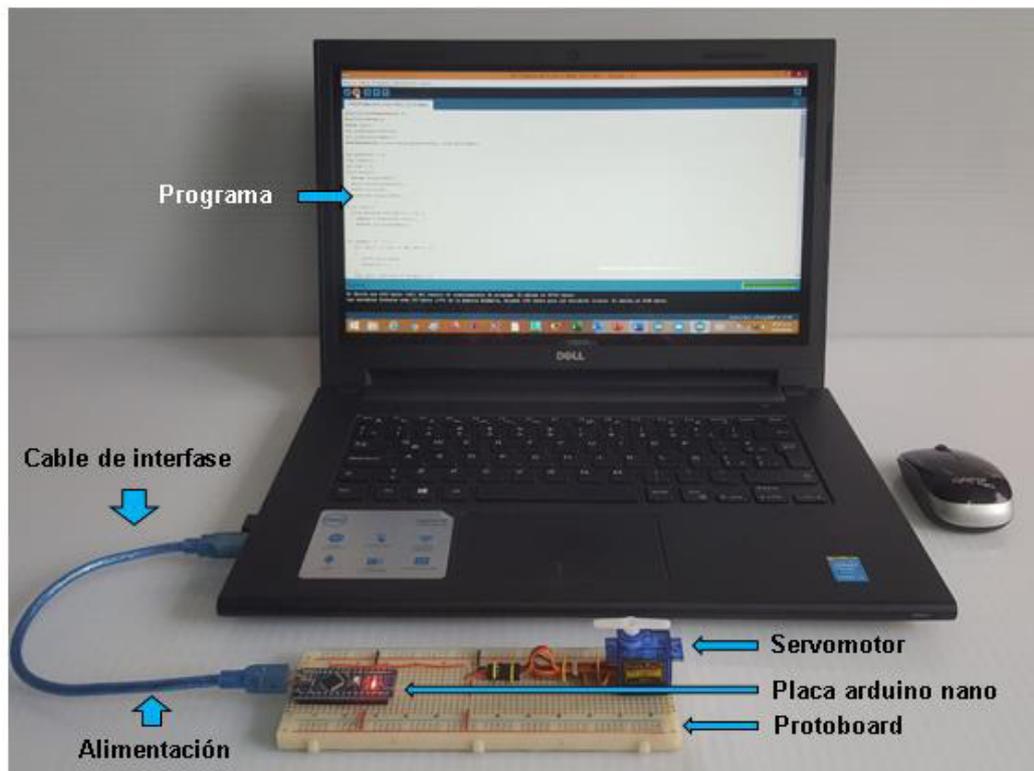
```



**Figura 35. Transfiriendo programa en tarjeta arduino nano**

**Fuente: Elaboración propia**

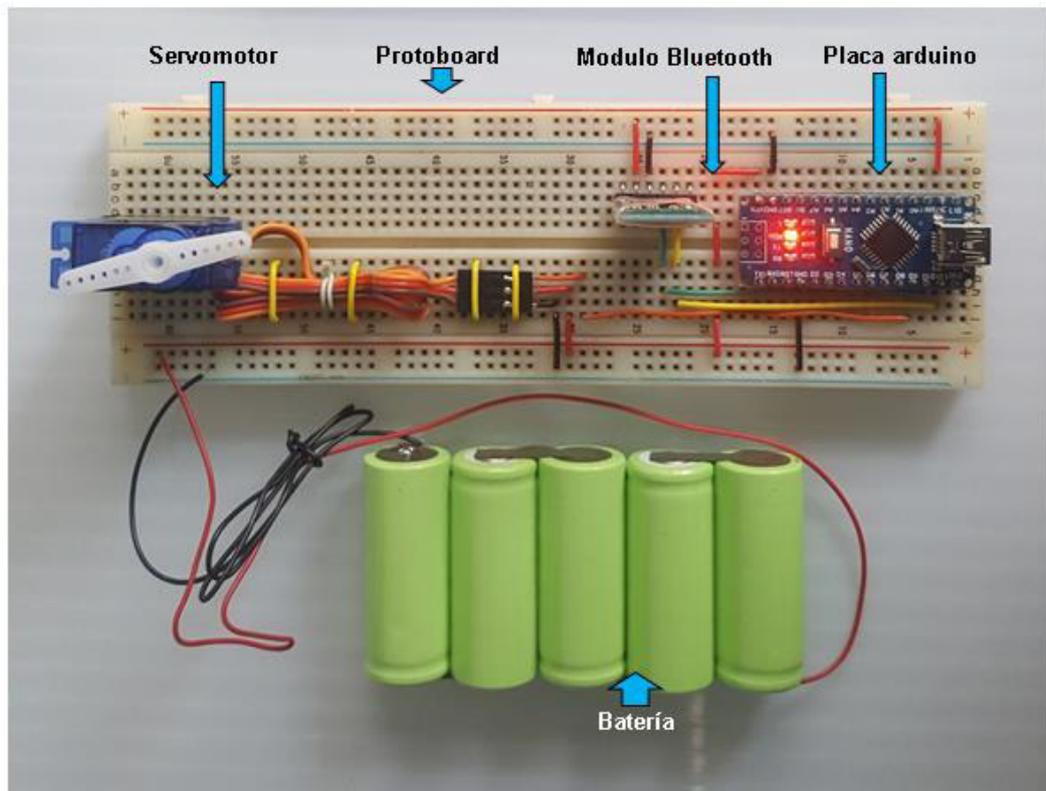
Instalación de la programación en el microcontrolador arduino nano, el cable mini USB servirá como cable de interface para transferir el programa, además nos sirve como fuente de alimentación.



**Figura 36. Pruebas de giro de servomotor**

**Fuente: Elaboración propia**

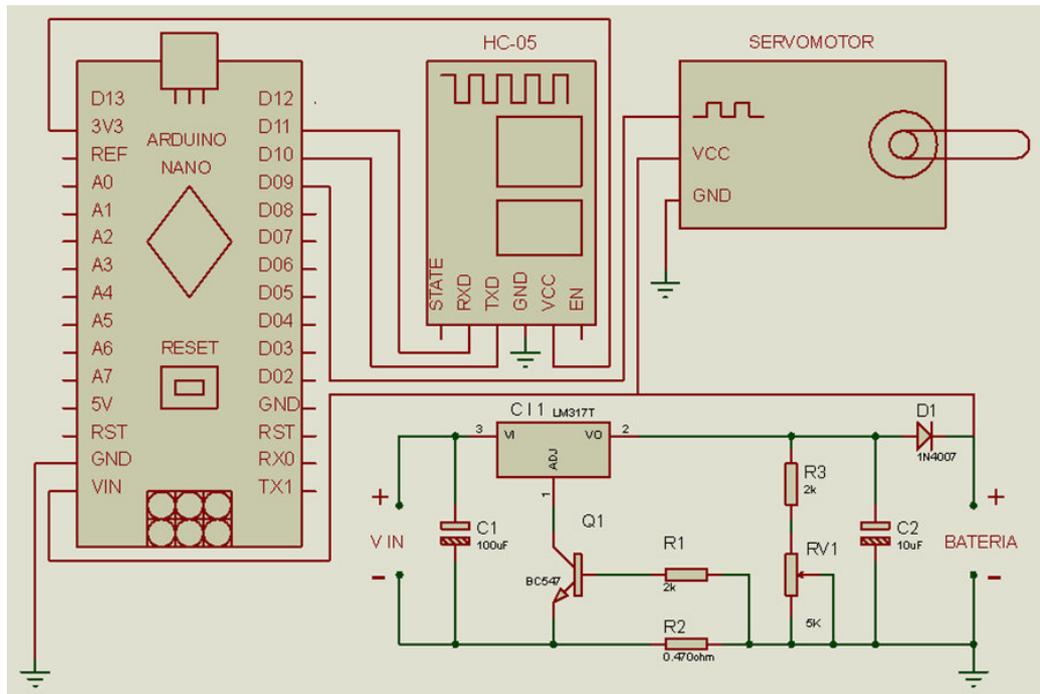
Pruebas necesarias para el control del servomotor, según el programa creado para hacer girar o dar movimiento al servomotor. En ángulos de  $0^\circ$  a  $89^\circ$ .



**Figura 37. Conexión del circuito electrónico**

**Fuente: Elaboración propia**

La imagen muestra la conexión de los componentes que formaran parte del sistema mecánico, instalados sobre un Protoboard, (modulo experimental), el servomotor nos sirve como prueba experimental, cada batería es de 1.5 voltios, se encuentran instalados en serie.



**Figura 38. Diagrama del circuito**

**Fuente: Elaboración propia**

En la imagen podemos observar el diagrama circuital, el pin número 9 del microcontrolador arduino se conecta con el pin de entrada de señal del servomotor, el pin 10 y 11 se conectan con la tarjeta bluetooth por los pines de transmisor y receptor, la alimentación del módulo bluetooth es de 3.3 voltios, se conecta al pin de 3v3 del microcontrolador, la fuente de alimentación para el microcontrolador y servomotor es de 7.5 voltios, a través de la tarjeta electrónica de carga de la batería.

### **3.4. O.E.4: DETERMINAR LA COMUNICACIÓN**

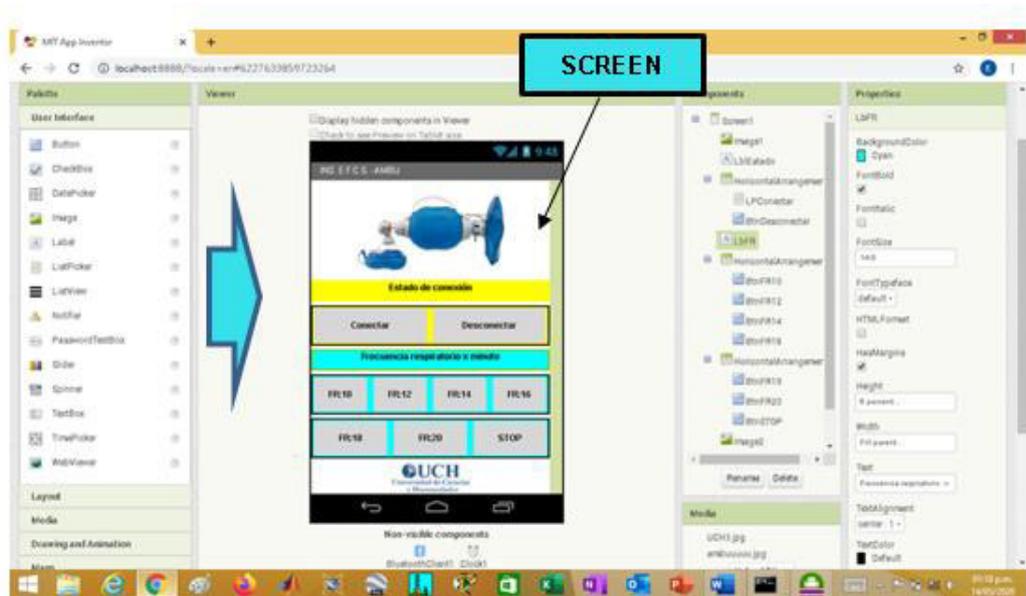
Desarrollo de la programación para ser instalado en el dispositivo móvil, mediante la aplicación MIT App inventor, MIT App inventor es una plataforma gratuita, que en sus orígenes nace en como un proyecto de los laboratorios de Google, pero que posteriormente es tomado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, actualmente se encuentran en sus servidores, esta plataforma nos permite crear de manera muy sencilla Apps para dispositivos móviles Android.



**Figura 39. Desarrollo del programa en MIT App inventor**

**Fuente: Elaboración propia**

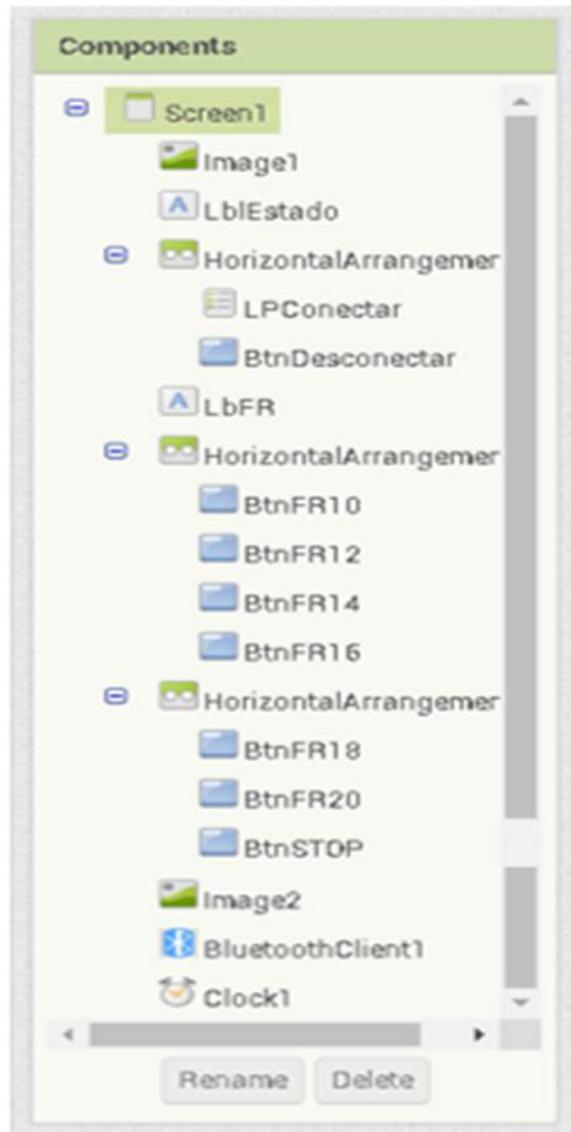
La imagen muestra el desarrollo de la aplicación en MIT App inventor, se instalará en el dispositivo móvil que tengan sistema operativo Android, este Apps contiene los comandos para controlar los diferentes parámetros de ventilación, además del encendido y apagado del sistema mecánico.



**Figura 40. Programa en MIT App inventor**

**Fuente: Elaboración propia**

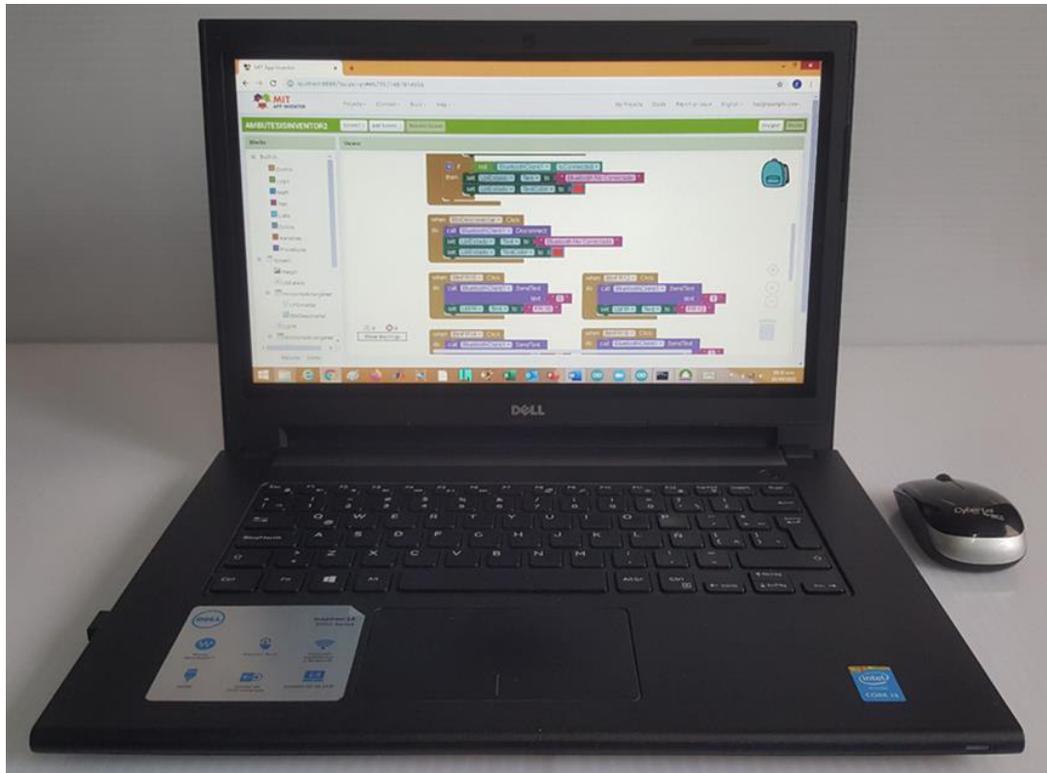
La imagen muestra la estructura de la programación, los componentes de lado donde indica paleta serán arrastrados hacia donde se indica como SCREEN 1, los componentes nos van ofrecer a nuestra aplicación determinados comportamientos, al término de armar los componentes, se debe pasar al siguiente nivel, para ello seleccionamos en la parte derecha donde se indica bloques, en la figura 41 se detalla los componentes establecidos para este Apps.



**Figura 41. Desarrollo de componentes en programa en MIT App inventor**

**Fuente: Elaboración propia**

En la primer a línea se crea la imagen para la aplicación, siguiente paso es configurar los botones para los comandos, al término del desarrollo de la aplicación incorporar el bluetooth, luego de terminar de completar estos comandos se procede con el diseño de blocks.



**Figura 42. Desarrollo de blocks en programa MIT App inventor**

**Fuente: Elaboración propia**

Desarrollo de blocks, en esta parte se desarrolla la lógica de la aplicación, los componentes serán transferidos hacia los bloques, en la figura número 43 se muestra a detalle los blocks de la aplicación.

```

when LPConectar . BeforePicking
do
  set LPConectar . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when LPConectar . AfterPicking
do
  if call BluetoothClient1 . Connect
    address LPConectar . Selection
  then
    set LPConectar . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when Clock1 . Timer
do
  if BluetoothClient1 . IsConnected
  then
    set LblEstado . Text to "Bluetooth Conectado"
    set LblEstado . TextColor to [dark purple]
  if not BluetoothClient1 . IsConnected
  then
    set LblEstado . Text to "Bluetooth No Conectado"
    set LblEstado . TextColor to [red]

when BtnDesconectar . Click
do
  call BluetoothClient1 . Disconnect
  set LblEstado . Text to "Bluetooth No Conectado"
  set LblEstado . TextColor to [red]

when BtnFR10 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "0"
  set LbFR . Text to "FR:10"

when BtnFR12 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "1"
  set LbFR . Text to "FR:12"

when BtnFR14 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "2"
  set LbFR . Text to "FR:14"

when BtnFR16 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "3"
  set LbFR . Text to "FR:16"

when BtnFR18 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "4"
  set LbFR . Text to "FR:18"

when BtnFR20 . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "5"
  set LbFR . Text to "FR:20"

when BtnSTOP . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "6"
  set LbFR . Text to "STOP"

```

Figura 43. Block del programa MIT App inventor

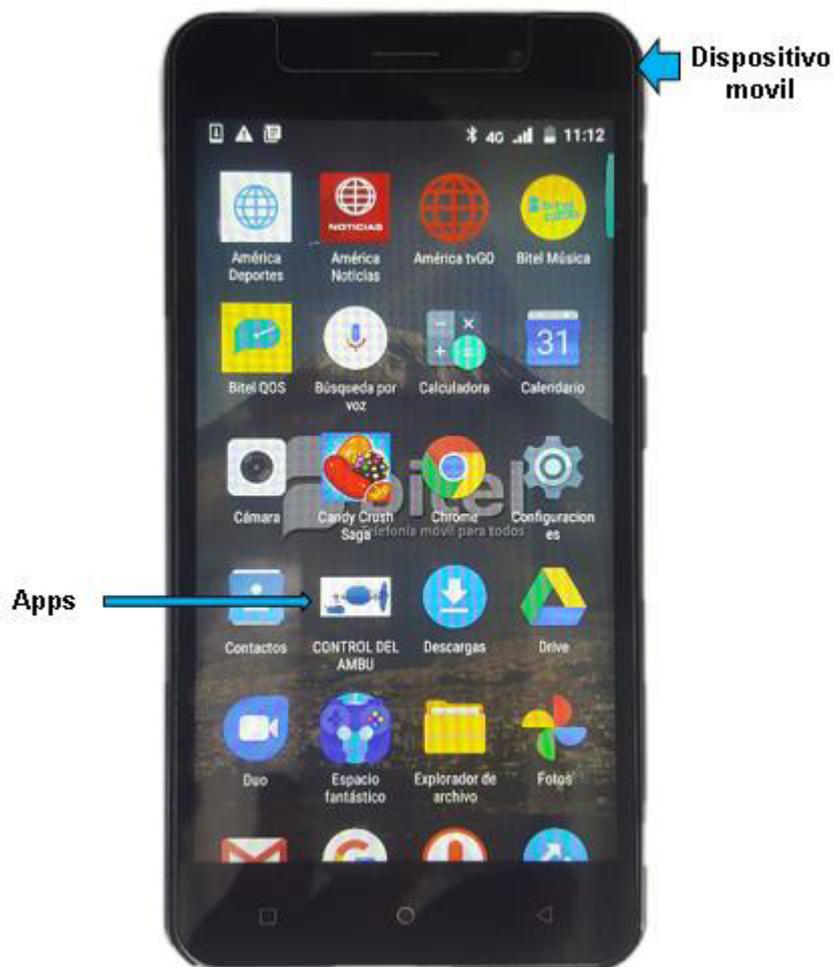
Fuente: Elaboración propia



**Figura 44. Transferencia del programa mediante comunicación por bluetooth**

**Fuente: Elaboración Propia**

Después de haber terminado el desarrollo de la aplicación, se guarda el archivo, luego se procede a transferir la programación hacia el dispositivo móvil, mediante cable o de manera inalámbrica, como se muestra en la imagen.

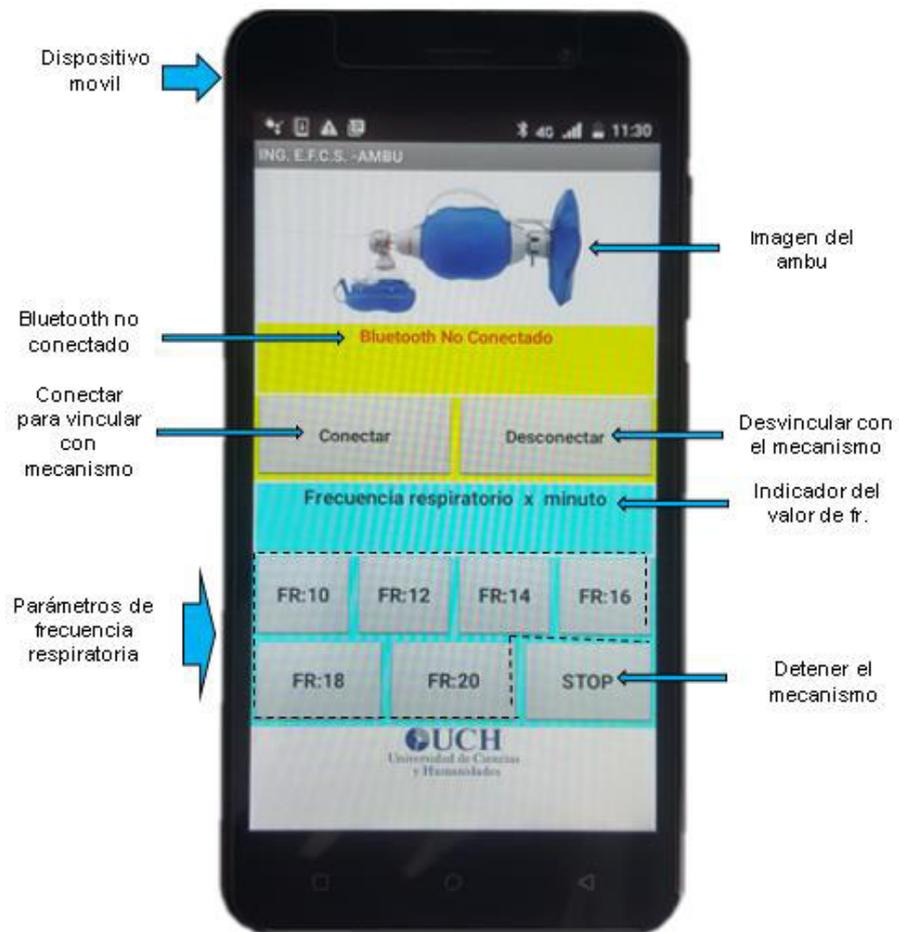


**Figura 45. Apps instalado en dispositivo móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

En la imagen se muestra la figura de un Ambu, es la aplicación instalada en el dispositivo móvil, esta aplicación puede ser instalado en cualquier maraca de celulares que tengan sistema operativo Android.

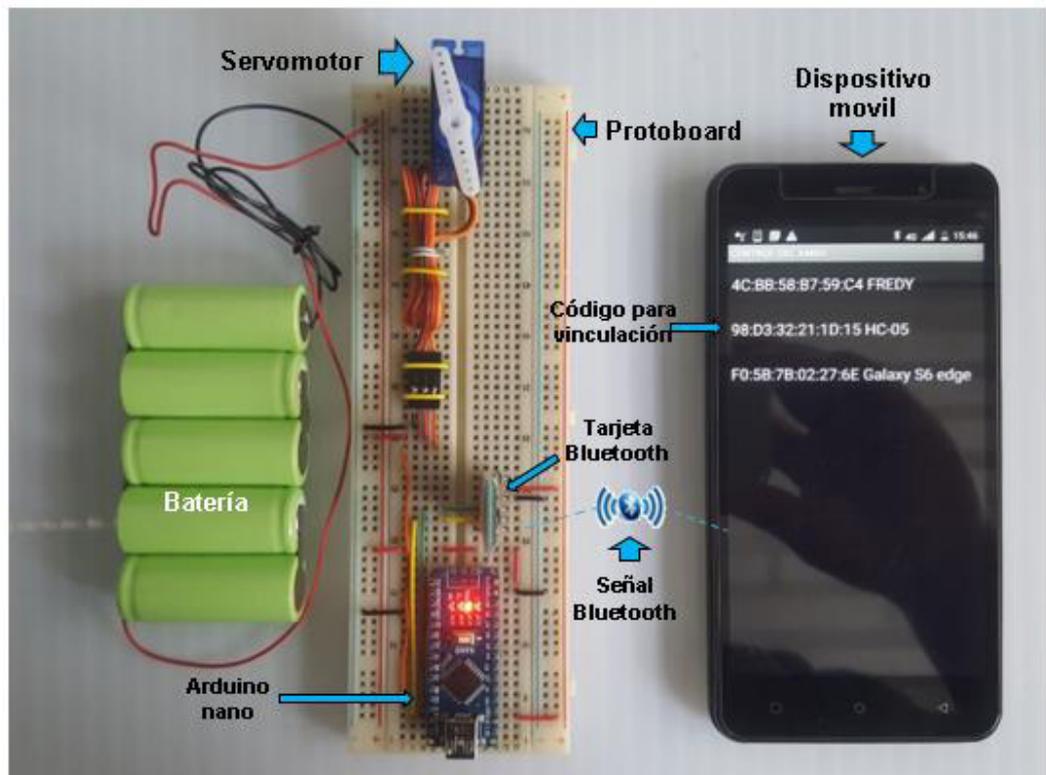
En la figura número 46, se muestra la aplicación aperturado, no es necesario tener habilitado el bluetooth del dispositivo móvil.



**Figura 46. Apertura de Apps en dispositivo móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

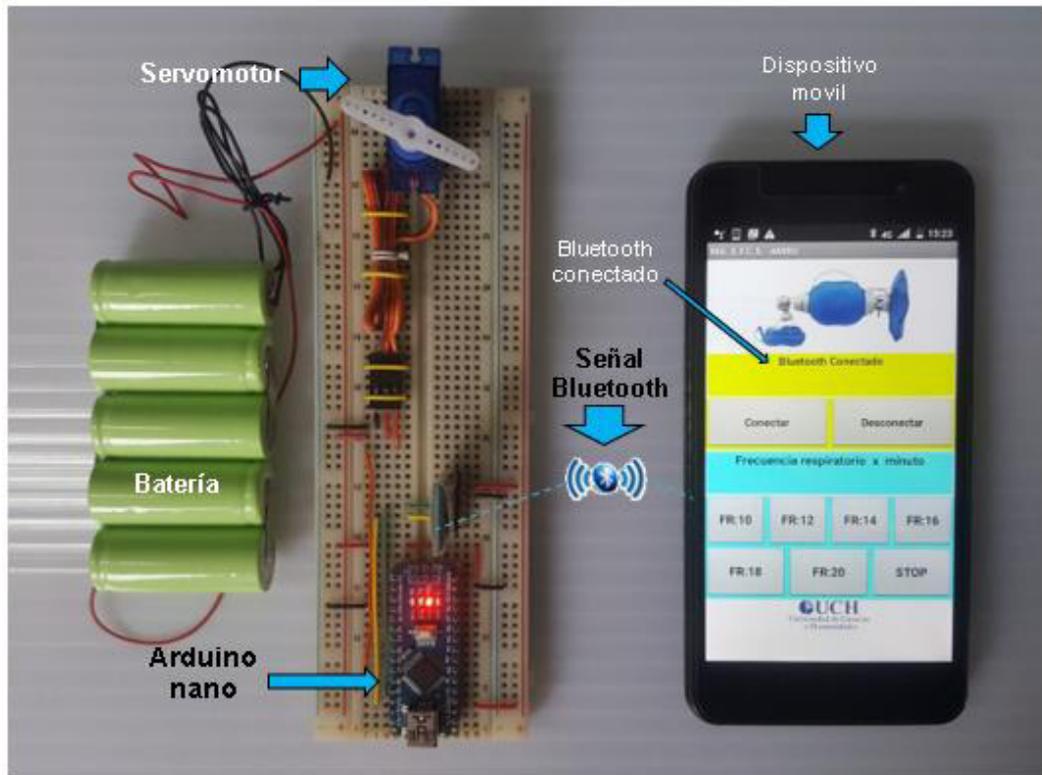
En la imagen se describe en detalle a cada función, además de ello en la parte roja se señala como bluetooth no conectado, este cambiara a conectado cuando se vincule con el módulo bluetooth de nuestro sistema mecánico.



**Figura 47. Vinculación de dispositivos**

**Fuente: Elaboración propia**

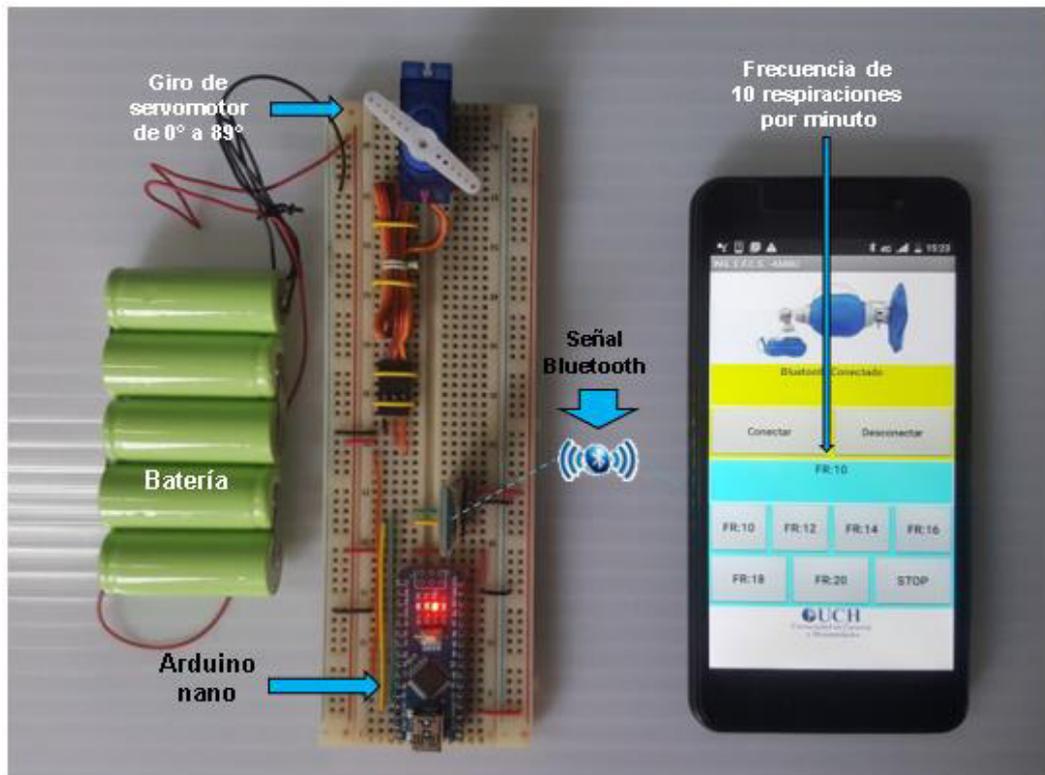
En la imagen se muestra la vinculación entre el dispositivo móvil y el módulo bluetooth, el dispositivo móvil reconocerá dispositivos que tengan activo el sistema bluetooth, como se puede apreciar el dispositivo encontró al código del módulo bluetooth, presionando en el código se vincularan ambos dispositivos.



**Figura 48. Placa arduino vinculado con dispositivo móvil**

**Fuente: Elaboración propia**

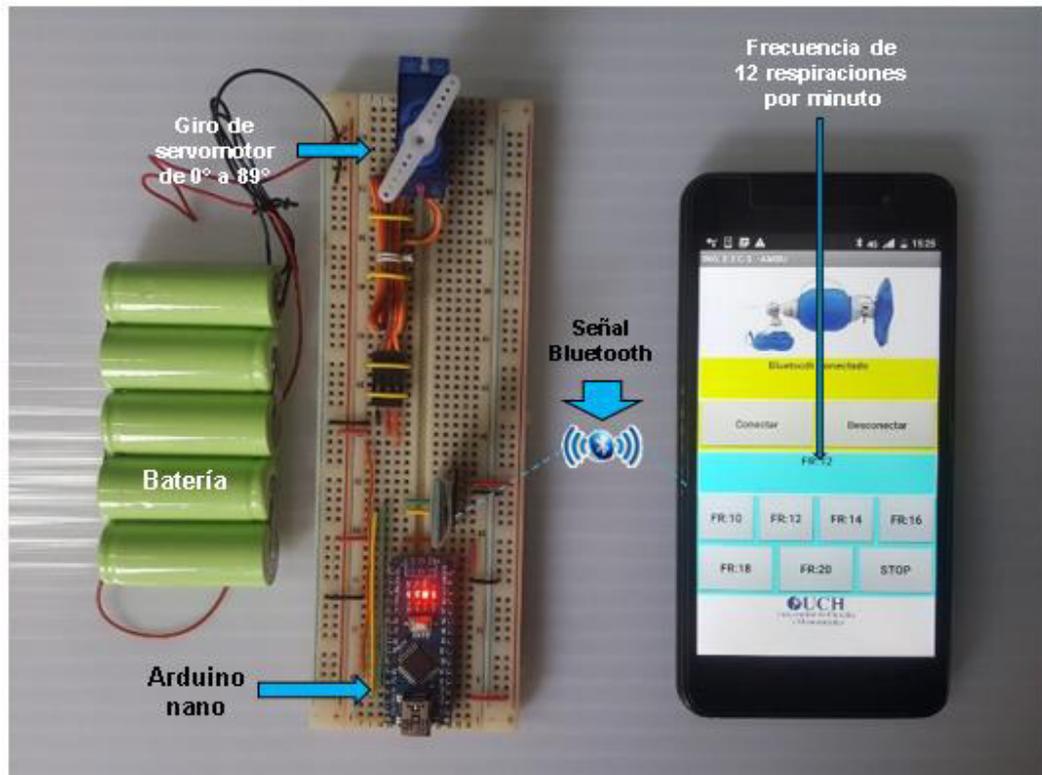
En la imagen podemos apreciar que el dispositivo móvil se encuentra vinculado al módulo bluetooth, nos muestra bluetooth conectado, desde estos momentos se puede enviar los comandos mostrados como FR con los diferentes valores predeterminados, el motor empezar a girar de acuerdo al comando enviado.



**Figura 49. Prueba de FR a 10 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

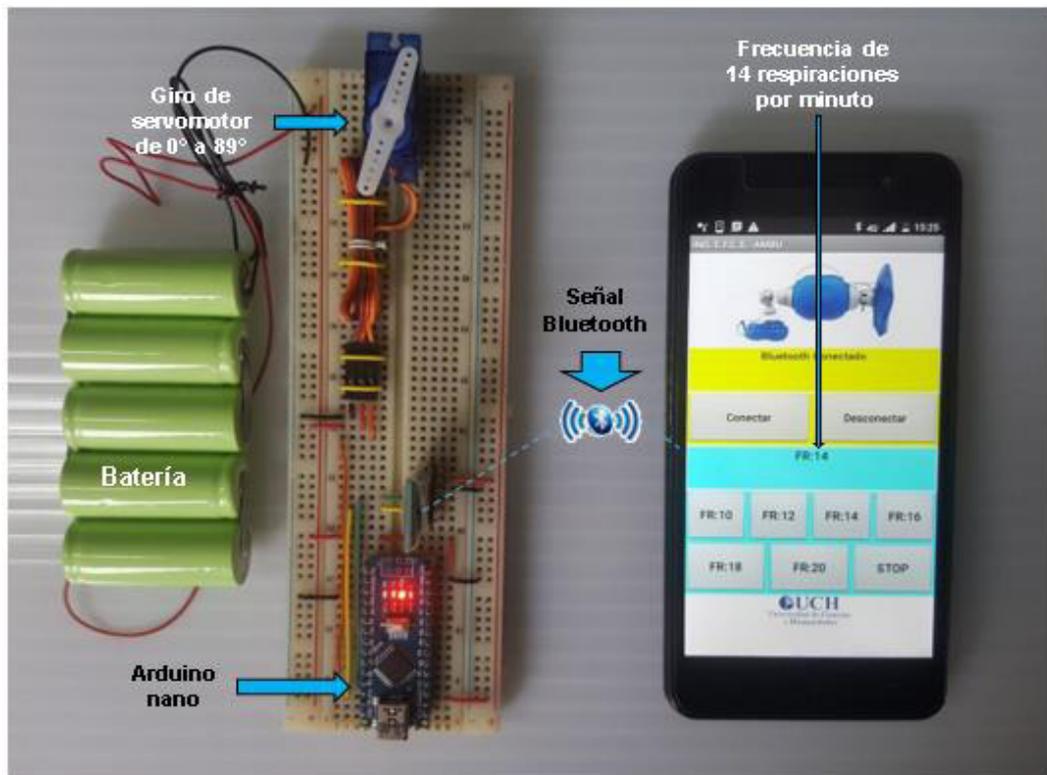
La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 10, por lo tanto, el motor empezara a girar de 0° a 89°, en un determinado tiempo establecido retornara de 89° a 0°, no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posicione en 0° para empezar un nuevo ciclo.



**Figura 50. Prueba de FR a 12 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

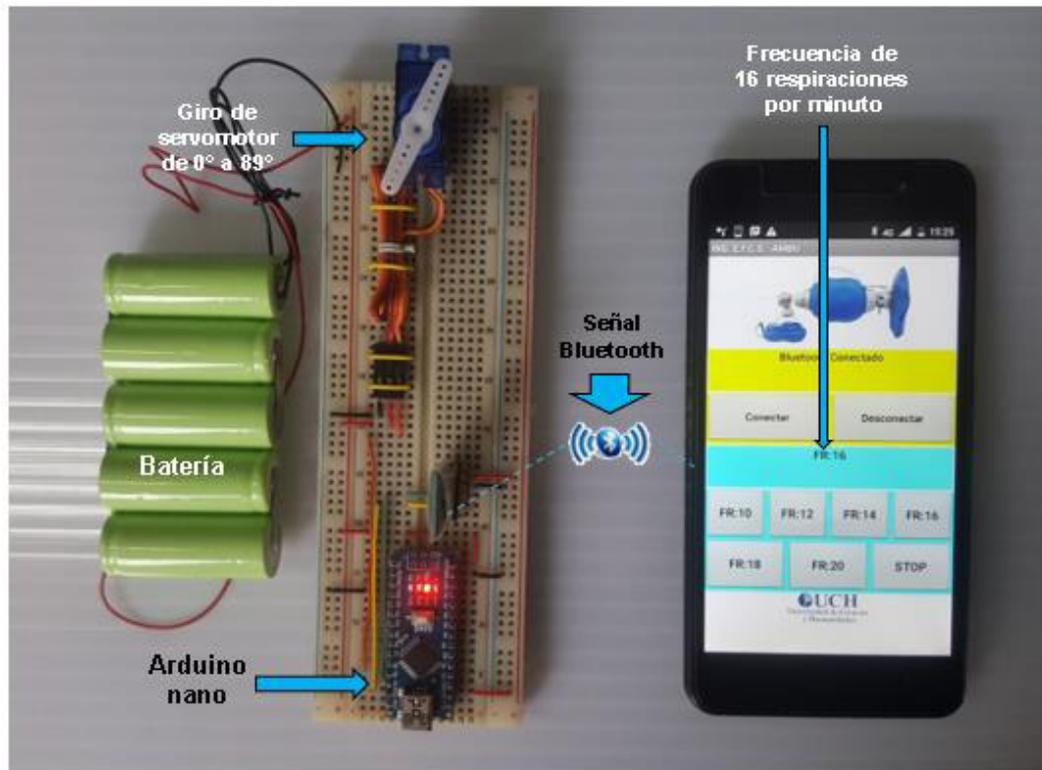
La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 12, por lo tanto, el motor empezara a girar de  $0^{\circ}$  a  $89^{\circ}$ , en un determinado tiempo establecido, retornara de  $89^{\circ}$  a  $0^{\circ}$ , no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posicione en  $0^{\circ}$  para empezar un nuevo ciclo.



**Figura 51. Prueba de FR a 14 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

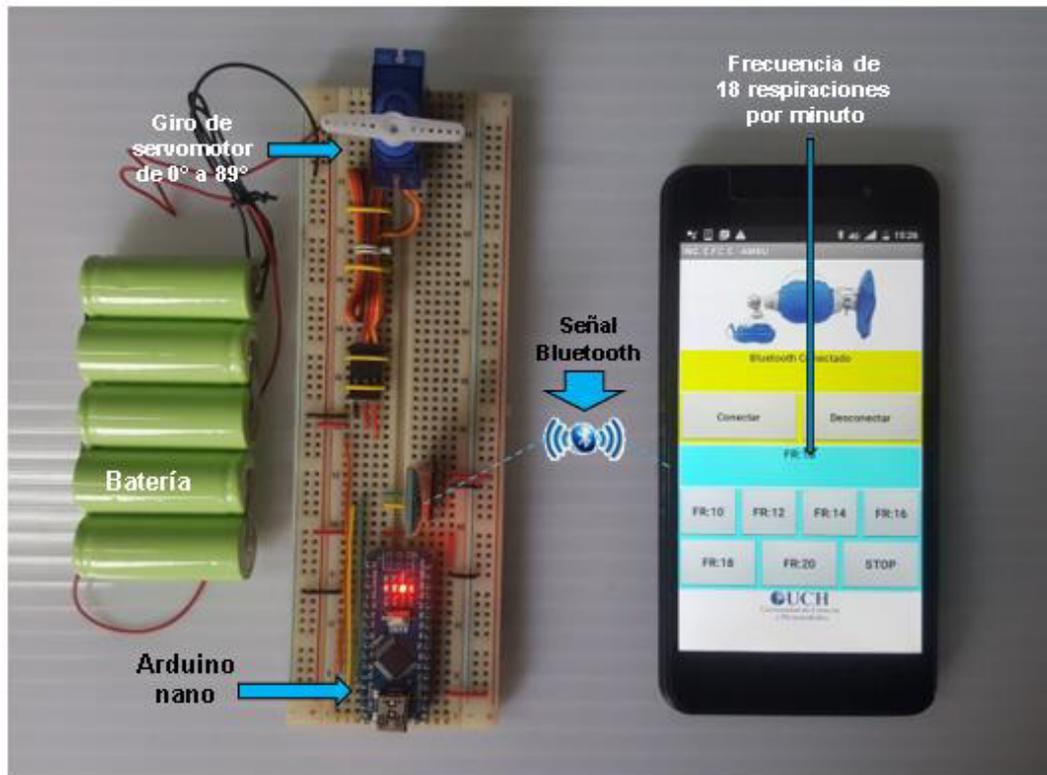
La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 14, por lo tanto, el motor empezara a girar de  $0^\circ$  a  $89^\circ$ , en un determinado tiempo establecido, retornara de  $89^\circ$  a  $0^\circ$ , no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posicione en  $0^\circ$  para empezar un nuevo ciclo.



**Figura 52. Prueba de FR a 16 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

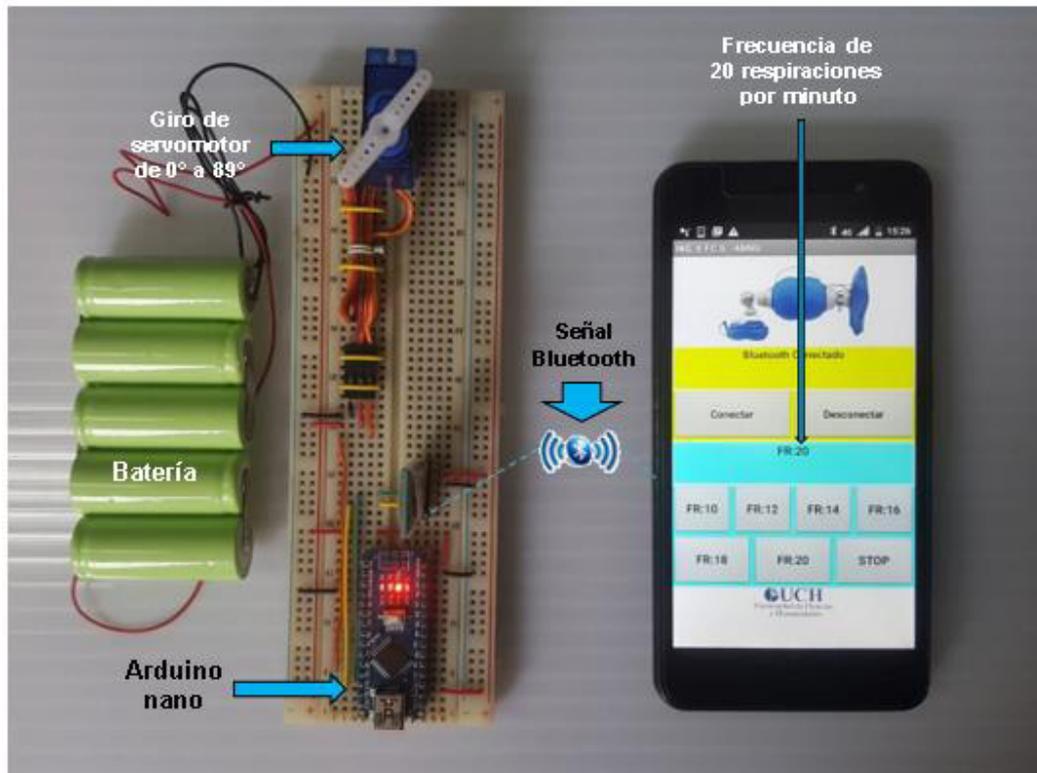
La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 16, por lo tanto, el motor empezara a girar de  $0^\circ$  a  $89^\circ$ , en un determinado tiempo establecido, retornara de  $89^\circ$  a  $0^\circ$ , no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posicione en  $0^\circ$  para empezar un nuevo ciclo.



**Figura 53. Prueba de FR a 18 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 18, por lo tanto, el motor empezara a girar de  $0^\circ$  a  $89^\circ$ , en un determinado tiempo establecido, retornara de  $89^\circ$  a  $0^\circ$ , no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posicione en  $0^\circ$  para empezar un nuevo ciclo.



**Figura 54. Prueba de FR a 20 respiraciones por minuto**

**Fuente: Elaboración propia**

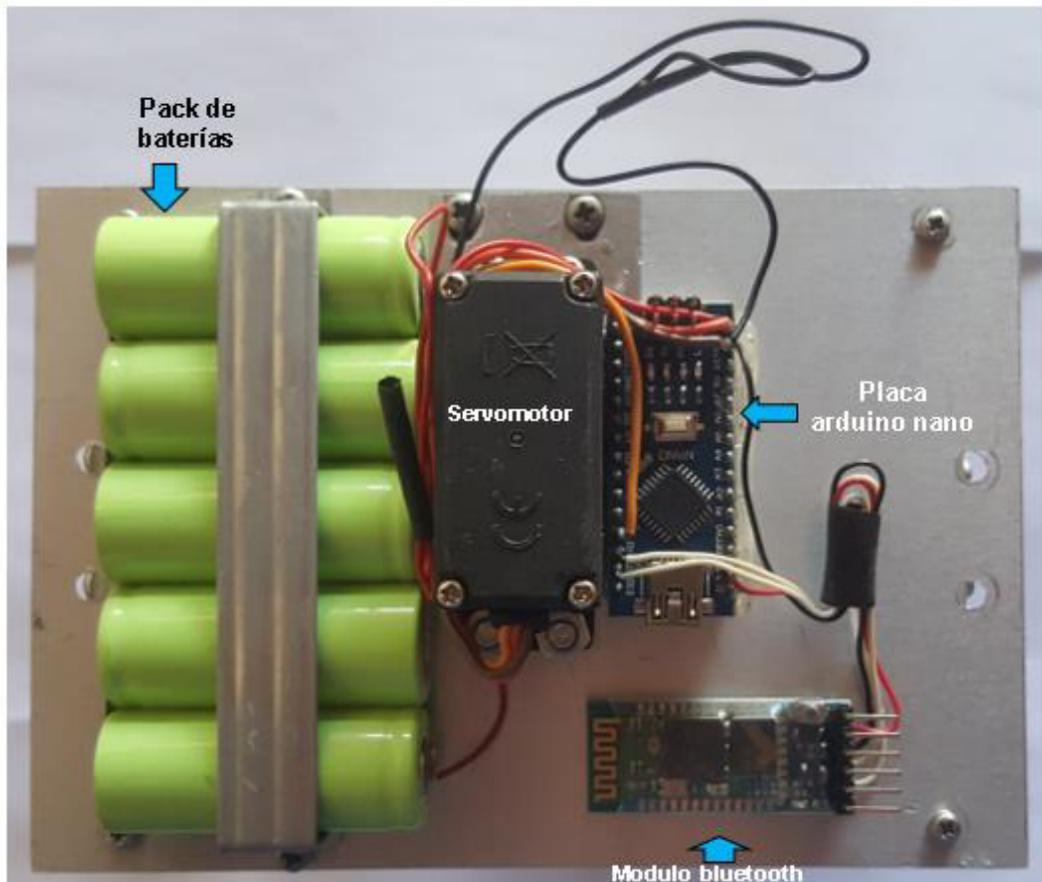
La imagen muestra en el centro de la pantalla del dispositivo móvil, que se ha seleccionado el valor de FR: 20, por lo tanto, el motor empezara a girar de 0° a 89°, en un determinado tiempo establecido, retornara de 89° a 0°, no hay necesidad de detener o pausar el movimiento para cambiar de parámetro de FR. El microcontrolador reconocerá el nuevo comando enviado y esperará a que se posición en 0° para empezar un nuevo ciclo.

**Tabla 3. Tiempo de giro de motor de 0° a 89°**

Parámetros de frecuencia respiratoria por minuto	tiempo de giro de motor de 0° a 89° (inspiración)	tiempo de giro de motor de 89° a 0° (espiración)
FR-10	1.2 segundos	3.85 segundos
FR-12	1.2 segundos	3.26 segundos
FR-14	1.2 segundos	2.79 segundos
FR-16	1.2 segundos	2.5 segundos
FR-18	1.2 segundos	2.2 segundos
FR-20	1.2 segundos	1.9 segundos

**Fuente: Elaboración propia**

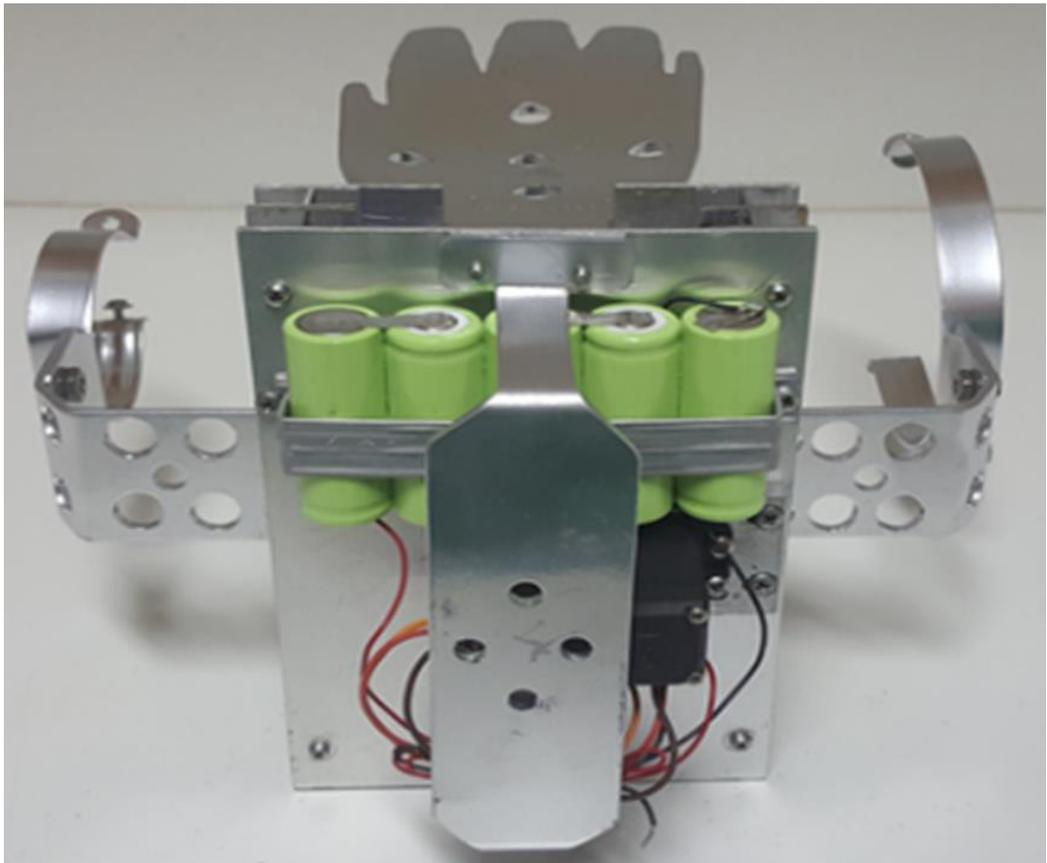
En la tabla se presenta los tiempos de giro del servomotor, para cada parámetro se presenta un determinado tiempo, el tiempo de giro de 0° a 89° nos servirá como tiempo de inspiración, lo que implica que el Ambu será presionado, cuando el giro retorne de 89° a 0° nos servirá como el tiempo de espiración, por lo tanto, el Ambu dejara de ser presionado.



**Figura 55. Instalación de tarjetas al mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

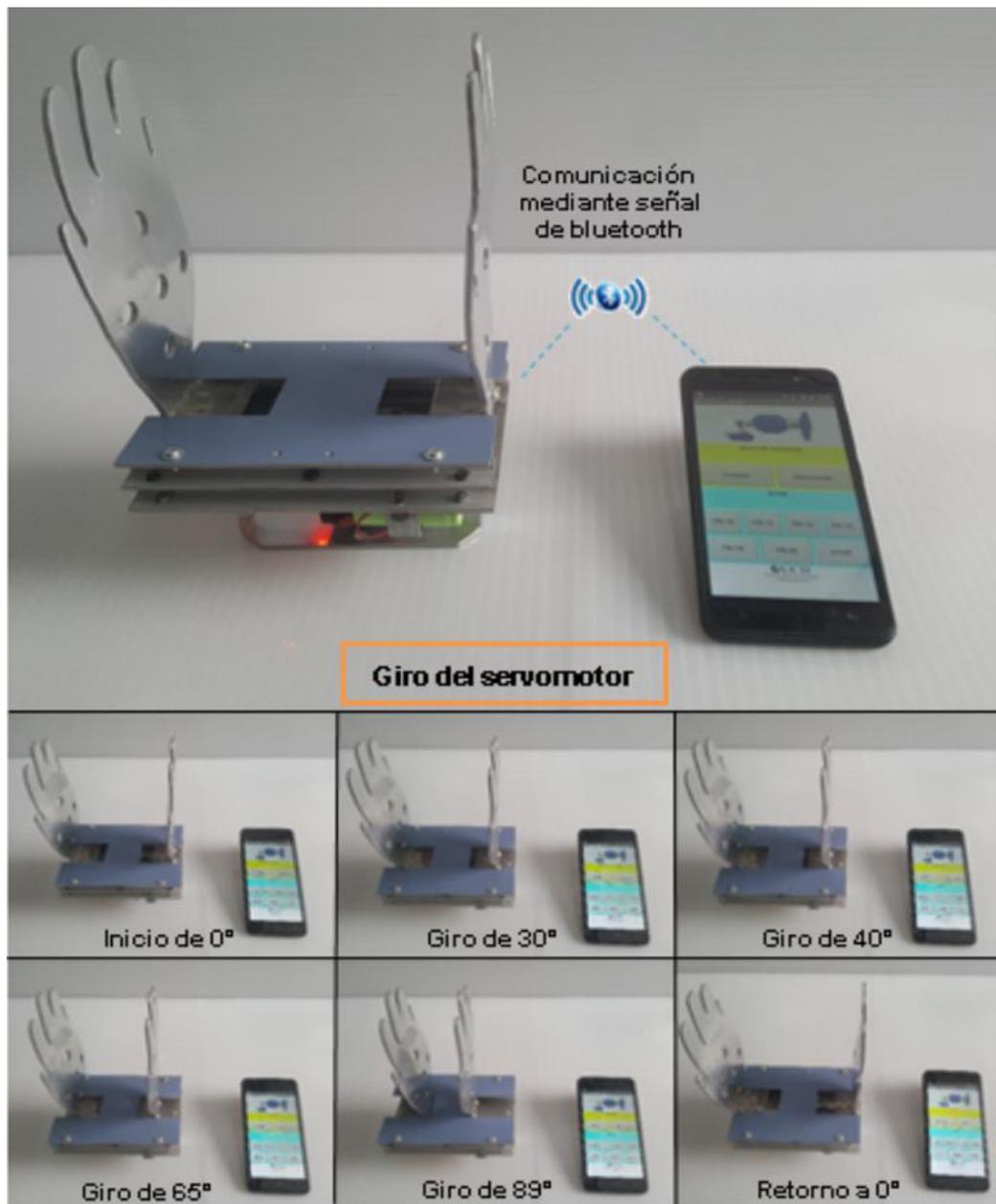
La imagen corresponde al circuito del proyecto, la conexión entre los componentes, la ubicación de los componentes están instalados en la superficie de la base del sistema mecánico.



**Figura 56. Instalación de soporte al mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

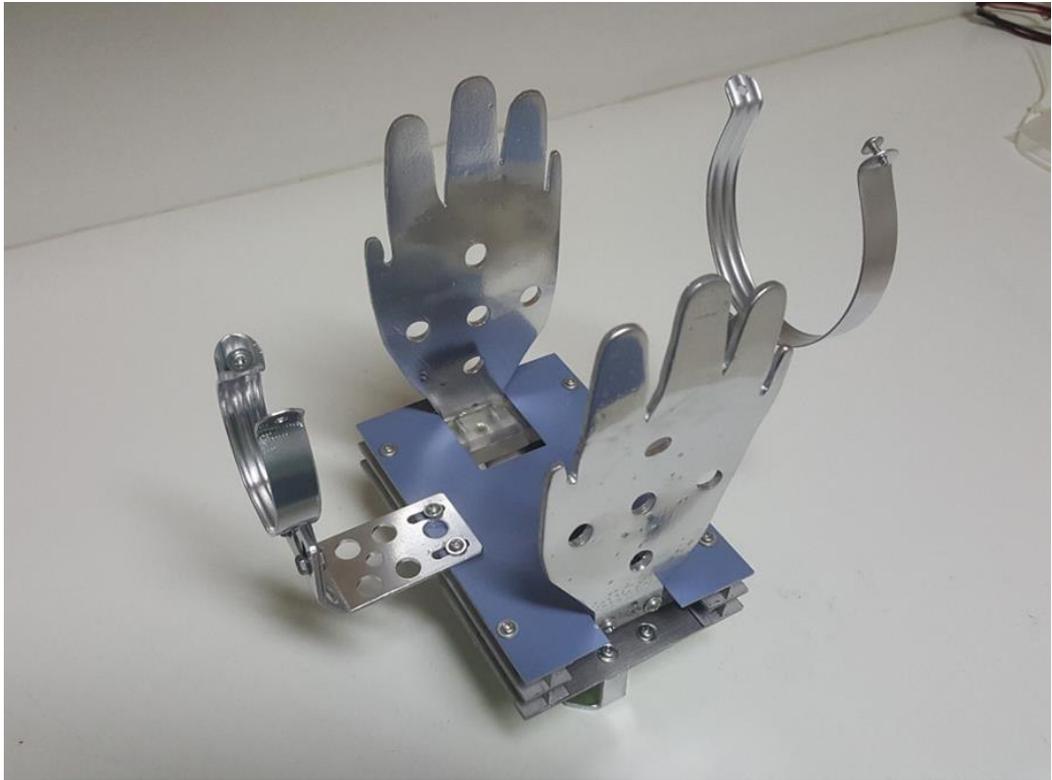
La imagen del sistema mecánico visto desde su frente, se encuentra acoplado con los componentes electrónicos, la batería está fijado con una barra por encima, entornillado a sus extremos, también se muestra los soportes para acoplar el Ambu.



**Figura 57. Demostración de funcionamiento del mecanismo**

**Fuente: Elaboración propia**

En la imagen se muestra el funcionamiento del mecanismo, a medida que transcurre el tiempo las palas se van cerrando, cuando llegue a cerrarse hasta un límite, este empezará a retornar a su posición original, seguirá con el mismo ciclo hasta detenerlo o cambiar de parámetro, al cambiar el parámetro este tendrá un tiempo distinto de retorno de las palas, el giro del servomotor es continuo.



**Figura 58. Mecanismo terminado**

**Fuente: Elaboración propia**

La imagen del sistema mecánico visto desde la parte inferior, se muestra las palas que servirán para presionar al Ambu, también se muestra a los extremos dos aros, estos servirán para sujetar al Ambu.

### 3.5. O.E.5: DETERMINAR LA APLICACION DEL SISTEMA MECÁNICO

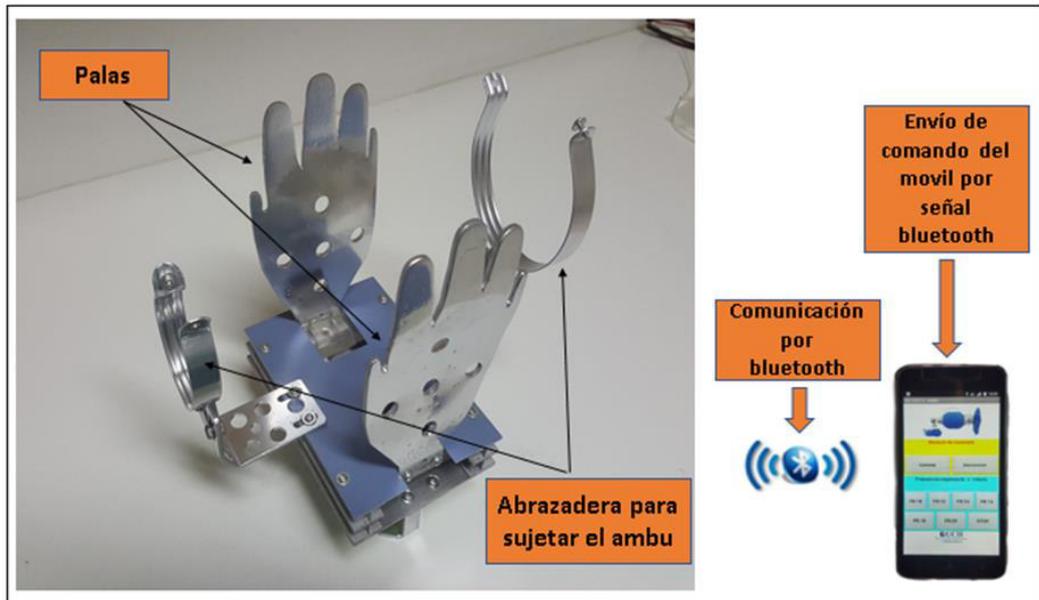
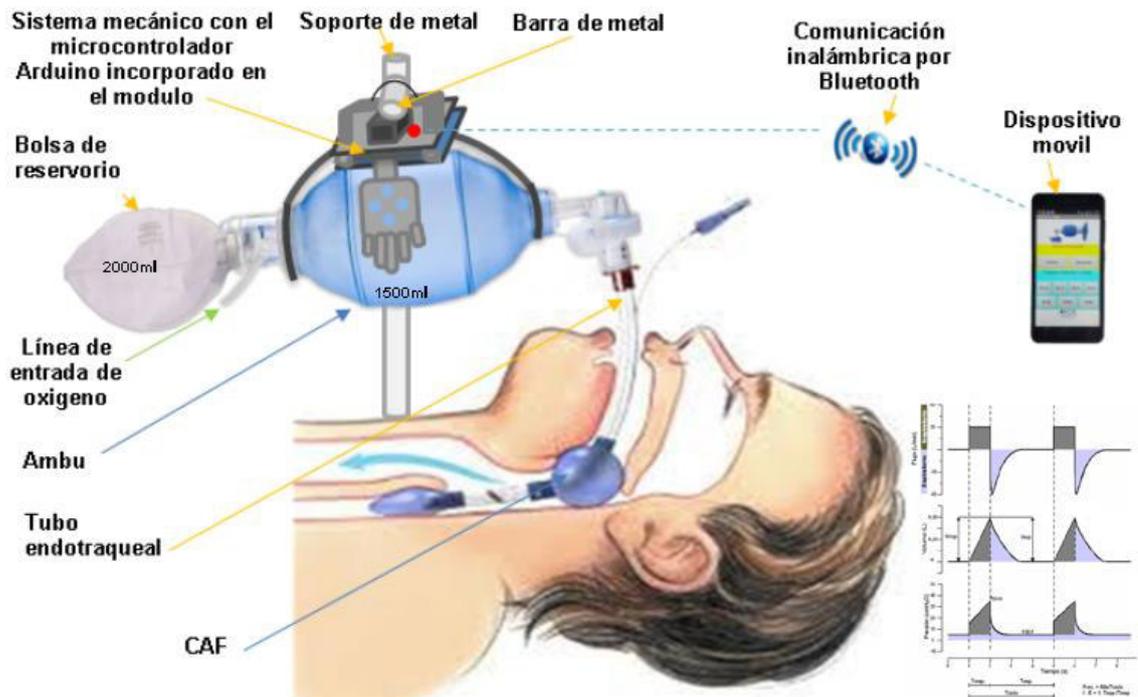


Figura 59. Prototipo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen vemos a los dispositivos que conforman este proyecto, se empleará la señal del sistema Bluetooth para la comunicación, también se observa al sistema mecánico desplegado a la espera de colocarse el Ambu, ambos extremos del Ambu son de diferentes tamaños, el diámetro se acondicionará a varias marcas de respiradores manuales conocido como Ambu.



**Figura 60. Uso del prototipo en paciente con insuficiencia respiratoria**

**Fuente: Elaboración propia**

De esta manera se colocará el sistema mecánico, acoplado con el Ambu, como se puede apreciar estará sujeto en un soporte y una barra de metal, este soporte estará insertado en la baranda de la cama, el mecanismo empezara hacer su trabajo después de haber colocado el terminal del Ambu al tubo endotraqueal, se instalara la fuente de alimentación al sistema mecánico, siguiente paso se procederá a encender el dispositivo móvil y el sistema mecánico de sincronización, se deberá iniciar la vinculación entre los dos dispositivos, mediante la señal del sistema bluetooth, luego a través del dispositivo móvil se deberá enviar el comando, según el parámetro que requiera el paciente.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO**

## 4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.1.1. Recursos humanos

Se consideró para los recursos humanos la adquisición de las fuentes bibliográficas, la movilidad y estructura metálica.

**Tabla 4. Presupuesto de Recursos Humanos**

<b>PRESUPUESTO DE RECURSOS HUMANOS</b>		
Fuentes Bibliográficas	S/	30.00
Mano de Obra	S/	300.00
Movilidad	S/	9.00
<b>Costo Total 1</b>	<b>S/</b>	<b>339.00</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

### 4.1.2. Recursos de hardware

Se realizó la compra retazos de material de aluminio para la estructura mecánica, pintura spray para el pintado, Protoboard para experimentar el funcionamiento del servomotor.

En la Tabla 06, se indican los dispositivos electrónicos para la implementación del controlador y del sistema de comunicación.

**Tabla 5. Presupuesto de Recursos de hardware**

<b>PRESUPUESTO DE EQUIPOS</b>		
Placa Arduino nano	S/	9.00
Modulo bluetooth	S/	22.00
Servomotor	S/	120.00
Bolsa de silicona Ambu	S/	600.00
Batería recargable	S/	60.00
Material de aluminio	S/	10.00
Broca	S/	2.00
Dispositivos electrónicos	S/	9.00
Pintura spray	S/	9.00
<b>Costo Total 2</b>	<b>S/</b>	<b>841.00</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Nota: los cables empleados son reciclados de cable de teclado.

#### **4.1.3. Recursos de software**

Software utilizado para el desarrollo del proyecto se obtuvo de manera gratuito, el trabajo se realizó en las instalaciones del laboratorio de cómputo de la Universidad de Ciencias y Humanidades.

**Tabla 6. Presupuesto de Software**

<b>PRESUPUESTO DE PROGRAMAS</b>		
Software	S/	00.00
<b>Costo Total 3</b>	<b>S/</b>	<b>00.00</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Se considera a estos 3 puntos los costos totales para el desarrollo del proyecto, además de la inversión de los costos de recursos

humanos. Por lo tanto, sumaremos todos los costos totales para obtener la inversión total del proyecto.

**Tabla 7. Sumatoria de Presupuestos**

<b>SUMATORIA DE COSTOS</b>		
Costo Total 1	S/	339.00
Costo Total 2	S/	841.00
Costo Total 3	S/	0.00
<b>Monto Total</b>	<b>S/</b>	<b>1180.00</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Se obtuvo el cálculo del costo total del proyecto, este monto se utilizará para el análisis de sensibilidad.

## **4.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

### **4.2.1. Desarrollo del flujo de caja**

Para sustentar el análisis del flujo de caja se adjuntó el monto total que se gastará por cada producto, además de los costos anuales de mantenimiento preventivo, correctivo y de producción del mismo sistema. En la siguiente tabla se mostrarán los montos de ingresos y egresos, el flujo de caja indicando el ingreso neto y finalmente el costo beneficio.

Se consideró la inversión inicial para 3 sistemas, al producto se consideró una ganancia de 20% a la inversión inicial, obteniendo así S/ 4,248.00 que sería el monto del total de ingresos. Dentro del 20% se considera pérdidas por concepto de mantenimientos imprevistos. Agregando a lo anterior, también indicar que existen gastos de mantenimiento preventivo y en el segundo año se considera el monto de la inversión inicial. Se hizo una proyección de 4 años para ver si el proyecto muestra una rentabilidad deseable y progresiva.

**Tabla 8. Flujo de Caja del Proyecto**

N° de AÑO	0	1	2	3	4
<b>INGRESOS</b>					
Venta del producto		S/4248.00	S/4248.00	S/4248.00	S/4248.00
<b>Total de Ingresos</b>		S/4248.00	S/4248.00	S/4248.00	S/4248.00
<b>EGRESOS</b>					
Inversión inicial	S/ 3540.00				
Gastos por recursos humanos	S/ 339.00				
Gastos por hardware	S/ 841.00				
Gastos por software	S/ 0.00				
Mantenimiento		S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00
Producción			S/3540.00	S/3540.00	S/3540.00
<b>Total, de Egresos</b>	S/ 3540.00	S/ 80.00	S/3620.00	S/3620.00	S/3620.00
<b>Flujo de Caja (Ingreso Neto)</b>	S/ -3540.00	S/4168.00	S/ 628.00	S/ 628.00	S/ 628.00
<b>Costo Beneficio</b>	S/ -3540.00	S/ 628.00	S/1256.00	S/1884.00	S/2512.00

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Análisis del VAN

Para obtener el VAN (Valor Actual Neto), consideramos la venta de los 3 sistemas mecánicos, por lo tanto, la inversión inicial será el valor de S/.3540.00 Se estima una tasa de descuento del 10% evaluado en un periodo de 4 años posterior a la implementación del sistema mecánico.

Como se observa en el flujo de caja, a partir del primer año ya se obtiene un costo beneficio de S/.628.00, indicando la rentabilidad además que es un crecimiento progresivo de ganancias.

Según la fórmula para hallar el VAN indica lo siguiente:

$$VAN = -Inv + \sum_{0=1}^n \frac{Fj}{(1+T)^0} \quad (1)$$

Donde:

- Fj= Flujo neto son las variables pertenecientes a cada periodo
- T= Es la tasa de Descuento que para este caso es del 10%.
- o= Es el número de término que se está analizando.

**Tabla 9. Flujo de Caja del Proyecto VAN**

N° de años	Flujo neto	(1+T) °	Flujo neto/(1+T) °
0	-3,540.00		-3,540.00
1	4,168.00	1.00	3789.090909
2	628.00	1	519.0082645
3	628.00	1.00	471.825695
4	628.00	1	428.93245
		<b>VAN</b>	<b>1,668.86</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Empleando la formula, se consiguió obtener un VAN positivo de S/.1,668.86 siendo el VAN mayor a cero, por tanto, la inversión es rentable. Es decir, el dinero que se proyecta recuperar, aun después de ajustarlo con la tasa de descuento, es superior al que se invierte.

#### **4.2.3. Análisis del TIR**

El análisis del TIR (Tasa Interna de Retorno) el cual nos indicara el porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto, así determinando la rentabilidad de los ingresos y egresos generados por la inversión inicial. Para el análisis del TIR se utilizó la siguiente formula 2 que al igual del VAN, solo que esta vez se tendrá que igualar a cero.

$$TIR = -Inv + \sum_{t=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (2)$$

**Tabla 10. Flujo de Caja del Proyecto TIR**

<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	
Tasa de descuento	VAN
0%	2,512.00
5%	2,058.29
<b>Propuesto 10%</b>	<b>1,668.86</b>
15%	1,331.19
20%	1,035.73
25%	775.08
30%	543.48
35%	336.31
40%	149.89
45%	-18.77
50%	-172.1
55%	-312.13
60%	-440.54
<b>TIR</b>	<b>44.42%</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Operando la fórmula con los datos obtenidos, tenemos como resultado que el TIR es de 44.42%, indicando la rentabilidad del sistema.



**Figura 61. Gráfica de la Tasa interna de retorno**

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra de manera gráfica la tasa de retorno, está dado en el eje de la “y” todos los valores del valor actual neto, y en el eje de la “x” se encuentra la tasa de descuento, el punto de la intersección sería nuestra tasa de retorno, por lo tanto todos los datos que están por debajo de los 44.02% hasta el 10% siempre van a tener valor actual neto positivo por lo tanto este proyecto es aceptable y si el proyecto tuviera mayor a 44.02% el van es negativo por lo tanto el proyecto tiene que ser rechazado.

#### 4.2.4. Análisis del ROI

El análisis del ROI (Return On Investment), es el valor económico generado como la relación entre la inversión y los beneficios generados. Quiere decir que la Formula 3 para el ROI es la siguiente:

$$ROI = \frac{(BENEFICIO - INVERSIÓN)}{INVERSIÓN} \quad (3)$$

Tabla 11. Flujo de Caja del Proyecto ROI

	628.00
	1,256.00
	1,884.00
	2,512.00
COSTO BENEFICIO	6,280.00
INVERSION INICIAL	3,540.00
<b>ROI</b>	<b>77.40%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo un resultado del 77.40%, este valor nos indica que es positivo, por lo tanto, el proyecto es rentable y no habría pérdidas de dinero.

Nota: Todos los análisis se hicieron en base a un periodo de 4 años utilizando los datos hallados en el flujo de caja.

## **Conclusiones**

- Se concluye que la Insuficiencia respiratoria se produce cuando el aparato respiratorio no es capaz de mantener el adecuado intercambio de los gases respiratorios entre la atmosfera y la sangre.
- De igual manera, los ventiladores mecánicos son vitales cuando se tienen que utilizar en pacientes que no puedan respirar por sus propios medios.
- Asimismo, el sistema mecánico acoplado al Ambu realizará el trabajo del operador y lo realizará de manera sincronizada.
- Además, los parámetros establecidos para la frecuencia respiratoria, entregaran un volumen y flujo estable.
- Finalmente, el sistema de comunicación por bluetooth no interfiere en los equipos médicos que se encuentran a su alrededor.

## Recomendaciones

- Antes de utilizar el equipo hay que leer el manual de instrucciones para el manejo del equipo.
- Desarmar cuidadosamente el equipo cuando se tenga que esterilizar la bolsa de silicona Ambu.
- Asimismo, se recomienda limpieza de la estructura del equipo con solución de cloruro de didecildimetilamonio, después de cada uso.
- Guardar el equipo en su respectivo maletín.
- Desinfectar mensualmente empleando en forma de aerosol la solución de betagen R-82F. Dosis: 0.4%- 4ml por litro de agua blanda.
- Fijar firmemente el equipo al soporte.
- Evitar caída de agua al interior del equipo.
- Mantener en constante carga de la batería.
- Respetar el cronograma de mantenimiento preventivo del equipo.
- Además, se recomienda el mantenimiento preventivo del equipo cada 6 meses.
- Realizar la actualización del software anualmente.
- Lubricar las partes mecánicas después de su uso empleando aceites lubricantes de preferencia Spraynet.
- En caso de avería de la fuente de alimentación, no se recomienda emplear otro tipo de fuente de alimentación. Llamar a la casa comercial.
- En caso de notar ruido extraño en el equipo reportar al servicio técnico.
- En caso de caída del equipo no utilizar hasta que sea revisado por el servicio técnico.

## Referencias

- Acuerdo de concejo N° 010-2012. *Actualizar el acuerdo de concejo N° 040-98 de fecha 19/08/1998.* Recuperado de [https://www.munimolina.gob.pe/normas/acuerdos/acuerdos\\_2012](https://www.munimolina.gob.pe/normas/acuerdos/acuerdos_2012)
- Al Hussein, A. M., Ju Lee, H., Negrete, J., Powelson, S., Servi, A., Slocum, A., & Saukkonen, J. (2010). *Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator.* Recuperado de <https://asmedigitalcollection.asme.org/medicaldevices>
- Caicedo, A. (2017). *Arduino para principiantes.* Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=Fw\\_RDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=arduino+nano&ots=QVftZiNa79&sig=W2Bah2g0cZhyt5NSHIPBJT1bo#v=onepage&q=arduino%20nano&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=Fw_RDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=arduino+nano&ots=QVftZiNa79&sig=W2Bah2g0cZhyt5NSHIPBJT1bo#v=onepage&q=arduino%20nano&f=false)
- Calderón, M. E. (2019). *Plan de gestión tutelado por el modelo de Virginia Henderzon para la práctica administrativa de enfermería en cuidados intensivos. Hospital III-1 Chiclayo, 2018* (tesis de grado). Recuperado de [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/1966/TL\\_CalderonRuizMyriam.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/1966/TL_CalderonRuizMyriam.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castillo, M., Carvajal, B. E., y Gallegos, F. J. (2018). Efectos en la resolución de servomotores con interfaz PWM por la generación de señales en microcontroladores. *Research in Computing Science*, (7), 89-98. Recuperado de [https://rcs.cic.ipn.mx/2018\\_147\\_7/Efectos%20en%20la%20resolucion%20de%20servomotores%20con%20interfaz%20PWM%20por%20la%20generacion%20de%20senales.pdf](https://rcs.cic.ipn.mx/2018_147_7/Efectos%20en%20la%20resolucion%20de%20servomotores%20con%20interfaz%20PWM%20por%20la%20generacion%20de%20senales.pdf)
- Castillón, B. C. (6 de diciembre de 2016). *Científicos peruanos desarrollan revolucionario resucitador regulable.* Recuperado de <https://fondecyt.gob.pe/ciencia-al-dia/cientificos-peruanos-desarrollan-revolucionario-resucitador-regulable>
- Chambergó, P. (2017). *Diseño, simulación y control de un resucitador para pacientes con dificultad respiratoria* (tesis de maestría ). Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2871/MAS\\_IME\\_AUT\\_022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2871/MAS_IME_AUT_022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Crespo, E. (29 de marzo de 2016.). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/29/entorno-de-programacion-de-arduino-ide/>
- CYS Model Technology Co.,LTD. (2019). *CYS-S8218 40Kg digital metal gear servo. China*. Recuperado de <https://www.cysmodel.com/products/cys-s8218-40kg-digital-metal-gear-servo/>
- Encinas, M. J. (2012). *La aromaterapia en mi vida*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=8UtVAAAQBAJ&pg=PT233&dq=los+alveolos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjR3aHd2LzsAhXqtlkKHQggAuE4FBD0ATAlegQICRAC#v=onepage&q=los%20alveolos&f=false>
- Fernández, P. (2014). *Temario pruebas de acceso a ciclos formativos de grado medio: ámbito científico-tecnológico*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=TspxAwAAQBAJ&pg=PT110&dq=el+aparato+respiratorio&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj--cLYjL3sAhUq1IkKHb1HCAl4MhDoATAHegQICBAC#v=onepage&q=el%20aparato%20respiratorio&f=false>
- Fuchs, P., Obermeier, J., Kamysek, S., Degner, M., Nierath, H., Jürß, H., Ewald, H., Schwarz, J., Becker, M., & Schubert, J. (2017). Safety and applicability of a pre-stage public access ventilator for trained laypersons: a proof of principle study. *BMC Emergency Medicine*, 17(37). Recuperado de <https://bmccemergmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12873-017-0150-5>
- Gal, B., Lopéz, M., Martín, A. I., y Prieto, J. (2007). *Bases de la fisiología* (2ª ed.). España: Editorial Tebar
- García, F. J., Moya, E. J., y Poncela, A. (2015). Detección e identificación de dispositivos bluetooth para control de acceso. *Actas de las XXXVI Jornadas de Automática*. Recuperado de <https://www.ehu.eus/documents/3444171/4484750/95.pdf>
- Gento, S., y Hernández, J. Y. (2012). *Tratamiento educativo de la diversidad en audición y lenguaje*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=pQOLjCaf6P4C&pg=PT27&dq=la+faringe&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwit1liS5LzsAhVPvIkKHSJHDZ84MhDoATAHegQICRAC#v=onepage&q=la%20faringe&f=false>

- Iberomed. (20 de febrero de 2018). *¿Qué es la ventilación manual y cómo se realiza ?* [publicación en blog]. Recuperado de <https://www.iberomed.es/blog/2018/02/20/que-es-ventilacion-manual/>
- Inacal. (14 de mayo de 2020). *INACALI aprueba norma técnica sobre requisitos de seguridad y calidad en ventiladores mecánicos*. Recuperado de <https://www.inacal.gob.pe/principal/noticia/requisitos-ventiladores-mecanicos>
- International Telecommunication Union (ITU). (2016). *Reglamento de radiocomunicaciones: atribuciones de frecuencia*. Recuperado de <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf>
- La Contraloría General de la República. (2018). *Operativo de control por una salud de calidad*. Recuperado de [http://doc.contraloria.gob.pe/documentos/operativos/OPERATIVO\\_POR\\_UNA\\_SALUD\\_DE\\_CALIDAD.pdf](http://doc.contraloria.gob.pe/documentos/operativos/OPERATIVO_POR_UNA_SALUD_DE_CALIDAD.pdf)
- Laerdal Medical AS. (2016). *Resucitadores de silicona laerdal*. Recuperado de [http://cdn.laerdal.com/downloads/f4014/lsr\\_user\\_guide\\_\(es\).pdf](http://cdn.laerdal.com/downloads/f4014/lsr_user_guide_(es).pdf)
- Ley No 29459. Ley de los productos farmacéuticos, dispositivos médicos y productos sanitarios. Publicada en *El Diario Oficial El Peruano* N° 406565, del 26 de noviembre de 2009. Perú.
- Lezaeta, M. (2018). *La medicina natural: al alcance de todos*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=MNWWLzxYkywC&pg=PA252&dq=los+pulmones&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwju\\_YDs5rzsAhWQjFkKHQRsCkQQ6AEwBnoECAIQAg#v=onepage&q=los%20pulmones&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=MNWWLzxYkywC&pg=PA252&dq=los+pulmones&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwju_YDs5rzsAhWQjFkKHQRsCkQQ6AEwBnoECAIQAg#v=onepage&q=los%20pulmones&f=false)
- Macalopu, G. (2018). *Intervención fisioterapéutica en monitoreo gráfico en ventilación mecánica invasiva* (tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/3770/MACALOPU%20ARISTA%2C%20Gladis%20Carolina.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Medlineplus. (25 de julio de 2019). *Insuficiencia respiratoria*. Recuperado de <https://medlineplus.gov/spanish/respiratoryfailure.html>
- Ministerio de Salud. (2006). *Norma técnica de los servicios de cuidados intensivos e intermedio*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3372.pdf>

- Naylamp Mechatronics. (15 de octubre de 2019). *Módulo Bluetooth HC05*. Recuperado de <https://www.naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html>
- Novillo, J., Hernández, D., Mazón, B., Molina, J., y Cárdenas, O. (2018). *Arduino y el Internet de las cosas*. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=FIlyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA14&dq=arduino+nano&ots=x918zRBcPI&sig=UysGA2DXglYOUYFtQBQhaMcS1YM#v=onepage&q=arduino%20nano&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=FIlyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA14&dq=arduino+nano&ots=x918zRBcPI&sig=UysGA2DXglYOUYFtQBQhaMcS1YM#v=onepage&q=arduino%20nano&f=false)
- Resolución Directoral No 163-2016-MTC/27. Aprueban relación de equipos y aparatos de telecomunicaciones que aun contando con homologación requieren de permiso de internamiento y dictan otras disposiciones. Publicada en *El Diario Oficial El Peruano*, del 15 de abril de 2016. Perú.
- Resolución Ministerial No 199 -2013-MTC/03. Modifican la R.M. N° 777-2005-MTC/03 y la nota P57A del plan nacional de atribución de frecuencias - PNAF aprobado mediante R.M. N° 187-2005- MTC/03. Publicada en *El Diario Oficial El Peruano*, del 12 de abril de 2013. Perú.
- Sagasti, F. (2020). Proyecto de ley mediante el cual se propone la *Ley que declara de necesidad pública y de preferente interés Nacional las iniciativas y proyectos nacionales en el área Ciencia, Tecnología e Innovación para enfrentar a la enfermedad COVID-19*. Recuperado de [https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016\\_2021/Proyectos\\_de\\_Ley\\_y\\_de\\_Resoluciones\\_Legislativas/Proyectos\\_Firmas\\_digitales/PL05806.pdf](https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/Proyectos_Firmas_digitales/PL05806.pdf)
- Seguro Social de Salud- EsSalud. (2012). *Plan estratégico institucional 2012-2016*. Recuperado de [http://www.essalud.gob.pe/transparencia/pdf/planes/plan\\_2012\\_2016.pdf](http://www.essalud.gob.pe/transparencia/pdf/planes/plan_2012_2016.pdf)
- Sequeiros, J. (6 de febrero de 2018 ). No hay espacio para más recién nacidos en hospital del Cusco: servicio de neonatología del Hospital Regional del Cusco fue rebasado en un 160%. *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/cusco/no-hay-espacio-para-mas-recien-nacidos-en-hospital-de-cusco-801673/>
- Soler, D. (2018). *Diseño y desarrollo de un dispositivo que simule el movimiento de un tumor en el pulmón durante el ciclo respiratorio para la mejora del tratamiento mediante técnicas de radioterapia* (tesis de grado).

- Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107423/73589818F\\_TFG\\_15307131530966344457569181701523.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107423/73589818F_TFG_15307131530966344457569181701523.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Tamjid, S. M., Ranjan, M., Aman. A., Rakibul, & Tarek. (2018). Design Construction Performance Test of a Low-Cost Portable Mechanical Ventilator for Respiratory Disorder. *International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering*, (318), 2-6. Recuperado de <https://www2.kuet.ac.bd/icmiee2018/files/ICMIEE18-318.pdf>
- Tecneu. (15 de octubre de 2020). *Servomotor Digital Cys-s8218 40kg-cm*. Recuperado de <https://www.tecneu.com/products/servomotor-cys-s8218-40-kg?variant=32032887013464>
- Theot, R., Caballero, J. F., Tamayo, D. Y., y Meléndez, I. C. (11 de diciembre de 2017). Manejo del paciente crítico con insuficiencia respiratoria. *Conecta Libertad*, (1), 22-34. Recuperado de <https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/49/149>
- Vallés, H. (2012). *Lecciones de otorrinolaringología* (2ª ed.). España: Prensas de la Universidad de Zaragoza

## **Glosario**

- Sincronismo: En la mecánica y las maquinas, disposición especial por medio de la cual todos los movimientos de una maquina cualquiera se transmiten con completa exactitud.
- Arduino nano: versión más pequeña del Arduino uno, es una Placa pequeña basada en el microcontrolador de ATmega328 de Atmel.
- Servomotor: Dispositivo similar a un motor de corriente continua, tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición.
- Bluetooth: Software utilizado para sistemas inalámbricos capaz de transmitir datos a distancias cortas, muy utilizado en la plataforma móvil.
- Bolsa de silicona: conocido como resucitador, proporciona ventilación con presión positiva para aquellos pacientes que no respiran.
- Ambu: Marca reconocida mundialmente en el sector de las emergencias y sobre todo en el sector de la reanimación.

## **ANEXOS**



Anexo A: Diagrama de Alfa de Cronbach

**Alfa de Cronbach**

K.	P1	P2	P3	P4	P4	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
1	3	4	4	1	3	5	4	2	4	3	3	2	1	5	1	45
2	4	4	3	3	2	3	3	4	5	4	2	3	3	5	1	49
3	2	5	4	2	3	4	2	4	4	3	4	2	4	3	1	47
4	2	4	3	4	2	2	3	4	3	5	5	0	4	5	1	47
5	3	3	5	5		3	3	3	5	3	4	4	2	4	5	52
6	2	3	3	4	4	4	4	5	2	4	3	5	3	5	1	52
7	3	2	5	3	5	3	3	4	3	1	3	5	3	3	4	50
8	4	3	1	3	5	1	3	3	3	5	1	3	3	3	3	44
9	3	3	1	4	3	4	4	5	4	4	5	4	5	4	2	55
10	5	4	4	4	4	3	3	4	4	3	2	3	4	3	1	51
11	4	4	4	5	3	5	1	2	5	4	5	4	3	2	4	55
12	4	4	3	5	4	2	3	4	2	3	1	2		1	5	43
13	4	2	3	1	2	3	5	5	4	5	1	5	5	2	5	52
14	3	4	2	4	5	5	5	5	1	4	1	3		3	2	47
15	5	4	4	1	3	5	4	2	5	5	3	2	3	5	4	55
16	4	5	5	3	2	3	5	3	4	5	5	5	1	1	4	55
17	3	5	4	2	3	3	1	3	3	5	4	2	3	3	5	49
18	2	3	3	4	1	5	4	4	3	1	2	3	5	5	4	49
19	4	4	2	2	5	3	3	3	5	4	1	1	5	4	5	51
20	2	3	2	4	4	3	1	5	4	1	3	5	4	5	2	48
21	3	2	2	4	5	3	2	5	2	3	2	3	5	4	5	50
22	4	5	5	2	3	2	3	2	4	2	3	3	5	2	2	47
23	1	4	2	4	5	3	3	4	3	4	1	5	3	3	3	48
24	4	4	4	3	5	4	3	3	2	3	4	3	3	3	3	51
25	3	3	4	4	4	4	4	5	2	4	4	3	2	4	1	51
26	5	2	5	4	4	3	2	4	2	4	1	3	2	3	5	49
27	4	4	4	5	3	5	4	2	3	1	5	4	1	2	3	50
28	1	4	3	5	4	2	3	4	3	2	5	2	3	4	4	49
29	2	5	3	4	2	5	2	5	2	3	2	4	2	5	4	50
30	3	4	2	5	4	3	1	2	3	3	4	3	4	3	5	49
																9.40229885
<b>VI</b>	1.2	0.8506	1.3897	1.5678	1.33	1.2195	1.3437	1.1954	1.2517	1.6195	2.1713	1.6138	1.6019	1.4989	2.4195	22.2732804

## Anexo B: Confiabilidad de la hipótesis

Su fórmula estadística es la siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

K : El número de ítems  
 S<sub>i</sub><sup>2</sup>: Sumatoria de Varianzas de los ítems  
 S<sub>T</sub><sup>2</sup>: Varianza de la suma de los ítems  
 α : Coeficiente de Alfa de Cronbach

21/07/2012

Mg. Peter Antonio Carrillo

4

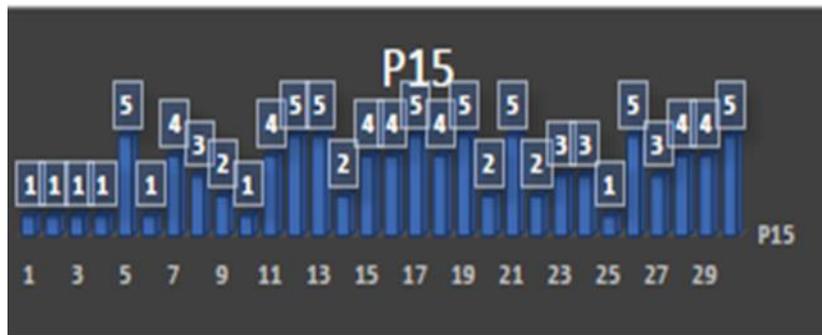
**Cuadro 1**  
**Escala Likert utilizada en el instrumento de medición**

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

**CONFIABILIDAD DE LAS HIPOTESIS**

$$ALFA = (15 / 14) (1 - (9.40229885 / 22.2732804))$$

$$ALFA=0.62$$



## Anexo C: Matriz de Consistencia

### IMPLEMENTACIÓN DE UN MECANISMO DE SINCRONIZACIÓN APLICANDO BLUETOOTH PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AMBU EN LOS HOSPITALES DEL PERÚ

I. PROBLEMA GENERAL MECANISMO	II. OBJETIVOS	III. HIPÓTESIS	IV. VARIABLES E INDICADORES.			
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo implementar un mecanismo de sincronización aplicando bluetooth para optimizar el uso del Ambu En los hospitales del Perú, Lima-2019?</li> </ul> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la situación actual con respecto al uso del Ambu en los hospitales del Perú, Lima-2019?</li> <li>¿De qué manera se desarrollaría el modelamiento del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu?</li> <li>¿Cuál sería el circuito electrónico de control del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu?</li> <li>¿De qué manera se realizaría la comunicación que controle el mecanismo de sincronización?</li> <li>¿De qué forma se realizará la aplicación del mecanismo de sincronización instalado en el Ambu para el área de emergencia de los hospitales del Perú, Lima-2019?</li> </ol>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar un mecanismo de sincronización aplicando Bluetooth para optimizar el uso del Ambu en los hospitales del Perú, Lima-2019.</li> </ul> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar la situación actual con respecto al uso del Ambu en los hospitales del Perú, Lima-2019.</li> <li>Determinar el desarrollo de modelamiento del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu.</li> <li>Determinar el circuito electrónico de control del mecanismo de sincronización para optimizar el uso del Ambu.</li> <li>Determinar la manera para realizar la comunicación que controle el mecanismo de sincronización.</li> <li>Determinar la aplicación del mecanismo de sincronización instalado en el Ambu para el área de emergencia de los hospitales del Perú, Lima -2019.</li> </ol>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La implementación de un mecanismo sincronizado aplicando Bluetooth optimiza el uso del Ambu en los hospitales del Perú, Lima-2019.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El uso del Ambu causa daños en los pulmones de los pacientes internados en los hospitales del Perú, Lima-2019.</li> <li>Los elementos de modelamiento en los mecanismos de sincronización optimizan el uso del Ambu.</li> <li>El uso de circuitos electrónicos de control en los mecanismos de sincronización optimiza el uso del Ambu.</li> <li>Los sistemas de comunicación es la base fundamental para el control de mecanismo de sincronización.</li> <li>La aplicación de mecanismos sincronizados instalado en el Ambu incrementa su uso en el área de emergencia de los hospitales del Perú, Lima -2019.</li> </ol>	VARIABLE (X): MECANISMO DE SINCRONIZACION APLICANDO BLUETOOTH			
			DIMENSIONES	INDICADORES		
			<ol style="list-style-type: none"> <li>Modelamiento mecánico.</li> <li>Sistema eléctrico y electrónico.</li> <li>Comunicación inalámbrica</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1a - Aplicación del software inventor.</li> <li>1b - Aplicación de resistencia del material de aluminio.</li> <li>2a - Aplicación del servomotor G3455P.</li> <li>2b - Aplicación del software proteus.</li> <li>2c - Construcción del circuito aplicando Arduino nano.</li> <li>3a - Programar el Arduino para comunicarse con el Bluetooth.</li> </ol>		
			VARIABLE (Y): OPTIMIZAR EL USO DEL AMBU			
DIMENSIONES	INDICADORES					
<ol style="list-style-type: none"> <li>Programación en retardos de tiempo.</li> <li>Constante de balanceo entre la generación y la carga.</li> <li>La velocidad de sincronismo de los motores.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1a - control coordinada y permanente.</li> <li>1b - Tiempo de trabajo del servomotor</li> <li>2a - Torque del servomotor.</li> <li>2b - Fuerza en el circuito mecánico.</li> <li>2c - Tensión en el circuito eléctrico</li> <li>3a - implementar el sincronismo en fase tiempo y frecuencia.</li> </ol>					

## Anexo D: Técnicas de aplicación de instrumentos

Estimado Sr. (Familiar del paciente), tenga la amabilidad de responder el siguiente cuestionario con fines de investigación titulado: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MECANISMO DE SINCRONIZACIÓN APLICANDO BLUETOOTH PARA OPTIMIZAR EL USO DEL AMBU EN LOS HOSPITALES DEL PERÚ”, Lima 2020.

	Pregunta	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	¿Cree usted que el programa Inventor es necesario para construir máquinas?					
2	¿Cree usted que el aluminio es más resistente que el bronce para construir máquinas?					
3	¿Cree usted que construir maquinas con aluminio es más barato?					
4	¿Cree usted que el ruido de los motores genere alteraciones en los equipos?					
5	¿Cree usted que se debería intensificar el uso del software proteus?					
6	¿Considera usted que los circuitos con Arduino son los apropiados para la maquina Ambu?					
7	¿Cree usted que los dispositivos electrónicos contaminan el medio ambiente?					
8	¿Cree usted que la comunicación por Bluetooth es mejor que la comunicación por wifi?					
9	¿Cree usted que el uso del Ambu salve vidas?					
10	¿Cree usted que el uso del Ambu dañen los pulmones del paciente?					
11	¿Cree usted que ante la falta de ventiladores mecánicos dejaría de atender a los pacientes?					
12	¿Cree usted que, ventilando con el Ambu por 1 hora continuo, entregue el mismo volumen y presión de oxígeno a los pulmones del paciente?					
13	¿Cree usted que el ser humano es más preciso que la maquina?					
14	¿Cree usted que si existiera un Ambu que realicen su trabajo permitiría emplearlo en su área de trabajo?					
15	¿Cree usted que probaría un nuevo diseño implementado en el Ambu sabiendo que pondría en riesgo la vida del paciente?					