

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN POROSÍMETRO AUTOMÁTICO PARA LA  
INSPECCION DE PARAPENTES

ANDERSON CROFORT CARDENAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2019

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN POROSÍMETRO AUTOMÁTICO PARA LA  
INSPECCION DE PARAPENTES

ANDERSON CROFORT CARDENAS

Proyecto de investigación aplicado como requisito para optar el título de ingeniero  
mecánico

Director

Jorge Enrique Meneses Flórez

Ing. Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2019

## DEDICATORIAS

A Dios en primera instancia quien atendió mis oraciones y me dio provisiones cada que solicité su ayuda y brindé plenamente mi fe en la frase: “Dios proveerá”.

A mi madre Débora Cárdenas Rueda por enseñarme la virtud de la resiliencia, tenacidad y el sentido de responsabilidad en conjunto con el trabajo independiente lograron forjarme como una persona de sacrificios en favor de los demás.

A mi hermano Brayan Crofort Cárdenas, a quien dedico este logro para que vea reflejado el esfuerzo y tiempo que llevó a cabo este proceso y nos costó muchos años sin compartir tiempo juntos.

A mi hijo Liam Santhiago Crofort Suarez, quien llegó este año con mis triunfos y espero enseñarle todos mis proyectos, y si es dada su vocación logre culminar los proyectos que no alcanzaré a terminar en esta vida que he proyectado al servicio de las personas y los más vulnerables.

## AGRADECIMIENTOS

A la profesora Leticia Buitrago quien, gracias a su apoyo incondicional y confianza, logré sentar las bases de mi carrera profesional.

A mi madre Débora Cárdenas por su amor y sus enseñanzas constantes, su apoyo y oración fueron indispensables en este proceso.

A la profesora Blanca Jiménez por brindarme su apoyo y confianza para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis amigos y personas que fueron parte día a día de este proceso, para aquellos que extendieron su mano en los momentos más importantes.

A mi compañera Diana Suarez, quien con su carisma y amor me ayudo a mostrarme que todo es posible de la mano de Dios.

A Yuli Andrea Hernández por ayudarme durante los tiempos difíciles e incondicionalmente brindar su mano de apoyo para continuar el día a día.

## CONTENIDO

Pág.

1.INTRODUCCION .....	13
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	14
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO .....	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION .....	18
1.5 DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD (QFD) .....	19
1.6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	22
1.7 DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	24
2 MARCO GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO.....	26
2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL POROSIMETRO .....	26
2.2 DISEÑO DEL HARDWARE .....	27
2.2.1 Conexiones Básicas Principales: .....	28
2.3 DISEÑO DEL SOFTWARE .....	31
2.4 DISEÑO DEL FIRMWARE DEL SISTEMA .....	32
2.4.1 Análisis de información obtenida .....	32
2.4.2 Planteamiento del modelo conceptual .....	34
2.4.3 Algoritmo de funcionamiento.....	38
2.4.4 Desarrollo del sistema operacional del dispositivo.....	39
3 SINTESIS DEL PROYECTO .....	40
3.1 DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA .....	40
3.1.1 Subsistema de Adquisición de Datos:.....	41
3.1.2 Subsistema tratamiento de datos:.....	43
3.1.3 Subsistema transmisor de Datos .....	47
3.1.4 Subsistema Presentación de Datos .....	49
3.1.5 Subsistema Almacenamiento de Datos .....	51
3.2 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL PROYECTO .....	52
3.2.1 Programación adquisición de datos .....	53

3.2.2 Programación Transmisión y presentación de datos.....	54
3.2.3 Programación Almacenamiento de Datos .....	59
3.3 PLANOS DEL DISPOSITIVO .....	62
3.3.1 Planos Físicos .....	62
3.3.1.1 Ensamblaje.....	62
3.3.1.2 Placa Inferior .....	63
3.3.1.3 Placa Superior.....	64
3.3.2 Esquemas Electrónicos.....	65
3.3.3 Código Final HMI .....	68
3.4 MANUAL DE INSTRUCCIONES.....	70
3.4.1 Preparación del aparato .....	71
3.4.2 Hacer la medición.....	71
3.4.3 Información Técnica.....	72
3.4.4 Mantenimiento.....	73
3.5 TEST DE PRUEBA .....	74
3.5.1 Medición.....	75
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
4.1 CONCLUSIONES.....	79
4.2 RECOMENDACIONES .....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS .....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura Porosímetro estándar. ....	22
Figura 2: Sensor Infrarrojo. ....	23
Figura 3: Esquema Porosímetro Jdc Mk1 ....	26
Figura 4: Lcd 16x2 ....	27
Figura 5: Dispositivo Móvil Android.....	27
Figura 6: Arduino Uno.....	27
Figura 7: Sensor Infrarrojo.....	27
Figura 8: Subsistemas Principales Del Porosímetro. ....	27
Figura 9: Configuración Primaria Adquisición de datos ....	28
Figura 10: Configuración módulos principales.....	29
Figura 11 Conexión Física Arduino, Bluetooth y Android:.....	30
Figura 12. Porosímetro JDC. ....	32
Figura 13. Puntos de Análisis. ....	33
Figura 14 Estructura de la planta. ....	34
Figura 15. Batería LiPo. ....	35
Figura 16. Módulo I2C. ....	35
Figura 17: Ciclo de trabajo del sistema. ....	36
Figura 18. Esquema Firmware/Componentes.....	37
Figura 19: Diagrama de flujo /Algoritmo.....	38
Figura 20: Esquemmatización Firmware/Hardware. ....	40
Figura 21: Conexión Arduino / Sensor Sharp.....	41
Figura 22: Sensor GP2Y0A21YK0F.....	42
Figura 23: Esquema Placa Arduino Uno R3. ....	43
Figura 24: Secuencia de funcionamiento.....	47
Figura 25: Conexión Apropiaada Modulo Bluetooth. ....	48
Figura 26: Emisión y Recepción de Datos. ....	48
Figura 27: Conexión Display 16x2 /Modulo I2C / Placa Arduino.....	49
Figura 28: Vínculo Android / Arduino ....	50
Figura 29: Compatibilidad Hardware / Software ....	50
Figura 30: Subsistema hardware almacenamiento de datos. ....	51
Figura 31: Diagrama Principal Síntesis de Programación. ....	52
Figura 32: Esquema Adquisición de datos sensor Sharp. ....	53
Figura 33: Programación Adquisición de datos. ....	54
Figura 34: Interfaz Serial Bluetooth Terminal. ....	55
Figura 35: Emparejamiento Modulo / Android ....	55
Figura 36: Transmisión / Recepción de Datos. ....	56
Figura 37: Programación HC 06 / Android.....	57

Figura 38: Configuración I2C / LCD 16X2.....	58
Figura 39: Plotting Data Display LCD. ....	59
Figura 40: Almacenamiento dispositivo Android. ....	59
Figura 41: Instrucción Almacenamiento en dispositivo Android. ....	60
Figura 42: Descripción Ubicación de Archivos Finales. ....	61
Figura 44: Ensamblaje. ....	62
Figura 45: Base Inferior.....	63
Figura 46: Base Superior. ....	64
Figura 47: Varilla de aluminio 1/4" . ....	65
Figura 48: Diagrama Principal Arduino / Bluetooth / Batería.....	66
Figura 49: Convertidor Nivel Lógico.....	66
Figura 50: Conexión esquemática Infrarrojo. ....	67
Figura 51: Esquema Conexión Modulo I2c y LCD 16X2 ....	67
Figura 52: Definición de Variables Y Librerías. ....	68
Figura 53: Definición SetUp. ....	68
Figura 54: Definición Ciclo Repetitivo Loop. ....	69
Figura 55: Impresión de Datos.....	70
Figura 56: Porosímetro Automático. ....	74
Figura 57: Muestra Tela de parapente.....	75
Figura 58: Porosímetro Automático Disponible Para Su Uso.....	76
Figura 59: Prueba Finalizada.....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Matriz QFD.....	20
Tabla 2: Matriz de resultados.....	21
Tabla 3: Evaluación de alternativas .....	24
Tabla 4: Criterios de Evaluación para telas de parapente. ....	73
Tabla 5: Iteración de pruebas y resultados .....	78

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: MARCO TEORICO .....	79
ANEXO B: Sensor SHARP Infrarrojo. Especificaciones técnicas. ....	85
ANEXO C: FEDEAEREOS (2008). Fragmento REGLAMENTO NACIONAL DE PARAPENTES .....	87
ANEXO D: NORMATIVA UNE926 (2016) EQUIPOS PARA LA PRÁCTICA DEL PARAPENTE. ....	91

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El parapentismo es un deporte extremo que ha venido tomando impacto económico en las diferentes regiones del país generando oportunidades laborales en el sector de la economía creativa, catalogado como deporte de alto riesgo es imprescindible brindar un factor de seguridad mayor a los usuarios de estos dispositivos de sustentación.

Las diferentes comunidades afines con el sector del turismo se ve beneficiada por las prácticas de este deporte extremo, entre ellas las micro empresas que ofrecen sus servicios y las comunidades dependientes de estas prácticas ( Restaurantes, Micro mercados, empresas de implementos de seguridad y demás entidades del régimen en ventas según régimen simplificado entre otros) se encuentran en la necesidad de brindar un mejor servicio y un nivel de seguridad más eficiente para llevar a cabo la práctica de este deporte.

Uno de los efectos más importantes vistos en los equipos es la porosidad, fenómeno en el cual presentan desgastes no visibles generados en el tejido del parapente que pueden terminar en una tragedia, afectando considerablemente características propias del equipo como el planeo, resistencia a las plegadas, eficacia en los giros, resistencia a la abrasión, velocidad de vuelo y capacidad de respuesta entre otras.

Actualmente en los campos de vuelo de Santander no se cuenta con el fácil acceso ni una interfaz portable que nos permita acceder a este tipo de análisis, el sistema de seguridad por inspección presenta anomalías dado que la revisión del polímero o tela principal del parapente es sometida a ensayo visual, el cual resulta una práctica muy subjetiva para asegurar un factor de seguridad apropiado a los usuarios y beneficiarios de la práctica de este deporte.

## 1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Las prácticas de parapente en Santander son un deporte extremo actualmente considerado de alto riesgo, lo cual permite incidir en la seguridad del usuario y en el fortalecimiento de la economía de la región, brindando así mismo nuevas oportunidades laborales para la comunidad en general e inversión en turismo y sectores afines de la economía naranja.

Mediante la implementación de nuevos dispositivos de tecnología se pretende generar desarrollo económico para la región y comunidades afines con el deporte extremo, de tal manera se ha implementado un porosímetro automático para la inspección de la tela crea una necesidad en la seguridad de los usuarios y propietarios de las diferentes microempresas del sector.

En el ámbito técnico empleado por los usuarios y terceros con conocimiento de los dispositivos, cabe resaltar que la zona de aspiración o depresión de los parapentes es afectada por diversos factores incluyendo el ángulo de incidencia y el viento relativo además diversos factores atmosféricos, lo cual contribuye a un deterioro progresivo de la contextura textil impermeable ocasionando riesgos de rotura en el polímero principal del parapente.

Con base en las practicas realizadas en las zonas altas y con factibles terrenos para la práctica de este deporte es preciso hacer verificable la seguridad y estado del polímero (tela principal del parapente), para ello se ha diseñado, construido e implementado un porosímetro automático para revisión de fallas en el material dado que actualmente este proceso se realizaba a modo de inspección visual el cual ofrece resultados subjetivos según el personal a cargo de la inspección. Así mismo

las entidades interesadas han realizado una inversión en la seguridad de sus usuarios mediante la previa revisión del polímero en el porosímetro automático realizando un test inmediato de porosidad en el material. El planteamiento de un sistema de seguridad más eficiente previo al vuelo indica un mayor número de usuarios y un aumento en la economía de la región, es así como se pretende beneficiar la microeconomía en la comunidad y la economía naranja en la región.

## **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Continuar con la misión de la universidad industrial de Santander de formar profesionales con alta calidad humana, ética y científica; fortaleciendo procesos de cambio por la economía de la región mediante el diseño, construcción e implementación de un porosímetro automático para ensayos en parapentes, aumentando así el factor de seguridad de los usuarios en la práctica.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **1.3.2.1 Diseñar y construir un equipo mecatrónico para medición de la porosidad en telas de parapentes que cumpla con las siguientes características:**

- Diseñar el dispositivo bajo el cumplimiento de la respectiva norma del reglamento nacional de parapente, el reglamento aéreo colombiano y la norma europea UNE- EN 926.
- Automatización a nivel hardware:
  - ✓ Programación Basada en Arduino para el control del equipo.
  - ✓ Una interfaz (HMI) de programación y seguimiento basada en sistema operativo Android y conexión bluetooth para acceso remoto vía Smartphone.
  - ✓ Retención de datos semipermanente (2 días).

- Automatización a nivel software
  - ✓ Realizar test de porosidad inmediato en tiempo real para interpretación de resultados.
  - ✓ Almacenamiento de datos relevantes para seguimiento y control.
  - ✓ Calibración del sistema para obtener precisión en la respuesta de datos.
  
- Sensórica
  - ✓ Uso del principio infrarrojo para medición del tiempo de caída del cuerpo metálico.
  - ✓ Calibración del sensor a nivel estructural e instrumental.
  - ✓ Interpretación de resultados en el dominio del tiempo.

**1.3.2.2 Elaborar los respectivos planos físicos, eléctricos y electrónicos del dispositivo que permitan realizar mantenimiento y reparación, facilitando la instalación del equipo.**

**1.3.2.3 Generar un manual de usuario que permita la funcionalidad y el adecuado uso del dispositivo físico enlazado al manejo del aplicativo móvil. Permitiendo de igual manera un mantenimiento adecuado al dispositivo.**

#### **1.4 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION**

Con la realización de este proyecto de grado se busca fortalecer la actividad turística de la región, y en cumplimiento de los objetivos principales de la escuela de ingeniería mecánica la cual se basa en desarrollar habilidades para diseñar procesos, sistemas o componentes para dar solución a necesidades planteadas es por ello que este proyecto está orientado a la construcción de un sistema electrónico automático para medición de la porosidad en las telas de los parapentes, el cual nos proporciona una medida del desgaste del dispositivo de sustentación.

Con base en lo anterior podemos afirmar que en la práctica de deportes extremos como el parapentismo es importante brindar seguridad a los usuarios que adquieren los servicios de guía y orientación en el deporte, así mismo se busca implementar un sistema de medición automático de acceso remoto.

Debido a que el sistema operativo Android tiene una interfaz de usuario muy accesible el autor ha optado por el uso de un aplicativo móvil para el control remoto del porosímetro.

En el marco de la economía es indispensable fortalecer la así llamada economía naranja generando progreso en los aspectos culturales, es por ello que este proyecto ofrece a la comunidad en general la facilidad de replicar el dispositivo mediante la obtención de planos de construcción del sistema, de igual forma les permitirá a los usuarios realizar el respectivo mantenimiento del porosímetro automático.

## **1.5 DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD (QFD)**

**1.5.1 REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR:** A continuación, se presenta una lista de los principales requerimientos que establecen los clientes interesados.

- Rapidez
- Mantenibilidad
- Confiabilidad
- Economía estética
- Seguridad
- Amplia Vida Útil
- Fácil Operación
- Liviano.

**1.5.2 REQUERIMIENTOS TECNICOS:** Los requerimientos anteriormente mencionados son comparados con las siguientes especificaciones técnicas que los ingenieros encargados establecieron para realizar una matriz de calidad:

- Precisión de medida
- Materiales
- Seguridad
- Mantenimiento
- Economía
- Vida útil
- Automatización
- Operatividad
- Estética
- Control

### 1.5.3 MATRIZ DE CALIDAD

Tabla 1: Matriz QFD

MATRIZ DE CALIDAD		Precision de medida	Materiales	Seguridad	Mantenimiento	Economía	Vida Útil	Automatización	Operatividad	Estética	Control
Rapidez	10	10	5	8	7	6	10	5	3	4	7
Mantenibilidad	9	1	9	7	6	5	9	10	6	3	6
Confiabilidad	8	9	6	6	5	4	8	3	9	2	5
Economía	7	6	7	5	4	3	7	2	10	1	4
Estética	6	5	3	4	3	2	6	1	1	5	3
Seguridad	5	4	5	3	2	1	5	10	2	6	2
Transportable	4	3	2	2	1	10	4	9	4	7	1
Amplia Vida Útil	3	2	3	1	10	9	3	8	5	8	10
Fácil Operación	2	8	2	10	9	8	2	10	7	9	9
Liviano	1	8	1	9	8	7	1	6	8	10	8

Grado de relación	
10	Alta
5	Media
1	baja

Tabla 2: Matriz de resultados

MATRIZ DE CALIDAD		Precisión de medida	Materiales	Seguridad	Mantenimiento	Economía	Vida Útil	Automatización	Operatividad	Estética	Control
Rapidez	10	100	50	40	56	42	60	50	15	12	28
Mantenibilidad	9	9	81	63	6	45	63	60	30	27	60
Confiabilidad	8	72	48	48	45	24	48	15	36	16	15
Economía	7	42	49	35	24	21	35	8	30	7	8
Estética	6	30	18	24	15	6	24	3	2	30	3
Seguridad	5	20	25	15	8	5	15	20	2	30	20
Transportable	4	12	8	8	3	20	8	9	40	28	9
Amplia Vida Útil	3	6	9	3	20	27	3	80	45	24	80
Fácil Operación	2	16	4	20	72	16	20	90	56	18	90
Liviano	1	8	1	9	64	7	9	48	56	10	48
<b>TOTALES</b>		<b>315</b>	<b>293</b>	<b>265</b>	<b>313</b>	<b>213</b>	<b>285</b>	<b>383</b>	<b>312</b>	<b>202</b>	<b>361</b>

## 1.6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Para el diseño y construcción del dispositivo de medición de porosidad automático se han establecido dos alternativas de solución que cumplen con los requerimientos previamente planteados.

### ALTERNATIVA 1

Dispositivo estándar con base en el diseño estructural del porosímetro MK1 controlado vía Wireless Fidelity (WiFi), Microcontrolador Arduino UNO R3 y leds infrarrojos (emisor – receptor).



Figura 1: Estructura Porosímetro estándar. Fuente: <http://www.jdc.ch/en/scientific-line/porosimetre-mk1/>

En la industria de fabricación de porosímetro para la industria es muy usado el modelo MK1 debido a su eficiente funcionamiento y facilidad de transporte del dispositivo a las zonas de interés del usuario, mediante esta propuesta se plantea establecer una conexión inalámbrica vía Wireless Fidelity que nos permitirá reportar los datos de medición ofrecidos por una dupla infrarroja (led emisor – led receptor). Estos datos serán recibidos en el aplicativo móvil que permitirá la lectura de los mismos para determinar según el tiempo de respuesta, la magnitud de desgaste de la tela del parapente, puesto que este test se debe realizar en diferentes posiciones de la tela, nos ofrecerá una respuesta inmediata siempre y cuando exista una

conexión estable de internet para el intercambio de datos. Y así mismo realizar una nueva medición cada que el usuario lo solicite.

## **ALTERNATIVA 2**

Dispositivo estándar con base en el diseño estructural del porosímetro MK1 controlado vía bluetooth, Microcontrolador Arduino UNO R3 y sensor infrarrojo SHARP GP2Y0A02YKOF.

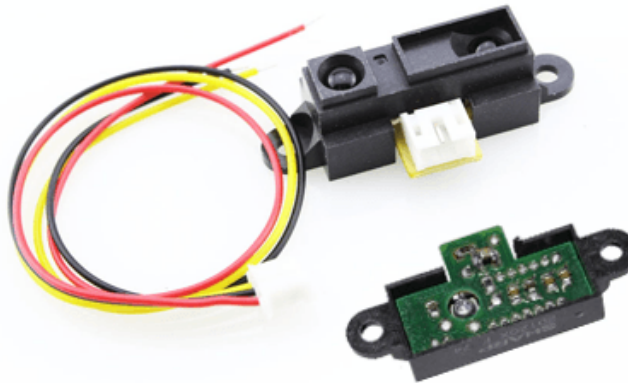


Figura 2: Sensor Infrarrojo. Fuente: <http://trobotica.co/sensor-infrarrojo-sharp-analogo-4-30cm/156.html>

En esta alternativa se pretende fabricar un modelo estructural basado en el porosímetro estándar comercial MK1, así mismo se pretende instalar un dispositivo de medición de distancia o en este caso lo usaremos para medir tiempo de desplazamiento, este dispositivo es el sensor SHARP GP2Y0A02YKOF el cual funciona emitiendo un haz de luz pulsada a una longitud de onda aproximada de 850nm, esta es enviada para minimizar la influencia de la luz del ambiente. Adicionalmente este sensor incluye un detector de posición que emplea triangulación para determinar la distancia del sensor a los objetos frente al rayo. El control del porosímetro en esta alternativa es de acceso remoto vía bluetooth y el sistema operativo Android. El cual nos permitirá el control del dispositivo mediante una aplicación.

**1.6.1 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS:** Se evaluaron las alternativas anteriormente descritas acorde a los 5 criterios más importantes obtenidos de la matriz de calidad QFD.

Tabla 3: Evaluación de alternativas

		Alternativa 1		Alternativa 2	
Automatización	22.74%	5	1.137	5	1.137
Control	21.44%	3	0.6432	4	0.8576
Precisión de M.	18.70%	4	0.748	5	0.935
Mantenimiento	18.59%	3	0.5577	3	0.5577
Operatividad	18.53%	4	0.7412	5	0.9265
		Total	3.8271	Total	4.4138

## 1.7 DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

La propuesta más adecuada a los requerimientos del proyecto es la ALTERNATIVA 2: Dispositivo estándar con base en el diseño estructural del porosímetro MK1 controlado vía bluetooth, Microcontrolador Arduino UNO R3 y sensor infrarrojo SHARP GP2Y0A02YKOF.

El control del dispositivo vía bluetooth es una herramienta independiente de las redes inalámbricas o de internet que puede no ser muy asequible en zonas rurales, el funcionamiento de la conexión bluetooth consiste en la conexión de dispositivos usando frecuencias radiales. Puesto que el microcontrolador Arduino uno R3 es muy accesible a módulos de bluetooth estándar de la industria se ha seleccionado ésta alternativa para la facilidad de operación entre el usuario y el sistema (Interfaz HMI).

El sensor infrarrojo SHARP GP2Y0A02YKOF es un sensor infrarrojo más robusto y resistente, con mayor precisión puesto que la salida es analógica tienen un valor de 2.5 V a 20 cm, y de 0.4 a 150 cm. Sin embargo, la respuesta del sensor es no lineal

por lo que es necesario interpolar el valor que nos arroja este mismo, para obtener un nivel de precisión adecuado se obtiene mediante triangulación. Es por ello que en cuanto a la obtención de datos es más apto para ambientes rurales.

Debido a que este proyecto está orientado al diseño y construcción de un dispositivo automático para pruebas inmediatas y generalmente estas pruebas se realizan en zonas abiertas donde no siempre habrá una conexión a internet estable, por ello esta alternativa ha permitido el uso de un aplicativo móvil en sistema operativo Android con la viabilidad y estabilidad de conexión segura y rápida.

## 2 MARCO GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO

### 2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL POROSIMETRO

El diseño estructural de este proyecto está orientado al dispositivo MK1 anteriormente mencionado, el autor se ha enfocado en realizar un diseño más liviano y cómodo. Con base en esta información se ha establecido un punto de referencia para dar cumplimiento a las normativas que rigen este proyecto.



Figura 3: Esquema Porosímetro Jdc Mk1

El diseño consiste en dos placas de acero (una inferior y una superior), un soporte de varillas de aluminio, una placa imantada, un contactor, un juego de baterías y un display para observar datos.

De este dispositivo se ha adoptado la estructura para la síntesis de este proyecto de grado el cual brinda nuevas modalidades de acceso y un mejor desempeño en el área del parapentismo.

## 2.2 DISEÑO DEL HARDWARE

El sistema hardware se ha diseñado siguiendo los lineamientos del firmware planteado por el autor, compuesto por los subsistemas principales presentados a continuación:

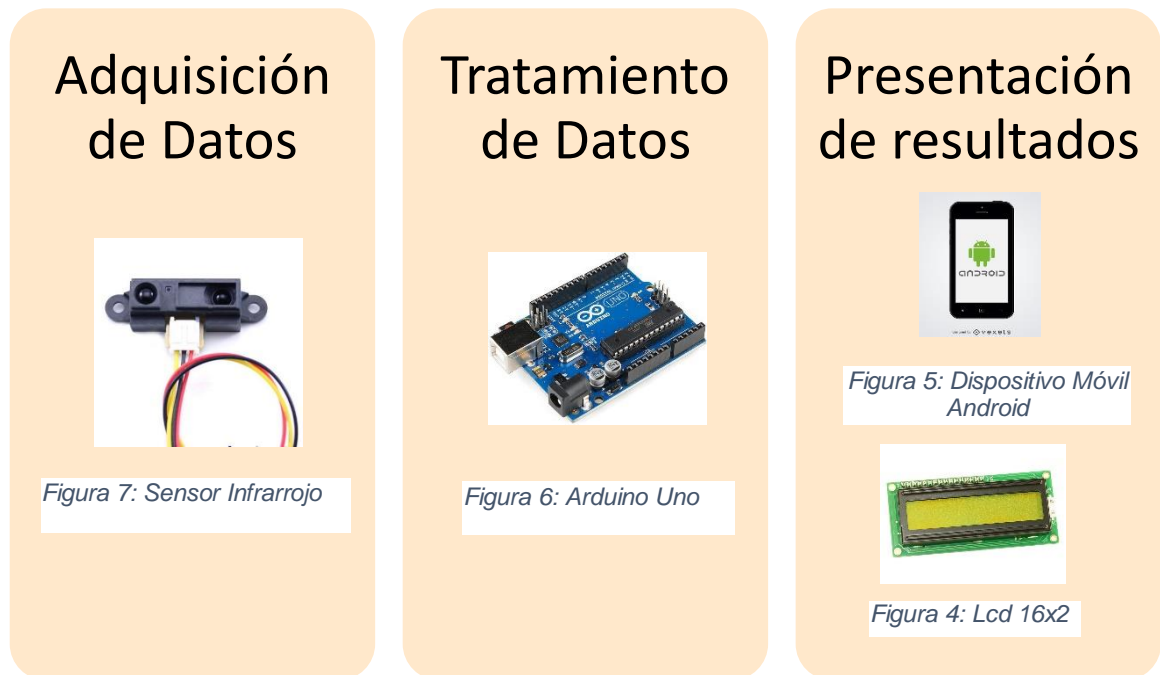


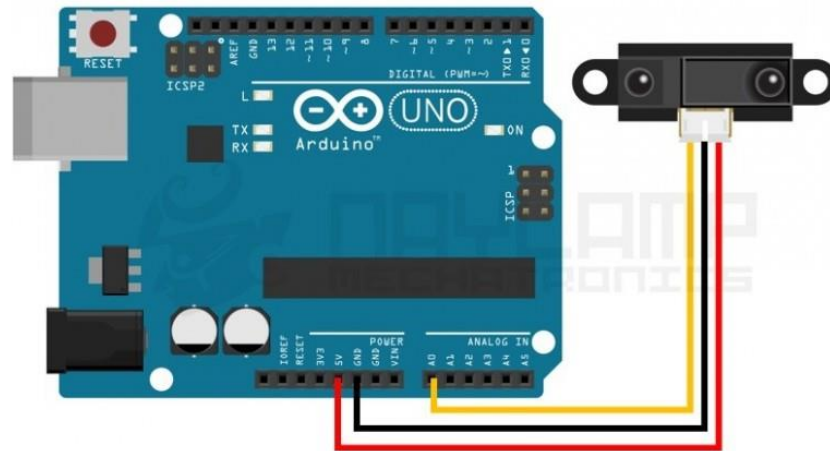
Figura 8: Subsistemas Principales Del Porosímetro.

La configuración general del sistema se presentará en el inciso 2.2 (Diseño del Firmware del sistema), donde se puede explorar a fondo la configuración del dispositivo y su funcionalidad en el sistema general.

## 2.2.1 Conexiones Básicas Principales:

Los subsistemas que conforman el porosímetro automático poseen unas características particulares, las cuales han sido consideradas por el autor al momento de realizar las conexiones eléctricas y electrónicas.

### 2.2.1.1 Configuración Primaria Sistema de adquisición de datos



1

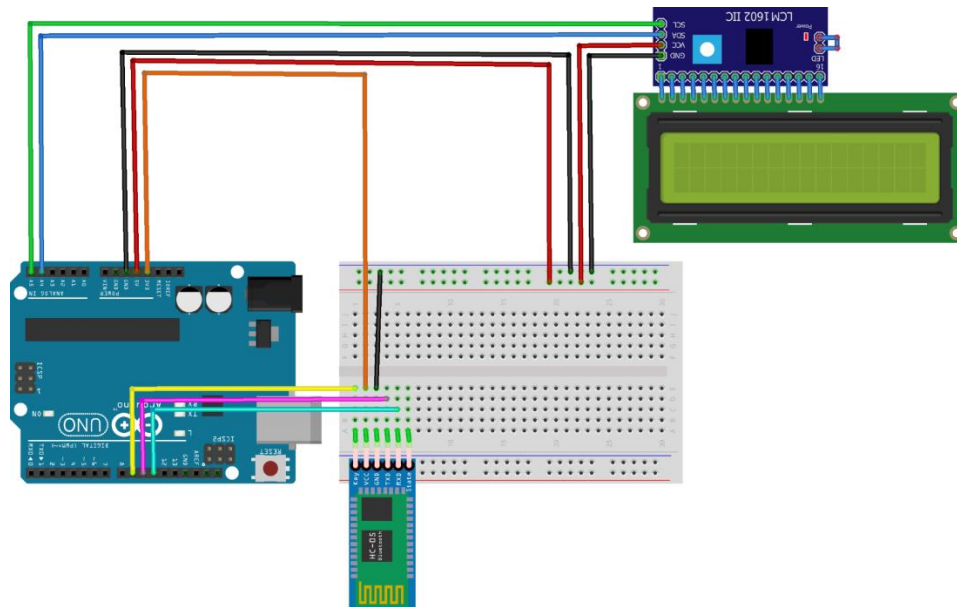
Figura 9: Configuración Primaria Adquisición de datos

Mediante la previa lectura e interpretación del datasheet del sensor **GP2Y0A02YKOF** se llevó a cabo la configuración básica y respectiva conexión para el sensor de medición infrarroja a la placa Arduino, como se puede ver en la gráfica anterior, se realiza la conexión física de los elementos considerando la fuente de alimentación principal. Mediante la vinculación de este sensor de forma perpendicular al eje del porosímetro se llevará a cabo la adquisición de datos.

---

<sup>1</sup> Naylampmechatronics.com. (2019). *Tutorial Sensor de Distancia SHARP*. [online] Available at: [https://naylampmechatronics.com/blog/55\\_tutorial-sensor-de-distancia-sharp.html](https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-distancia-sharp.html) [Accessed 30 Jul. 2019].

### 2.2.1.2 Configuración Arduino con módulos



2

Figura 10: Configuración módulos principales

Mediante un estudio de la información recopilada el autor ha plasmado en este proyecto la practicidad de los módulos, las configuraciones de estos se realizan de forma precisa y adecuada, debido a que se deben evitar los voltajes pico al inicio de cada toma de datos. El módulo I2C es el responsable de brindar practicidad a la conexión de la pantalla lcd reduciendo el número de conexiones a cuatro (4), y el módulo Bluetooth brinda una comunicación precisa y eficiente entre la placa arduino, el sensor y el usuario. Gracias a estos componentes y su correcta instalación es posible generar la interfaz **HMI (Human Machine Interface)**, la cual es la interfaz principal que controlara el sistema general del porosímetro automático.

La imagen presentada anteriormente es un esquema explicativo para realizar la conexión física entre los componentes del subsistema.

---

<sup>2</sup> [www.arduino.cc](https://forum.arduino.cc/index.php?topic=487443.0). [online] Disponible en: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=487443.0>Jul. 2019].

### 2.2.1.3 Configuración Acoplamiento Dispositivo Android- Placa Arduino

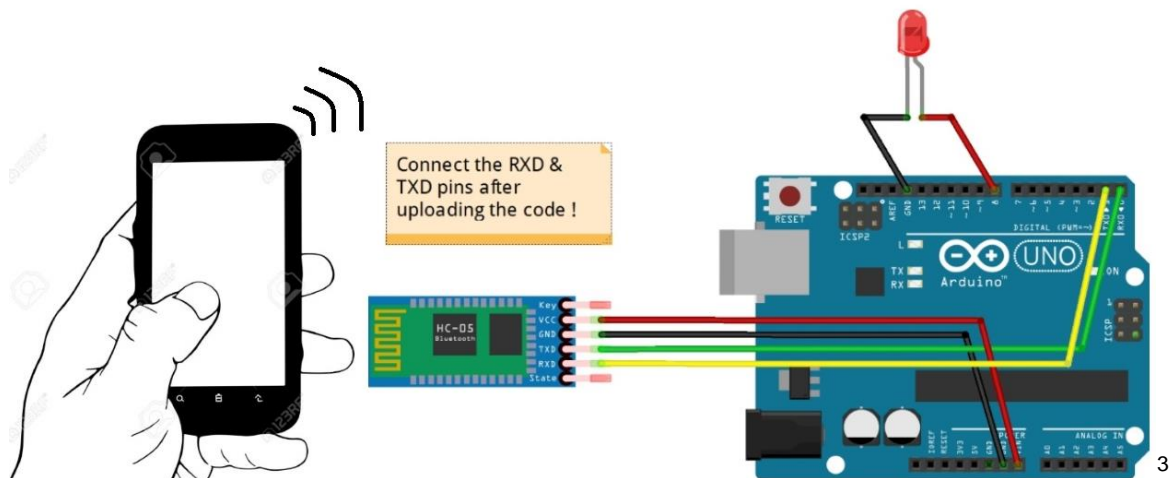


Figura 11 Conexión Física Arduino, Bluetooth y Android:

La interfaz HMI está compuesta por los sistemas principales (HARDWARE / SOFTWARE), los subsistemas (Adquisición de datos, transmisión de datos, presentación y almacenamiento de datos) y el usuario.

Así mismo mediante la interacción del usuario con el dispositivo se presenta finalmente una aplicación exitosa de la interfaz hombre máquina.

Para realizar la debida conexión del dispositivo Android al módulo bluetooth, es necesario usar una aplicación que permita usar el sistema bluetooth del dispositivo para emparejar con el módulo acoplado con la placa Arduino.

Se ha desarrollado la instalación electrónica de cada sensor, modulo y dispositivo considerando las características operacionales de cada uno de ellos gracias a la información recopilada y adjunta en este proyecto.

<sup>3</sup> MechStuff. (2019). *Control LEDs with your Android | Arduino-Bluetooth module tutorial – MechStuff*. [online] Available at: <http://mechstuff.com/control-leds-with-your-android-arduino-bluetooth-module-tutorial/> [Accessed 30 Jul. 2019].

## 2.3 DISEÑO DEL SOFTWARE

Se ha desarrollado un software para la correcta implementación de la interfaz HMI, gracias a la interfaz de desarrollo de arduino (IDE) es posible integrar los elementos que conlleva el porosímetro automático tanto en su aspecto mecánico, como en su aspecto electrónico. Para ello es necesario disponer de la siguiente información:

**2.3.1 Recopilación de información:** Mediante la recopilación de datos y requisitos se lograron establecer parámetros electrónicos y operacionales según las exigencias que demanda el usuario. así mismo se ha implementado un algoritmo para la respectiva estructuración del firmware del porosímetro Automático.

**2.3.2 Especificaciones:** Para el desarrollo de un adecuado del software ha sido indispensable llevar a cabo los respectivos cálculos para ser incluidos en el algoritmo de programación.

**2.3.3 Lenguaje:** Ha sido necesario disponer de un adecuado lenguaje de programación para elaborar los parámetros de diseño como la estructura y el pseudocódigo en sinergia para desarrollar un software funcional.

## 2.4 DISEÑO DEL FIRMWARE DEL SISTEMA

Para la elaboración del firmware del sistema ha sido necesario plantear los siguientes parámetros de diseño e implementación:

1. Análisis de información obtenida
2. Planteamiento del modelo conceptual
3. Diagrama de flujo / Algoritmo
4. Desarrollo del sistema operacional del dispositivo

**2.4.1 Análisis de información obtenida:** Es necesario disponer de una tela de parapente para el análisis de porosidad, el cual el usuario ajusta para realizar un test inmediato.

### 2.4.1.1 Porosímetro JDC



Figura 12. Porosímetro JDC. Fuente: <http://www.gisiberica.com/porosimetro/mk1.ht2.jpg>

En la previa imagen podemos apreciar el modelo indicado para realizar una medición de la porosidad en un punto específico de la tela.

**2.4.1.2 Instrucciones para uso del porosímetro:** Según el reglamento nacional de parapente de Colombia debe medirse la porosidad de la vela en varias zonas diferentes del extradós e intradós.

Se recomienda que se tomen 5 valores del extradós y 3 del intradós. Las mediciones deben hacerse aproximadamente a unos 20-30 centímetros del borde de ataque y en los puntos aproximados que se muestran en el dibujo a continuación, y realizarse con el respectivo porosímetro (aparato especial que mide el tiempo que tarda en traspasar esa superficie de material cierto volumen de aire).

El valor medio más bajo admisible, tanto para extradós como para intradós, es de 10 segundos (medido por un porosímetro JDC).

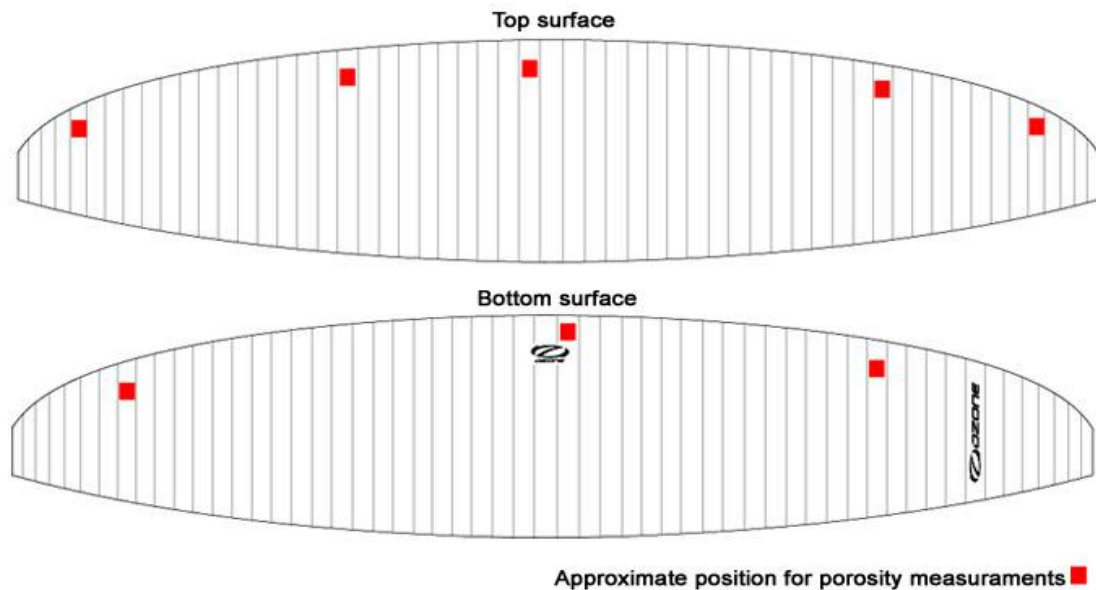


Figura 13. Puntos de Análisis. Fuente. <http://centrodevuelopegalajar.blogspot.com/2013/>

A continuación, se describen los requerimientos funcionales del sistema:

- Capacidad de medir la porosidad de la tela del parapente a partir
- Responder de manera local a los mensajes enviados desde la aplicación móvil y recibidos en el porosímetro por medio del módulo Bluetooth.
- Emitir la respuesta enviada a través del Bluetooth al dispositivo móvil.
- Ejecutar la programación para realizar una nueva medición de porosidad.

#### 2.4.2 Planteamiento del modelo conceptual

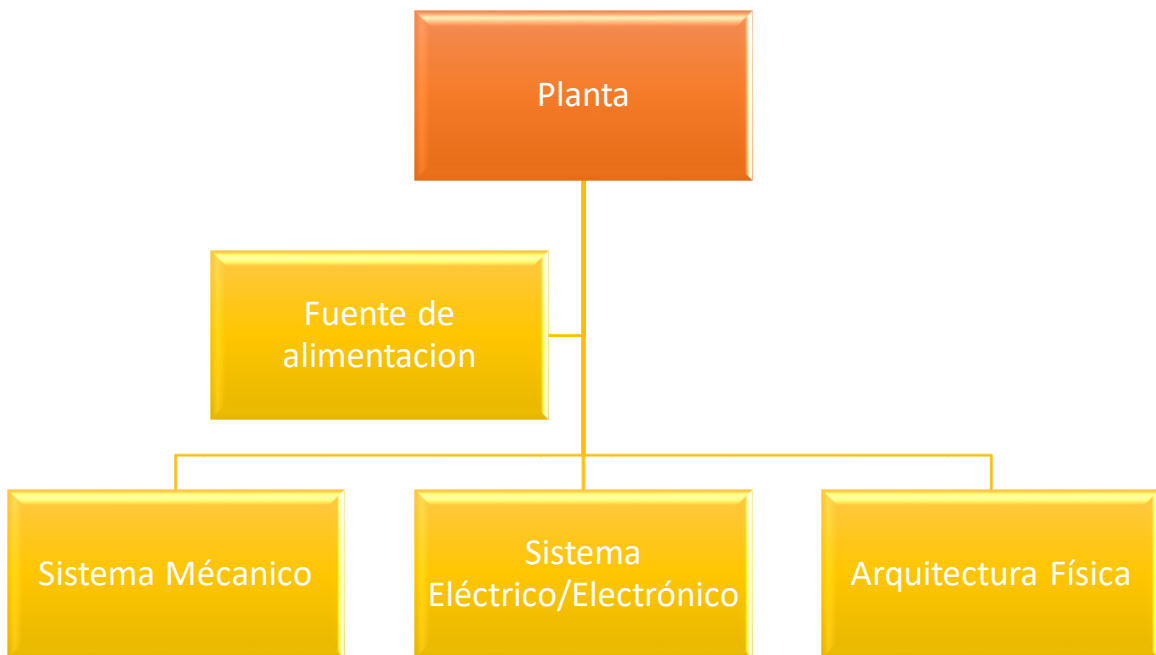


Figura 14 Estructura de la planta.

Mediante este planteamiento podemos derivar las funciones a cumplir en cada sistema, las cuales permiten estructurar de una forma más organizada el ciclo de trabajo de la planta.

Presentando en las figuras 6 y 7, un diagrama conceptual completo del firmware y esquema de funcionamiento del dispositivo en general.

Los componentes presentados a continuación son complemento y base del funcionamiento del porosímetro automático.

- Fuente De Alimentación: Batería de Polímero de Litio (LiPo) (7v)



Figura 15. Alimentación del dispositivo Batería LiPo. Fuente: <https://www.luisllamas.es/wp-content/uploads/2015/12/arduino-baterias-LiPo.png>

- Módulo I2C: Modulo Alfanumérico Para programación de la pantalla de cristal líquido (LCD)



Figura 16. Controlador de lcd Módulo I2C. Fuente: <https://naylampmechatronics.com/displays/60-modulo-adaptador-lcd-a-i2c.html>

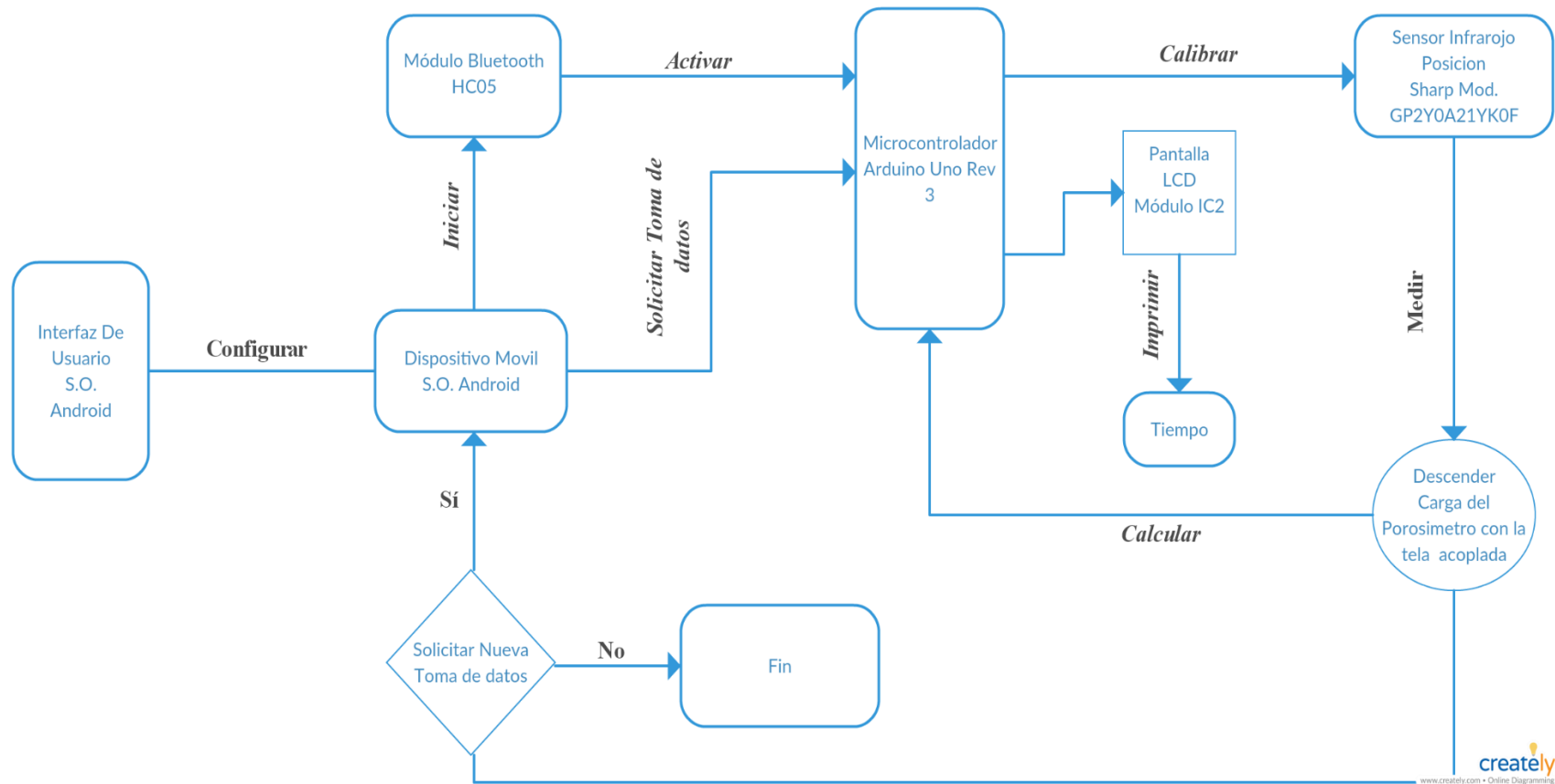


Figura 17: Ciclo de trabajo del sistema.

El objetivo de este ciclo es el uso frecuente del dispositivo, como puede ser interpretado anteriormente representa el funcionamiento y uso del porosímetro en diferentes telas de parapente.

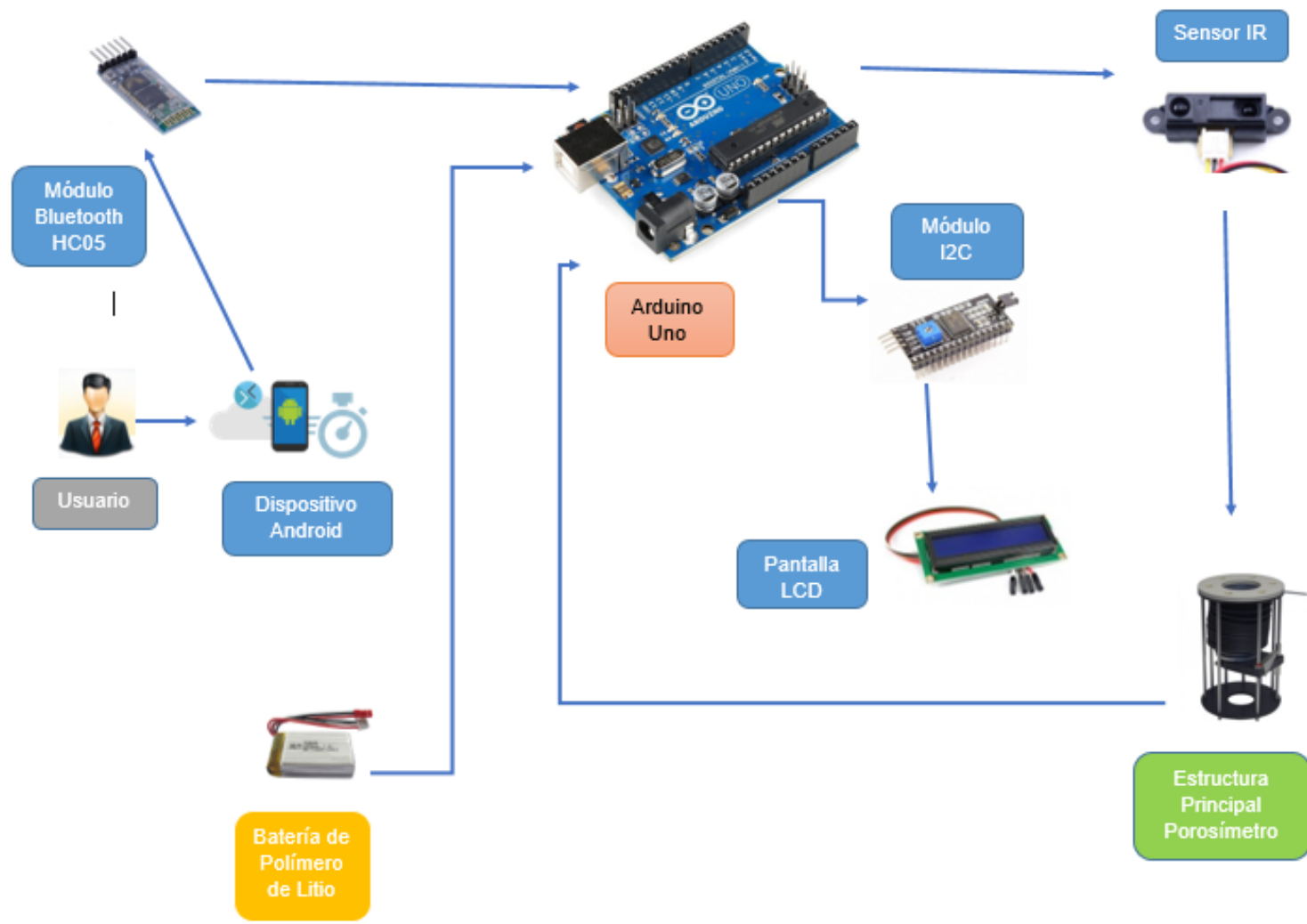


Figura 18. Esquema Firmware/Componentes.

**2.4.3 Algoritmo de funcionamiento** A continuación, se presenta el algoritmo base para la programación del software:

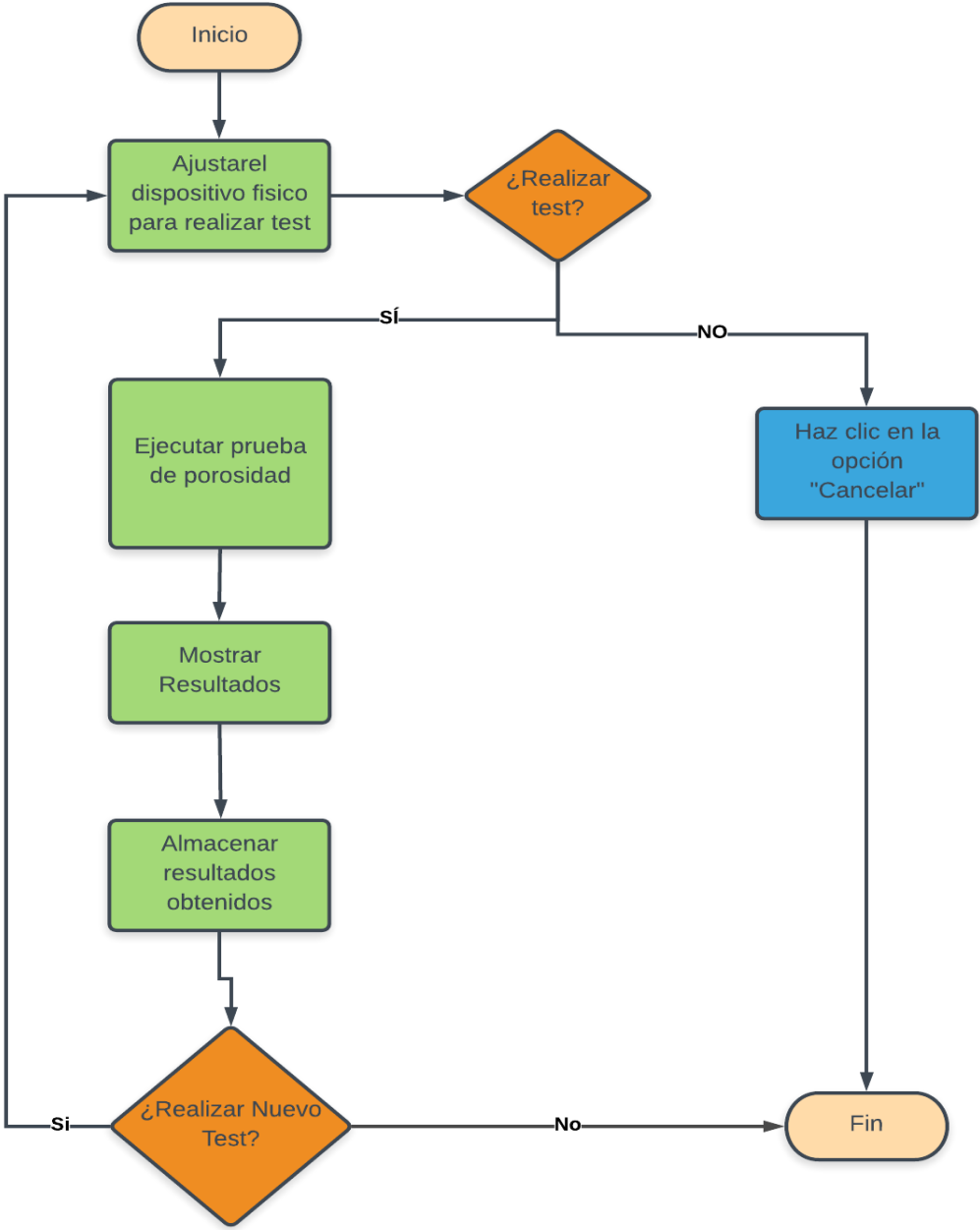


Figura 19: Diagrama de flujo /Algoritmo.

**2.4.4 Desarrollo del sistema operacional del dispositivo:** Cumpliendo los parámetros establecidos anteriormente, se establece un sistema integro desarrollando un aplicativo móvil con sistema operativo Android que permite la comunicación con el módulo bluetooth, el microcontrolador, el sensor y sus redes de comunicación. Para ello el Smartphone en el que se instalara el aplicativo móvil debe contar con unos requisitos de sistema mínimos presentados a continuación.

- ✓ Memoria RAM: 2 Gigas
- ✓ Instalador Apk
- ✓ Conexión Bluetooth

### 3 SINTESIS DEL PROYECTO

#### 3.1 DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

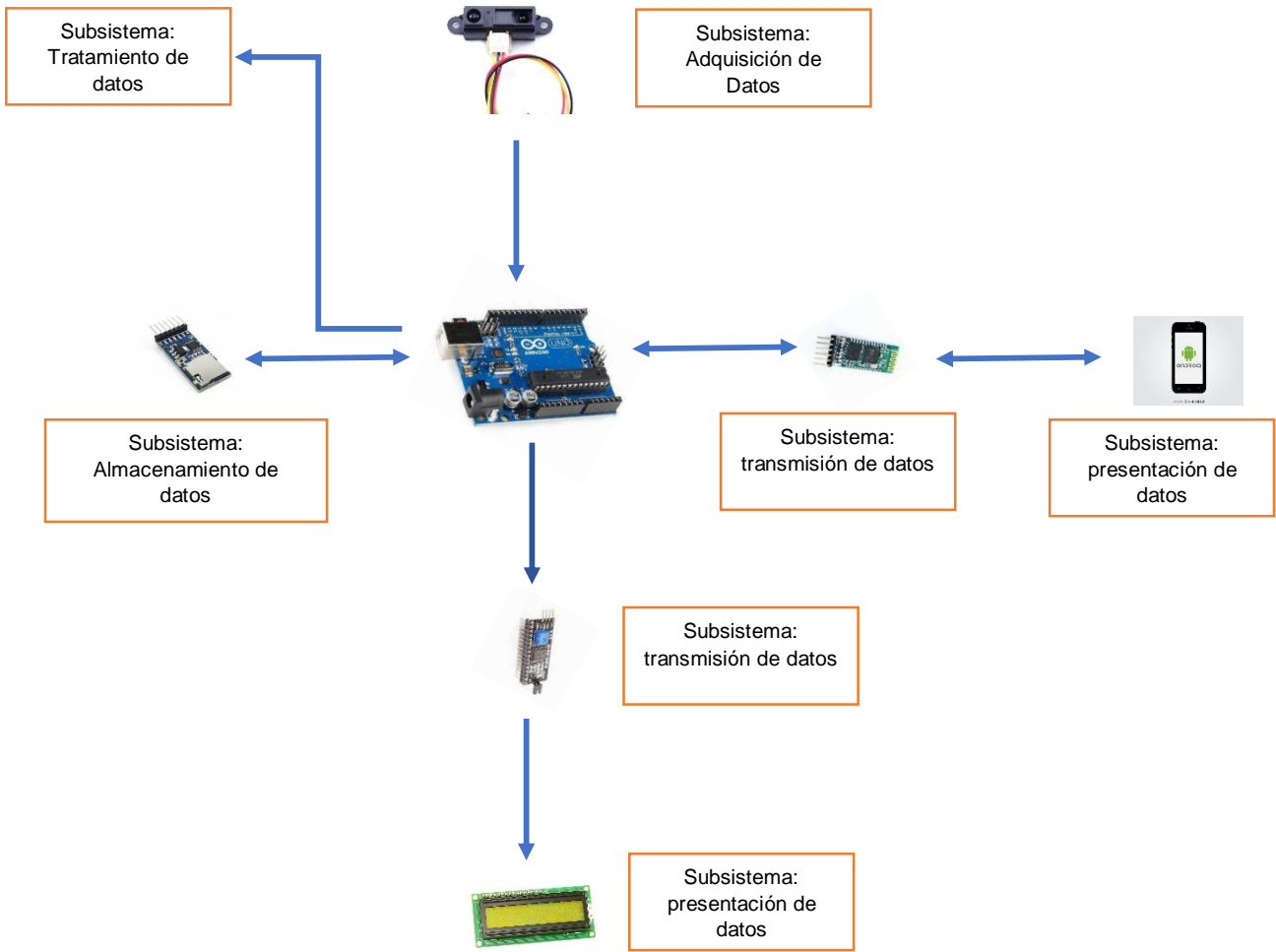
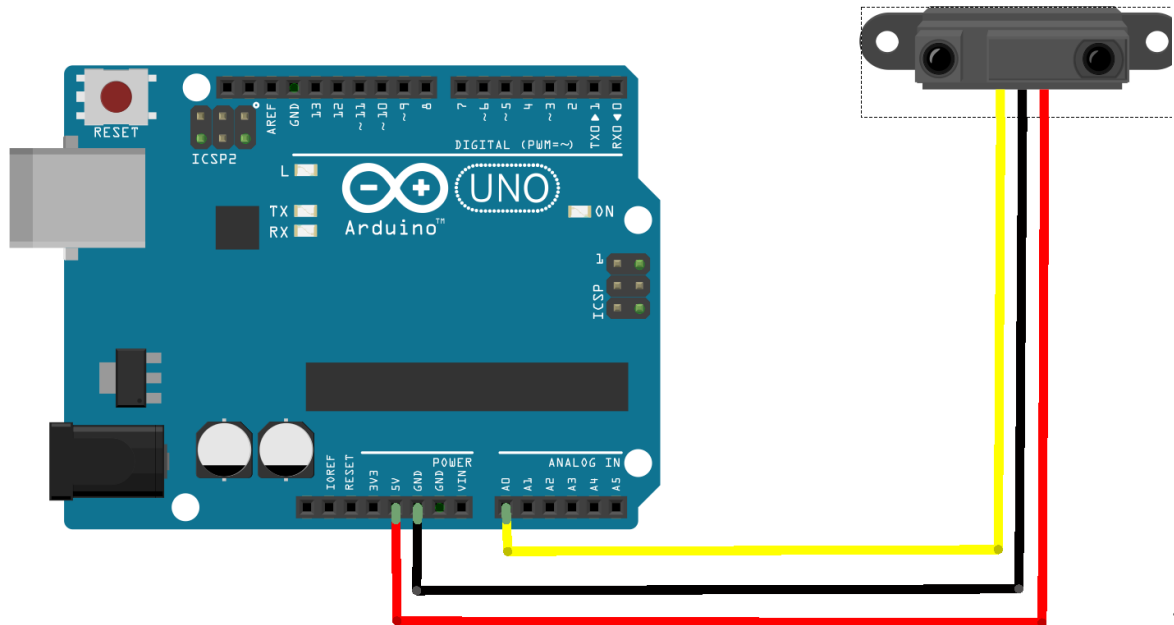


Figura 20: Esquematización Firmware/Hardware.

### 3.1.1 Subsistema de Adquisición de Datos:



4

Figura 21: Conexión Arduino / Sensor Sharp

El sistema de medición vía infrarrojo ofrecido por el sensor GP2Y0A21YK0F (Sensor de distancia Sharp 10 cm ~ 80 cm), entrega una señal de salida analógica, con un rango de detección de 10 cm a 80 cm. Ideal para la detección de objetos cercanos en este proyecto medirá la proximidad de la masa inferior del fuelle hasta una distancia de diez (10) centímetros. La distancia se indica mediante una tensión analógica, haciendo de este sensor GP2Y0A21 muy fácil de usar.

<sup>4</sup> Electronicstore.net. (2019). [online] Disponible en: <https://electronicstore.net/wp-content/uploads/2016/07/Sensor-infrarrojo-Sharp-Arduino.png> [obtenido 31 Jul. 2019].

# GP2Y0A21YK0F

Distance Measuring Sensor Unit  
Measuring distance: 10 to 80 cm  
Analog output type



Figura 22: Sensor GP2Y0A21YK0F. Fuente: [http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk\\_e.pdf](http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf)

## Principales Características:

- Voltaje de Alimentación DC: 5V
- Consumo de corriente: 30 mA
- Rango de medición de distancia: 10 cm a 80 cm
- Señal de salida analógico
- Actualización del sensor: 20 ms  $\pm$  4 ms
- Dimensiones: 30 mm x 13 mm x 14 mm

Las especificaciones presentadas en el Anexo B, muestran las condiciones a las que debe funcionar el sensor, mediante las cuales el autor ha considerado para su posterior vinculación al porosímetro. el funcionamiento del dispositivo será óptimo en diversidad de ambientes, gracias a la debida configuración y adaptación.

**3.1.2 Subsistema tratamiento de datos:** Mediante el microcontrolador ARDUINO UNO R3 se diseña y desarrolla la debida recepción de datos por parte del sensor infrarrojo. Datos que son recibidos en forma analógica y entregados a los dispositivos de chequeo visual tales como la pantalla LCD y el teléfono de sistema operativo Android, los cuales estarán acoplados debidamente en la estructura del porosímetro.

A continuación, se ha tomado en consideración las características operacionales de la placa para evitar la falla de los sensores y componentes electrónicos del porosímetro:

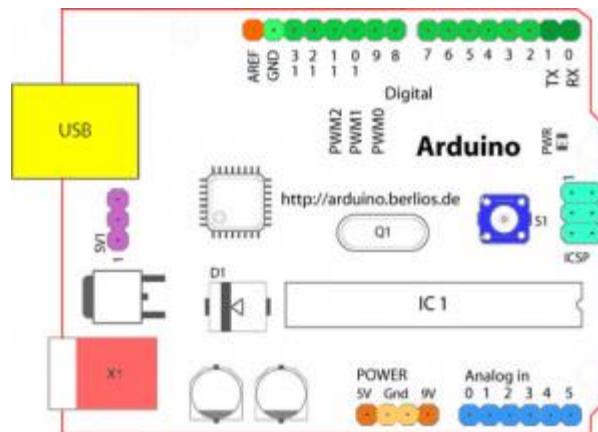


Figura 23: Esquema Placa Arduino Uno R3. Fuente:<http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

## **Entradas y salidas digitales/analógicas**

Un sistema electrónico es cualquier disposición de componentes electrónicos con un conjunto definido de entradas y salidas. Una placa Arduino, por tanto, puede pensarse de forma simplificada como un sistema que acepta información en forma de señal de entrada, desarrolla ciertas operaciones sobre ésta y luego produce señales de salida.

Justamente, una de las opciones que hacen más potente a Arduino son sus entradas/salidas digitales.

En los sistemas electrónicos, una magnitud física variable se representa generalmente mediante una señal eléctrica que varía de manera tal que describe esa magnitud. Por lo general, se hace referencia a las señales continuas como señales analógicas, mientras que asociamos las señales discretas a señales digitales: el ejemplo más claro es el de las señales binarias, donde la señal sólo puede tomar dos niveles, 0 o 1.

Arduino incorpora terminales digitales (señales discretas) pero de tal forma que tenemos un gran abanico de valores con los que trabajar (por ejemplo, 255 valores de luz en un fotosensor, siendo 0 ausencia de luz y 254 el máximo valor lumínico).

## **Terminales Digitales**

Las terminales digitales de una placa Arduino pueden ser utilizadas para entradas o salidas de propósito general a través de los comandos de programación `pinMode()`, `digitalRead()`, y `digitalWrite()`. Cada terminal tiene una resistencia pull-up que puede activarse o desactivarse utilizando `digitalWrite()` (con un valor de HIGH o LOW, respectivamente) cuando el pin está configurado como entrada. La corriente máxima por salida es 40 mA.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Introducción a Arduino. Terminales digitales. Fuente : <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

- **Serial: 0 (RX) y 1 (TX). Utilizado para recibir (RX) y transmitir (TX) datos serie TTL.**

- Interruptores externos: 2 y 3. Estas terminales pueden ser configuradas para disparar una interrupción con un valor bajo, un pulso de subida o bajada, o un cambio de valor. Mira la función `attachInterrupt()` para mas detalles.

- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, y 11. Proporcionan salidas PWM de 8 bit con la función `analogWrite()`. En placas con ATmega8, las salidas PWM solo están disponibles en los pines 9, 10, y 11.

- Reset BT: 7. (solo en Arduino BT) Conectado a la línea de reset del módulo bluetooth.

- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estas terminales soportan comunicación SPI. Aunque esta funcionalidad esta proporcionada por el hardware, no está incluida actualmente en el lenguaje Arduino.

- LED: 13. Hay un led en placa conectado al pin digital 13. cuando el pin tiene valor HIGH, el LED está encendido, cuando el pin está en LOW, está apagado

### **Pines Analógicos**

- Los pines de entrada analógicos soportan conversiones analógico-digital (ADC) de 10 bit utilizando la función `analogRead()`. Las entradas analógicas pueden ser también usadas como pines digitales: entrada analógica 0 como pin digital 14 hasta la entrada analógica 5 como pin digital 19. Las entradas analógicas 6 y 7 (presentes en el Mini y el BT) no pueden ser utilizadas como pines digitales.

- I2C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Soportan comunicaciones I2C (TWI) utilizando la librería `Wire` (documentación en la página web de Wiring).

## **Pines de alimentación**

- VIN (a veces marcada como «9V»). Es el voltaje de entrada a la placa Arduino cuando se está utilizando una fuente de alimentación externa (En comparación con los 5 voltios de la conexión USB o de otra fuente de alimentación regulada). Puedes proporcionar voltaje a través de este pin.<sup>6</sup>

- 5V. La alimentación regulada utilizada para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa. Esta puede venir de VIN a través de un regulador en placa o ser proporcionada por USB u otra fuente regulada de 5V.

- 3V3. Una fuente de 3.3 voltios generada por el chip FTDI de la placa.

- GND. Pines de tierra.

Ahora que son conocidas las condiciones de operación de la placa Arduino, es posible realizar las respectivas conexiones en sus puertos, así mismo realizar la respectiva adaptación de los sensores (Bluetooth E Infrarrojo) y señal de salida a la pantalla lcd y el dispositivo celular Android. La secuencia tal como se ha descrito previamente será:

---

<sup>6</sup> Pines y Conexiones. Introducción a Arduino. Fuente:  
<http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

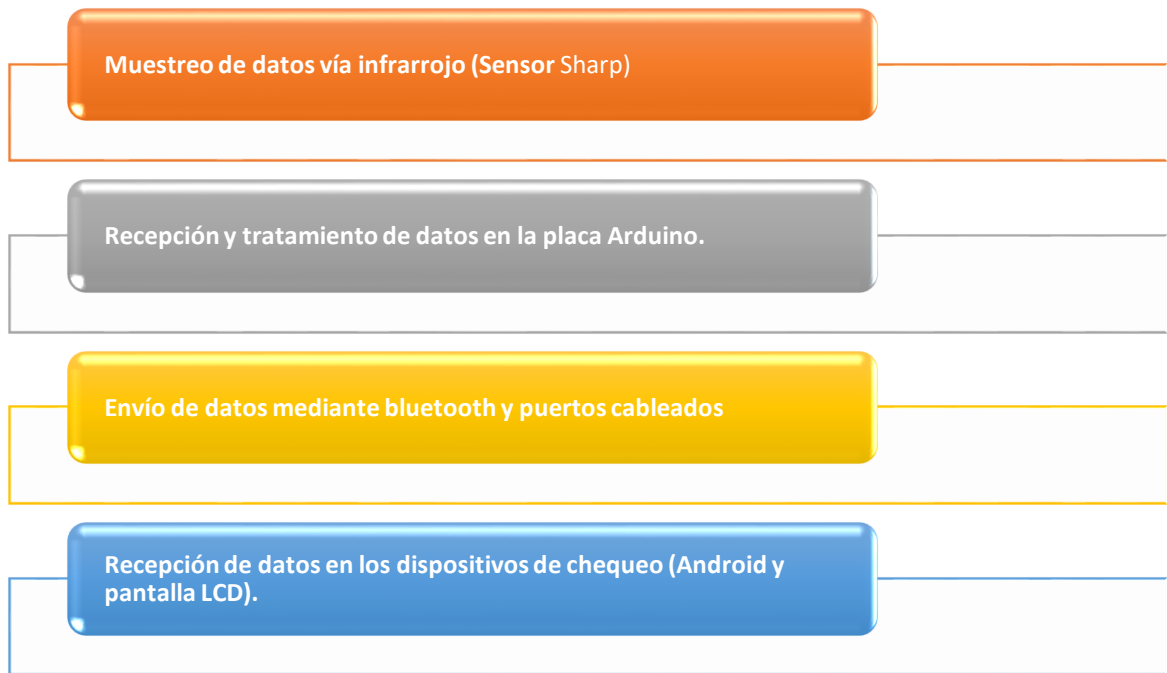


Figura 24: Secuencia de funcionamiento.

**3.1.3 Subsistema transmisor de Datos:** Para la emisión de datos tenemos dos componentes principales. El módulo bluetooth HC06 acoplado con un conversor de nivel lógico de 5v a 3.3v y los puertos configurados del Arduino para la salida de datos, los cuales están encargados de enviarlos al teléfono móvil y a la pantalla LCD 16X2.

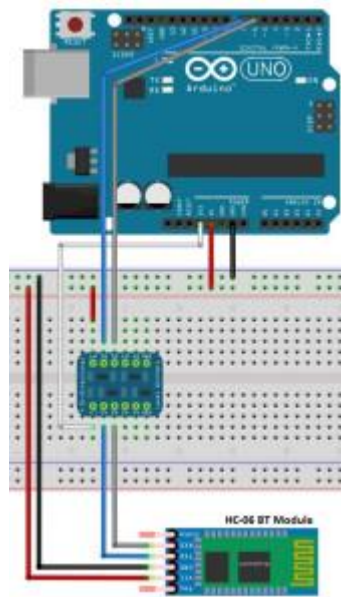


Figura 25: Conexión Apropiaada Modulo Bluetooth. Fuente: <https://petestechprojects.wordpress.com/tag/hc-06-bluetooth-module/>

- **Módulo Bluetooth:** Mediante señal bluetooth es permitido la comunicación constante entre la placa Arduino y el dispositivo móvil Android. Así mismo permitirá realizar medición

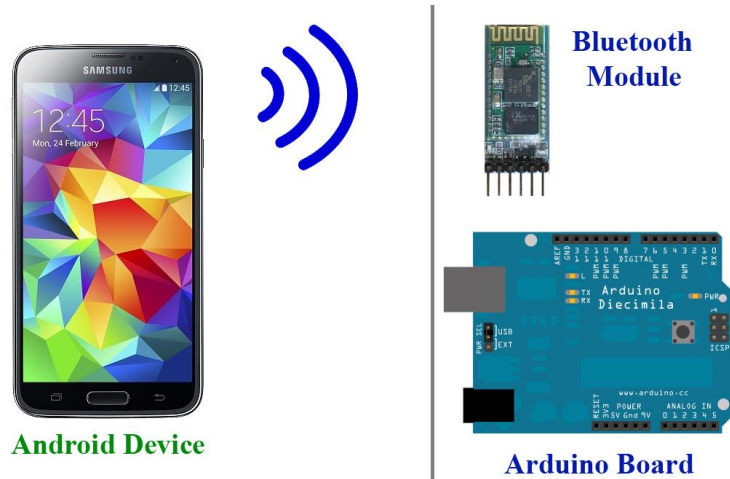


Figura 26: Emisión y Recepción de Datos entre dispositivos. Fuente: <http://androidcontrol.blogspot.com/2015/05/arduino-bluetooth-control-smart-home.html>

Mediante la adaptación de un módulo i2c a la placa Arduino podemos acoplar la pantalla LCD 16X2 para realizar la proyección de datos en el display.<sup>7</sup>

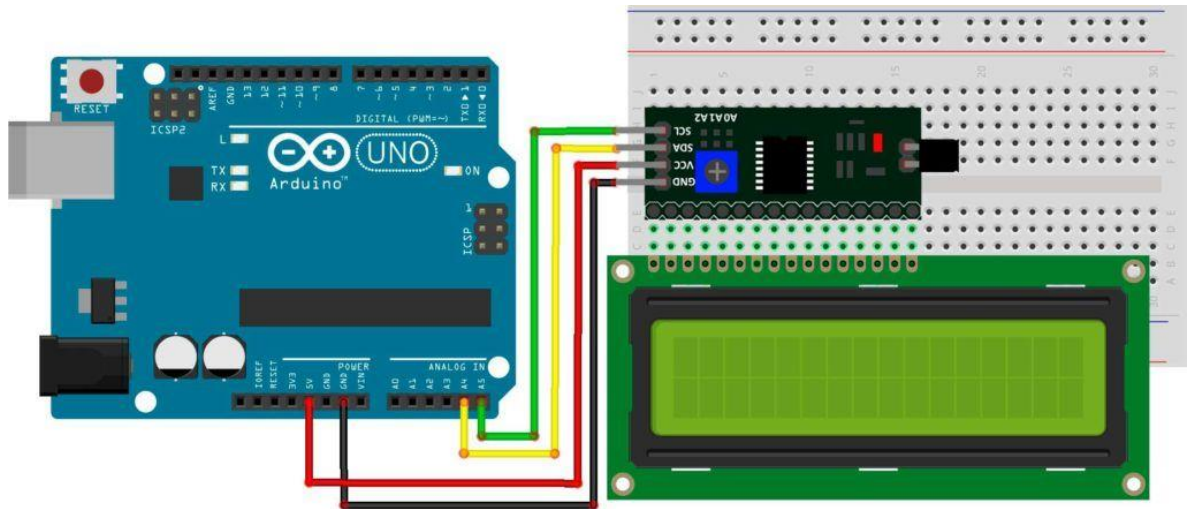


Figura 27: Conexión Display 16x2 /Modulo I2C / Placa Arduino.

**3.1.4 Subsistema Presentación de Datos:** Para el sistema de presentación de datos contamos con un dispositivo móvil con sistema operativo Android, el cual cuenta con una aplicación instalada que permite el intercambio de datos con el modulo bluetooth HC06 y la placa Arduino.

La programación y emparejamiento de la aplicación serán detalladas en el capítulo 3, inciso 2. **Diseño del software del proyecto.**

---

<sup>7</sup> Fuente: Geek Factory. (2019). *LCD 16x2 por I2C con Arduino usando solo dos pines* - Geek Factory. [online] Available at: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/lcd-16x2-por-i2c-con-arduino/> [Consultado 31 Jul. 2019].



8

Figura 28: Vínculo Android / Arduino

El dispositivo Android es considerado como un componente principal del hardware del porosímetro, puesto que el funcionamiento del dispositivo es indispensable para la presentación de datos.

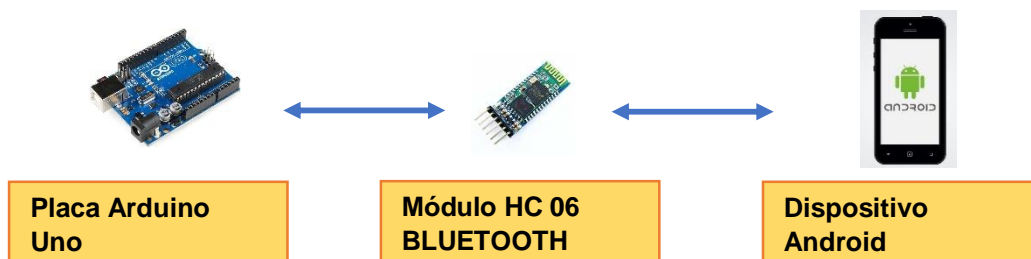


Figura 29: Compatibilidad Hardware / Software

<sup>8</sup> Fuente: Robologs.net. (2019). *Tutorial de Arduino, Bluetooth y Android #2 – Crear una app con MIT inventor – robologs*. [online] Disponible en: <https://robologs.net/2015/10/29/tutorial-de-arduino-bluetooth-y-android-2-crear-una-app-con-mit-inventor/> [Consultado 1 Aug. 2019].

**3.1.5 Subsistema Almacenamiento de Datos:** Este subsistema consiste en el acoplamiento de la aplicación **SERIAL BLUETOOTH TERMINAL**, ofrecida gratuitamente y de uso libre por la empresa Kai Morich

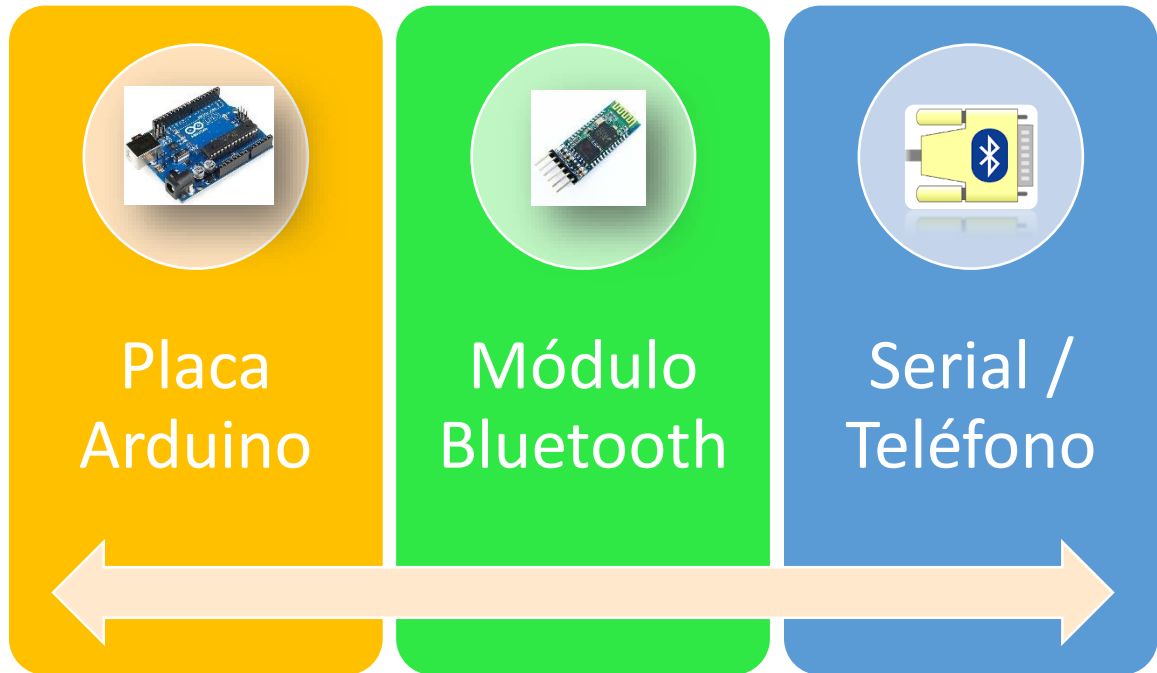


Figura 30: Subsistema hardware almacenamiento de datos.

El principio básico de funcionamiento de estas aplicaciones es la obtención de datos a partir del sensor bluetooth indicado, posterior a ello presentan una doble función el almacenamiento y presentación de datos obtenidos desde el modulo. En este párrafo resaltamos la aplicación de almacenamiento en la carpeta **Descargas** de cualquier dispositivo Android.

### 3.2 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL PROYECTO

El desarrollo de la programación de este proyecto está enfocado en la interfaz de desarrollo de Arduino, un software libre que permite la interacción HMI a través de sus diferentes placas, en este proyecto se usará la placa ARDUINO Uno Rev 3 como se ha descrito previamente. El proceso de programación se dará de forma explícita como se muestra en el siguiente diagrama.

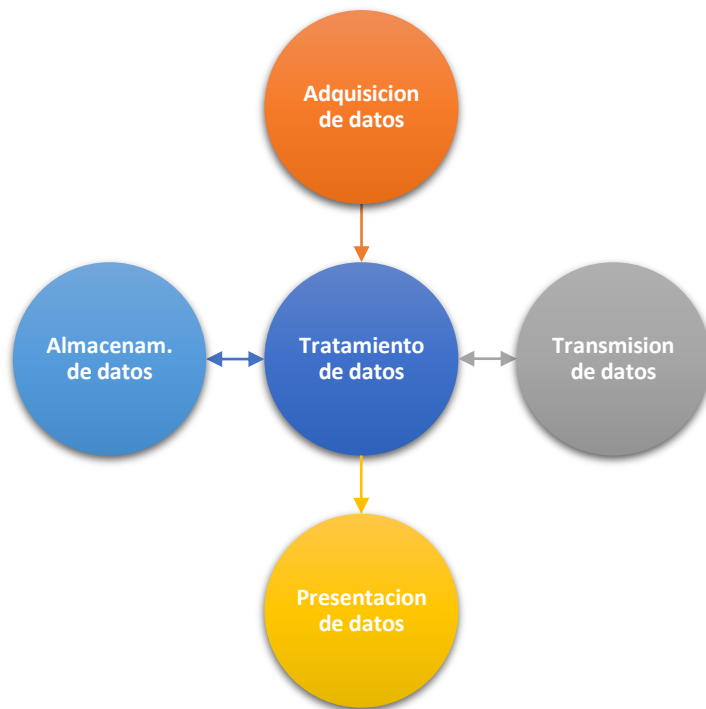


Figura 31: Diagrama Principal Síntesis de Programación.

**3.2.1 Programación adquisición de datos :** El principal requerimiento para la obtención de datos es la correcta programación de los pines del sensor infrarrojo en los puertos de la placa arduino para llevar a cabo un emparejamiento correcto con la interfaz de desarrollo de la placa.

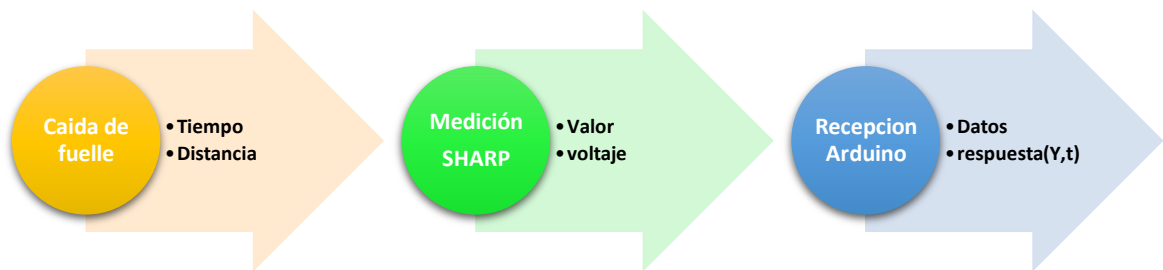


Figura 32: Esquema Adquisición de datos sensor Sharp.

A continuación, se presenta la codificación en la interfaz de desarrollo arduino para lograr una obtención de datos eficiente. Puesto el sensor arroja datos en términos de voltaje, los cuales son tratados en la IDE de arduino para lograr la obtención de datos en el dominio del tiempo. Esto se lleva a cabo gracias a una formula obtenida a partir del datasheet del sensor presentado en el capítulo 3.1.1 Previamente.

```

#define sensor A1 // Sharp IR GP2Y0A41SK0F (4-30cm, analogo)

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Iniciamos el puerto serial
}

void loop() {

  // 5v
  float volts = analogRead(sensor)*0.0048828125; // valor del sensor * (5/1024)
  int distance = 13*pow(volts, -1); // Obtenida a partir del comportamiento segun datasheet
  delay(1000); // Demorar el puerto serie

  if (distance <= 30){
    Serial.println(distance); // Imprimir la distancia
  }
}

```

Figura 33: Programación Adquisición de datos.

**3.2.2 Programación Transmisión y presentación de datos:** Los procedimientos de transmisión de datos desde la placa arduino a los dos (2) diferentes dispositivos de presentación de datos corresponden a la programación realizada al emparejamiento del módulo bluetooth y al adaptar el display 16x2 LCD a los puertos de la placa arduino. A continuación, se presentará la codificación respectiva para cada dispositivo transmisor de datos:

### 3.2.2.1 Emparejamiento y presentación de datos Bluetooth HC06 / Android:

El desarrollo de la programación para el módulo hc 06 se realiza usando un adaptador lógico para realizar la conversión de voltaje necesaria para suministrar al módulo, puesto que un voltaje nominal de la placa puede quemar este adaptador.

La aplicación seleccionada para realizar el control del sensor bluetooth es una aplicación desarrollada previamente por desarrolladores autorizados por arduino.

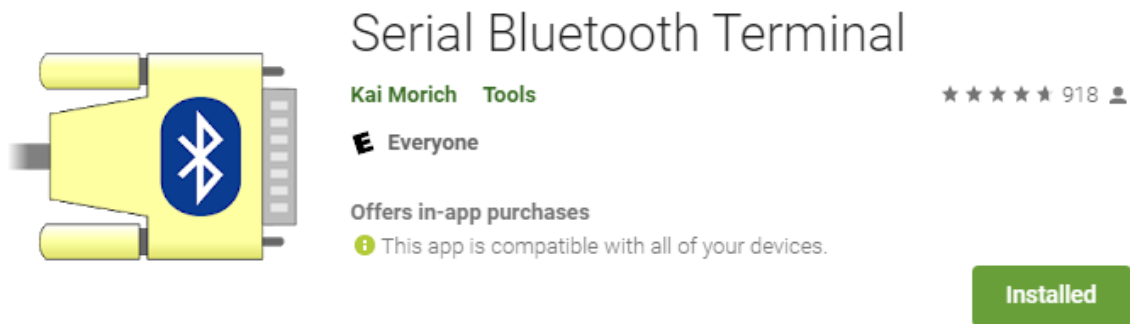


Figura 34: Interfaz Serial Bluetooth Terminal. Fuente: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai\\_morich.serial\\_bluetooth\\_terminal](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal)

En la figura 38 se presenta la aplicación Serial bluetooth Terminal ofrecida por **Kai Morich** y es la aplicación seleccionada para llevar a cabo la transmisión y presentación de datos en el dispositivo Android.

Esta aplicación permite recibir información enviada desde el puerto serial del arduino hasta la pantalla del dispositivo Android vinculado al mismo.

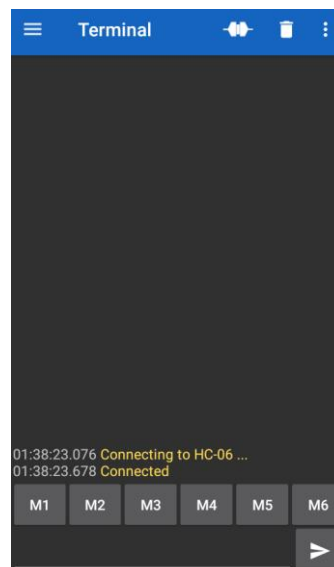


Figura 35: Emparejamiento Modulo / Android Fuente: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai\\_morich.serial\\_bluetooth\\_terminal](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal)

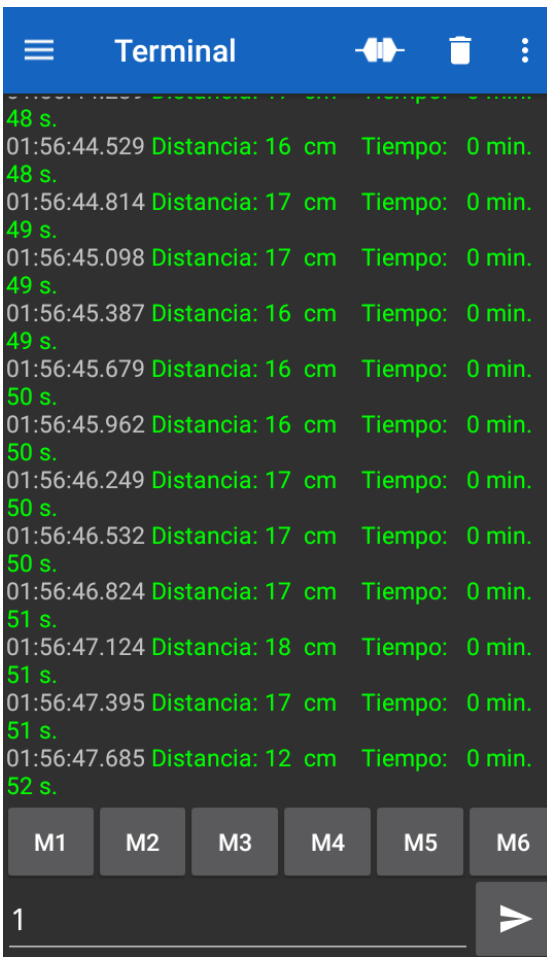


Figura 36: Transmisión / Recepción de Datos. Fuente: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai\\_morich.serial\\_bluetooth\\_terminal](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal)

Para un correcto funcionamiento del emparejamiento hardware / software. Es preciso llevar a cabo un llamado al puerto serial del módulo bluetooth configurados en los pines 2 y 3 de la placa arduino, adicionalmente a ello habilitar la frecuencia de envío de datos al dispositivo Android.

```

#include <Time.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define sensor A1 // Sharp IR GP2Y0A41SK0F (4-30cm, analogo)
int cont = 0;
unsigned long timee;

SoftwareSerial serial(2,3); // puerto serial para bluetooth

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicia el puerto serial
  serial.begin(9600);
}

```

Figura 37: Programación HC 06 / Android

**3.2.2.2 Configuración Display LCD 16X2 :** El subsistema adicional encargado de la presentación de datos es el display 16x2 LCD, el cual es configurable en la placa arduino para transmitir los datos almacenados u obtenidos en el puerto serial del IDE de arduino, a continuación, se presenta la configuración a nivel de software de esta pantalla.

```
LCD16X2_ANEXO
/* I2C LCD 16x2 Arduino */

//Librerias
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // CONFIGURAMOS EL MODULO I2C

void setup() {
  Serial.begin (9600);
  Serial.println ("I2C scanner. Scanning ..."); // EL MODULO I2C IMPRIMIRA RESULTADOS DEL PUERTO SERIAL
  lcd.begin(16,2); // USAREMOS LAS DOS LINEAS
  lcd.backlight(); //
  lcd.setCursor(0,0); //PRIMERA LINEA
  lcd.print("TIEMPO");
  lcd.setCursor(0,1); //SEGUNDA LINEA
  lcd.print("DISTANCIA");
}

void loop(){
}
```

Figura 38: Configuración I2C / LCD 16X2.

Mediante las líneas de código presentadas anteriormente el autor ha logrado realizar la presentación de datos en el módulo display lcd, en el cual se precisa mostrar el tiempo de caída del fuelle y la distancia que ha de recorrer este mismo.

El sistema de presentación de datos mediante pantalla LCD es una herramienta auxiliar para el usuario que desee observar los resultados de su prueba en físico adicionalmente a los resultados en el dispositivo Android.

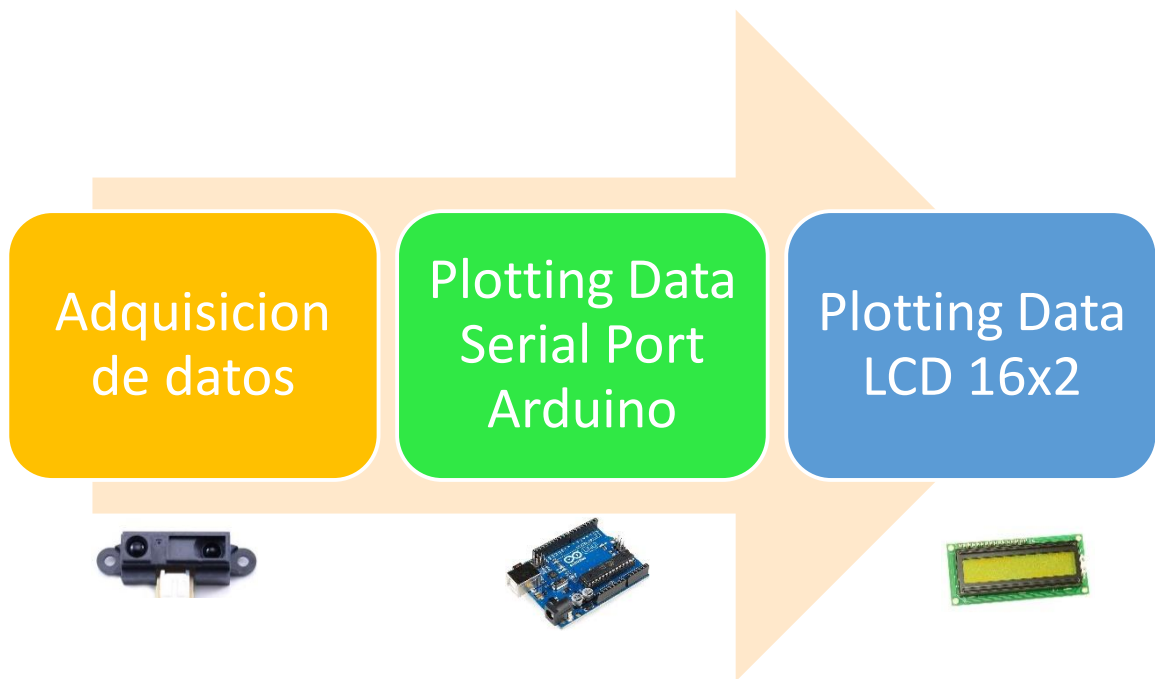


Figura 39: Plotting Data Display LCD.

**3.2.3 Programación Almacenamiento de Datos:** El sistema de almacenamiento de datos está configurado mediante la memoria interna del teléfono acoplado a la placa arduino. Estos elementos en conjunto permiten el almacenamiento de datos por un periodo indefinido, asumiendo un almacenamiento de datos constante durante la jornada. La memoria acoplada a este módulo tendrá una capacidad mínima de 500MB, la cual es suficiente para abastecer las necesidades de este proyecto.



Figura 40: Almacenamiento dispositivo Android. Fuente: <https://www.proyectosimio.com/es/programacion-android-leer-y-escribir-archivos-en-memoria-interna-lanzar-alarmas/>

Gracias al almacenamiento que actualmente disponen los dispositivos móviles es posible almacenar los datos internamente, los cuales estarán almacenados en la carpeta **descargas**, con la nomenclatura que el usuario desee asignar a cada test de porosidad realizado.

A continuación, se describe el proceso de almacenamiento de datos:

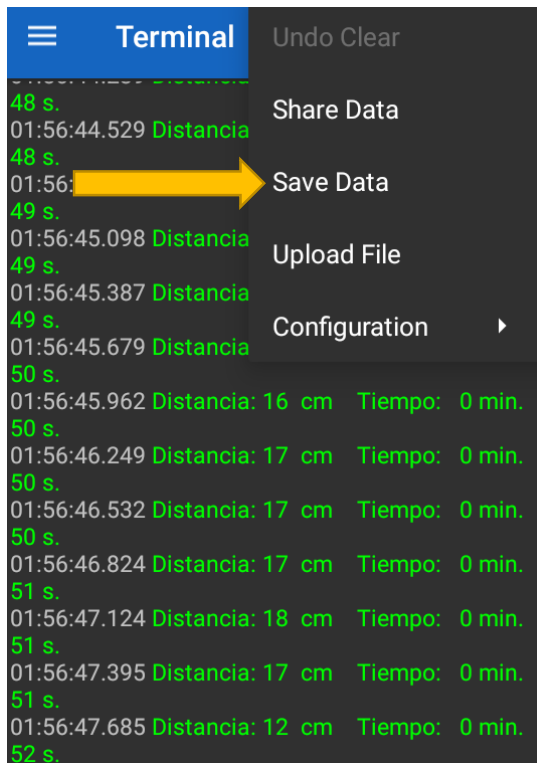


Figura 41: : Instrucción Almacenamiento en dispositivo Android.

En el inciso **Save Data (Guardar datos)** seleccionar esta opción para redirigir los datos a una carpeta interna del dispositivo y brindar revisión periódica, así mismo

garantizamos el almacenamiento de datos permanente hasta la decisión del usuario de deshacerse de ellos.

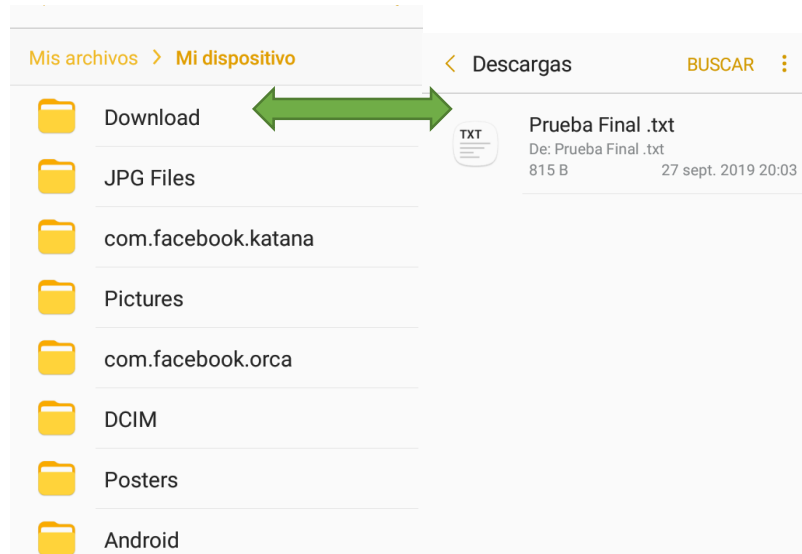


Figura 42: Descripción Ubicación de Archivos Finales.

Llevando a cabo el proceso de almacenamiento de datos de una forma sencilla y eficiente.

### 3.3 Planos del Dispositivo

A continuación, se presentan los planos físicos y electrónicos que rigen el funcionamiento de este dispositivo.

#### 3.3.1 Planos Físicos

Los planos físicos presentados a continuación, son una representación a escala de los planos reales.

##### 3.3.1.1 Ensamblaje

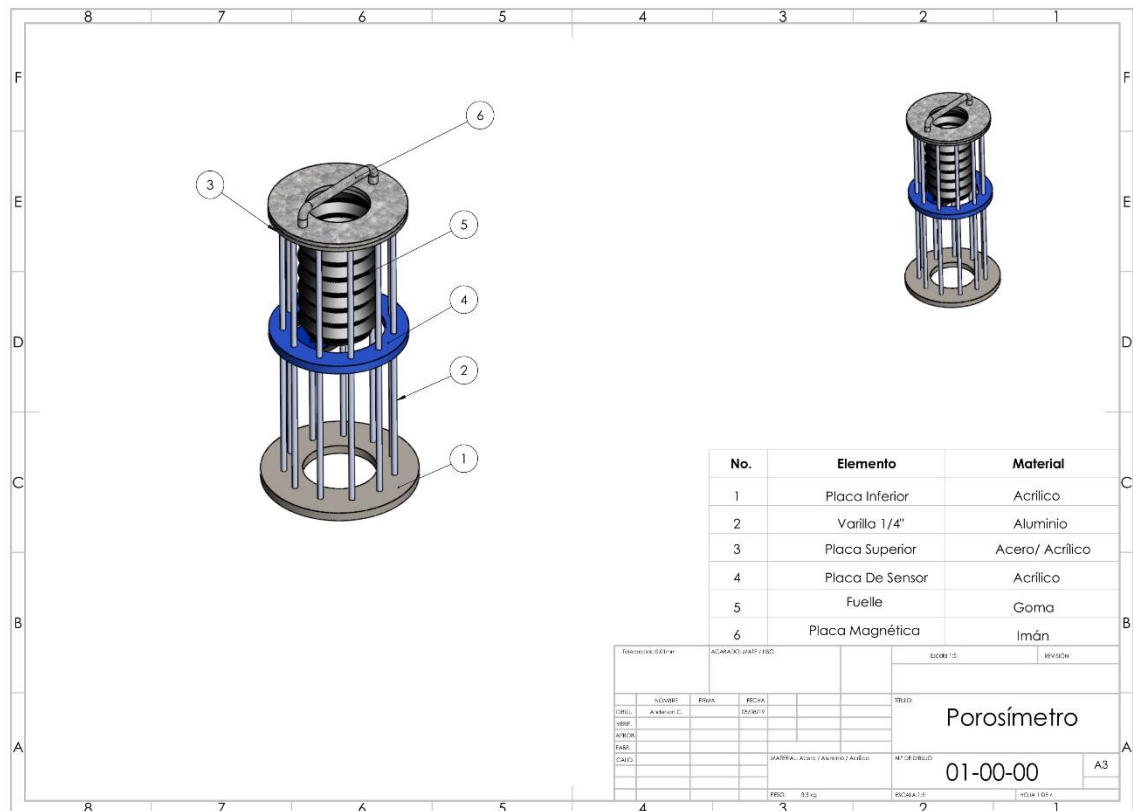


Figura 43: Ensamblaje.

### 3.3.1.2 Placa Inferior

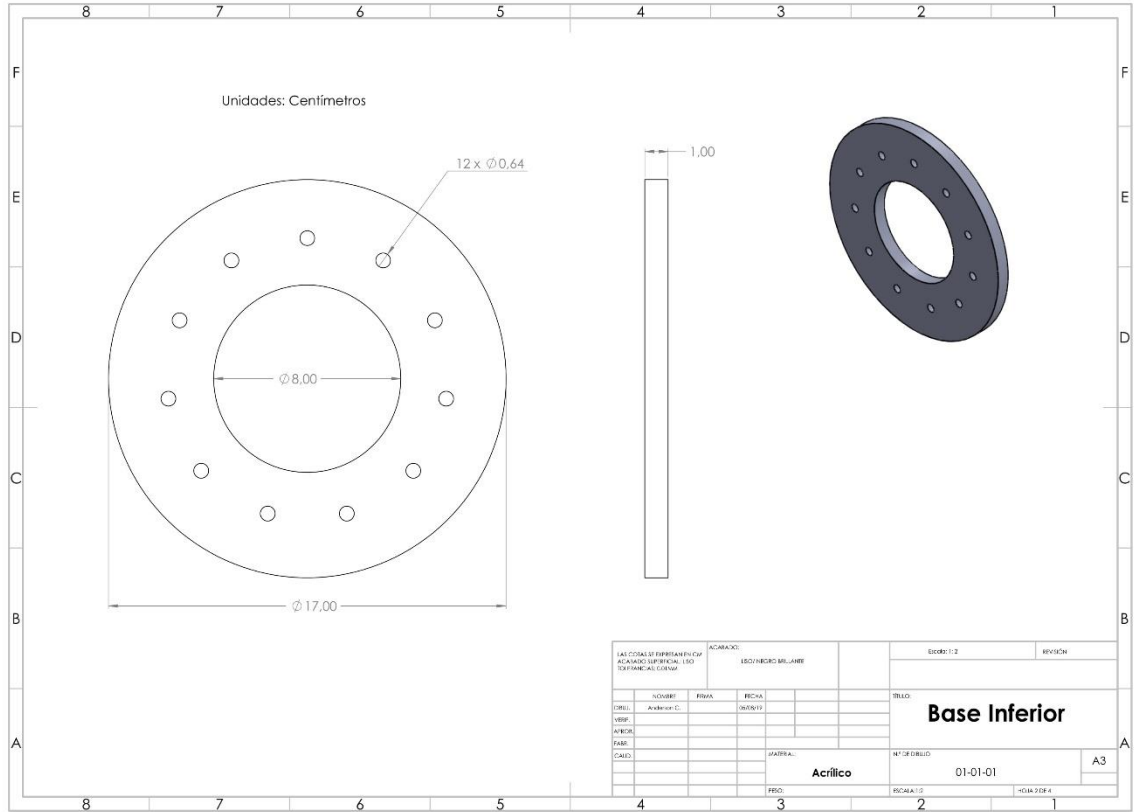


Figura 44: Base Inferior.





Figura 46: Elementos del marco estructural Varilla de aluminio 1/4" Fuente: Varilla de aluminio, 6., Cuadradillo de aluminio, 3., Cuadradillo de aluminio, 3., Redondo de aluminio, 1., & Redondo de aluminio, 3. (2019). Varilla de aluminio, 6 mm. - El Taller del Modelista SL. Consultado: 25 Sept.

### 3.3.2 Esquemas Electrónicos

Los siguientes esquemas se han desarrollado gracias a el software libre **FRTZING** para diagramación de sistemas electrónicos. Adicionalmente se detalla la importancia del convertidor de nivel lógico para evitar falla en el módulo bluetooth, el cual funciona en su puerto de recepción de datos **RX** a 3.3 voltios

Se recomienda llevar a cabo las conexiones adecuadas antes de brindar una fuente de alimentación eléctrica al arduino, para ello se ha detallado las conexiones de cada subsistema.

### a) Conexión esquemática Bluetooth

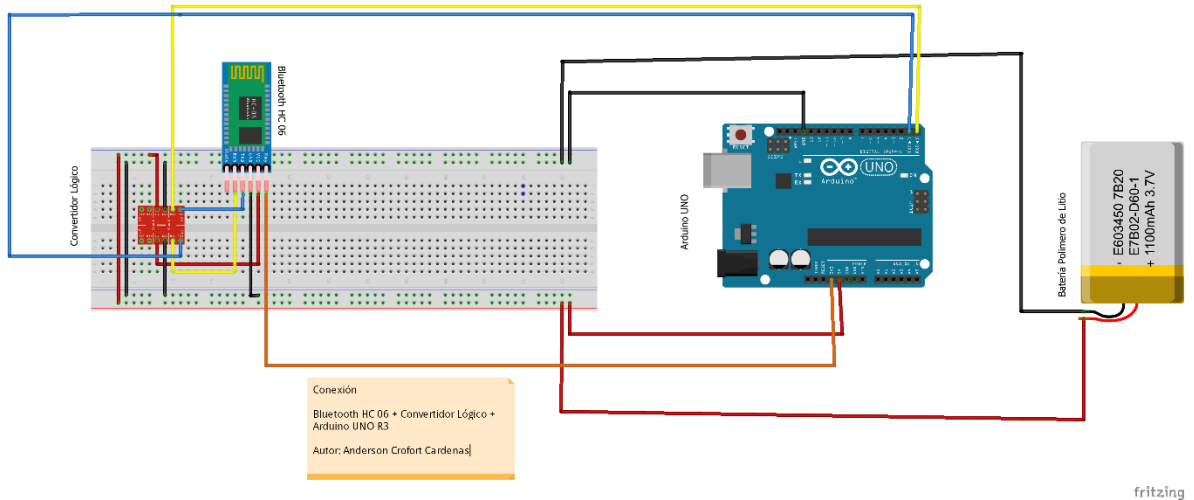


Figura 47: Diagrama Principal Arduino / Bluetooth / Batería.

### b) Conexión esquemática Detallada Convertidor Nivel Lógico

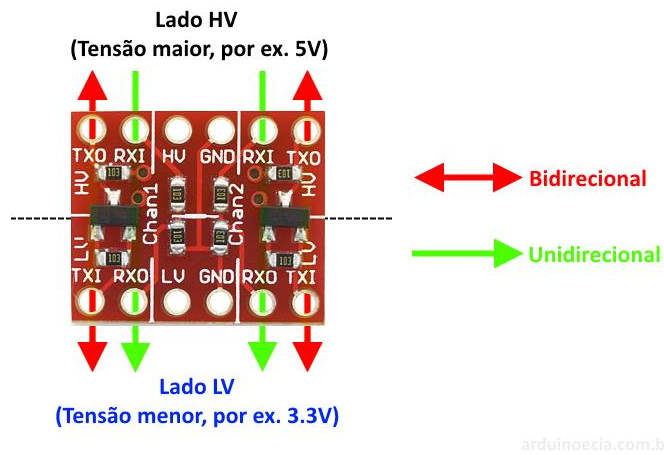


Figura 48: Conexiones del Convertidor Nivel Lógico. Fuente: (2019). Consultado 25 septiembre 2019, de: <https://www.arduinoecia.com.br/conversor-de-nivel-logico-33-5v-arduino/>

### c) Conexión esquemática Sensor Infrarrojo

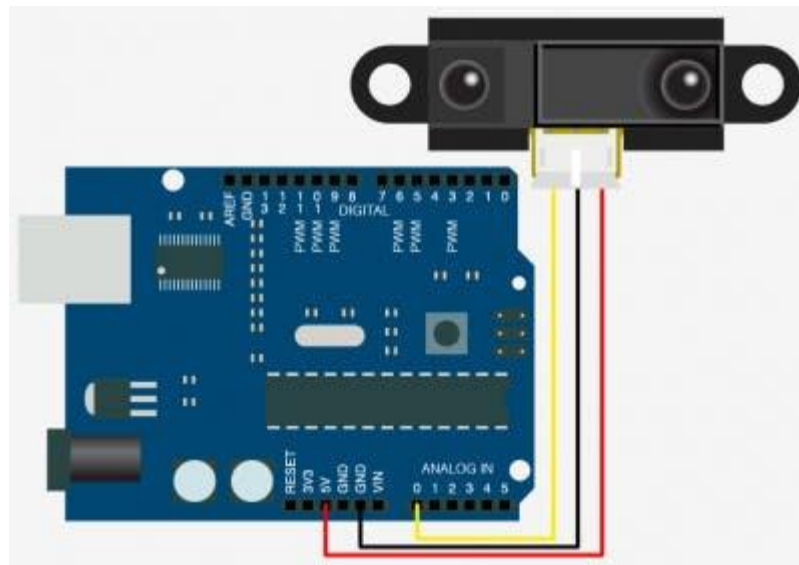


Figura 49: Conexión esquemática sensor Infrarrojo. Fuente: <https://create.arduino.cc/projecthub/matthewchiang/distance-measuring-sensor-assignment-57f25a>

### d) Conexión esquemática Pantalla LCD

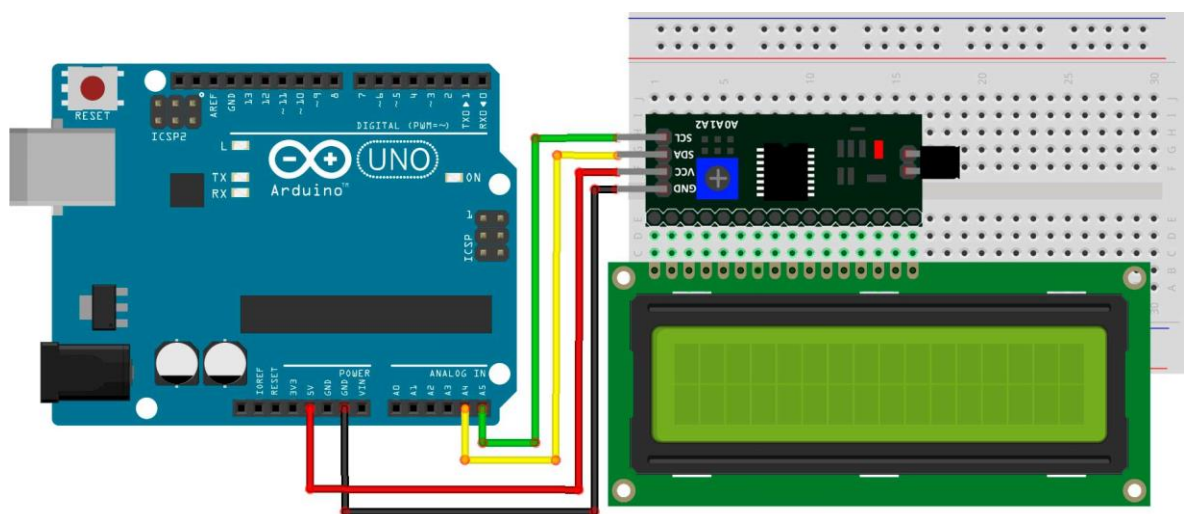


Figura 50: Esquema Conexión Modulo I2c y LCD 16X2 Fuente: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/lcd-16x2-por-i2c-con-arduino/>

### 3.3.3 Código Final HMI

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

#include <TimeLib.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define sensor A1 // Sharp IR GP2Y0A41SK0F (4-30cm, analog)
int cont = 0;
unsigned long timee;

LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);

SoftwareSerial serial(2, 3);
```

Figura 51: Definición de Variables Y Librerías.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Iniciamos el puerto serial
  serial.begin(9600);

  Wire.begin(); // iniciamos la pantalla lcd y el modulo i2c
  lcd.init();
  lcd.begin(16, 2);

  lcd.clear();

  lcd.backlight();
}
```

Figura 52: Definición SetUp.

```

void loop() {
  float volts = analogRead(sensor) * 0.0048828125; // value del sensor * (5/1024)
  int distance = 13 * pow(volts, -1); // obtenida de la grafica del datasheet
  delay(100); // demoramos el puerto serial
  if (serial.available())
  {
    char caracter = serial.read();
    Serial.println(caracter);

    if (caracter == '0');
    {
      setTime(0, 0, 0, 0, 0, 0);
      serial.flush();
    }

    if (caracter == '1')
    {
      setTime(0, 0, 0, 0, 0, 0);
      // time_t t = now();
      float volts = analogRead(sensor) * 0.0048828125;
      int distance = 13 * pow(volts, -1);
      while (distance > 12) { // mientras la distancia sea mayor a 12, Mide
        time_t t = now();
        float volts = analogRead(sensor) * 0.0048828125;
        int distance = 13 * pow(volts, -1);
        delay(100); //

```

---

Figura 53: Definición Ciclo Repetitivo Loop.

```

    serial.print("Distancia: "); // Imprimimos en el puerto serial
    serial.print(distance);
    serial.print(" cm   Tiempo:  ");
    serial.print(minute(t));
    serial.print(" min.  ");
    serial.print(second(t));

    serial.println(" s.");

    lcd.setCursor(0, 0); // iniciamos a imprimir en la pantalla LCD
    lcd.print("Distancia: ");
    lcd.print(distance);

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Tiempo : ");
    lcd.print(second(t));
    delay(100);
    if (distance == 12)break; // Cuenado llega a 12 cm, Finaliza Medición

}
}
}

```

Figura 54: Impresión de Datos.

### 3.4 Manual de Instrucciones

Se ha elaborado este manual de instrucciones para el uso adecuado del dispositivo, puesto que algunos lineamientos de los sensores y los módulos son bastante sensibles a ciertas condiciones. Con el fin de extender la vida útil del porosímetro automático se sugiere seguir las indicaciones responsablemente presentadas a continuación:

### 3.4.1 Preparación del aparato

- ✚ Conectar la batería LiPo al puerto de alimentación del arduino.
- ✚ Enciende el Arduino apretando el botón “Power”.
- ✚ Si en el Arduino enciende el led de la placa, el instrumento está listo para utilizarse.
- ✚ Iniciar la aplicación Bluetooth y emparejar con el módulo dando click en la opción “emparejar dispositivo” y posteriormente “aceptar”.
- ✚ Una vez emparejado el módulo a la placa arduino. El aparato estará listo para usarse.

### 3.4.2 Hacer la medición

- ✚ Sube la barra de medición hacia el cierre superior hasta que se fije automáticamente con un click.
- ✚ Enciende el arduino y modulo bluetooth, si ya está encendido, pulsa el botón “reset” para reiniciar la hora.
- ✚ La pantalla LCD encenderá sincrónicamente con la placa arduino.
- ✚ Mete la tapa por la entrada de aire y ponla encima de la cabeza magnética de tal manera que el tejido esté entre la tapa y la cabeza magnética.
- ✚ Pulsando el botón de inicio puedes empezar la medición. Ten cuidado que no haya nada que estorbe el movimiento del aparato.

- ✚ Al terminar la medición, tanto el display LCD como el dispositivo Android señala el fin de la medición, mostrando los resultados obtenidos.
- ✚ Antes de empezar una nueva medición tienes que pulsar el botón “reset” de la placa arduino para reiniciar el cronómetro.

### 3.4.3 Información Técnica

Mediante la cual se establecen los parámetros de funcionamiento de un porosímetro estándar.

✚ Promedio presión utilizada durante la medición	10 mbar
✚ Superficie del flujo de aire	38.50 $cm^2$
✚ Volumen de aire	250 $cm^3$
✚ Margen de error de la medición	$\pm 3\%$
✚ Temperatura para la medición	+15°C - +25°C
✚ Humedad relativa del aire: Max.	60%

Tabla 4: Criterios de Evaluación para telas de parapente. Fuente: UNE EN 926-1 / JDC ELECTRONIC SA

<b>TABLA PARA EVALUAR LA MEDICIÓN</b>		
<b>Rango 1</b>	<b>&gt;200 seg</b>	<b>Excelente</b>
<b>Rango 2</b>	<b>70 - 200 seg</b>	<b>Bueno</b>
<b>Rango 3</b>	<b>25 - 70 seg</b>	<b>Intermedio</b>
<b>Rango 4</b>	<b>18 – 25 seg</b>	<b>Débil</b>
<b>Rango 5</b>	<b>&lt; 18 seg</b>	<b>Inadecuado</b>

### 3.4.4 Mantenimiento

- ✚ No hace falta un mantenimiento especial, pero con unos simples pasos puedes prolongar la vida del aparato.
- ✚ Es aconsejable utilizar batería LiPo de larga duración.
- ✚ Revisa las conexiones cableadas periódicamente (reconexión).
- ✚ Revisa el encendido del led del bluetooth cada que inicies un test.
- ✚ Limpia el lente del sensor infrarrojo después de cada medición.
- ✚ Siempre guarda el aparato con la barra subida, así el fuelle de goma no se estira y la luz no lo daña durante el tiempo de conservación.
- ✚ Ten cuidado de que las gomas de la tapa y la cabeza magnética no se arañen.
- ✚ Evita el contacto de agua o cualquier sustancia líquida con las conexiones cableadas.
- ✚ En caso de que se ensucien, limpia las gomas con un trapo con agua, sin productos químicos, o con un pañuelo con silicona.
- ✚ Haz lo mismo si el fuelle de goma se pega tras un largo tiempo sin utilización.

### 3.5 Test De Prueba

Las pruebas realizadas en este porosímetro fueron tomadas en el sector Ruitoque bajo, Las Águilas. Establecimiento que ha brindado información importante para el desarrollo e implementación de este proyecto.



Figura 55: Porosímetro Automático.

- El autor ha considerado las condiciones atmosféricas del sitio para los respectivos cálculos.

Se realizó el procedimiento de test de porosidad a un elemento parcial de un parapente para identificar su estado actual.



Figura 56: Muestra Tela de parapente.

El establecimiento las águilas ha solicitado brindar información acerca de la muestra brindada, puesto que es muestra parcial de un parapente adquirido hace algún tiempo.

### **3.5.1 Medición**

La muestra es puesta en posición de presión mediante un disco imantado en la parte superior del cuerpo del porosímetro. A continuación, se presenta en detalle el proceso de prueba:

- a) El dispositivo es puesto en la ubicación predeterminada, se sugiere que la superficie sea lo más plana posible.
  
- b) Se procede a conectar la fuente de alimentación del dispositivo (Power bank, Batería de Litio). Automáticamente el sistema se inicia y queda a disposición del usuario para su inicio.

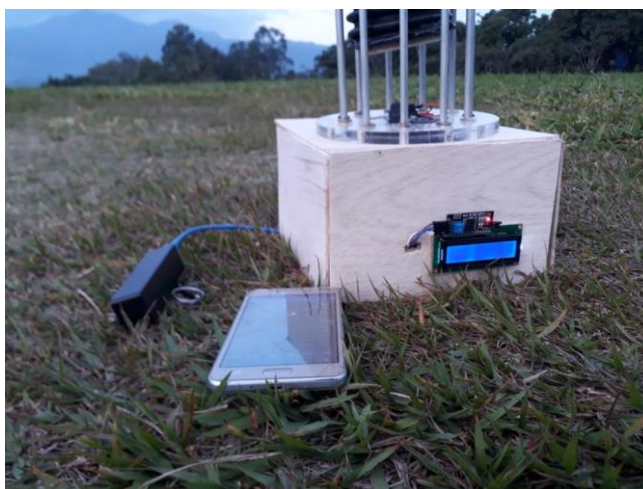


Figura 57: Porosímetro Automático Disponible Para Su Uso.

- c) Posteriormente se procede a vincular el módulo HC06 (Bluetooth) y el porosímetro está listo para recibir instrucciones de uso.

Comando '0': Reiniciar Medición // Previamente configurado por el autor

Comando '1': Iniciar Medición // Previamente configurado por el autor

- d) El fuelle es puesto en su posición inicial (Comprimido) generando la presión adecuada para realizar el test.
- e) Se libera el fuelle para dar inicio a la prueba de medición // Presionando el comando **INICIAR**
- f) Terminada la extensión del fuelle se procede a observar los datos brindados en el puerto serial del teléfono Android emparejado y adicionalmente en la pantalla LCD 16x2.
- g) Se almacenan los datos obtenidos en la memoria del teléfono // modalidad encontrada en la parte superior derecha de la aplicación. (**SAVE DATA**).
- h) Presionar el comando **RESET** para preparar el porosímetro para una nueva medición.



Figura 58: Prueba Finalizada.

Iteración de datos:

Tabla 5: Iteración de pruebas y resultados

Prueba No.	Resultado (s)	Hora
1	97	17:28
2	76	17:31
3	82	17:33
4	81	17:36
5	83	17:39
6	90	17:42
7	75	17:44
<b>Promedio</b>	<b>83.4285</b>	

Como resultado final se obtiene un tiempo de **83.43 segundos**.

Resultado que es calificado como una tela de parapente en **Buen Estado** Y es apta para su uso según la Tabla 4. Del manual de instrucciones.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el desarrollo de este proyecto de grado se han obtenido diferentes observaciones desde el punto de vista electrónico, físico y eléctrico. Entre los cuales resaltan los siguientes aspectos:

### 4.1 Conclusiones

1. Es posible construir un porosímetro automático mediante la manufactura nacional con materiales de bajo costo, brindando aportes sustanciales al deporte extremo y a la economía naranja de la región como del país.
2. Mediante la entrega de este proyecto el personal interesado podrá construir su propio porosímetro Automático con el cual se prestará un servicio de parapentismo seguro y confiable gracias a la implementación de nuevos dispositivos.
3. Electrónicamente existen sensores más robustos y costosos para adquirir datos de distancia y tiempo. Los cuales pueden soportar condiciones atmosféricas agresivas adicionalmente mantener mayor estabilidad durante el transporte del dispositivo o en condiciones de impacto. Para nuestro proyecto se optó por usar un sensor ligero, robusto y funcional.
4. El porosímetro electrónico automático elaborado en este proyecto en cuanto a su estructura física es una versión adaptada y mejorada de modelos estándar internacionalmente para dar solución a la problemática planteada inicialmente.

5. En cuanto al circuito eléctrico de alimentación cabe resaltar la independencia del sistema gracias a baterías de litio ofrecidas económicamente en el mercado, un ejemplo claro de estas baterías son los power bank que se pueden adquirir muy fácilmente en las diferentes tiendas electrónicas.
  
6. En cuanto a la toma de datos de este porosímetro podemos concluir que son datos precisos y confiables respecto a la normativa vigente, los cuales cabe resaltar que son particulares para cada porosímetro diseñado, los cuales manejan sus propias tablas de funcionamiento de calidad y parámetros de operación, para el porosímetro automático se presentan en el **capítulo 3.4 “Manual de Instrucciones”**.
  
7. Para lograr resultados más precisos es necesario tomar como mínimo 5 veces el test en el mismo punto de interés. Con estos 5 datos se obtiene una media aritmética que brindará un excelente resultado.

## 4.2 Recomendaciones

### IMPORTANTE:

- ✚ Asegúrate que las gomas en la cabeza magnética estén limpias.
  
- ✚ Vigila que el trozo de tejido que quieres chequear esté puesto encima de la cabeza magnética sin arrugas.
  
- ✚ Pon la tapa encima de la cabeza magnética con precisión.
  
- ✚ La porosidad de un parapente mojado es muy diferente a la de uno que esté seco (sobre todo en el caso de parapentes más viejos).

✚ No te fíes de una sola medición. Haz al menos 6-8 mediciones por parapente

**¡Advertencia!**

1. Las mediciones hechas con el aparato tienen valor meramente informativo.
2. Mantén este aparato fuera de alcance de otros aparatos sensibles a la fuerza magnética.
3. El fuelle de goma es sensible a la luz. manténlo en su propia caja apartado de la exposición solar y/o luminosa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BOLTON, WILLIAM.** Sistemas De Control Electrónico en la ingeniería Mecánica y Eléctrica. México, Alfaomega (2014). p. 50-76. ISBN 9789587783292 (Sexta Edición).

**TORRENTE, ÓSCAR.** Arduino, Curso práctico de formación (Primera Edición), México, Alfaomega (2013). p. 38-67 ISBN 9786077076483.

**HIBBELER, RUSSELL C.** Mecánica de Materiales (Novena Edición), México, Prentice-Hall (2011).p. 68-82 ISBN 9786073240994.

**JDC ELECTRONICS SA.** POROSIMETRO MK1, Electronic, J. [En línea] Porosimeter MK1 - Porosity measurement - Tissue - Paragliding - Flight - Paper. Recuperado 17 de Julio 2019, Disponible en <https://www.jdc.ch/products/porosimeter/>

**OGATA, KATSUHIKO.** Ingeniería de control moderna (Quinta Edición), Madrid, Prentice-Hall (1998). p.53-98 ISBN 9788483226605.

**VEIGA, M. M., & MELO, C.F.C.A.** Análise da eficiência dos equipamentos de proteção aos agrotóxicos utilizados em saúde pública. [En línea] Laboreal, Recuperado 08 de Marzo de 2019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15667/laborealxii0116mmv>

## ANEXOS

### ANEXO A: MARCO TEORICO

#### **Porosímetro**

Un porosímetro, es un dispositivo electrónico capaz de medir la porosidad de una muestra, este permite pasar un volumen específico de aire a través de una tela para establecer su porosidad, generalmente es usado en la industria textil de diferentes índoles. Posterior a su uso permite determinar el grado de deterioro del material examinado.

#### **Sensòrica**

Es un nuevo concepto adaptado a la aplicación y uso de una gran variedad de sensores tanto analógicos como digitales, los sensores son una herramienta muy útil para accesos donde no poseemos una magnitud eléctrica, de tal manera los sensores convierten una magnitud física en una magnitud eléctrica. Se pueden encontrar gran variedad de sensores para diferentes aplicaciones tales como sensores de flujo, temperatura, presión, indicadores de nivel, distancia, intensidad lumínica, intensidad sonora.

La Sensòrica es una herramienta indispensable en la automatización moderna puesto que en ella encontramos altos niveles de precisión en muestreo de datos físicos.

## **Automatización y control**

La ingeniería de automatización y control es una rama de la ingeniería que aplica la integración de tecnologías, llevándolas a trabajar en conjunto, estos conjuntos trabajan en paralelo con sistemas de control y supervisión de datos. Ejemplo de ello es la instrumentación industrial, el control de procesos y redes de comunicación industrial.

La implementación de dispositivos automáticos permite un acceso más fiable al usuario, así mismo brinda mayor eficiencia en los procesos y tareas estipuladas. Actualmente la eficiencia de la industria demanda procesos de alta calidad y seguimiento constante para prevención de desastres es por ello que uno de los principales objetivos de la automatización y control es garantizar la eficiencia y seguridad del proceso.

### **Sensor Bluetooth**

El sensor bluetooth nos permite mediante frecuencias radiales, llevar a cabo la comunicación entre el arduino y un dispositivo móvil, esto con el fin de realizar las respectivas tareas mediante intercambio de datos.

### **Sensor infrarrojo**

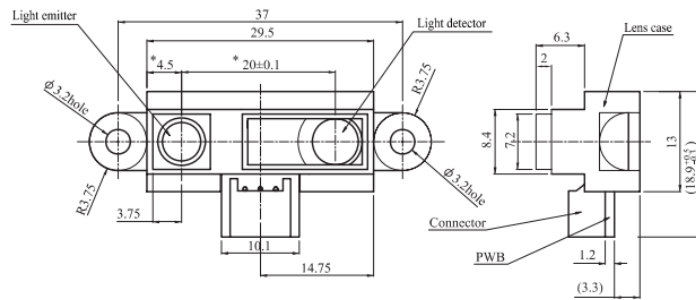
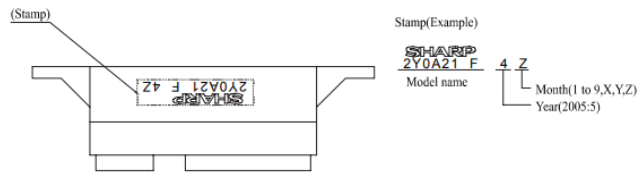
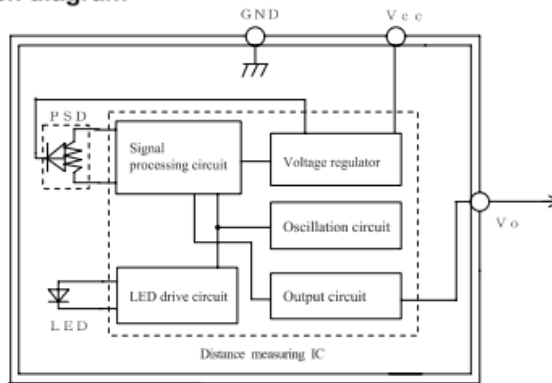
El sensor usado en este proyecto es un sensor infrarrojo que permite medir distancias mediante una salida analógica. Comúnmente se convierte la salida analógica a digital para que esta pueda ser medida en términos de distancia y pueda ser usada por el microcontrolador.

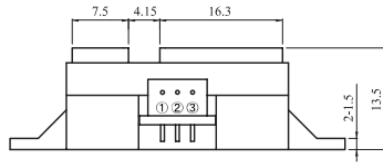
ANEXO B: Sensor SHARP Infrarrojo. Especificaciones técnicas. Fuente: [http://www.sharpworld.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk\\_e.pdf](http://www.sharpworld.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf)

**SHARP**

GP2Y0A21YK0F

■ Block diagram





Connector signal

signal name
① V <sub>O</sub>
② GND
③ V <sub>CC</sub>

Connector :  
Shenglan Technology Co.,Ltd  
(JCTC)  
I2001W90-3P-HF

Materials

Lens :Acrylic acid resin  
(Visible light cut-off resin)  
Case :Carbonic ABS  
(Conductive resin)  
PWB :Paper phenol

Note 1. The dimensions marked \* are described the dimensions of lens center position.

Note 2. Unspecified tolerances shall be  $\pm 0.3$  mm.

Note 3. The dimensions in parenthesis are shown for reference.

Product mass : Approx. 3.6g

**SHARP**

**GP2Y0A21YK0F**

**■Absolute Maximum Ratings** (T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V <sub>O</sub>	-0.3 to V <sub>CC</sub> +0.3	V
Operating temperature	T <sub>opr</sub>	-10 to +60	°C
Storage temperature	T <sub>stg</sub>	-40 to +70	°C

**■Electro-optical Characteristics** (T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I <sub>CC</sub>	L=80cm (Note 1)	—	30	40	mA
Distance measuring	ΔL	(Note 1)	10	—	80	cm
Output voltage	V <sub>O</sub>	L=80cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV <sub>O</sub>	Output voltage difference between L=10cm and L=80cm (Note 1)	1.65	1.9	2.15	V

\* L : Distance to reflective object

Note 1 : Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27・white face, reflectance; 90%)

**■Recommended operating conditions**

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	4.5 to 5.5	V

ANEXO C: : FEDEAEREOS (2008). Fragmento REGLAMENTO NACIONAL DE PARAPENTES

Reglamento Nacional de Parapente.

REPUBLICA DE COLOMBIA



REGLAMENTO NACIONAL DE PARAPENTE



Elaborado por:  
Comité técnico nacional de parapente  
CTNP

Federación Colombiana de Deportes Aéreos  
FEDEAEREOS  
2008

EDICIÓN: Comité Técnico Nacional de Parapente - CTNP  
Federación Colombiana de Deportes Aéreos - FEDEAEREOS  
TEXTO ORIGINAL: Juan Pablo Estévez Reyes  
Director del CTNP (1998-2003)  
REVISADO 2003: David Castaño Díaz - Nicolás Yápez Corrales  
REVISIÓN Y MODIFICACIÓN 2008: Comité Técnico Nacional de Parapente (CTNP)

CTNP Comité Técnico Nacional de Parapente. - FEDEAEREOS - 1

**Tabla de Contenido**

<b>PREAMBULO</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPITULO 1 - DISPOSICIONES GENERALES</b> .....	<b>5</b>
1.1. Definición de Parapente .....	5
1.2. Objetivo del Reglamento de Parapente .....	5
1.3. Ámbito de Aplicación .....	5
1.4. Responsabilidad para su Cumplimiento .....	5
1.5. Normas de Referencia y Aplicación Subsidiaria de otras Fuentes Reglamentarias .....	5
<b>CAPITULO 2. - ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Asamblea nacional de Clubes de Parapente .....	6
2.2. Comité Técnico Nacional de Parapente. ....	6
2.2.1. Miembros.....	6
2.2.2. Director .....	6
2.3. Distribución Administrativa y Funcional.....	7
2.3.1. Comisiones Permanentes.....	7
<b>CAPITULO 3. – CLUBES.</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Organización de los Clubes</b> .....	<b>10</b>
3.1.1. Jefe de Operaciones .....	11
3.1.2. Jefe de Mantenimiento.....	11
3.1.3. Director Técnico.....	12
3.1.4. Administrador de Zona de Vuelo .....	12
3.1.5. Múltiples funciones.....	13
<b>3.2. Archivos y Registros</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3. Publicaciones Técnicas.</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPITULO 4. - SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE PILOTOS DE PARAPENTE</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1. TITULACIONES FEDERATIVAS</b> .....	<b>14</b>
4.1.1. Alumno, .....	14
4.1.2. Licencia Piloto Novato P - 1 .....	15
4.1.3. Piloto Intermedio, P - 2.....	18
4.1.4. Piloto Avanzado, P - 3 .....	20
4.1.5. Títulos De Piloto De Parapente Biplaza.....	22
4.1.6. Expedición de los Títulos de Piloto de Parapente .....	25
<b>4.2. Titulaciones de Carácter Técnico</b> .....	<b>25</b>
4.2.1. Título de Monitor de Parapente .....	25
4.2.2. Título de Instructor de Parapente .....	26
4.2.3. Título de Instructor de Pilotos Biplaza .....	28
4.2.4. Juez.....	28
4.2.5. Observadores Oficiales: .....	29
4.2.6. Expedición de los Títulos de Carácter Técnico.....	29
<b>CAPITULO 5. – FORMACIÓN</b> .....	<b>30</b>

<b>5.1. Requisitos</b> .....	<b>30</b>
<b>5.2. Clubes</b> .....	<b>30</b>
5.2.1. Certificados de Instrucción de los Clubes.....	30
5.2.2. Requisitos para el Certificado de Instrucción.....	31
5.2.3. Obligaciones de los clubes con Certificado de Instrucción.....	32
5.2.4. Validez.....	32
5.2.5. Campo de Instrucción.....	32
<b>5.3. Cursos de Parapente</b> .....	<b>33</b>
5.3.1. Cursos Básicos.....	33
5.3.2. Cursos Avanzados.....	35
<b>CAPITULO 6. - ZONAS DE VUELO</b> .....	<b>38</b>
<b>6.1. Clasificación de los Sitios De Vuelo</b> .....	<b>38</b>
6.1.1. Sitio tipo 1.....	38
6.1.2. Sitio tipo 2.....	38
6.1.3. Sitio tipo 3.....	38
6.1.4. Sitios en exploración.....	39
<b>6.2. Categorías De Las Áreas de Despegue</b> .....	<b>39</b>
6.2.1. Despegue Categoría 1.....	39
6.2.2. Despegue Categoría 2.....	39
6.2.3. Despegue Categoría 3.....	40
<b>6.3. Categorías de las Áreas de Aterrizaje</b> .....	<b>40</b>
6.3.1. Requisitos Iniciales.....	40
6.3.2. Áreas de aterrizaje categoría 1.....	40
6.3.3. Áreas de aterrizaje categoría 2.....	40
6.3.4. Áreas de aterrizaje categoría 3.....	40
<b>6.4. Registro De Los Sitios de Vuelo y Asignación De Las Zonas De Operación</b> .....	<b>41</b>
<b>6.5. Requisitos De Los Sitios de Vuelo</b> .....	<b>41</b>
6.5.1. Requisitos Generales.....	41
6.5.2. Requisitos Técnicos y de Seguridad.....	42
<b>6.6. Control Y Seguridad En Los Sitios de Vuelo Y Zonas De Vuelo Registrados</b> .....	<b>46</b>
<b>CAPITULO 7. - NORMAS Y RECOMENDACIONES DE VUELO</b> .....	<b>47</b>
7.1. Equipo.....	47
7.2. Mantenimiento del Parapente .....	48
7.3. Mantenimiento del Paracaídas de Emergencia.....	48
7.4. Accesorios Recomendados.....	48
7.5. Recomendaciones de Vuelo.....	49
7.6. Prohibiciones de Vuelo.....	49
7.7. Normas de Tráfico Aéreo en Parapente.....	49
<b>CAPITULO 8. - REVISIONES Y MODIFICACIONES</b> .....	<b>50</b>
8.1. Solicitud de Revisiones y Modificaciones.....	50

**3.1.1. Jefe de Operaciones**

El responsable de Operaciones (Literal a del artículo 4.25.1.7.5.1) deberá tener idoneidad y conocimientos para el desempeño de las siguientes funciones:

**3.1.1.1.** Velar por la idoneidad de cada tripulante u operador (piloto, parapentista, cometista, paracaidista, etc.) para poder ejecutar actividades de las permitidas al club. Al efecto, esta persona llevará una relación de la instrucción recibida por cada uno de dichos tripulantes u operadores.

**3.1.1.2.** Firmar los Certificados de Idoneidad expedidos por el club a tripulantes y operadores cuando éstos no deban ser licenciados por la autoridad aeronáutica, de acuerdo a los requisitos exigidos en este Reglamento y Llevar una relación de los Certificados de Idoneidad expedidos a cada piloto.

**3.1.1.3.** Velar porque cada tripulante u operador afiliado mantenga un certificado de aptitud médica, conforme se ha requerido.

**3.1.1.4.** Tomar medidas para impedir cualquier operación por parte de sus afiliados que no se encuentren aptos para ejecutarlas (por haber dejado de operar demasiado tiempo y/o no haber recibido entrenamientos recurrentes o falta de aptitud médica, etc.) e informar cualquier irregularidad al comité técnico nacional de parapente.

Dicho responsable será titular de un certificado de idoneidad emitido por el club correspondiente, con el aval de la Federación Colombiana de Deportes Aéreos o el CTNP.

**3.1.2. Jefe de Mantenimiento**

El Responsable de Mantenimiento (Literal b del artículo 4.25.1.7.5.1) deberá tener idoneidad y conocimientos para el desempeño de las siguientes funciones:

**3.1.2.1.** Velar por el perfecto estado de funcionamiento de los equipos de vuelo de los afiliados verificando que se ejecuten las actividades de mantenimiento recomendadas por los fabricantes.

**3.1.2.2.** Verificar que cada piloto lleve un registro sobre el mantenimiento y horas de vuelo de cada parapente y equipos de vuelo, realizando sobre estos el control necesario para que éste se efectúe dentro de los intervalos recomendados por los fabricantes.

**3.1.2.3.** Firmar certificaciones de aptitud técnica expedidas por el club y llevar una relación de los mismos, emitidos por el club a cada equipo de vuelo. Los certificados seguirán el modelo definido por el CTNP.

**3.1.2.4.** Velar por la idoneidad del personal de mantenimiento.

**3.1.2.5.** Impedir, en cuanto sea posible, la operación de cualquier equipo de vuelo no apto y notificar cualquier irregularidad a la comisión disciplinaria del club.

**3.1.2.6.** Solicitar la realización de las pruebas especializadas de resistencia y porosidad de los equipos que así lo requieran, en la sede de la Federación.

ANEXO D: NORMATIVA UNE926 (2016) EQUIPOS PARA LA PRÁCTICA DEL PARAPENTE. Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)

# norma española

UNE-EN 926-1

Marzo 2016

<b>TÍTULO</b>	<p>Equipos para la práctica del parapente</p> <p>Parapentes</p> <p>Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo relativos a la resistencia de la estructura</p> <p><i>Paragliding equipment. Paragliders. Part 1: Requirements and test methods for structural strength.</i></p> <p><i>Équipement pour le parapente. Parapentes. Partie 1: Exigences et méthodes d'essai concernant la résistance de la structure.</i></p>
<b>CORRESPONDENCIA</b>	<p>Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 926-1:2015.</p>
<b>OBSERVACIONES</b>	<p>Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 926-1:2007.</p>