



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE  
CONTROL PARA LA HIDRATACIÓN Y ENSACADO DEL  
HIDRÓXIDO DE CALCIO EN LA EMPRESA CALIZAS “SAN  
JOSÉ””**

**Trabajo de titulación.**

Tipo: Dispositivo tecnológico.

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**KAROLINA LIZBETH PANATA HERNÁNDEZ**

**JORGE DAVID BANDERAS BENÍTEZ**

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE  
CONTROL PARA LA HIDRATACIÓN Y ENSACADO DEL  
HIDRÓXIDO DE CALCIO EN LA EMPRESA CALIZAS “SAN  
JOSÉ””**

**Trabajo de titulación.**

Tipo: Dispositivo tecnológico.

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**KAROLINA LIZBETH PANATA HERNÁNDEZ**

**JORGE DAVID BANDERAS BENÍTEZ**

**DIRECTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN.**

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Karolina Lizbeth Panata Hernández y Jorge David Banderas Benítez.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Karolina Lizbeth Panata Hernández y Jorge David Banderas Benítez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de noviembre del 2021.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature reads "Karolina Panata H." with a stylized flourish below it.

**Karolina Lizbeth Panata Hernández.**

**020185977-4.**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive script that appears to read "J. Banderas Benitez".

**Jorge David Banderas Benítez.**

**060495261-4.**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Dispositivo tecnológico. **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA LA HIDRATACIÓN Y ENSACADO DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO EN LA EMPRESA CALIZAS “SAN JOSÉ”**”, realizado por la señorita **KAROLINA LIZBETH PANATA HERNÁNDEZ** y el señor **JORGE DAVID BANDERAS BENÍTEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paúl Patricio Romero Riera. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 <p>PAUL PATRICIO ROMERO RIERA</p> <p>Firmado digitalmente por PAUL PATRICIO ROMERO RIERA Fecha: 2021.11.25 14:31:19 -05'00'</p>	2021-11-25
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 <p>EDWIN VINICIO ALTAMIRAN O SANTILLAN</p> <p>Firmado digitalmente por EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Fecha: 2021.11.25 14:54:54 -05'00'</p>	2021-11-25
Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 <p>SANDRA GABRIELA BARRAZUE TA ROJAS</p> <p>Firmado digitalmente por SANDRA GABRIELA BARRAZUETA ROJAS Fecha: 2021.11.25 17:58:45 -05'00'</p>	2021-11-25

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico a mis padres Telmo y Janneth, por su apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida, por sus consejos para ser mejor persona y por su perseverancia a que culmine esta etapa.

A mis abuelitos Víctor Hugo Panata y Víctor Hugo Hernández, que desde el cielo sé que están orgullosos de mí.

A toda mi familia que siempre me dieron sus palabras de aliento y ejemplo de superación.

**Karolina.**

Dedico el presente trabajo a mis padres quienes con su sacrificio me apoyaron durante el transcurso de mi formación académica, tanto moral como económicamente gracias a su esfuerzo he logrado un eslabón más en las metas de mi vida, a mis hermanos quienes con sus consejos me han permitido mejorar como profesional, a toda mi familia en general que siempre han confiado en mí.

**Jorge.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ayudarme a culminar una meta más de mi vida, a mis padres Telmo y Janneth por el apoyo que me supieron brindar día a día. A nuestro tutor Ing. Edwin Altamirano por su ayuda brindada para desarrollar este Trabajo de Titulación. A mis profesores y amigos que estuvieron presente a lo largo de esta etapa brindándome su apoyo y conocimiento. A todos mis familiares que han sabido aportar en mi vida. A mi compañero Jorge David por su perseverancia y dedicación en este trabajo.

**Karolina.**

Agradezco a mis padres quienes siempre estuvieron ahí apoyándome en los momentos buenos y malos en el transcurso de mi formación, a mi tutor el Ingeniero Edwin Vinicio Altamirano quien siempre nos apoyó y guio en todo el camino de elaboración de nuestro trabajo de titulación, a mi compañera Karito por su apoyo y dedicación en el transcurso de nuestros estudios. a mis docentes quienes con sus conocimientos me permitieron formar mi carrera, y finalmente a los dueños de la empresa quienes nos brindaron la apertura para desarrollar el presente proyecto.

**Jorge.**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	6
1 <b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>6</b>
1.1 <b>Generalidades.....</b>	<b>6</b>
1.2 <b>Piedra caliza.....</b>	<b>6</b>
1.2.1 <i>Calidad de la piedra caliza.....</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>Aplicaciones de la piedra caliza.....</i>	<i>7</i>
1.3 <b>Óxido de calcio.....</b>	<b>8</b>
1.4 <b>Hidróxido de calcio.....</b>	<b>9</b>
1.5 <b>Obtención del hidróxido de calcio de forma manual.....</b>	<b>11</b>
1.6 <b>Proceso de hidratación del hidróxido de calcio de forma optimizada.....</b>	<b>11</b>
1.6.1 <i>Componentes mecánicos de la máquina hidratadora.....</i>	<i>12</i>
1.6.2 <i>Dispositivos electrónicos para el proceso de la hidratación.....</i>	<i>13</i>
1.7 <b>Proceso de ensacado del hidróxido de calcio de forma optimizada.....</b>	<b>15</b>
1.7.1 <i>Componentes mecánicos de la máquina ensacadora.....</i>	<i>16</i>
1.7.2 <i>Dispositivos electrónicos para en el proceso de ensacado.....</i>	<i>18</i>

1.8	<b>Comunicaciones inalámbricas.....</b>	18
1.9	<b>Softwares libres para el desarrollo de proyectos. ....</b>	19
1.10	<b>Softwares libres para aplicaciones móviles. ....</b>	20
<b>CAPITULO II .....</b>		<b>21</b>
2	<b>PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO. ....</b>	<b>21</b>
2.1	<b>Requerimientos para el diseño del prototipo. ....</b>	<b>21</b>
2.2	<b>Concepción del diseño del sistema. ....</b>	<b>22</b>
2.3	<b>Diseño de bloques del sistema. ....</b>	<b>23</b>
2.3.1	<i>Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo hidratador). ....</i>	<i>23</i>
2.3.2	<i>Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo ensacador). ....</i>	<i>24</i>
2.4	<b>Descripción de los elementos hardware del sistema. ....</b>	<b>25</b>
2.4.1	<i>Arduino NANO. ....</i>	<i>25</i>
2.4.2	<i>Pantalla LCD. ....</i>	<i>26</i>
2.4.3	<i>Sensor de temperatura – termocupla tipo k. ....</i>	<i>27</i>
2.4.4	<i>Sensor de humedad Capacitive Soil. ....</i>	<i>28</i>
2.4.5	<i>Sensor de caudal Fs400a. ....</i>	<i>29</i>
2.4.6	<i>Módulo Bluetooth. ....</i>	<i>30</i>
2.4.7	<i>Módulo relé de 1 canal. ....</i>	<i>31</i>
2.4.8	<i>Pantalla OLED. ....</i>	<i>32</i>
2.4.9	<i>Celda de carga y módulo HX711. ....</i>	<i>33</i>
2.5	<b>Diseño del prototipo electrónico de los equipos. ....</b>	<b>34</b>
2.5.1	<i>Diseño del prototipo electrónico (módulo hidratador). ....</i>	<i>34</i>
2.5.2	<i>Diseño del prototipo electrónico (módulo ensacador). ....</i>	<i>35</i>
2.6	<b>Descripción de Software utilizados en la implementación. ....</b>	<b>36</b>
2.6.1	<i>MIT App Inventor versión .....</i>	<i>36</i>
2.6.1.1	<i>Interfaz gráfica de la aplicación de la hidratadora. ....</i>	<i>37</i>
2.6.1.2	<i>Interfaz gráfica de la aplicación de la ensacadora. ....</i>	<i>39</i>

2.6.2	<b>IDE Arduino 1.8.13.</b>	40
2.6.2.1	<i>Descripción del algoritmo (módulo hidratador).</i>	41
2.6.2.2	<i>Descripción del algoritmo (módulo ensacador).</i>	43
<b>CAPITULO III</b>		45
3	<b>VALIDACIÓN DE PROTOTIPO.</b>	45
3.1	<b>Módulo hidratador.</b>	45
3.1.1	<i>Validación de sensores.</i>	46
3.1.2	<i>Estabilidad de los sensores del módulo hidratador.</i>	52
3.1.3	<i>Prueba de visualización de datos.</i>	55
3.1.4	<i>Prueba de distancia de comunicación inalámbrica.</i>	55
3.2	<b>Módulo ensacador.</b>	56
3.2.1	<i>Validación del sensor.</i>	57
3.2.2	<i>Estabilidad del módulo ensacador.</i>	59
3.2.3	<i>Prueba de visualización de datos.</i>	61
3.2.4	<i>Prueba de distancia de comunicación inalámbrica.</i>	61
3.3	<b>Evaluación de los tiempos de producción.</b>	62
3.4	<b>Beneficios de la implementación del proyecto.</b>	66
<b>CAPITULO V</b>		70
4	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA.</b>	70
<b>CONCLUSIONES</b>		72
<b>RECOMENDACIONES</b>		74
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Características del carbonato de calcio en el ambiente.....	9
<b>Tabla 2-1:</b>	Indicadores del equipo Cim-HYDRAX-4G.....	12
<b>Tabla 3-1:</b>	Comparativa de tecnologías inalámbricas.....	19
<b>Tabla 1-2:</b>	Características importantes del Arduino NANO.....	26
<b>Tabla 2-2:</b>	Características importantes de la pantalla LCD.....	27
<b>Tabla 3-2:</b>	Características importantes del sensor de temperatura - termocupla tipo k.....	28
<b>Tabla 4-2:</b>	Características importantes del sensor de humedad Capacitive Soil.....	29
<b>Tabla 5-2:</b>	Características importantes del sensor de caudal Fs400a.....	30
<b>Tabla 6-2:</b>	Características importantes del módulo Bluetooth.....	31
<b>Tabla 7-2:</b>	Módulo relé de 1 canal.....	32
<b>Tabla 8-2:</b>	Características importantes de la pantalla OLED.....	33
<b>Tabla 9-2:</b>	Características importantes de la celda de carga y módulo hx711.....	34
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos calibración sensor de temperatura.....	46
<b>Tabla 2-3:</b>	Datos comparativos del sensor de temperatura.....	47
<b>Tabla 3-3:</b>	Datos de calibración del sensor de humedad.....	49
<b>Tabla 4-3:</b>	Datos comparativos del sensor de humedad.....	50
<b>Tabla 5-3:</b>	Parámetros para la calibración del sensor de caudal.....	51
<b>Tabla 6-3:</b>	Datos obtenidos del muestreo para saber el consumo de agua en litros.....	52
<b>Tabla 7-3:</b>	Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de humedad.....	53
<b>Tabla 8-3:</b>	Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de temperatura.....	54
<b>Tabla 9-3:</b>	Consistencia de valores en el módulo hidratador.....	55
<b>Tabla 10-3:</b>	Rango de comunicación inalámbrica.....	56
<b>Tabla 11-3:</b>	Calibración del sensor de peso.....	57
<b>Tabla 12-3:</b>	Datos comparativos del sensor de temperatura en la fábrica artesanal.....	58
<b>Tabla 13-3:</b>	Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de peso.....	60
<b>Tabla 14-3:</b>	Concordancia de valores del módulo ensacador.....	61
<b>Tabla 15-3:</b>	Rango de comunicación inalámbrica.....	62
<b>Tabla 16-3:</b>	Tiempos de producción hidróxido de calcio.....	63
<b>Tabla 17-3:</b>	Tiempos de ensacado del hidróxido de calcio.....	65
<b>Tabla 1-4:</b>	Evaluación económica del módulo hidratador.....	70
<b>Tabla 2-4:</b>	Evaluación económica del módulo ensacador.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-0:</b>	Diagrama de proceso de fabricación.....	4
<b>Figura 1-1:</b>	Piedra caliza. ....	7
<b>Figura 2-1:</b>	Óxido de calcio o cal pura. ....	9
<b>Figura 3-1:</b>	Hidróxido de calcio. ....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Diagrama de fabricación de cal hidratada.....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Tolva. ....	16
<b>Figura 6-1:</b>	Tornillo sin fin.....	17
<b>Figura 1-2:</b>	Funcionamiento del prototipo hidratador.....	22
<b>Figura 2-2:</b>	Funcionamiento del prototipo ensacador. ....	23
<b>Figura 3-2:</b>	Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo hidratador).....	23
<b>Figura 4-2:</b>	Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo ensacador). ....	24
<b>Figura 5-2:</b>	Placa de Arduino Nano.....	26
<b>Figura 6-2:</b>	Pantalla LCD.....	27
<b>Figura 7-2:</b>	Sensor de temperatura – termocupla tipo k.....	28
<b>Figura 8-2:</b>	Sensor de humedad Capacitive Soil. ....	29
<b>Figura 9-2:</b>	Sensor de caudal Fs400a. ....	29
<b>Figura 10-2:</b>	Módulo Bluetooth. ....	30
<b>Figura 11-2:</b>	Módulo relé de 1 canal. ....	31
<b>Figura 12-2:</b>	Pantalla OLED. ....	32
<b>Figura 13-2:</b>	Celda de carga y módulo hx711. ....	33
<b>Figura 14-2:</b>	Diseño prototipo electrónico (módulo hidratador).....	35
<b>Figura 15-2:</b>	Diseño del prototipo electrónico (módulo ensacador). ....	36
<b>Figura 16-2:</b>	Visualización aplicación móvil módulo hidratador. ....	38
<b>Figura 17-2:</b>	Visualización aplicación móvil módulo ensacador.....	40
<b>Figura 18-2:</b>	Algoritmo funcionamiento módulo hidratador. ....	42
<b>Figura 19-2:</b>	Algoritmo funcionamiento módulo ensacador.....	44
<b>Figura 1-3:</b>	Módulo hidratador.....	45
<b>Figura 2-3:</b>	Módulo ensacador. ....	56

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-3:</b>	Comparación de temperaturas obtenidas en las mediciones. ....	48
<b>Gráfica 2-3:</b>	Comparación error en sensores de medición de humedad implementación. ....	51
<b>Gráfica 3-3:</b>	Estabilización de valores sensor humedad. ....	53
<b>Gráfica 4-3:</b>	Estabilización de valores sensor temperatura. ....	54
<b>Gráfica 5-3:</b>	Comparación de error en los sensores de medición de peso. ....	59
<b>Gráfica 6-3:</b>	Estabilización de valores sensor de peso. ....	60
<b>Gráfica 7-3:</b>	Tiempos de producción de hidróxido de calcio. ....	64
<b>Gráfica 8-3:</b>	Tiempos de ensacado del hidróxido de calcio. ....	66
<b>Gráfica 9-3:</b>	Variación de temperatura en la obtención del producto. ....	67
<b>Gráfica 10-3:</b>	Variación de humedad en la obtención del producto. ....	68
<b>Gráfica 11-3:</b>	Variación de pesos en el ensacado. ....	69

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1:</b> Fórmula obtención de óxido de calcio.....	8
<b>Ecuación 2-1:</b> Fórmula obtención de hidróxido de calcio. ....	10

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Hoja técnica de los dispositivos electrónicos.

**ANEXO B:** Software del sistema del módulo hidratador (código Arduino).

**ANEXO C:** Software del sistema del módulo ensacador (código Arduino).

**ANEXO D:** Software del sistema del módulo hidratador (aplicación Android).

**ANEXO E:** Software del sistema del módulo ensacador (aplicación Android).

## ABREVIATURAS

<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de calcio.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono.
<b>CaO</b>	Óxido de calcio.
<b>ppm</b>	Partes por millón.
<b>Kg</b>	Kilogramos.
<b>m</b>	Metros.
<b>L</b>	Litros.
<b>OLED</b>	Organic Light Emitting Diode (diodo orgánico de emisión de luz).
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido).
<b>Ni</b>	Níquel.
<b>Cr</b>	Cromo.
<b>Al</b>	Aluminio.
<b>Cu</b>	Cobre.

## RESUMEN

En vista de la carencia de tecnologías para el proceso mecanizado y controlado en la producción de hidróxido de calcio en la ciudad de Riobamba y en especial en la empresa Calizas “San José”, se implementó un sistema electrónico mediante el control de accionamiento de dispositivos que influyen directamente en el proceso de hidratación y ensacado de este producto. En la hidratación y homogenización del producto se utilizó dispositivos de sensado para garantizar los parámetros recomendados según las normas INEN para la producción de cal hidratada, por lo que se realizó un módulo hidratador y una aplicación móvil para la visualización de datos, por medio del dispositivo móvil se controla el ingreso de agua en el proceso de hidratación a través del accionamiento de electroválvulas. Para el sistema de llenado de sacos se incorporó un módulo ensacador que garantice el peso del producto empaquetado. Como resultado de la implementación de los módulos se logró: establecer la temperatura y humedad en el proceso de hidratación, para el proceso de ensacado se logró mejorar los tiempos minimizando el desperdicio de material. Se puede concluir que en base a los resultados obtenidos se obtuvo error de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de temperatura,  $\pm 1\%$  de humedad, y menos 40 g de pérdida por saco del peso llenado del producto, se recomienda dar mantenimiento periódico a los dispositivos de sensado para evitar toma de datos erróneos que afecten los procesos para el cual fue diseñado el prototipo.

### Palabras Claves:

<SISTEMA ELECTRÓNICO> <MÓDULO HIDRATADOR> <MÓDULO ENSACADOR>  
<APLICACIÓN MÓVIL> <ELECTROVÁLVULAS>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1739-DBRA-UPT-2021

2021-09-06

## SUMMARY

Due to the lack of technologies for the mechanized and controlled process in the production of calcium hydroxide in the city of Riobamba and especially at Calizas "San José" company, an electronic system was implemented by controlling the actuation of devices that influence directly in the process of hydration and bagging of this product. In the hydration and homogenization of the product, sensing devices were used to guarantee the parameters recommended according to INEN standards for the production of hydrated lime, for which it was developed a hydrator module and a mobile application for data visualization, through the mobile device, the entry of water into the hydration process is controlled through the actuation of solenoid valves. For the bag filling system, a bagger module was incorporated to guarantee the weight of the packaged product. As a result of the implementation of the modules, it was achieved to establish the temperature and humidity in the hydration process and, for the bagging process, it was managed to improve times by minimizing material waste. Based on the results, it was obtained an error of  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  + of temperature,  $\pm 1\%$  humidity, and minus 40 g of loss per bag of the weight filled with the product, it is recommended to give periodic maintenance to the sensing devices to avoid taking erroneous data that affect the processes for which the prototype was designed.

### Keywords:

<ELECTRONIC SYSTEM>, <HYDRATOR MODULE>, <PACKAGING MODULE>, <MOBILE APPLICATION>, <SOLENOID VALVES>.



Firmado electrónicamente por:  
**NELLY MARGARITA  
PADILLA PADILLA**

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES.

Con la aparición de nuevas tecnologías se ha buscado vincular la automatización en procesos de mano de obra, para mejorar la fabricación del compuesto hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , en la antigüedad el proceso de obtención de este producto tomaba en ocasiones hasta días obtenerlo, mientras que con los procesos automatizados se ha ido obteniendo el producto en menor tiempo, optimizando la cadena lógica de producción.

En la provincia de Chimborazo en el cantón Riobamba, no se encuentran implementados dispositivos de control y automatización en la elaboración de derivados de piedra caliza.

Tomando en cuenta esta necesidad, hemos planteado la implementación de un prototipo en la empresa Calizas “San José”. Se han considerado las operaciones unitarias de hidratación y ensacado para los procesos de producción.

La empresa al momento cuenta con un proceso artesanal de baja producción y con bajo crecimiento; por esta razón se ha realizado una planificación técnica para un crecimiento sustentable y alta productividad, en el proyecto presentado en el año 2020 muestra la necesidad de implementar una planta de producción de cal viva e hidratada basándose en un estudio de mercado (Apaza, 2020), en comparación a nuestra propuesta donde la implementación de módulos de accionamiento en la maquinaria nos permitirá agilizar el proceso para llegar al producto final; al disminuir tiempos en la adquisición del producto y garantizar su calidad.

Las mejoras en los tiempos se deben a que la maquinaria a través de sus mecanismos internos permite movilizar mayor cantidad de volumen de producto y el módulo planteado asegura valores importantes como temperatura y humedad vitales en la hidratación de éste. En el caso del ensacado nuestro módulo a implementar ayudará a que el peso sea el adecuado al mercado en el saco que distribuye la empresa.

En la ciudad de Cartagena de Indias ubicada en nuestro país vecino Colombia ya vienen utilizando el proceso de fabricación automatizado del hidróxido de calcio, debido a que ayuda a reducir la mano de obra y ayuda a mejorar los tiempos en la producción (Pandaes, 2000).

En el año 2015 en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se presenta una tesis para el diseño y automatización de una máquina ensacadora de cal utilizando un PLC para la empresa Calizas “El Chavo”, este proyecto se lo realizó para mejorar los tiempos de empaclado del producto terminado, utilizando sensores y dispositivos de visualización (Charig, 2015).

Al año 2016 en la ESPOCH, se publicó el tema de tesis automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la estación experimental Tunshi-ESPOCH, en este sistema se expone la utilización de una tolva para el sistema de almacenamiento y distribución del sistema (Calero, 2016).

En el año 2012 en la Universidad de Yanshan, China en la facultad de Ingeniería Ambiental y Química, muestran una simulación que determina la cantidad de flujo que debe circular por la máquina hidratadora de cal quemada (Minghua Bai, Yu Zhang and Qiufang Wang, 2012).

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Es viable implementar un prototipo electrónico de control para la hidratación y ensacado de hidróxido de calcio en la empresa Calizas “San José”?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.**

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos del funcionamiento de un hidratador y un ensacador del hidróxido de calcio para mejorar tiempos en la producción?
2. ¿Cuáles son los beneficios que se obtendrá al implementar módulos de control en las máquinas hidratadora y ensacadora en el proceso de obtención del hidróxido de calcio?
3. ¿Cuáles son los requerimientos Hardware y Software para la implementación del prototipo electrónico?
4. ¿Cómo evaluar si el prototipo electrónico implementado cumple con los requerimientos planteados?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.**

La investigación nos permitirá aclarar las dudas acerca de cómo sintetizar un proceso de producción. La idea de esta investigación es facilitar el trabajo y reducir el esfuerzo físico que

realizan los operarios en el proceso artesanal, la trascendencia del proyecto es mejorar el proceso de hidratación y ensacado del producto.

Para obtener este producto se debe tomar en cuenta que el óxido de calcio se transforma en hidróxido de calcio al reaccionar con agua. Por lo que es necesario colocar equipos que se adapten al proceso de obtención del producto.

El proyecto que se implementará en la empresa Calizas “San José” busca minimizar el desperdicio de hidróxido de calcio fabricado, por medio de un correcto ensacado que controle el peso por saco y garantizar un producto hidratado uniformemente para que este dentro de los estándares establecidos por la INEN para la elaboración de este producto. También será de beneficio para los consumidores que se dedican a la agricultura y acuicultura al obtener un producto de mejor calidad.

El prototipo común de control para estos dispositivos se basa en los accionamientos de elementos electromecánicos, varios autores coinciden que un PLC es un dispositivo para realizar la automatización a nivel industrial siendo el más común para utilizarlo (Rodríguez, 2020), (Coaquira, 2018), pero se debe tomar en cuenta que dependiendo el nivel de confiabilidad y disponibilidad de recursos económicos también se puede optar por aplicar un control de activación con un Arduino y un conjunto de elementos de accionamiento, configurando el programa en la plataforma de Arduino IDE (Arturo Rios & Ronald Peñafiel, 2018).

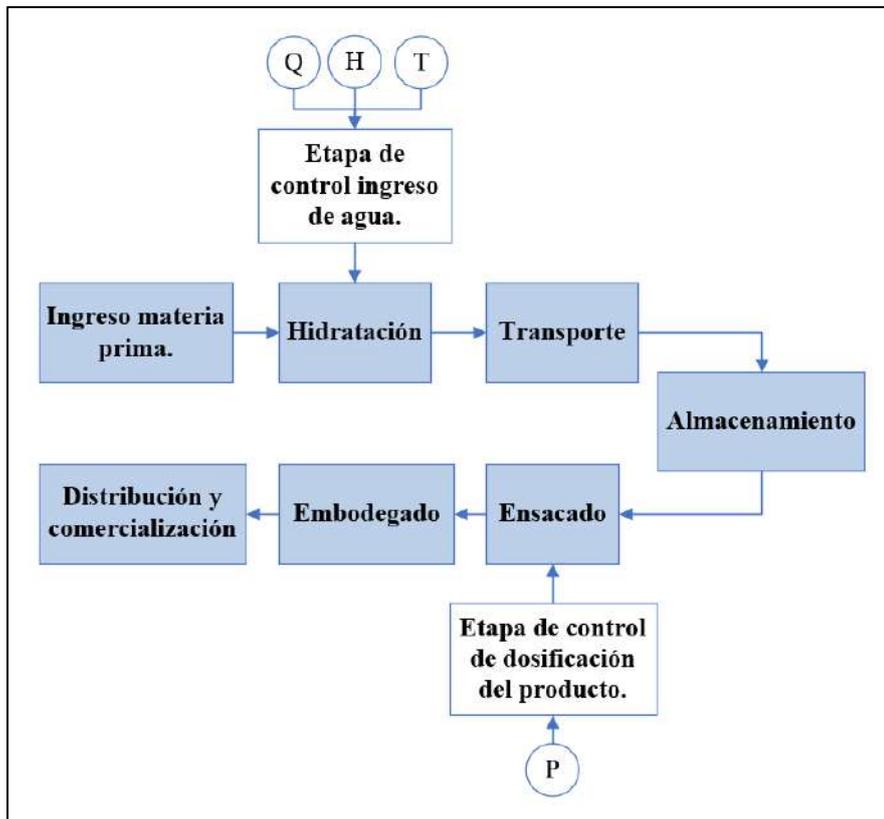
## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA.**

Este proyecto pretende reemplazar mano de obra directa, con mano de obra indirecta a través de la implementación de un módulo hidratador y módulo ensacador. Con los estudios revisados se debe lograr que el producto sea totalmente homogéneo y que cumpla con los requerimientos de la ficha técnica que maneja la empresa.

Por ende, al realizar este proyecto, se busca que la dosificación correcta de agua nos permita cumplir con la calidad del producto que maneja la empresa.

Por esta razón se desea implementar un prototipo electrónico para la hidratación y ensacado del hidróxido de calcio; el módulo hidratador permitirá realizar mediciones de caudal, temperatura y humedad mientras que el módulo ensacador debe controlar el peso de dosificación del producto

dependiendo la necesidad de la empresa. En la figura 1-0 se aprecia el proceso de fabricación del hidróxido de calcio.



**Figura 1-0:** Diagrama de proceso de fabricación.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

La descripción del diagrama es el siguiente:

**Ingreso de materia prima.** - se receptorá el óxido de calcio desde un silo situado en la parte superior de la máquina hidratadora.

**Hidratación.** - en esta etapa se realizará el control de ingreso de agua para la hidratación del producto, así como la adquisición de parámetros a través de sensores como: caudal, humedad y temperatura presentes en el módulo hidratador.

En esta sección se visualizará la humedad, temperatura y consumo de agua en litros que serán mostrados en un display; el proceso se dará por medio de señales que serán emitidas por el Arduino para activar o desactivar dependiendo la función requerida por el operario.

**Transporte.** - una vez que el producto pasa por las etapas de la máquina hidratadora se envía a la tolva dosificadora por medio de un tornillo sin fin.

**Almacenamiento.** - una vez transportado el producto, una tolva es la encargada de almacenar.

**Ensacado.** - en este proceso se dosifica el producto almacenado en la tolva, mediante la activación de un motor acoplado con un tornillo sin fin permitiendo el movimiento del material hacia el conducto en donde está ubicado el saco y se procederá a llenar hasta que el sensor de pesaje detecte el peso seleccionado, una vez conseguido el peso se envía una señal para desconectar el sistema de llenado.

**Embodegado.** - Finalmente los productos envasados se ubicarán manualmente en los pallets para su posterior organización en la bodega principal.

**Distribución y comercialización.** - una vez embodegado el material se procede a el conteo manual y a la organización para su posterior envío hacia los clientes.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar un prototipo electrónico de control para la hidratación y ensacado de hidróxido de calcio en la empresa Calizas “San José”.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Establecer los parámetros teóricos que permitan un correcto funcionamiento de un hidratador y un ensacador de hidróxido de calcio para mejorar tiempos en la producción.
- Establecer los beneficios que se obtendrán al implementar el hidratador y ensacadora en el proceso de obtención del hidróxido de calcio.
- Selección de Hardware y Software que permita implementar el diseño adecuado para el prototipo electrónico.
- Evaluar si el prototipo cumple con los requerimientos planteados.

## CAPITULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

En este capítulo se investigan las bases teóricas y principios de funcionamiento del prototipo de control de accionamiento para la hidratación y ensacado de hidróxido de calcio, utilizando un microcontrolador para su manejo y observación de datos en pantallas digitales referentes a los parámetros de los módulos.

#### 1.1 Generalidades.

La empresa Calizas “San José” es una industria artesanal que tiene más de 20 años en el mercado, surge debido a la necesidad de los microempresarios en buscar alternativas que beneficien a la producción agrícola y acuícola.

En función a la demanda del producto a nivel nacional, se busca aplicar una mejora para reducir los tiempos de adquisición del compuesto, para satisfacer la demanda de los clientes y garantizar un producto de calidad.

Mediante nuestro proyecto buscamos mejorar el producto realizado manualmente, por un método mecanizado que mejore la adquisición de éste; aplicando módulos de control en dos etapas importantes en el proceso de la producción estas son la hidratación y ensacado.

En la siguiente propuesta se plantea controles de accionamiento para beneficiar a los mecanismos que influirán en la producción del hidróxido de calcio. Con los avances tecnológicos de las últimas décadas, se busca la manera de incorporar una alternativa de maquinaria que simplifique el procesamiento en la elaboración para llegar al producto final.

#### 1.2 Piedra caliza.

Es un mineral conformado por carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), generalmente calcita, pero también contiene otro tipo de minerales como trazas de magnesita, cuarzo, arcilla, y otros carbonos. Este tipo de piedra es fácil reconocer en base a sus características físicas, su apariencia, el color amarillento con dispersas rayas irregulares con destello alrededor de la piedra y un aspecto totalmente heterogéneo, tal como se observa en la figura 1-1 (Álvarez, 2008).



**Figura 1-1:** Piedra caliza.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### **1.2.1** *Calidad de la piedra caliza.*

Se deben tener en cuenta varias propiedades respecto a la calidad de este tipo de piedra, considerándose una de menor calidad aquella que tiene en su composición metales pesados (Cabezas, 2017). Además, todos los tipos de piedras caliza que están en la naturaleza pueden poseer atributos de calidad, así como: su composición homogénea, la carencia de grietas, la imperturbabilidad, que no soporte alteraciones por derivación de variables atmosféricas, que no se pueda alterar o encontrar afectada por bajas temperaturas climáticas (Chele, y otros, 2021).

La calidad de la piedra varía dependiendo del lugar de donde se extrae. La ventaja que tiene nuestra provincia es poseer las minas de Shoobol ubicadas en San Juan son los mayores distribuidores de piedra caliza lo cual beneficia a todos los artesanos productores de cal por su cercanía (Charig, 2015).

### **1.2.2** *Aplicaciones de la piedra caliza.*

Se puede emplear este tipo de mineral en varias aplicaciones y ámbitos dentro de la industria y en calidad de un fertilizante natural (Álvarez, 2008), un ejemplo de esta aplicación son las mezclas formuladas con fertilizante orgánico completo más cal agrícola, en suelos preparados como lo expone el autor (Lowther, 2020).

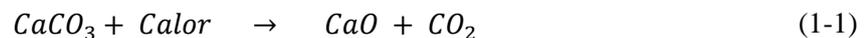
La piedra caliza se utiliza para la regulación del pH del suelo, neutralizando la acidez de los suelos y aportando con nutrientes al mismo, en las industrias alimentarias se usa para la desinfección de alimentos, para realizar preparación de suministros tipo suplementos que proporcionan nutrientes necesarios para los animales, en la industria de la construcción para mejorar la calidad del mortero

o reparaciones con cemento, así también la piedra en bruto se utiliza para construcción de muelles presas y capas asfálticas (Egas, y otros, 2018) y el polvo generado en pulimentos con igual composición en hormigón de relleno autocompactante (Avila, 2021).

En las industrias hídricas se utiliza para ablandamiento de aguas al unirse con el carbonato, reduciendo la dureza aproximadamente a un valor 30 ppm. En la operación de remoción del sistema de aguas ácidas de mina, a través de la neutralización activa con lechada de cal y dosis de floculante vital para sedimentar los lodos formados, de esta manera separar fases industriales (Rabanal, 2021).

### 1.3 Óxido de calcio.

Al reaccionar químicamente el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) a una determinada temperatura aproximadamente a ( $1200^\circ\text{C}$ ) dentro del horno de calcinación (Calizas, 2015), se produce la liberación de moléculas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que disipan en el aire, obteniendo como compuesto final el óxido de calcio o cal viva ( $\text{CaO}$ ), que se observa en la ecuación (1-1):



En las fábricas de cal de Chimborazo es común ver hornos del tipo artesanal que se asemejan a las estructuras romano o árabe, obteniendo en el proceso de calcinación una densidad de  $1 \text{ ton/m}^3$  del compuesto óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) o cal pura (Calizas, 2015), se observa en la figura 2-1.

Físicamente su color es amarillento grisáceo al tener impurezas provocadas por presencia de sustancias carbonosas, en caso de ser pura es de color blanco (Coaquira, 2018).

El producto se logra mediante un proceso de calcinación, normalmente es utilizado en aplicaciones industriales de construcción, este producto es el inicio para la generación de hidróxido de calcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ].



**Figura 2-1:** Óxido de calcio o cal pura.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 1-1 se presentan las características del carbonato de calcio en el ambiente.

**Tabla 1-1:** Características del carbonato de calcio en el ambiente.

Nombre mineralógico	Fórmula química	Peso molecular (g/mol)	Peso específico (g/cc)	Dureza (escala de Mohs)	Forma de los cristales
Dolomita.	CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub>	184,4	2,84	3,4 – 4,0	Romboédrica.
Aragonita.	CaCO <sub>3</sub>	100,1	2,94	3,5 – 4,0	Ortorrómica.
Calcita.	CaCO <sub>3</sub>	100,1	2,72	3,0	Romboédrica.
Magnesia.	MgCO <sub>3</sub>	84,3	3,00	4,5 – 5,0	Romboédrica.

**Fuente:** National Lime Association.

Existen varias aplicaciones para el uso de óxido de calcio, en donde destacamos una de sus utilidades, como un mejorador en el proceso de elaboración de capas asfálticas en carreteras, al incorporar la cal se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, formado nuevos productos químicos que al combinarse con el suelo forman silicatos y aluminatos cálcicos insolubles (Avila, 2021).

#### 1.4 Hidróxido de calcio.

Es un compuesto que se genera al reaccionar el óxido de calcio (CaO) con agua (H<sub>2</sub>O), sustancias que al interactuar entre si producen una reacción química que desprende gases, impurezas y calor, dando como resultado el producto llamado hidróxido de calcio [Ca(OH)<sub>2</sub>]. Al proceso de hidratación también se lo conoce con el nombre de cal apagada (Álvarez, 2008).

Su proceso de obtención se muestra en la siguiente ecuación (2-1):



Según la proporción del agua que se aplique al óxido de calcio (CaO), se puede obtener tres formas de cal apagada que son: hidratación seca al mezclarse con escasa cantidad de agua, cal en pasta al mezclarse con una cantidad moderada de agua y lechada de cal al tener una excesiva mezcla con el agua (Sánchez, 2021).

Por otra parte, este compuesto tiene características fisicoquímicas, que se aplican en diversos entornos tanto industriales como domésticos, tomando en cuenta que se menciona una solución básica y que esta reacción química está formada por una base y agua (Vásquez, y otros, 2014).

En la figura 3-1 se observa el producto final después de ser sometido a la hidratación seca y homogenización, dando como producto final hidróxido de calcio [Ca(OH)<sub>2</sub>].



**Figura 3-1:** Hidróxido de calcio.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

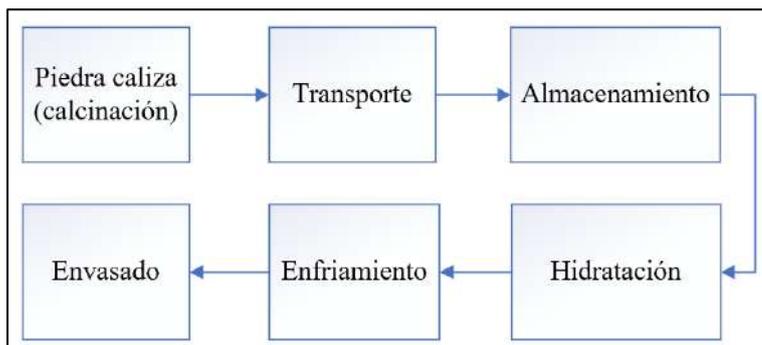
#### **Los usos del hidróxido de calcio:**

- Modifican el pH en la industria alimentaria.
- Son aditivos para la alimentación animal.
- Es capaz higienizar y reducir la cantidad de virus en los refugios de reses.
- En el proceso de obtención de azúcar refinada desvincula residuos.
- Equilibra drásticamente los malos olores en tratamiento de lodo.
- En los procesos de purificación de agua se utiliza para purificar, neutralizar, diluir los agentes contaminantes (Valles, 2015, pág. 27).

### 1.5 Obtención del hidróxido de calcio de forma manual.

La cal apagada es un compuesto elaborado al proporcionar una cantidad de agua determinada al óxido de calcio (CaO), mediante un suministro controlado del mismo (Calizas, 2015).

En la actualidad la mayoría de estos procesos se realizan de forma manual, el obrero transporta la piedra calcinada a una determinada área, en la cual se vierte agua con un balde en repetidas ocasiones hasta lograr que este compuesto se desintegre formando una estructura pastosa que posteriormente al secar se transforma en un polvo fino, que debe enfriarse para ser envasado. En la figura 4-1 se muestra el proceso de fabricación de la cal hidratada seca.



**Figura 4-1:** Diagrama de fabricación de cal hidratada.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 1.6 Proceso de hidratación del hidróxido de calcio de forma optimizada.

En la actualidad se apunta a sintetizar el proceso de obtención de productos en la industria a través de la optimización de procesos en la producción, con el fin de disminuir riesgos laborales en la fabricación del hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , a través de la búsqueda de alternativas que involucren instalación de maquinaria para mejorar los procesos de producción de manera que se obtenga un beneficio mayor y se mitigue el peligro de realizar un proceso manual (Yugsi, 2019).

En esta etapa de producción es muy importante tomar en cuenta la dosificación del agua, a través de mecanismos controlados, para lo cual es importante recalcar que mientras mayor sea el ingreso homogéneo del producto al equipo hidratador mejor será la calidad de humedad, que se encuentre en el primer nivel del equipo. Además, se debe garantizar un flujo del material constante, así como del mecanismo de aspersion (Minghua Bai, Yu Zhang and Qiufang Wang, 2012).

En el mercado se encuentra algunos tipos de fabricantes de equipos de hidratación controlados de los cuales resalta CIMPROGETTI con su equipo Cim-HYDRAX-4G, el fabricante también especifica algunos valores nominales importantes a considerar como se ve en la siguiente tabla 2-1 (CIMPROGETTI, 2018).

**Tabla 2-1:** Indicadores del equipo Cim-HYDRAX-4G.

Diferentes solventes y sus características.	Superficie de BET baja.	Cal hidratada estándar.	BET intermedio alto.	Superficie de BET alta.
% Ca (OH) <sub>2</sub> típico disponible.	92-95			
Área de la superficie típica (m <sup>2</sup> /g).	< 15	15 – 20	hasta 25	> 40
Volumen típico de los poros (cm <sup>3</sup> /g).	Aprox. 0,07 - 0,20			

**Fuente:** Proceso de hidratación de la Cal CIMPROGETTI.

En la planta de fabricación de hidróxido de calcio se estudió la posibilidad de implementar un módulo hidratador para el control de accionamiento en el proceso de hidratado. La empresa al no contar con suministro de agua cimentó una cisterna que almacena el agua lluvia y cuando se desabastece la cisterna compran un tanquero de agua para llenar el suministro.

En donde se encuentra ubicada la empresa carece de servicios básicos por lo que en base a esta necesidad se desea implementar un prototipo electrónico y un prototipo mecánico que tenga la funcionalidad de trabajar con ciertas limitaciones están son: una máquina hidratadora que disponga de un valor constante de suministro de agua en un periodo de 3 horas, y un prototipo electrónico que trabaje con una alimentación 220V para el mismo tiempo, tomando en cuenta estas limitaciones se plantea los componentes necesarios para lograr satisfacer estas necesidades.

### **1.6.1 Componentes mecánicos de la máquina hidratadora.**

**Tornillo alimentador.** - es un dispositivo que se basa en el desplazamiento volumétrico, se componen generalmente por una hélice que esta acoplada en el eje fijo que se encuentra en una estructura metálica ondulada para permitir la movilidad de los ejes para mayor estabilidad.

El movimiento lo genera un motor conectado a una chumacera lo que permite la rotación (Yugsi, 2019).

**Aspersores de agua.** - es un elemento importante en la realización del hidróxido de calcio, el volumen del agua depende de la cantidad del producto que se ingrese. El suministro de agua se realiza a través de una bomba y una cisterna instaladas en la planta de producción.

**Paletas de desplazamiento.** - es una etapa vital para tomar en cuenta en el proceso hidratación al mantener un desplazamiento uniforme se garantiza la humedad permanente en el proceso de hidratado de óxido de calcio.

**Mezclador.** - en este proceso el producto se mantiene rotando alrededor de las paletas de desplazamiento, permitiendo que se mejore la unión de agua y óxido de calcio para asegurar la mezcla uniforme del producto. Este punto es importante para que el producto final tenga homogeneidad.

### **1.6.2 Dispositivos electrónicos para el proceso de la hidratación.**

#### **Sensores.**

Son dispositivos capaces de detectar acciones físicas, químicas o mecánicas y transformar en señales eléctricas (Guimerans, 2018). Existen varios tipos de sensores, pero en este caso se va a usar los siguientes sensores que son:

**Sensor de flujo de agua.** - este sensor permite medir la cantidad de agua o caudal que circula a través de las tuberías, estos sensores son utilizados en líquidos que son de baja viscosidad.

Su funcionamiento se da cuando el caudal ingresa al sensor hace girar una turbina que está unida con imanes produciendo el efecto Hall y dando como resultado una señal eléctrica, este sensor está diseñado para que la parte eléctrica este protegido del agua para que siempre se mantenga seca y sin fallos.

Los sensores de flujo de agua pueden ser:

- **Electromagnético.** - su principio de funcionamiento es la ley de Faraday en la cual se expresa que un conductor en movimiento en un campo magnético constante provocará un voltaje. Este voltaje es proporcional al movimiento del fluido y la longitud de paso en el sensor.

Para este sensor es importante que el líquido tenga un valor mínimo 1500mmhos/cm establecido de conductividad.

- **Turbina.** - compuesto por varias paletas ubicadas en el rotor, estos elementos se encuentran en posición transversal a la posición del ingreso del fluido, el líquido en las paletas ubicadas en el eje emite señales a través de un acondicionamiento, y se puede determinar la cantidad de consumo de agua.

En otras palabras, al mover la turbina con el ingreso de agua hace que se mueva imán ubicado en la base del rotor esto modifica el campo magnético del dispositivo de sensado que responde a la perturbación generado por este movimiento de rotación, por cada perturbación se genera un pulso eléctrico que puede ser leído por un dispositivo controlador.

- **Ultrasonido.** – se basa en la propagación de ondas de sonido en un líquido. Dentro de estos existe formas de medición como: tiempo de tránsito se determinará en función a la velocidad de propagación de una onda de sonido a favor y otra en contra del flujo, y el efecto Doppler es referente al cambio de frecuencia de la onda producida por el movimiento de las partículas presentes en el seno del líquido o burbujas de gas (Medrano, 2017).

**Sensor de temperatura.** - son dispositivos que transforman las variaciones de temperatura del medio en señales eléctricas, estas variaciones se presentan dependiendo si aumenta o disminuye la temperatura en el proceso de hidratación de la cal.

Existen distintos tipos de sensores de temperatura como son los termopares, termistores e infrarrojos (Guimerans, 2018).

En la industria se presentan algunos tipos dependiendo la aplicación y la temperatura deseada entre la que podemos mencionar en los siguientes:

- **Tipo J.**- son formados por la aleación de cobre-níquel, su rango de temperatura oscila entre (0 a +760°C).
- **Tipo K.**- conformados de unión Ni-CR (cromel) y Ni-Al (alumel) que permite medir temperatura entre (-200 a +1260°C).
- **Tipo T.**- su construcción es de aleación 55% Cu y 45% Ni (constantán), y la temperatura de medición está entre los rangos de (-200 a +300°C).

- **Tipo R, S y B.**- estos sensores están dedicados para temperaturas elevadas como en la fundición del acero. Manejan un rango límite de (1450<sup>0</sup>C) (Industrial, 2020).

**Sensor de humedad.** - son sensores que ayudan a medir la humedad del suelo, mediante señales eléctricas permitiendo así determinar el valor porcentual de agua (Cenicaña, 2018), podemos clasificar dependiendo el principio de funcionamiento de la siguiente manera:

- **Sensores capacitivos.** - son sensores con amplios espectros de medida que pueden ser compuestos por cristal, cerámica o silicio, la parte superficial está cubierta por un electrodo poroso metálico para proteger de la contaminación ambiental.  
La variación se presenta cuando existen cambios en las constantes dieléctricas dando como resultado una impedancia directamente proporcional a la humedad relativa del ambiente.  
Las ventajas de este sensor es el amplio espectro de medida, su estabilidad al momento de las mediciones y la tolerancia a altas temperaturas. (Efecto de la temperatura de calentamiento en sensores de humedad, 2013).
- **Sensores resistivos.** - son sensores que miden la resistencia de los materiales compuestos por cerámica aislada y una parrilla de electrodos encapsulados por sal sensible a la humedad, cuando la humedad se absorbe se ioniza el polímero moviéndose internamente en la resina.  
Al momento que los electrodos son estimulados por la corriente alterna la impedancia del sensor comienza a medir, la cual es utilizada para cálculos porcentuales de la humedad relativa (Carrillo, 2014).
- **Sensores por conductividad.** - son sensores que miden la cantidad de corriente eléctrica presente en las moléculas de agua; este sensor no es muy útil porque si se ensucia su superficie cambia el rango de medición (Kouro, 2001).

### 1.7 Proceso de ensacado del hidróxido de calcio de forma optimizada.

Este proceso se lo realiza manualmente en la mayoría de las fábricas de tipo artesanal, el obrero toma el compuesto con una pala y lo coloca dentro del saco, después lo levanta, lo pesa en la balanza para determinar su cantidad exacta, posterior a esto el obrero procede a coser un saco.

Debido a lo expuesto se estudió la posibilidad de implementar un módulo ensacador para el control de llenado de sacos en el proceso de ensacado tomando en cuenta que donde está ubicada

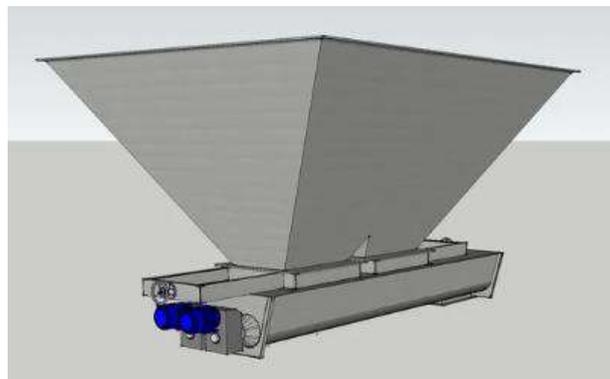
la empresa carece de servicios básicos como tendido eléctrico, señal telefónica y agua potable por lo que en base a esta necesidad se desea implementar un prototipo electrónico y mecánico que trabaje con ciertas limitaciones están son: una máquina ensacadora que disponga de un suministro de energía de 220V para un periodo de tres horas, tomando en cuenta estas limitaciones se plantea los componentes necesarios para lograr satisfacer estas necesidades.

### 1.7.1 Componentes mecánicos de la máquina ensacadora.

**Tolva.** - es un depósito de estructura metálica donde se encuentra el producto a ser dosificado. Generalmente está conformada por la carcasa cilíndrica, una boca de descarga, y un obturador para la parte de descarga. En la figura 5-1 se aprecia un ejemplo de tolva.

Existen varios tipos de tolvas según su forma:

- **Rectangular.** - posee adaptabilidad para cualquier capacidad de almacenamiento de producto ya que mantiene un área mayor para depósito.
- **Cuadrada.** - su área transversal es uniforme por lo que permite que el almacenamiento sea uniforme.
- **Tronco o Piramidal.** - es un bloque que se asemeja a la base de una pirámide, se utiliza para distribución de granos, semillas, balanceados (Charig, 2015).

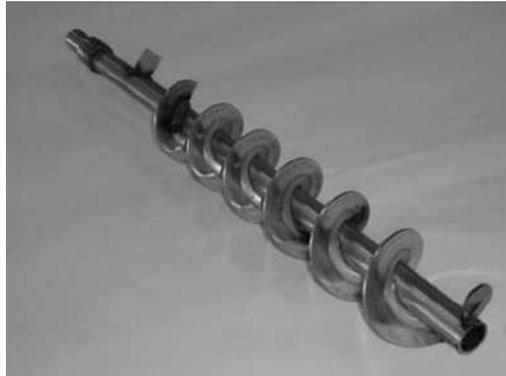


**Figura 5-1:** Tolva.

Fuente: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/11c60fb3-f4f1-4a47-a13b-349094398302/Tolva-transportador-helicoidal-doble?hl=es>

**Tornillo sin fin.** - se utiliza generalmente para transportación de material que será envasado, consta de un eje central conectado a una chumacera, además de tener un acoplamiento con un

motor que le permitirá trasladar el óxido de calcio al tubo de distribución (Yugsi, 2019). En la figura 6-1 se aprecia un ejemplo de tornillo sin fin.



**Figura 6-1:** Tornillo sin fin.

Fuente: <https://www.atmos.eu/spanish/nahradni-dily-279>

**Tubo de distribución.** - es un elemento guía que generalmente se coloca a la estructura metálica para optimizar el ingreso de producto al saco. Para lograr un suministro de producto constante y uniforme.

**Saco.** - componente indispensable en el almacenamiento y distribución del producto, existen de varios tipos en la industria entre los cuales mencionaremos algunos:

- Yute y fibras naturales.
- Papel.
- Plástico o polietileno.

El saco de papel de tipo valvulado, permite un ingreso del producto de manera eficiente ahorrando tiempo en el ensacado del producto, con tan solo colocar la boquilla en el dosificador se puede llenar hasta la cantidad a la que fue diseñada el saco y además de no necesitar cerrar el saco ya que vienen diseñados con auto cierre al momento de ser llenados completamente.

El saco que utiliza la empresa para ensacar el producto hidróxido de calcio es de tipo de papel de doble capa, por su facilidad de dosificación de producto para ser llenado por el tornillo dosificador y en la fábrica artesanal aun utilizan el saco de polietileno como en la mayoría de las fábricas en la ciudad de Riobamba en la actualidad.

**Pesaje.** - los elementos comunes utilizados para estos medios son básculas fijas, que mediante un sensor y un LCD permiten mostrar el peso que se desea suministrar.

Existen varias formas para el pesaje una de ellas es la célula de carga capaz de resistir cargas de compresión “señal mecánica” y convertirla en una señal eléctrica (Company, 2020).

### **1.7.2 Dispositivos electrónicos para en el proceso de ensacado.**

**Sensor de peso o celda de carga.** - son utilizados para convertir una fuerza mecánica en una señal eléctrica, esta fuerza hace que se deforme el sensor y emita señales eléctricas de deformación. Funcionan como una báscula o indicador de peso dando como resultado el peso requerido (Guimerans, 2018).

**Pantallas LCD.** - significa Liquid Crystal Display (en español Pantalla de Cristal Líquido). Este componente se encarga de convertir las señales eléctricas de la placa en información visual fácilmente entendible por los seres humanos (Admin, 2017).

## **1.8 Comunicaciones inalámbricas.**

Las comunicaciones inalámbricas han logrado conectar al mundo para beneficiarlos a través de una economía digital, hoy en día la mayoría de los negocios (agricultura, banca, atención de la salud, etc) utilizan este tipo de comunicaciones (Tasayco, 2018).

Permitiendo que las industrias brinden nuevos beneficios para todos (Comunicaciones inalámbricas terrenales, 2019). Estas comunicaciones se han vuelto parte de nuestra vida cotidiana, incrementando la demanda de los servicios inalámbricos causando un gran impacto en el crecimiento explosivo y obteniendo mejores beneficios a la economía (La importancia de las comunicaciones inalámbricas terrenales, 2019).

Existen diferentes tipos de comunicación como son:

**Wifi.** – es una comunicación muy utilizada en la mayor parte de dispositivos con tecnologías inalámbricas, son de fácil adaptabilidad en comparación con redes cableadas y opera en bandas de radiofrecuencia de libre acceso.

**Bluetooth.** – es un estándar de comunicación inalámbrica que trabaja en bandas libres de radiofrecuencia, su rango de transmisión es de máximo 10 m.

**ZigBee.** – es una tecnología de comunicación inalámbrica que transmite información en bandas libres de radiofrecuencia para Europa 868 MHz, Estados Unidos 915 MHz, resto del mundo 2.4GHz, el rango de transmisión de la información de hasta 10-100m (Valencia, 2019).

**Tabla 3-1:** Comparativa de tecnologías inalámbricas.

Tecnología	Bluetooth	Wifi	Zigbee
Medio.	Inalámbrico.	Inalámbrico.	Inalámbrico.
Ancho de banda.	720 kbps	20 – 450 Mbps	20 – 250 Kbps
Rango de radio frecuencia.	2,4 y 5 GHz	2,4 y 5 GHz	2,4 GHz
Rango de transmisión.	10 m	30 – 50 m	10 – 100 m
Costos por ciclo de vida.	Precio reducido, medio.	Precio medio un poco alto.	Precio reducido, medio.
Nivel de competitividad.	Varios años en el mercado.	Aplicado y desarrollado a nivel mundial.	Sistema maduro en el mercado.

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17531/1/UPS%20-%20ST004133.pdf>

En base a las limitaciones que tiene la planta de producción se escogió como comunicación inalámbrica el uso de la tecnología Bluetooth, por sus características expuestas en la tabla 3-1.

### 1.9 Softwares libres para el desarrollo de proyectos.

Es una plataforma de Software libre para la programación de entorno de desarrollo integrado donde se puede crear o modificar códigos para que cumpla con sus requerimientos de una forma más amigable con el usuario (Pedrera, 2017).

**Arduino.** - es una tarjeta electrónica que permite programar con un lenguaje simple y de poca complejidad, dentro de sus ventajas podemos decir que es de fácil manipulación y de muy bajo costo, está diseñado principalmente para proyectos de electrónica ya que permite conectarse con una amplia variedad de componentes y sensores, facilitando las tareas (Lucas, 2019).

Esta placa está compuesta de un microcontrolador ATMEL que son los circuitos controlados que guardan instrucciones mediante un lenguaje de programación C (Fernández, 2020).

**Raspberry PI.** - es un miniordenador que requiere de un sistema operativo para su funcionamiento, dispone de puertos de conexión a internet, salida HDMI y conexión de USB, por sus características son usados en proyectos que requieren una mayor dificultad (Arias Mónica, Merino Katherine, 2015).

Para el presente trabajo se eligió el Software Arduino en el desarrollo de los prototipos electrónicos, considerando fundamentalmente la compatibilidad con distintos elementos de sensado como medidores de temperatura, humedad, caudal y peso, parámetros importantes en el proceso de implementación dentro de los módulos de control.

### **1.10 Softwares libres para aplicaciones móviles.**

Las plataformas para programación de dispositivos móviles son en su mayoría orientada a la programación por bloques que facilitan el entendimiento para el desarrollador, en algunos casos se requiere un mínimo de requisitos del computador para lograr la correcta simulación de estas aplicaciones.

**Android Studio.** - es un Software de desarrollo libre para crear aplicaciones para dispositivos móviles exclusivamente Android, debe ser instalado en un computador ya que no dispone de una página web para trabajar online, esta plataforma necesita de ciertas características del PC para su correcta instalación y funcionamiento; no consta de plantillas que ayudan al usuario y su uso es más complejo (DiMarzio, 2015), (Smyth, 2020).

**MIT App Inventor.** - es un medio de programación visual gratis online, que nos permite crear aplicaciones móviles para dispositivos Android e iOS, es de fácil comprensión, no necesita de conocimiento avanzado de programación, tiene una interfaz amigable con el usuario, dispone de plantillas y permite descargar la aplicación a una computadora (Ibrahim, 2020).

Se determinó que para el desarrollo de la aplicación móvil se necesita un Software libre que no requiera estar instalado en el computador, para no recurrir en gastos de licencias de uso, por este motivo se eligió un entorno de desarrollo online llamado MIT App Inventor.

## CAPITULO II

### 2 PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO.

En este capítulo se especifica los requerimientos necesarios para el diseño del dispositivo tecnológico, Hardware y Software, realizando un seccionamiento por etapas que forman parte del prototipo, así también los componentes con sus respectivas caracterizaciones técnicas, y acompañado de su esquema electrónico en el circuito implementado.

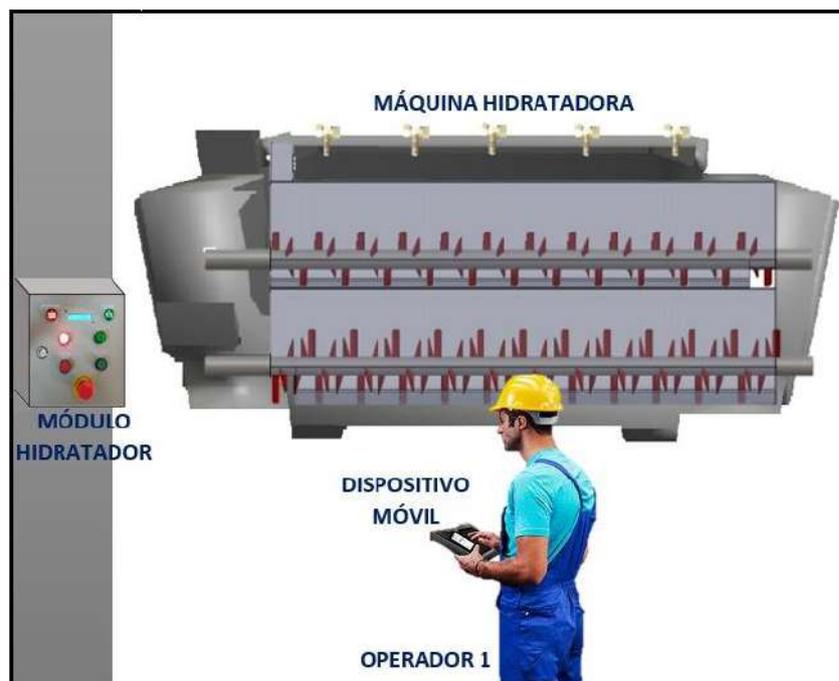
#### 2.1 Requerimientos para el diseño del prototipo.

El proceso de hidratación y ensacado del hidróxido de calcio debe satisfacer varios requerimientos que han sido solicitados por la empresa ya que debe cumplir con ciertas funciones necesarias, por este motivo el sistema debe contar con los siguientes parámetros:

- Diseñar e implementar un dispositivo de control de accionamiento para el proceso de hidratación y ensacado.
- Los prototipos se deben adaptar a la fuente de energía de 220V, que alimenta los módulos hidratador y ensacador.
- Los prototipos electrónicos se adaptan a las estructuras metálicas existentes en la empresa.
- Los prototipos electrónicos dispondrán de conexión Bluetooth con una comunicación de hasta 3m.
- Los prototipos electrónicos dispondrán de una aplicación móvil para la visualización de datos.
- Se visualizará los datos de temperatura, consumo en litros de agua y humedad en el módulo hidratador y la aplicación móvil.
- Se visualizará el peso en kg en el módulo ensacador y la aplicación móvil.
- El usuario seleccionará el peso del producto a dosificar antes de iniciar el proceso.
- Los módulos electrónicos dispondrán de un panel con indicadores de funcionamiento.
- Los módulos electrónicos requieren de un botón de paro de emergencia en caso de fallas.

## 2.2 Concepción del diseño del sistema.

La figura 1-2 es el diseño del principio de funcionamiento del prototipo electrónico en el proceso de hidratación, de la siguiente manera: el operario 1 envía la orden de accionamiento desde el dispositivo móvil, por medio de la conexión Bluetooth hacia el módulo de la hidratadora, al mismo tiempo se reciben los datos como consumo de agua, temperatura y humedad desde este módulo hacia el dispositivo móvil, durante el proceso se podrá visualizar los datos en ambos dispositivos.



**Figura 1-2:** Funcionamiento del prototipo hidratador.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

A continuación, en la figura 2-2 se presenta el funcionamiento del prototipo electrónico del ensacador, de la siguiente manera: el operario 2 escoge el peso de 25kg a envasar que es el valor que comercializa la empresa Calizas “San José” y envía el accionamiento del motor acoplado en la tolva dispensadora por medio del dispositivo móvil hacia el módulo ensacador mediante de la comunicación Bluetooth, al finalizar el proceso se muestran la cantidad de sacos pesados en ambos dispositivos.



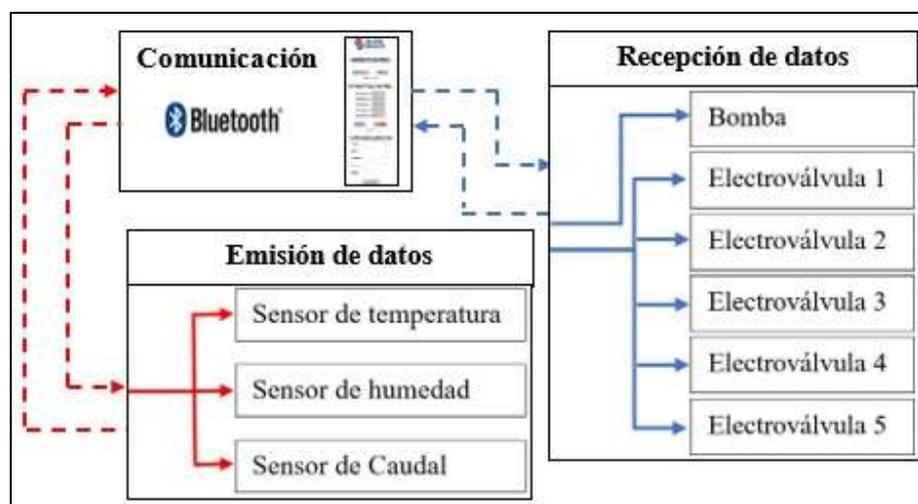
**Figura 2-2:** Funcionamiento del prototipo ensacador.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 2.3 Diseño de bloques del sistema.

Luego de la concepción general del sistema se puede observar que el diseño consta de 3 bloques: transmisión de datos, recepción de datos y comunicación.

#### 2.3.1 *Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo hidratador).*



**Figura 3-2:** Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo hidratador).

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

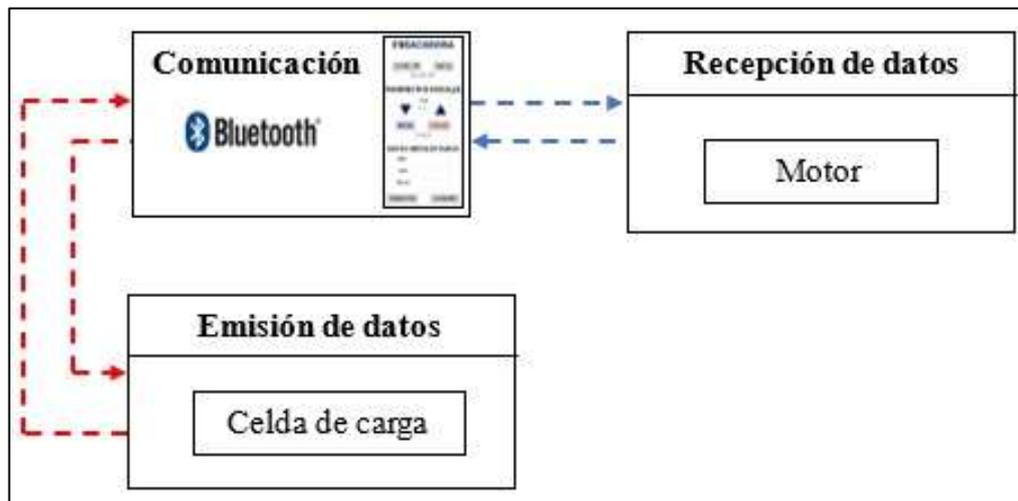
La descripción de la figura 3-2 es la siguiente:

**Bloque de recepción de datos - módulo hidratador.** - en esta etapa el operario 1 manda la señal de accionamiento desde la aplicación móvil por medio de la conexión Bluetooth, al pulsar iniciar en la aplicación se activa la bomba, pero las electroválvulas tienen libre accionamiento en función de los datos que se muestra en el teléfono el operario 1 será el que decida cuando encender las electroválvulas.

**Bloque de emisión de datos – módulo hidratador.** - mediante la aplicación móvil y la conexión Bluetooth el operario 1 observa los datos de los sensores de caudal, humedad y temperatura.

**Bloque de comunicación – módulo hidratador.** - la comunicación entre el operario 1 y las anteriores etapas es indispensable para el manejo del dispositivo electrónico ya que no funciona el uno sin el otro.

### 2.3.2 *Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo ensacador).*



**Figura 4-2:** Diseño de bloques del dispositivo de control (módulo ensacador).

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

La descripción de la figura 3-2 es la siguiente:

**Bloque de recepción de datos – módulo ensacador.** - el operario 2 envía la orden de encendido en el proceso de llenado del saco, mediante la aplicación se determinará el peso que se desee ensacar y se presiona el botón inicio, posteriormente se coloca el saco en el dosificador y pulsará la botonera externa que encenderá el motor para dosificar el producto.

**Bloque de emisión de datos – módulo ensacador.** - en el dispositivo el operario 2 visualizara la cantidad de sacos que se están pesando y se determina mediante los valores emitidos por la celda de carga.

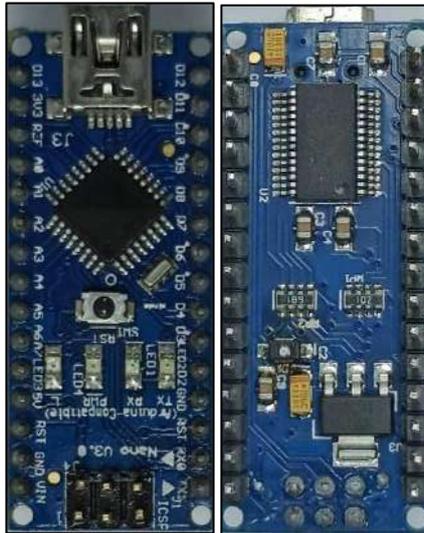
**Bloque de comunicación – módulo ensacador.** - la comunicación entre el operario 2 y las anteriores etapas es indispensable para el manejo entre el dispositivo electrónico y sistema Android ya que no funciona el uno sin el otro.

## **2.4 Descripción de los elementos hardware del sistema.**

Para el proyecto determinamos los dispositivos en base a los requerimientos solicitados por la empresa, estos son dispositivos de bajo costo, y garanticen el funcionamiento de los equipos. Los dispositivos escogidos se detallan a continuación.

### **2.4.1 *Arduino NANO.***

En la figura 5-2 se muestra la tarjeta a utilizar en el prototipo, es un dispositivo que incluye un microcontrolador ATMEL MEGA328P (Arduino, 2021). Es una tarjeta que por sus características técnicas es la más aconsejable para el prototipo planteado.



**Figura 5-2:** Placa de Arduino Nano.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la siguiente tabla 1-2 mostramos algunas características importantes de esta tarjeta. Para más detalle ver anexo.

**Tabla 1-2:** Características importantes del Arduino NANO.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	5V
Voltaje de entrada $V_{in}$ .	7-12V
Terminal I (Entrada) / O (Salida) digitales.	14
Corriente DC por pines I / O.	40mA
Velocidad de reloj.	16Mhz
Terminal de entrada analógicos.	8

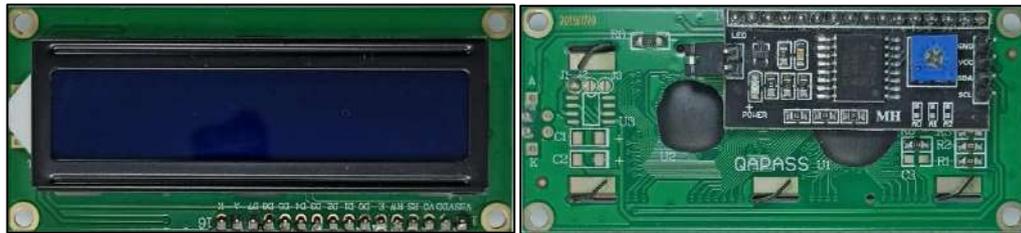
**Fuente:** <http://www.farnell.com/datasheets/1682238.pdf>.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.2 Pantalla LCD.

La figura 6-2 muestra el elemento de visualización de datos LCD (liquid cristal display), que en español significa pantalla de cristal líquido, utilizada para visualizar la información de los parámetros utilizados en la hidratadora como la temperatura, el caudal y la humedad que van a ser monitoreados por medio de la aplicación. Al utilizarlo con el módulo I2C su conexión se reduce a solo 4 terminales (VCC, GND, SDA, SCL).

Es común verlo a este dispositivo en diferentes equipos de impresión, routers, dispositivos de almacenamiento, etc (Tecnopura, 2020).



**Figura 6-2:** Pantalla LCD.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la siguiente tabla 2-2 se presenta algunas características importantes.

**Tabla 2-2:** Características importantes de la pantalla LCD.

Detalle	Especificación
Voltaje de corriente continua $V_{cc}$ .	5V
Presentación Display I2C.	16x02
Controlador.	HD44780
Consumo corriente.	25mA
Luz.	Azul
Contraste.	Variable

**Fuente:** <https://opencircuit.shop/resources/file/da88acc1702a90667728fcf4ac9c75c455475706466/I2C-LCD-interface.pdf>.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 2.4.3 *Sensor de temperatura – termocupla tipo k.*

La figura 7-2 se visualiza el sensor de temperatura con un módulo MAX6675 que se encarga de interpretar la medición de la termocupla tipo k incorporada en el dispositivo medidor.

Se utiliza para medir la variación de temperatura dentro del equipo hidratador, que mediante sus 3 salidas seriales (SO, CS, SCK) permite la salida de la información hacia el Arduino para su posterior interpretación mediante programación para la visualización del dato de temperatura (ArduinoVe, 2020).



**Figura 7-2:** Sensor de temperatura – termocupla tipo k.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 3-2 se muestra características importantes.

**Tabla 3-2:** Características importantes del sensor de temperatura - termocupla tipo k.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	5V
Corriente de funcionamiento.	$\pm 50\text{mA}$
Temperatura recomendada.	0 a 1024 °C
Exactitud de medición.	$\pm 1,5\text{ °C}$
Aislante interno.	Fibra de vidrio.

**Fuente:** <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MAX6675.pdf>

**Realizado por:** Karolina Panata y Jorge Banderas, 2020.

#### 2.4.4 *Sensor de humedad Capacitive Soil.*

El sensor de humedad Moisture Sensor V1.2 es capacitivo, como se muestra en la figura 8-2 que a través de su driver interpreta los datos para encontrar un valor para la aplicación, por la estructura de fabricación, este equipo tiene la resistencia a la corrosión (MaxElectronica, 2020).

Para determinar el nivel de humedad en el proceso de hidratación de cal el dispositivo se coloca en la base de la hidratadora en la etapa de homogenización del producto.



**Figura 8-2:** Sensor de humedad Capacitive Soil.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 4-2 se presenta características importantes.

**Tabla 4-2:** Características importantes del sensor de humedad Capacitive Soil.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	3,3-5V
Voltaje de salida $V_{out}$ .	0-3V
Corriente de operación.	5mA
Terminal analógico de salida.	1

**Fuente:** <https://maxelectronica.cl/temperatura-y-humedad/519-sensor-capacitivo-de-humedad-de-suelo-v12.html>.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.5 Sensor de caudal Fs400a.

Es utilizado para medir el caudal requerido en la implementación del prototipo, determina la cantidad de fluido de agua que ingresa al sistema dispensador; trabaja en función a la movilidad de una turbina acoplada a un imán, generando un pulso eléctrico, que se envía a través del cable amarillo hacia el elemento interpretador de señal, y dos cables para alimentación (rojo +, negro-) como se muestra en la figura 9-2.



**Figura 9-2:** Sensor de caudal Fs400a.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 5-2 se presenta características importantes.

**Tabla 5-2:** Características importantes del sensor de caudal Fs400a.

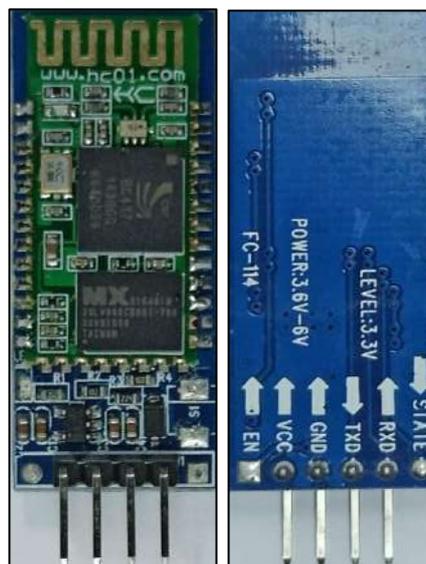
Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	5-24V
Corriente de funcionamiento.	15mA
Rango de flujo.	1-60L/min
Volumen promedio por pulso.	3,47mL
Pulso por litro.	280
Diámetro de rosca.	1 in
Presión de trabajo máxima.	1,2 MPa

Fuente: <https://hetpro-store.com/sensor-de-flujo-por-efecto-hall-fs400a-g1/>.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.6 Módulo Bluetooth.

Es un dispositivo de comunicación inalámbrico que se encarga de transmitir y recibir información entre dos dispositivos a través de una comunicación Master-Slave. El módulo HC-06 se mantendrá siempre como esclavo y el dispositivo con el cual se conecte será por tanto el maestro (Wavesen, 2020), en el prototipo se utilizó para la comunicación de mando entre el operario y el dispositivo de accionamiento del motor, la bomba y las electroválvulas. La figura 10-2 muestra el módulo bluetooth HC-06.



**Figura 10-2:** Módulo Bluetooth.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 6-2 se presenta características importantes.

**Tabla 6-2:** Características importantes del módulo Bluetooth.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	3,3-5V
Corriente de funcionamiento.	30 - 40mA
Corriente en comunicación.	8mA
Frecuencia: banda.	2,4GHz
Versión.	2,0
Alcance.	5m a 10m
Modo de trabajo.	Esclavo.

Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-6/resources/hc06.pdf> .

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.7 Módulo relé de 1 canal.

La figura 11-2 presenta un dispositivo de accionamiento capaz de activar o desactivar cargas de 110/220V, a través de la excitación en la entrada con un pulso de tensión de corriente continua para excitar la bobina permitiendo el accionamiento de los dispositivos conectados al contacto normalmente abierto del relé.

Se seleccionó un relé con un acoplamiento de optoacoplador, para disminuir la corriente de retorno en la activación y desactivación de los elementos utilizados en el proceso de hidratado y ensacado del hidróxido de calcio.

El dispositivo cuenta con 3 entradas la primera corresponde un puerto IN para la entrada de la señal, la segunda y tercera entrada corresponde a los puertos de alimentación DC+, DC- respectivamente. Su salida posee un punto común y dos contactos NC/NO para el manejo de accionamiento de cargas que funciona como un interruptor controlado.



**Figura 11-2:** Módulo relé de 1 canal.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la siguiente tabla 7-2 mostramos datos relevantes del dispositivo.

**Tabla 7-2:** Módulo relé de 1 canal.

Detalle	Especificación
Voltaje en la bobina del relé $V_{cc}$ .	5V
Corriente de consumo.	15 - 20mA
Canales.	1
Terminales de conexión.	Borneras.
Selección de disparador de nivel.	Alto / Bajo.

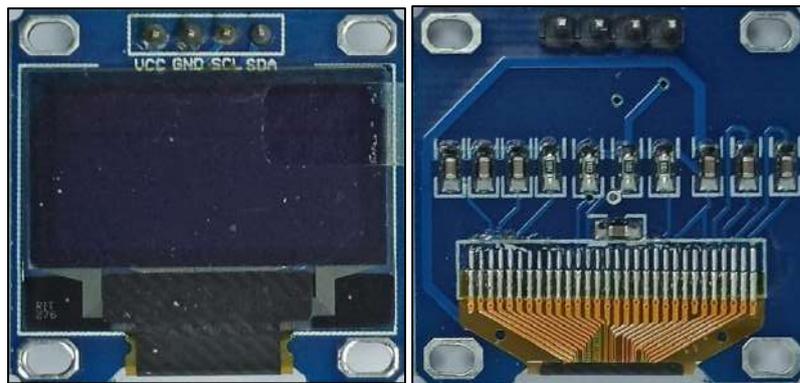
Fuente: <https://www.navlampmechatronics.com/drivers/297-modulo-relay-1-canal-5vdc.html>.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.8 Pantalla OLED.

Es un dispositivo de visualización OLED (Organic light – emitting diode) en función a sus características de construcción no requieren luz de fondo, responden a impulso de corriente que se emite en sus terminales para mostrar una imagen a color como se muestra en la figura 12-2.

Este dispositivo a través del controlador SSD1306 se comunica con el Arduino para adquirir los datos de peso del hidróxido de calcio y mostrarlos en la pantalla (Hernández, 2020), se utilizó para el proceso de ensacado.



**Figura 12-2:** Pantalla OLED.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 8-2 mostramos el detalle de este dispositivo.

**Tabla 8-2:** Características importantes de la pantalla OLED.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	3-5V
Corriente de funcionamiento.	15mA
Consumo de energía.	0,08W
Comunicación.	I2C
Pantalla.	128x64
Terminales.	4

Fuente: <https://www.diarioelectronicohov.com/blog/pantalla-oled-0-96>.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### 2.4.9 Celda de carga y módulo HX711.

La figura 13-2 muestra el módulo HX711 y su celda de carga, este dispositivo es común verlo en procesos de automatización industrial (Trujillo, 2020). Por su característica y facilidad de configuración, y su modo de operación. Este dispositivo nos ayudara al pesaje de sacos.

La función principal es amplificar la señal enviada desde el dispositivo de pesaje o celda de carga hacia su módulo, y enviar la información a través de sus terminales DT, SCK para ser configurados en el Arduino.



**Figura 13-2:** Celda de carga y módulo hx711.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 9-2 muestra características importantes.

**Tabla 9-2:** Características importantes de la celda de carga y módulo hx711.

Detalle	Especificación
Voltaje de operación.	5V
Corriente de funcionamiento.	10mA
Voltaje de entrada diferencial.	$\pm 40\text{mV}$
Frecuencia: banda.	80Hz

Fuente: <https://www.navlampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html>.

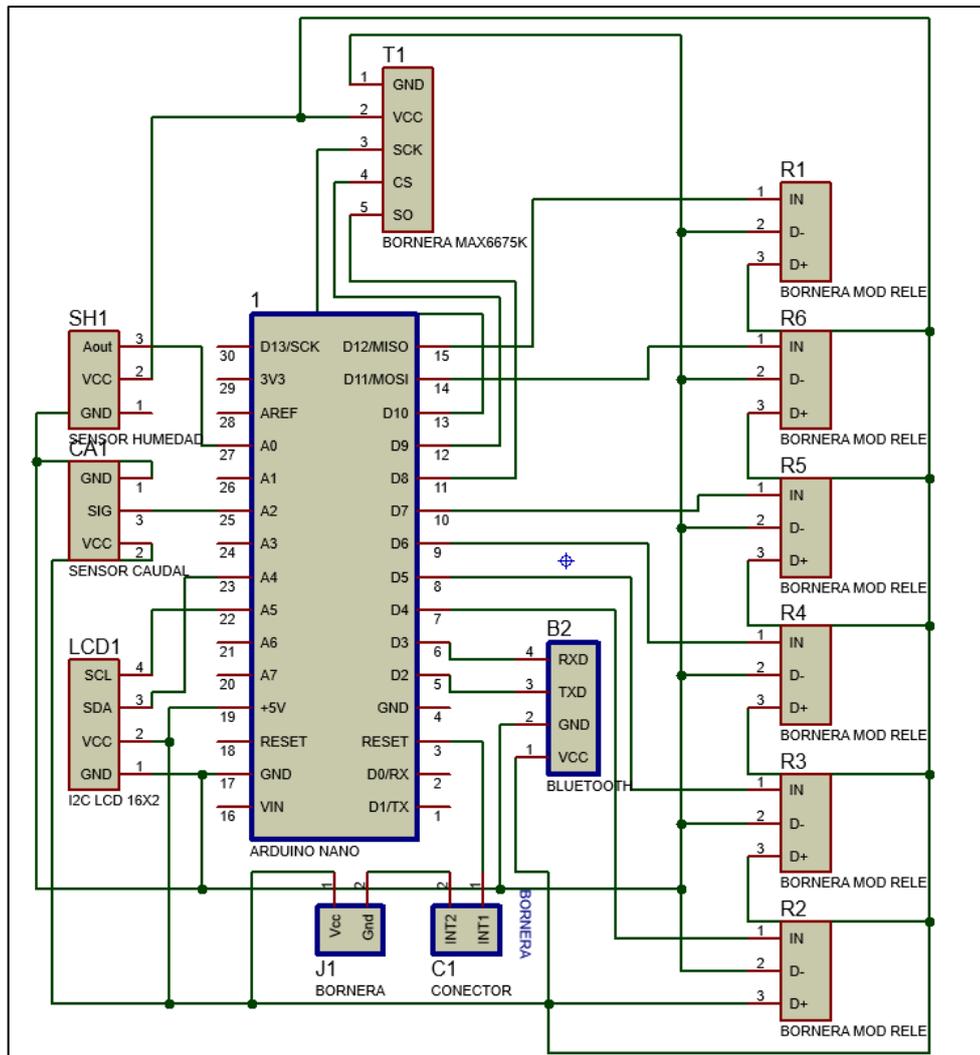
Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

## 2.5 Diseño del prototipo electrónico de los equipos.

En la figura 14-2 y figura 15-2, visualizamos el diseño del prototipo electrónico con los dispositivos que forman parte de la interfaz de comunicación, en este diseño se encuentra tanto la emisión como la recepción de datos.

### 2.5.1 *Diseño del prototipo electrónico (módulo hidratador).*

- Los terminales de salida D4, D5, D6, D7 y D12 corresponden a las entradas IN del módulo relé de un canal respectivamente, para el accionamiento de las electroválvulas.
- El terminal de salida D11 se coloca en la entrada IN del módulo relé de un canal y se lo utiliza para el accionamiento de la bomba.
- Los terminales D7, D8, D9, corresponden a la conexión con el módulo MAX6675 con sus entradas digitales SO, CS, CLK conectadas al Arduino nano que permiten la recepción de la información de la termocupla tipo k.
- Los terminales D2, D3 se conectan con el módulo Bluetooth permitiendo la recepción y transmisión de la información con sus terminales RXD, TXD respectivamente.
- Las entradas A4, A5 están conectadas al módulo de I2C con los terminales SDA, SCL correspondientemente, permitiendo la comunicación con el LCD en donde visualizaremos los datos del dispositivo de hidratación.
- La señal emitida por el sensor de caudal FS400A es receptada en la entrada analógica A2.
- Para el sensor de humedad del tipo capacitivo requerimos una entrada analógica A0.

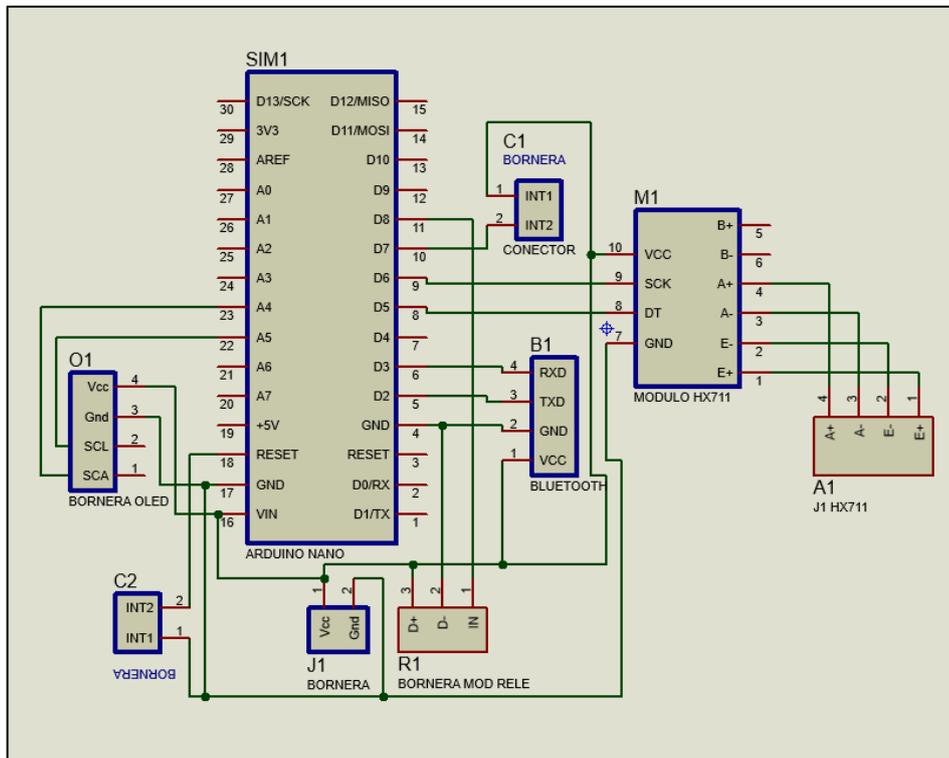


**Figura 14-2:** Diseño prototipo electrónico (módulo hidratador).

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 2.5.2 Diseño del prototipo electrónico (módulo ensacador).

- Los terminales D2, D3 se conectan con el módulo Bluetooth permitiendo la recepción y transmisión de la información con sus terminales RXD, TXD respectivamente.
- El terminal D8 corresponden a la entrada IN del módulo relé de un canal es la condición para activar del motor, pero es indispensable que el terminal digital D7 reciba un pulso en alto para su funcionamiento.
- En las entradas digitales D5, D6, ingresan los datos obtenidos de la celda de carga a través del módulo HX711 por sus terminales DT, SCK respectivamente.
- Las entradas A4, A5 están conectadas en la pantalla OLED por medio de sus terminales SDA, SCL correspondientemente, mostrando datos del dispositivo ensacador.



**Figura 15-2:** Diseño del prototipo electrónico (módulo ensacador).

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

## 2.6 Descripción de Software utilizados en la implementación.

Para la implementación del prototipo electrónico se utilizó dos Softwares, los cuales los definimos a continuación:

### 2.6.1 MIT App Inventor versión

Es un medio de desarrollo que permite la elaboración de aplicaciones para Android 10.0, la versión de esta aplicación es nb186a el usuario puede ir creando la aplicación por medio de herramientas básicas que son de forma visual, la ventaja de este sistema es que es gratuito y se puede utilizar desde la web del MIT versión: nb186a (Instituto Tecnológico de Massachusetts).

Las aplicaciones creadas con la App inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en el dispositivo móvil. (Chardonneau, 2017)

Esta aplicación online nos permitió realizar la visualización de valores necesarios e importantes para satisfacer los requerimientos planteados por la empresa, para facilitar el manejo del operario de los equipos realizados.

En las siguientes figuras 16-2 y 17-2 se observa la interfaz gráfica que va a ser usada por el operador dependiendo del dispositivo a comandar, la cual consta de la conexión Bluetooth, parámetros de control y datos recolectados.

El usuario a través de la ventana grafica puede visualizar los siguientes parámetros:

#### **2.6.1.1** *Interfaz gráfica de la aplicación de la hidratadora.*

La figura 16-2 muestra la visualización de la interfaz gráfica de la aplicación móvil del módulo hidratador, la cual cuenta con diferentes botones para su control y accionamiento, esta interfaz es creada con el objetivo de facilitar el uso al operario de una forma amigable, permitiendo el monitoreo y control del módulo desde un dispositivo remoto.

Descripción de la botonera de la aplicación móvil del módulo hidratador.

**Botón seleccionar BT.** - permite escoger el Bluetooth.

**Botón conectar.** - permite conectar el dispositivo Android con el módulo Bluetooth.

**Botón iniciar.** - permite iniciar el programa y poner en funcionamiento a las electroválvulas.

**Botón detener.** - permite detener el proceso y reiniciar.

**Botón exportar datos.** - muestra los datos obtenidos del proceso como con caudal, temperatura, humedad, cantidad de agua y el tiempo de realización.



**Figura 16-2:** Visualización aplicación móvil módulo hidratador.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### **2.6.1.2** *Interfaz gráfica de la aplicación de la ensacadora.*

La figura 17-2 visualiza la interfaz gráfica de la aplicación móvil del módulo ensacador, la cual consta de botones de control, selección del peso, y visualización de datos recolectados

Descripción de la botonera.

**Botón seleccionar BT.** - permite escoger del Bluetooth.

**Botón conectar.** - permite conectar el dispositivo Android con el módulo Bluetooth.

**Botón de subir y bajar.** - permite escoger el peso que se desea empacar.

**Botón iniciar.** - permite iniciar el programa y poner en funcionamiento el motor para que comience a dosificar el producto.

**Botón detener.** - permite detener el proceso y reiniciar.

**Botón exportar datos.** - muestra los datos obtenidos del proceso como son la cantidad de sacos la fecha y el tiempo del proceso.



**Figura 17-2:** Visualización aplicación móvil módulo ensacador.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 2.6.2 IDE Arduino 1.8.13.

Es un entorno de programación informático llamado IDE (Integrated Development Environment) que tiene una gran variedad de herramientas de programación, puede dedicarse a uno o varios lenguajes de programación.

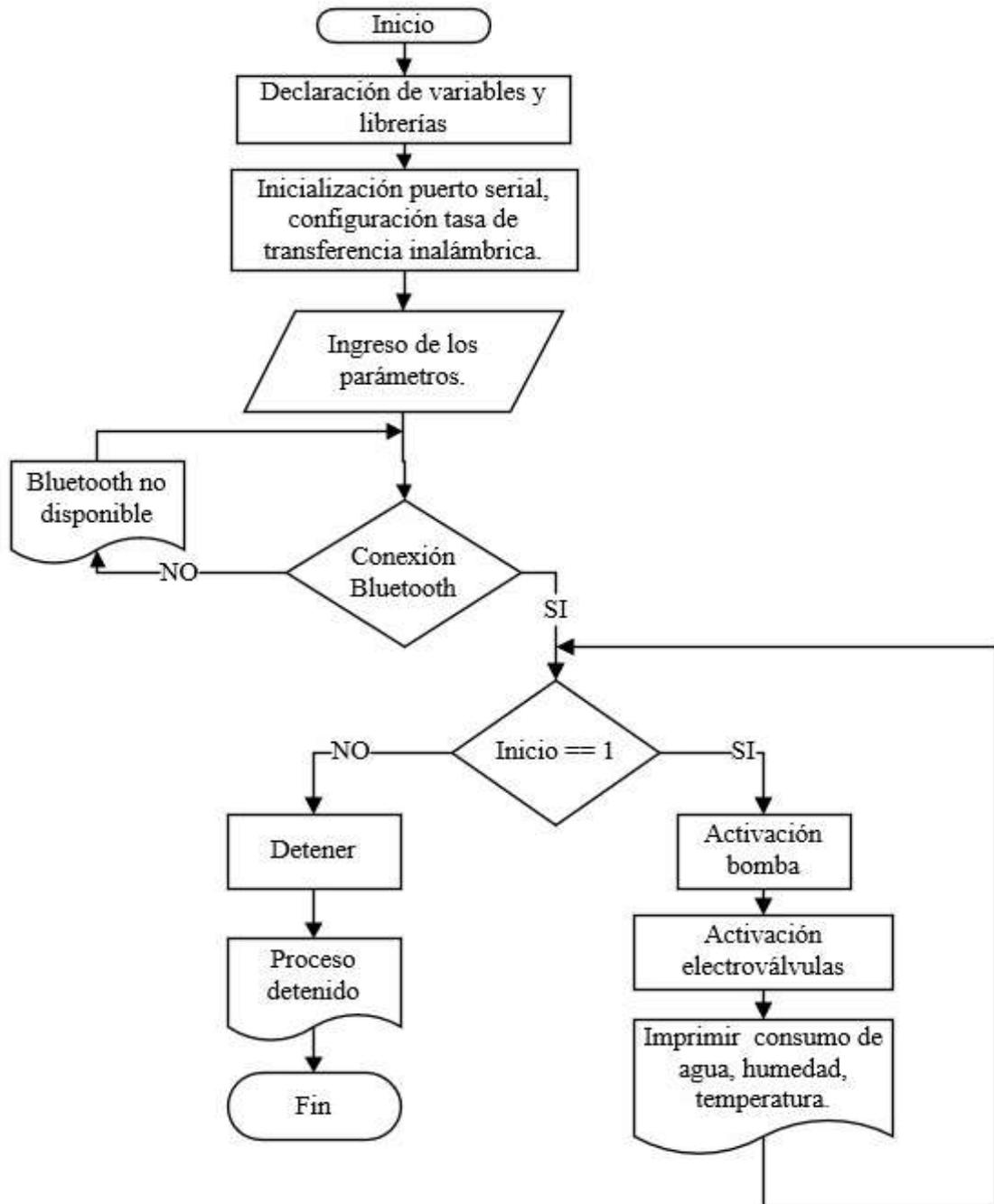
El IDE es un programa de aplicación que consiste en editar un código, compilar, depurar y construir una interfaz gráfica, además tiene como ventaja herramientas para incorporar programas ya compilados extraídos desde otro hardware y es de fácil aprendizaje (jecrespom, 2017).

#### 2.6.2.1 Descripción del algoritmo (módulo hidratador).

El diagrama de flujo de la hidratadora esta presentado en la figura 18-2 y se detalla de la siguiente manera:

- Para la aplicación es necesario declarar librerías que permiten la interpretación de datos y manejo de los dispositivos previamente establecidos.
- Las librerías utilizadas son:
  - <**SoftwareSerial.h**> esta librería nos permite conectar todos los dispositivos con comunicación serial y otros dispositivos con terminales digitales.
  - <**Wire.h**> esta librería nos ayuda para todos los dispositivos con conexión I2C.
  - <**LCD.h**>, <**LiquidCrystal\_I2C.h**> estas librerías se utilizaron para la programación y visualización de datos en la pantalla LCD.
  - "**max6675.h**" esta librería es exclusiva para el sensor de temperatura acoplado a un termopar.
- Se declara variables de distinto tipo int, const int, float, char, que ayudan a procesar la información emitida por los dispositivos de emisión, recepción y comunicación de datos dentro de la aplicación (Arduino, 2021).
- Antes de realizar la ejecución de la aplicación se debe definir valores que nos permitan trabajar con las diferentes librerías antes planteadas. Así como la inicialización y asignación de terminales que serán específicos para cada dispositivo.
- Se procede a programar las condiciones para el funcionamiento de la aplicación, para esto se establece en su mayoría condiciones IF y elementos de impresión de datos importantes para tomar la decisión de operación de los diferentes dispositivos.
- Se establece condiciones a través de los datos enviados por Bluetooth para controlar desde la aplicación el accionamiento de los diferentes botones a través la conectividad inalámbrica hacia los elementos hardware del dispositivo electrónico.
- En el programa se muestra varias condiciones paralelas permitiendo realizar actividades independientes, por ejemplo, cualquiera de las electroválvulas se puede encender o apagar sin necesidad de tener otra condición que la de inicio dada anteriormente.
- Se puede detener el proceso en cualquier momento que el operario crea conveniente.

- Cuando la variable de inicio es verdadera se realiza el proceso de interpretación del sensado de los datos y se determina si es necesario apagar la bomba.



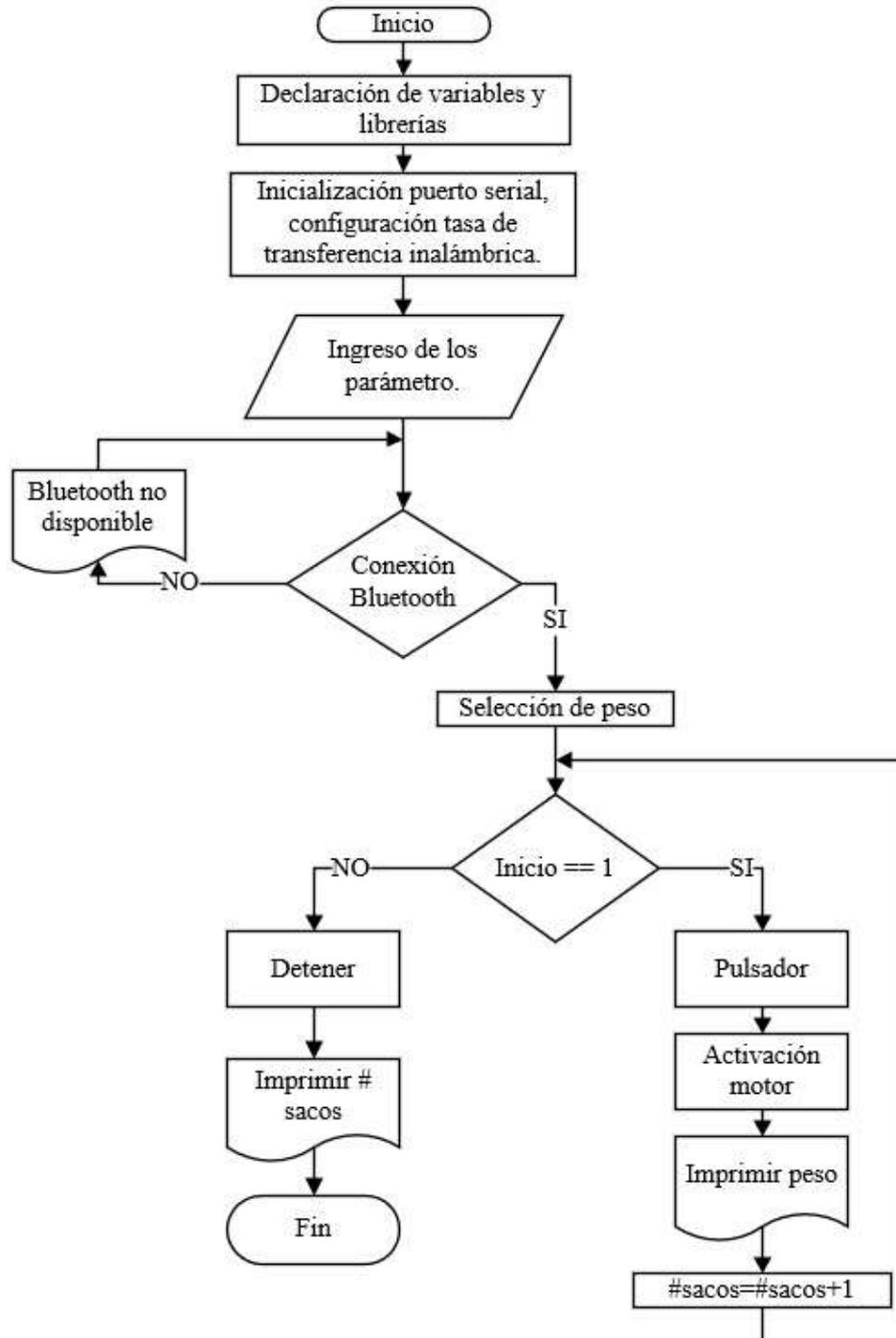
**Figura 18-2:** Algoritmo funcionamiento módulo hidratador.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 2.6.2.2 Descripción del algoritmo (módulo ensacador).

El diagrama de flujo de la ensacadora esta presentado en la figura 19-2 y se detalla de la siguiente manera:

- Para la aplicación es necesario declarar librerías que permiten la interpretación de datos y manejo de los dispositivos previamente establecidos.
- Las librerías utilizadas son:
  - <**SoftwareSerial.h** > esta librería nos permite conectar todos los dispositivos con comunicación serial y otros dispositivos con terminales digitales.
  - < **Wire.h** > esta librería nos ayuda para todos los dispositivos con conexión I2C.
  - <**Adafruit\_GFX.h**>, <**Adafruit\_SSD1306.h**> estas librerías se utilizaron para la programación y visualización de datos en la pantalla OLED.
  - "**HX711.h**" esta librería permite conectar el convertidor analógico/digital de 24 bits esto se utiliza para las basculas de peso o celdas de carga.
- Se declara variables de distintos tipos byte, float, char, que ayudan a procesar la información emitida por los dispositivos de emisión, recepción y comunicación de datos dentro de la aplicación. (Arduino, 2021)
- Se procede a programar las condiciones para el funcionamiento de la aplicación, para esto se establece en su mayoría condiciones IF y elementos de impresión de datos importantes para tomar la decisión de operación de los diferentes dispositivos.
- Se establece condiciones desde la conexión Bluetooth para controlar desde la aplicación el accionamiento de los diferentes botones a través la conectividad inalámbrica hacia los elementos hardware del dispositivo electrónico.
- Antes de realizar la ejecución de la aplicación se debe definir el peso que se desea envasar el cual va a ser en kg. Se inicia y se presiona la botonera para que el dosificador comience a suministrar producto.
- El motor procede a encenderse o apagarse eso dependerá del operador según sea su necesidad.
- Al final del proceso se contabiliza la cantidad de sacos que se han empacado.
- Se puede detener el proceso en cualquier momento que el operario crea conveniente.



**Figura 19-2:** Algoritmo funcionamiento módulo ensacador.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

## CAPITULO III

En este capítulo se presenta las pruebas realizadas con el módulo hidratador y el módulo ensacador para la empresa Calizas “San José”. Las pruebas realizadas fueron cuantificadas a través de la aplicación móvil de los datos emitidos por los sensores de: humedad, caudal, temperatura y peso.

De los resultados obtenidos de las pruebas se comprueba el funcionamiento eficiente que brinda el prototipo electrónico en cada una de las etapas.

### 3 VALIDACIÓN DE PROTOTIPO.

Para validar los módulos implementados en el prototipo electrónico, se realizaron pruebas tanto con equipos comerciales como: medidor de temperatura TM-902C, medidor de humedad MD7822, balanza analógica Camry y balanza digital Century con el prototipo electrónico implementado.

#### 3.1 Módulo hidratador.

En la figura 1-3 mostramos el módulo implementado.



**Figura 1-3:** Módulo hidratador.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En este ítem exponemos los diferentes tipos de pruebas que validan el funcionamiento correcto del prototipo electrónico planteado para el proceso de hidratación.

El módulo hidratador consta de un sensor de temperatura que debe ir colocado al extremo derecho del dispositivo para determinar a qué temperatura se va a homogenizar el producto, un sensor de humedad se coloca en el punto inferior izquierdo donde el material cae una vez hidratado para determinar la humedad del producto antes de ser ensacado y en la parte superior izquierda se ubica el sensor de caudal el cual nos dirá la cantidad de consumo en litros de agua utilizada durante el proceso de hidratación.

### 3.1.1 Validación de sensores.

Las pruebas se realizaron con 30 muestras de producto con cada uno de los sensores tanto en la fábrica artesanal como en la empresa Calizas “San José”.

#### Sensor de temperatura.

- **Prueba 1:** En esta prueba buscamos que el dispositivo este calibrado correctamente para garantizar que la medida obtenida sea apropiada para nuestro proyecto.

En la siguiente tabla 1-3 se muestra los valores referenciales para determinar las mediciones del sensor en funcionamiento comparando con la temperatura que emite el dispositivo de sensado MD7822, los valores leídos por los dispositivos se comparan por su lectura en  $\pm 1^\circ\text{C}$  de error en condiciones donde la temperatura no es muy elevada. Además de mostrar que el dispositivo implementado en nuestro proyecto tiene un error de  $\pm 1,5^\circ\text{C}$ .

**Tabla 1-3:** Datos calibración sensor de temperatura.

Calibración	Valor de Calibración
Determinación temperatura ambiente medido con dispositivo termómetro.	18 °C
Determinación temperatura ambiente con módulo MAX6675 y termocupla tipo k.	19 °C

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

- **Prueba 2:** Evaluación de mediciones realizadas con el dispositivo termocupla tipo k y dispositivo comercial modelo TM-902C.

En la tabla 2-3 se observa el resultado de error que genera el elemento de medición implementado en el proyecto teniendo que el valor máximo de error 3,7% representando la diferencia de

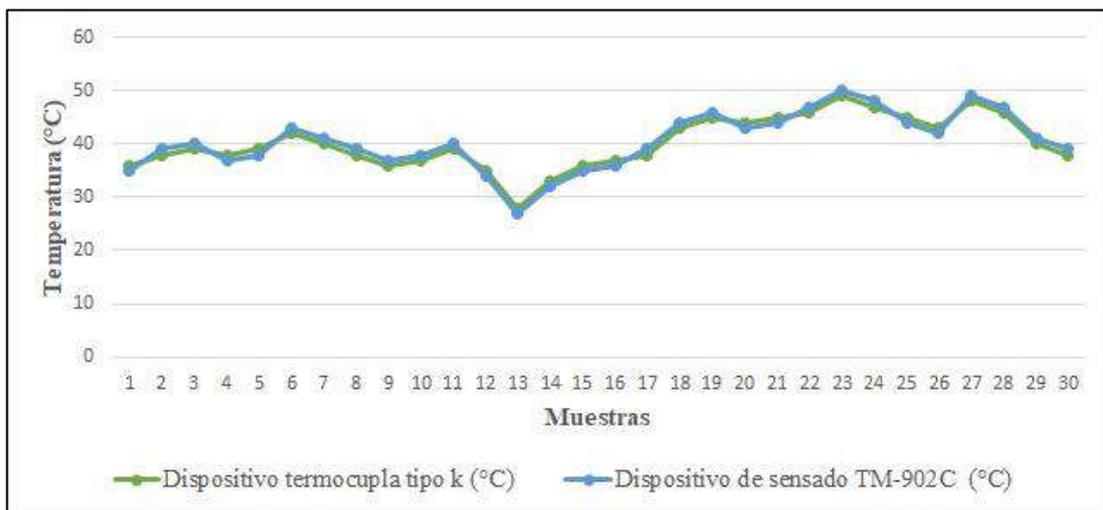
medición en 0,925°C y un mínimo de 2% que representa una diferencia de 0,98°C lo que significa que por cada medición obtenida por el sensor termocupla tipo k se tiene un valor de aproximadamente menor a  $\pm 1^\circ\text{C}$  lo que determina que el sensor es viable para el trabajo y está dentro del rango de resolución del dispositivo comercial.

**Tabla 2-3:** Datos comparativos del sensor de temperatura.

<b>N.º Muestra</b>	<b>Dispositivo termocupla tipo k (°C)</b>	<b>Dispositivo de sensado TM-902C (°C)</b>	<b>Hora</b>	<b>Error Absoluto</b>	<b>Error Relativo</b>
1	36	35	6:02	1	2,86%
2	38	39	6:07	1	2,56%
3	39	40	6:12	1	2,50%
4	38	37	6:17	1	2,70%
5	39	38	6:22	1	2,63%
6	42	43	6:27	1	2,33%
7	40	41	6:32	1	2,44%
8	38	39	6:37	1	2,56%
9	36	37	6:42	1	2,70%
10	37	38	6:47	1	2,63%
11	39	40	6:52	1	2,50%
12	35	34	6:57	1	2,94%
13	28	27	7:02	1	3,70%
14	33	32	7:07	1	3,13%
15	36	35	7:12	1	2,86%
16	37	36	7:17	1	2,78%
17	38	39	7:22	1	2,56%
18	43	44	7:27	1	2,27%
19	45	46	7:32	1	2,17%
20	44	43	7:37	1	2,33%
21	45	44	7:42	1	2,27%
22	46	47	7:47	1	2,13%
23	49	50	7:52	1	2,00%
24	47	48	7:57	1	2,08%
25	45	44	8:02	1	2,27%
26	43	42	8:07	1	2,38%
27	48	49	8:12	1	2,04%
28	46	47	8:17	1	2,13%
29	40	41	8:22	1	2,44%
30	38	39	8:27	1	2,56%

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la siguiente gráfica 1-3 se evidencia que las mediciones obtenidas entre el sensor de temperatura termocupla tipo k con su módulo MAX6675 en comparación con un dispositivo comercial modelo TM-902C, no tiene una diferencia notable en sus mediciones por lo concluimos que es viable la utilización de este dispositivo en nuestro trabajo. En estudio similar se plantea un análisis comparativo entre la utilización de un termómetro digital y el módulo MAX6675 con la termocupla tipo k, concluyéndose de esta comparación se obtiene un promedio de error que será utilizado para calibrar por Software y tener mayor precisión de datos de temperatura (Andrade, y otros, 2021).



**Gráfica 1-3:** Comparación de temperaturas obtenidas en las mediciones.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### Sensor de humedad

- **Prueba 1:** El dispositivo se calibra correctamente para garantizar que una medición apropiada.

Para determinar los valores de calibración tanto en agua o aire se debe conectar el sensor de humedad al Arduino y proceder a realizar las lecturas de valores en el monitor serie del IDE de Arduino, una vez ejecutado el programa y abierto el monitor serial se toma la lectura de datos hasta que se estabilice en un valor fijo lo que se muestra en la tabla 3-3, esto se realiza para que el sensor tome valores referenciales para realizar las posteriores lecturas.

Los valores obtenidos ayudan en la programación general del prototipo electrónico e interpretación de valores medidos por el sensor a través de su circuito electrónico incorporado.

**Tabla 3-3:** Datos de calibración del sensor de humedad.

Calibración	Valor de calibración
Aire	601
Agua	265

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

- **Prueba 2:** Datos comparativos del sensor de temperatura y un dispositivo comercial modelo TM-902.

En la tabla 4-3 se presenta el resultado de error que genera el dispositivo de medición implementado en el proyecto teniendo que el valor máximo de error 2,11% representando una diferencia de 0,62% inferior al medido y valor de error mínimo de 0,32 % que representa a 0,10% menos de humedad medido, con estos valores podemos afirmar que por cada medición obtenida por el sensor humedad Capacitive Soil se tiene un valor de aproximadamente menor a 1% por lo que concluimos que el sensor sirve para el trabajo y está dentro del rango de resolución  $\pm 1\%$  en comparación con el dispositivo comercial.

**Tabla 4-3:** Datos comparativos del sensor de humedad.

N.º muestra	Caudal (litros)	Sensor de humedad Capacitive Soil (%)	Dispositivo de sensado MD7822 (%)	Hora	Error absoluto	Error relativo
1	40	30	29,8	10:00	0,2	0,67%
2	40	31	31,1	10:05	0,1	0,32%
3	40	31	30,8	10:10	0,2	0,65%
4	40	31	30,9	10:15	0,1	0,32%
5	40	30	29,9	10:20	0,1	0,33%
6	40	31	30,9	10:25	0,1	0,32%
7	40	30	29,7	10:30	0,3	1,01%
8	40	30	29,8	10:35	0,2	0,67%
9	40	31	30,9	10:40	0,1	0,32%
10	40	30	29,8	10:45	0,2	0,67%
11	40	31	30,8	10:50	0,2	0,65%
12	40	31	30,9	10:55	0,1	0,32%
13	40	30	29,9	11:00	0,1	0,33%
14	40	30	29,8	11:05	0,2	0,67%
15	40	30	29,8	11:10	0,2	0,67%
16	40	31	30,9	11:15	0,1	0,32%
17	40	30	29,8	11:20	0,2	0,67%
18	40	30	29,9	11:25	0,1	0,33%
19	40	31	30,8	11:30	0,2	0,65%
20	4-0	30	29,8	11:35	0,2	0,67%
21	40	30	29,9	11:40	0,1	0,33%
22	40	31	30,9	11:45	0,1	0,32%
23	40	30	29,9	11:50	0,1	0,33%
24	40	30	29,8	11:55	0,2	0,67%
25	40	30	29,9	12:00	0,1	0,33%
26	40	31	30,9	12:05	0,1	0,32%
27	40	30	29,8	12:10	0,2	0,67%
28	40	30	29,8	12:15	0,2	0,67%
29	40	30	29,38	12:20	0,62	2,11%
30	40	31	30,9	12:25	0,1	0,32%

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la gráfica 2-3 se observa que el dispositivo implementado no difiere en los valores medidos con ambos dispositivos lo que garantiza la confiabilidad de medir la humedad en nuestro módulo hidratador, podemos concluir que es importante tomar en cuenta la superficie de contacto del

sensor con el material al cual se realizará la lectura, por lo que se debe garantizar un lugar fijo garantizando la lectura del mismo. En una revista se publica la calibración del dispositivo medidor de humedad en base a tres aspectos lugar, posición, contacto del dispositivo para garantizar que los datos sean idóneos para su aplicación (Designing Low-Cost Capacitive-Based Soil Moisture Sensor and Smart Monitoring Unit Operated by Solar Cells for Greenhouse Irrigation Management, 2021).



**Gráfica 2-3:** Comparación error en sensores de medición de humedad implementación.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### Sensor de caudal (consumo en litros).

- **Prueba 1:** En esta prueba se muestra que el dispositivo determine la cantidad de consumo de agua en litros para en el proceso.

**Tabla 5-3:** Parámetros para la calibración del sensor de caudal.

Calibración	Descripción
X	HIGH
Y	LOW
Factor de conversión para 1".	3,5

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

Debido al funcionamiento de este sensor se utilizó los pulsos emitidos en alto y bajo permitiéndonos conocerla frecuencia de pulsaciones del dispositivo para así conocer la frecuencia de trabajo del dispositivo y determinar la cantidad de agua consumida en el proceso.

- **Prueba 2:** Medición de consumo en litros de agua desde el suministro que llega desde la bomba con aperturas de electroválvulas una a la vez.

En la tabla 6-3 se muestra el funcionamiento de cada electroválvula y el aporte en litros para la máquina hidratadora, permitiendo conocer el caudal que ingresa al producto al momento del proceso de hidratación.

**Tabla 6-3:** Datos obtenidos del muestreo para saber el consumo de agua en litros.

	1	2	3	4	5	TOTAL (L)
Electroválvula 1	X					20,02
Electroválvula 2	X	X				25,08
Electroválvula 3	X	X	X			30,10
Electroválvula 4	X	X	X	X		35,13
Electroválvula 5	X	X	X	X	X	40,16

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

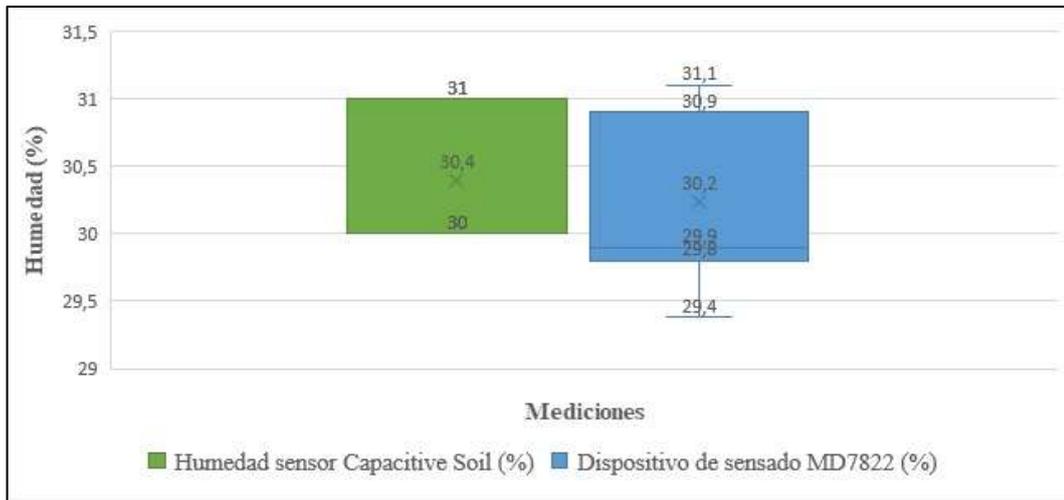
### 3.1.2 *Estabilidad de los sensores del módulo hidratador.*

A continuación, se presenta los parámetros de medición con el dispositivo electrónico desarrollado con un análisis de variación de datos con respecto a los datos de un dispositivo comercial, donde presentamos la similitud entre mediciones de ambos equipos.

Para este apartado hemos escogido los datos obtenidos con el módulo hidratador implementado en la empresa de “Calizas San José”.

- **Sensor de humedad.**

Con la ayuda de este sensor determinamos la cantidad de humedad existente después de haber pasado por todo el proceso de hidratación, en la siguiente grafica 3-3 exponemos la comparación de medias entre el módulo implementado y el dispositivo de medición utilizado, mostrando como resultado la similitud de datos, demostrando así que nuestro sensor implementado dará valores confiables al no tener datos demasiado dispersos de la realidad garantizando así el correcto funcionamiento de la máquina hidratadora.



**Gráfica 3-3:** Estabilización de valores sensor humedad.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

Mediante la siguiente tabla 7-3 se corrobora lo expuesto en la gráfica 3-3, ya que se demuestra que no existe una diferencia significativa entre las medias de la humedad tomadas con el sensor Capacitive Soil y el dispositivo comercial MD7822. Puesto que, el p-valor correspondiente a la prueba T-Student es mayor a 0,05; esto implica, que se acepta la hipótesis nula de medias iguales.

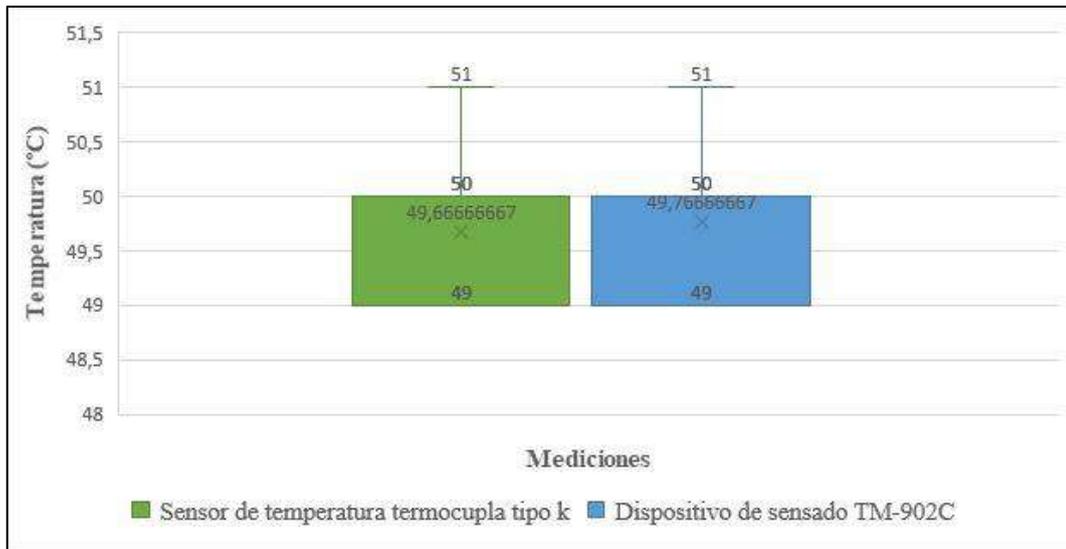
**Tabla 7-3:** Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de humedad.

Estadístico	Sensor de humedad Capacitive Soil	Dispositivo comercial MD7822
Media.	30,4	30,2393333
Error típico.	0,09097177	0,10072146
Desviación estándar.	0,49827288	0,55167415
Mínimo.	30	29,38
Máximo.	31	31,1
P-valor.	0,24141132	

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

- **Sensor de temperatura.**

Con el sensor de temperatura determinamos los valores de temperatura necesario para el proceso de hidratación, en la siguiente gráfica 4-3 exponemos la comparación de medias entre el sensor implementado y el dispositivo de medición utilizado, mostrando como resultado la similitud de datos, demostrando así que nuestro sensor implementado dará valores confiables al no tener datos demasiado dispersos de la realidad, garantizando así el correcto funcionamiento de la máquina hidratadora.



**Gráfica 4-3:** Estabilización de valores sensor temperatura.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la tabla 8-3 se comprueba lo expuesto en la gráfica 4-3, dado que se demuestra que no existe una diferencia significativa entre las medias de temperatura obtenidas con el sensor de temperatura - termocupla tipo k y el dispositivo comercial TM-902C. Debido a que su p-valor correspondiente a la prueba T-Student es mayor a 0,05; esto implica, que se acepta la hipótesis nula de medias iguales.

**Tabla 8-3:** Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de temperatura.

Estadístico	Sensor de temperatura – termocupla tipo k	Dispositivo comercial TM-902C
Media	40,1666667	40,4333333
Error típico	0,86314492	0,99848544
Desviación estándar	4,72763944	5,46893001
Mínimo	28	27
Máximo	48	50
P(T<=t) dos colas	0,84060184	

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.1.3 Prueba de visualización de datos.

Esta prueba nos ayuda a determinar que los valores obtenidos en los dos dispositivos de visualización de datos, y que los datos mantengan concordancia entre ambos dispositivos tanto los emitidos hacia la aplicación móvil, como los procesados por el prototipo electrónico. En la siguiente tabla 9-3 se muestra el resultado.

**Tabla 9-3:** Consistencia de valores en el módulo hidratador.

Mediciones en el proceso manual			
Dato	Valor	Aplicación móvil	Pantalla LCD
Temperatura	28		
Humedad	12		
Consumo en litros	0		

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.1.4 Prueba de distancia de comunicación inalámbrica.

Con esta prueba buscamos garantizar que la comunicación sea viable en la distancia mínima y máxima desde donde el operador comandará el dispositivo. En la tabla 10-3 mostramos la evaluación de distancias en las que se puede operar de manera aceptable sin pérdida de la comunicación siendo muy buena y aceptable una comunicación factible, mientras que inaceptable es que la comunicación se perdió completamente.

**Tabla 10-3:** Rango de comunicación inalámbrica.

Altura del tablero(m)	Distancia (m)	Comunicación	Transferencia de datos
1,5	1	100%	Muy Buena
1,5	2	100%	Muy Buena
1,5	3	100%	Muy Buena
1,5	4	100%	Muy Buena
1,5	5	100%	Muy Buena
1,5	6	75%	Aceptable
1,5	7	20%	Inaceptable
1,5	8	0%	Inaceptable
1,5	9	0%	Inaceptable
1,5	10	0%	Inaceptable

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.2 Módulo ensacador.

En la figura 2-3 presentamos el módulo implementado y funcionando.



**Figura 2-3:** Módulo ensacador.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En esta sección presentamos los diferentes tipos de pruebas que validan el funcionamiento correcto del prototipo electrónico planteado para el proceso de ensacado. El módulo ensacador consta de un sensor de peso o celda de carga que se coloca en la balanza de pesaje debajo de la tolva de dosificación, el módulo ensacador se encuentra cerca de la máquina ensacadora, a la altura de 1.5m desde el suelo que se encuentra dentro de los valores permitidos por la norma NEC (Construcción(NEC), 2013), para ser de fácil visualización y accesible para el operador 2.

### 3.2.1 Validación del sensor.

Para la validación de este sensor se realizó 30 muestras para toda la sección.

#### Sensor de peso.

- **Prueba1:** En esta sección mostramos la calibración de este para evitar valores de mediciones erróneos, en función a un peso conocido.

**Tabla 11-3:** Calibración del sensor de peso.

Datos	Valor de Calibración
Factor de calibración	19921
Peso conocido	1kg

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

- **Prueba 2:** Con esta prueba mostramos la variación de peso en función a las mediciones obtenidas en el ensacado manual.

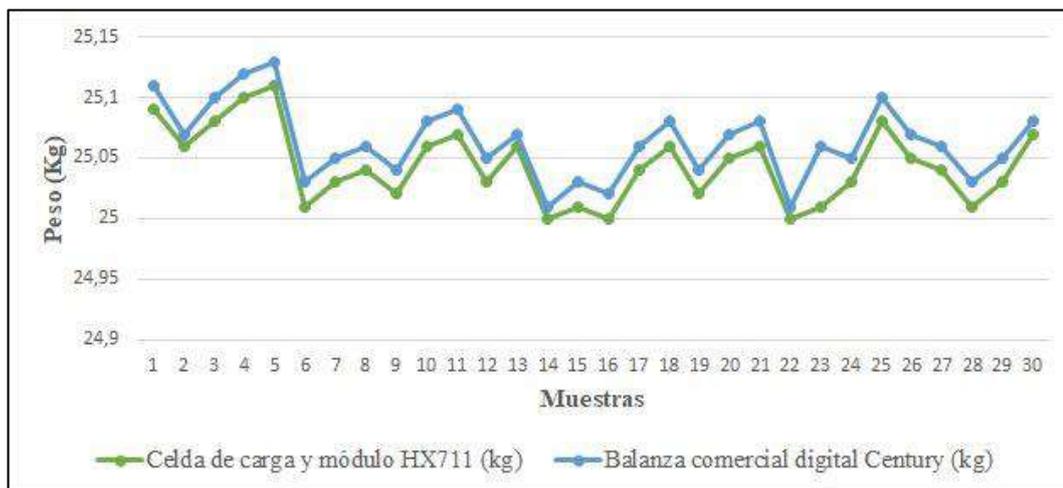
En la tabla 12-3 se muestra el resultado de error que genera el elemento de medición implementado en el proyecto teniendo que el valor máximo de error 0,20% representando un valor de aproximadamente 50g menos de producto y un mínimo error de 0,04% que representa a un valor de 10g menos de peso en el saco, por lo que concluimos que los valores de medición con el sensor implementado nos representaría un rango aproximado menor al  $\pm 1\%$  de error lo que determina que el sensor es viable para el trabajo.

**Tabla 12-3:** Datos comparativos del sensor de temperatura en la fábrica artesanal.

N.º muestra	Caudal (litros)	Celda de carga y módulo HX711 (kg)	Balanza comercial digital century (kg)	Hora	Error absoluto	Error relativo
1	40	25,09	25,11	10:00	0,02	0,08%
2	40	25,06	25,07	10:05	0,01	0,04%
3	40	25,08	25,1	10:10	0,02	0,08%
4	40	25,1	25,12	10:15	0,02	0,08%
5	40	25,11	25,13	10:20	0,02	0,08%
6	40	25,01	25,03	10:25	0,02	0,08%
7	40	25,03	25,05	10:30	0,02	0,08%
8	40	25,04	25,06	10:35	0,02	0,08%
9	40	25,02	25,04	10:40	0,02	0,08%
10	40	25,06	25,08	10:45	0,02	0,08%
11	40	25,07	25,09	10:50	0,02	0,08%
12	40	25,03	25,05	10:55	0,02	0,08%
13	40	25,06	25,07	11:00	0,01	0,04%
14	40	25	25,01	11:05	0,01	0,04%
15	40	25,01	25,03	11:10	0,02	0,08%
16	40	25	25,02	11:15	0,02	0,08%
17	40	25,04	25,06	11:20	0,02	0,08%
18	40	25,06	25,08	11:25	0,02	0,08%
19	40	25,02	25,04	11:30	0,02	0,08%
20	4-0	25,05	25,07	11:35	0,02	0,08%
21	40	25,06	25,08	11:40	0,02	0,08%
22	40	25	25,01	11:45	0,01	0,04%
23	40	25,01	25,06	11:50	0,05	0,20%
24	40	25,03	25,05	11:55	0,02	0,08%
25	40	25,08	25,1	12:00	0,02	0,08%
26	40	25,05	25,07	12:05	0,02	0,08%
27	40	25,04	25,06	12:10	0,02	0,08%
28	40	25,01	25,03	12:15	0,02	0,08%
29	40	25,03	25,05	12:20	0,02	0,08%
30	40	25,07	25,08	12:25	0,01	0,04%

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

La gráfica 5-3 demuestra que las mediciones obtenidas con los dispositivos de peso mantienen con una variación mínima garantizando la fiabilidad de utilización de este sensor en el módulo ensacador. Tomando en cuenta que la calibración del dispositivo influye en las mediciones adquiridas, podemos concluir que al establecer un valor de peso conocido logramos garantizar la mínima diferencia con el dispositivo comercial. En un proyecto similar se utiliza este sensor para adquirir señales de celda de carga, y se realiza una calibración semejante a lo aplicado en nuestro presente trabajo en donde los de datos son interpretados por un microcontrolador (Lima, y otros, 2021).



**Gráfica 5-3:** Comparación de error en los sensores de medición de peso.

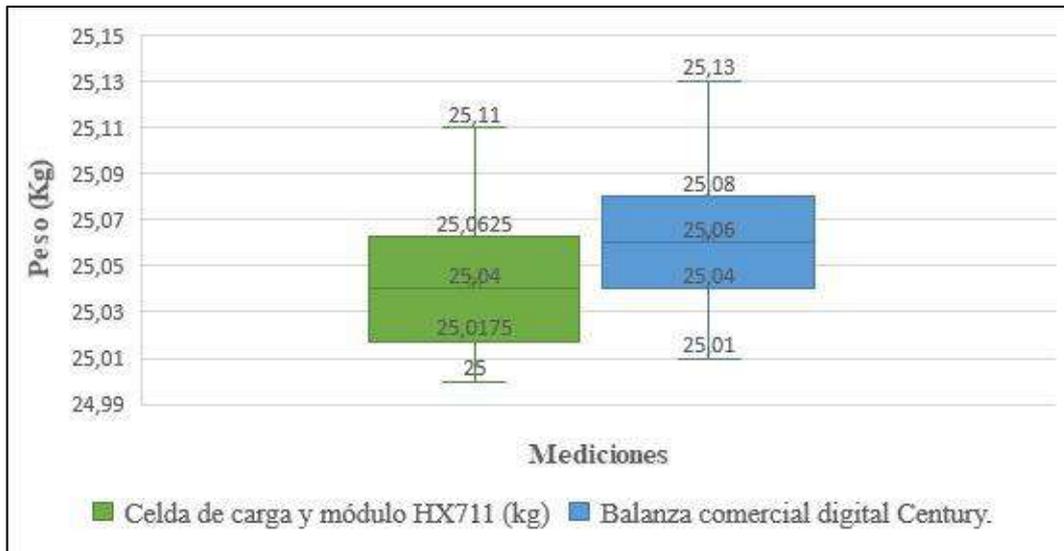
Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.2.2 Estabilidad del módulo ensacador.

Con esta prueba garantizamos que el equipo no tenga variación de valores medidos al colocar el peso del saco, es decir el peso en cualquier punto de la base de la balanza será el mismo.

- **Sensor de peso.**

Con el sensor de peso determinamos los valores de dosificación necesario para el proceso de ensacado, en la siguiente gráfica 6-3 exponemos la comparación de medias entre el sensor implementado y el dispositivo de medición utilizado, mostrando como resultado la similitud de datos, demostrando así que nuestro sensor implementado dará valores confiables al no tener datos demasiado dispersos de la realidad, garantizando así el correcto funcionamiento de la máquina ensacadora.



**Gráfica 6-3:** Estabilización de valores sensor de peso.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

La tabla 13-3 de valores obtenidos del muestreo de mediciones verifica lo expuesto en la gráfica 3-6, que corrobora la no existencia variaciones significativas entre las medias sensor de peso celda de carga con módulo HX711 y el dispositivo comercial balanza digital Century, mediante el uso de la prueba T-Student donde su valor es mayor a 0,05; esto nos ayuda, a verificar que se acepta la hipótesis nula de medias iguales.

**Tabla 13-3:** Estadísticos descriptivos para los datos del sensor de peso.

Estadístico	Sensor de peso, celda de carga y módulo HX711	Dispositivo comercial balanza digital century
Media.	25,052	25,0633333
Error típico.	0,00595771	0,0055983
Desviación estándar.	0,0326317	0,030663168
Mínimo.	25	25,01
Máximo.	25,12	25,13
p-valor	0,17096395	

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.2.3 Prueba de visualización de datos.

En esta prueba es importante determinar que los valores obtenidos se muestren en los dos dispositivos de visualización de datos, y que los datos mantengan concordancia entre ambos dispositivos tanto los emitidos hacia la aplicación móvil, como los procesados por el prototipo electrónico. En la tabla 14-3 se visualiza los resultados obtenidos.

**Tabla 14-3:** Concordancia de valores del módulo ensacador.

Mediciones en el proceso manual			
Dato	Valor	Aplicación móvil	Pantalla OLED
Peso.	25,0		

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.2.4 Prueba de distancia de comunicación inalámbrica.

Con esta prueba buscamos garantizar que la comunicación sea viable en la distancia mínima y máxima desde donde el operador comandará el dispositivo. En la tabla 15-3 mostramos la evaluación de distancias en las que se puede operar de manera aceptable sin pérdida de la comunicación siendo muy buena y aceptable una comunicación factible, mientras que inaceptable es que la comunicación se perdió completamente. El módulo Bluetooth HC-06 transmite hasta 10m sin ninguna interrupción, por lo que concluimos que en nuestro trabajo existe la pérdida de

conectividad debido al ruido y vibraciones que se generan al momento de la elaboración del producto. En una investigación donde aplicaron la misma comunicación obtuvieron similares pérdidas en el enlace entre los dispositivos debido a la distancia es un factor importante a tomar en cuenta, así como también el lugar y posición que influyen en la variación de la comunicación (Mucientes, 2021).

**Tabla 15-3:** Rango de comunicación inalámbrica.

<b>Altura tablero(m)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Comunicación</b>	<b>Transferencia de datos</b>
1,5	1	100%	Muy Buena
1,5	2	100%	Muy Buena
1,5	3	100%	Muy Buena
1,5	4	100%	Muy Buena
1,5	5	100%	Buena
1,5	6	75%	Mala
1,5	7	20%	Mala
1,5	8	0%	Mala
1,5	9	0%	Mala
1,5	10	0%	Mala

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### **3.3 Evaluación de los tiempos de producción.**

#### **Hidratadora.**

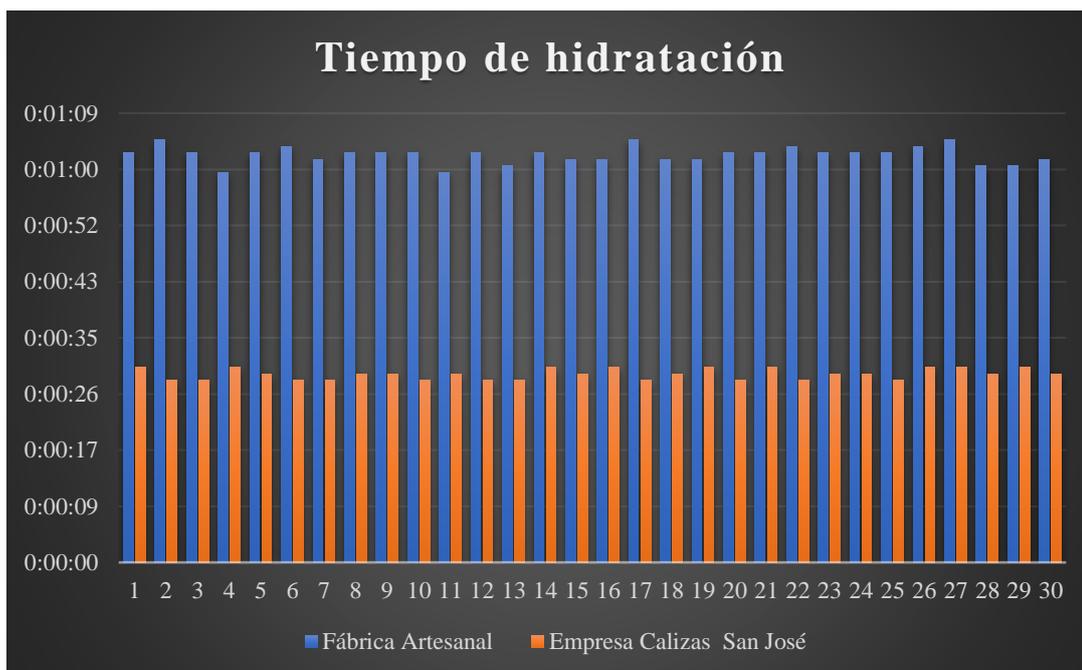
Para evidenciar los tiempos en la producción de hidróxido de calcio se realiza un muestreo de datos, tomando en cuenta el tiempo en que se demora en pasar la cantidad de producto suficiente para llenar un saco de 25kg, y mostrar los valores en tiempo de producción en cada fábrica respectivamente. Como se muestra en la siguiente tabla 16-3.

**Tabla 16-3:** Tiempos de producción hidróxido de calcio.

<b>N.º muestra</b>	<b>Volumen</b>	<b>Fábrica Artesanal</b>	<b>Empresa Calizas San José</b>
1	25	0:01:03	0:00:30
2	25	0:01:05	0:00:28
3	25	0:01:03	0:00:28
4	25	0:01:00	0:00:30
5	25	0:01:03	0:00:29
6	25	0:01:04	0:00:28
7	25	0:01:02	0:00:28
8	25	0:01:03	0:00:29
9	25	0:01:03	0:00:29
10	25	0:01:03	0:00:28
11	25	0:01:00	0:00:29
12	25	0:01:03	0:00:28
13	25	0:01:01	0:00:28
14	25	0:01:03	0:00:30
15	25	0:01:02	0:00:29
16	25	0:01:02	0:00:30
17	25	0:01:05	0:00:28
18	25	0:01:02	0:00:29
19	25	0:01:02	0:00:30
20	25	0:01:03	0:00:28
21	25	0:01:03	0:00:30
22	25	0:01:04	0:00:28
23	25	0:01:03	0:00:29
24	25	0:01:03	0:00:29
25	25	0:01:03	0:00:28
26	25	0:01:04	0:00:30
27	25	0:01:05	0:00:30
28	25	0:01:01	0:00:29
29	25	0:01:01	0:00:30
30	25	0:01:02	0:00:29

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En la gráfica 7-3 mostramos que el módulo hidratador implementado en la empresa Calizas San José a reducido el tiempo de hidratación en un minuto por saco, esto se debe a que la máquina hidratadora posee una etapa de homogenización permitiendo que el producto salga listo para ser empaquetado, en comparación con la fábrica artesanal, en la cual este proceso de homogenización se lo realiza en una etapa distinta a la de hidratación, por lo que podemos evidenciar el beneficio obtenido por la empresa al implementar este tipo de sistema de hidratación.



**Gráfica 7-3:** Tiempos de producción de hidróxido de calcio.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

#### **Ensacadora.**

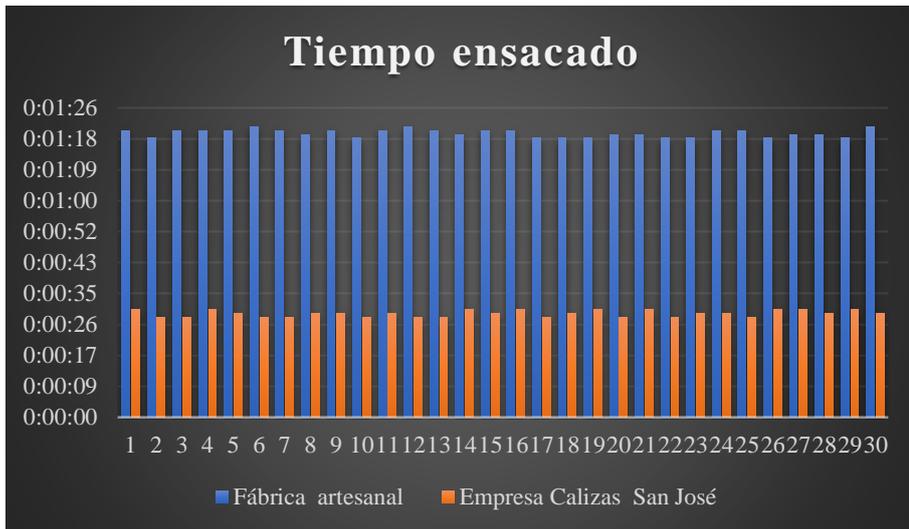
Para determinar los tiempos del empaquetado de hidróxido de calcio se realiza un muestreo de datos, tomando en cuenta el tiempo que tarda en empaquetar un saco de 25kg, tanto en la fábrica artesanal como también en la Empresa Calizas “San José” como se muestra en la siguiente tabla 17-3 se expone los tiempos de llenado de cada saco para realizar su posterior comparativa.

**Tabla 17-3:** Tiempos de ensacado del hidróxido de calcio.

<b>N.º muestra</b>	<b>Volumen</b>	<b>Fábrica artesanal</b>	<b>Empresa Calizas San José</b>
1	25	0:01:20	0:00:30
2	25	0:01:18	0:00:28
3	25	0:01:20	0:00:28
4	25	0:01:20	0:00:30
5	25	0:01:20	0:00:29
6	25	0:01:21	0:00:28
7	25	0:01:20	0:00:28
8	25	0:01:19	0:00:29
9	25	0:01:20	0:00:29
10	25	0:01:18	0:00:28
11	25	0:01:20	0:00:29
12	25	0:01:21	0:00:28
13	25	0:01:20	0:00:28
14	25	0:01:19	0:00:30
15	25	0:01:20	0:00:29
16	25	0:01:20	0:00:30
17	25	0:01:18	0:00:28
18	25	0:01:18	0:00:29
19	25	0:01:18	0:00:30
20	25	0:01:19	0:00:28
21	25	0:01:19	0:00:30
22	25	0:01:18	0:00:28
23	25	0:01:18	0:00:29
24	25	0:01:20	0:00:29
25	25	0:01:20	0:00:28
26	25	0:01:18	0:00:30
27	25	0:01:19	0:00:30
28	25	0:01:19	0:00:29
29	25	0:01:18	0:00:30
30	25	0:01:21	0:00:29

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

Con la siguiente gráfica 8-3 mostramos que el módulo ensacador implementado en la empresa Calizas San José a reducido el tiempo de ensacado en más del 50% en comparación con la fábrica artesanal, lo cual demuestra el beneficio obtenido por la empresa al implementar este tipo de prototipo electrónico.



**Gráfica 8-3:** Tiempos de ensacado del hidróxido de calcio.

Realizado por: Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

### 3.4 Beneficios de la implementación del proyecto.

En la gráfica 9-3 se observan las ventajas de la instalación del prototipo electrónico, es notorio que en la fábrica artesanal existen variaciones de temperatura formando picos altos y bajos que se representan como un error de temperatura alcanzando valores de 44% que trasladando en pérdida de temperatura se tendría un equivalente de 22°C que se estarían elevando o disipando como calor en el ambiente esto se debe a las condiciones de elaboración del producto, al ser un proceso manual presenta siempre cambios bruscos en temperatura ya que el agua no se vierte de forma uniforme.

En comparación a lo establecido en la empresa Calizas San José, donde podemos apreciar que la temperatura se mantiene casi constante mitigando la pérdida de temperatura a un error de 2% que en su equivalente en grados sería 1°C que se estaría disipando en el ambiente, esto se evidencia porque el producto se encuentra hidratando en un ambiente cerrado lo que evita que se disperse el calor en el ambiente y a su proceso de producción en el cual la cantidad será uniforme tanto de producto ingresado y además garantizando la distribución de agua continua lo que garantiza que el producto se hidrate con proporciones iguales.



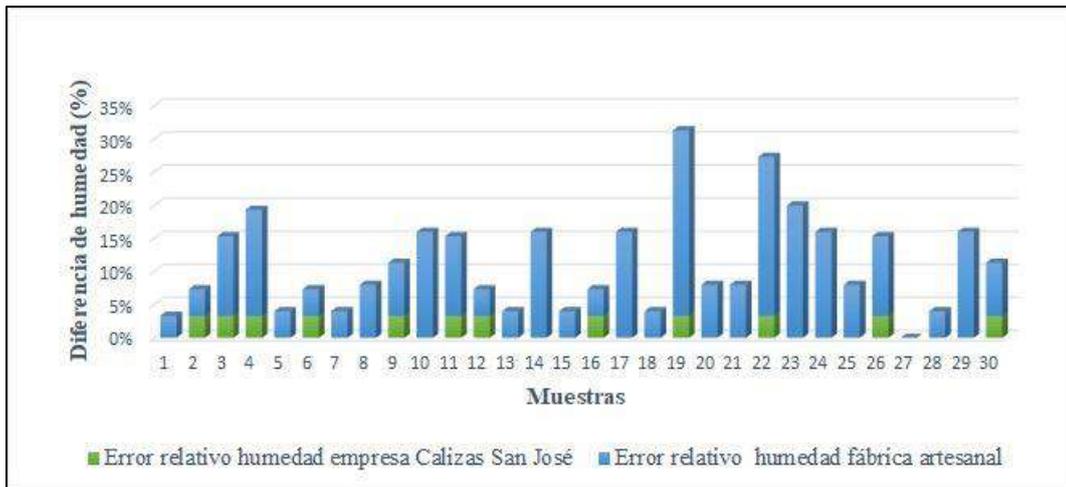
**Gráfica 9-3:** Variación de temperatura en la obtención del producto.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

Para los datos de humedad del módulo hidratador el resultado de la gráfica 10-3 muestra la inconsistencia de porcentaje humedad en la obtención de producto final, en la fábrica artesanal se obtiene un error mayor correspondiente a 28%, con este valor podemos afirmar que existe pérdida de un valor equivalente al 8,4% menos de humedad.

En base a un valor establecido necesario de humedad para garantizar la calidad del producto, en comparación con el error obtenido en la empresa Calizas San José optemos que el valor mayor de error esta entre el 4% equivalente a una pérdida de 1,2% menos de humedad en el producto final, con esta afirmación podemos decir que la implementación de la máquina hidratadora nos garantiza la uniformidad del producto, en función a su valor de humedad garantizando que el producto se está hidratando correctamente.

Podemos aclarar que los valores de mediciones son obtenidos por el módulo hidratador incorporado en la máquina hidratadora.

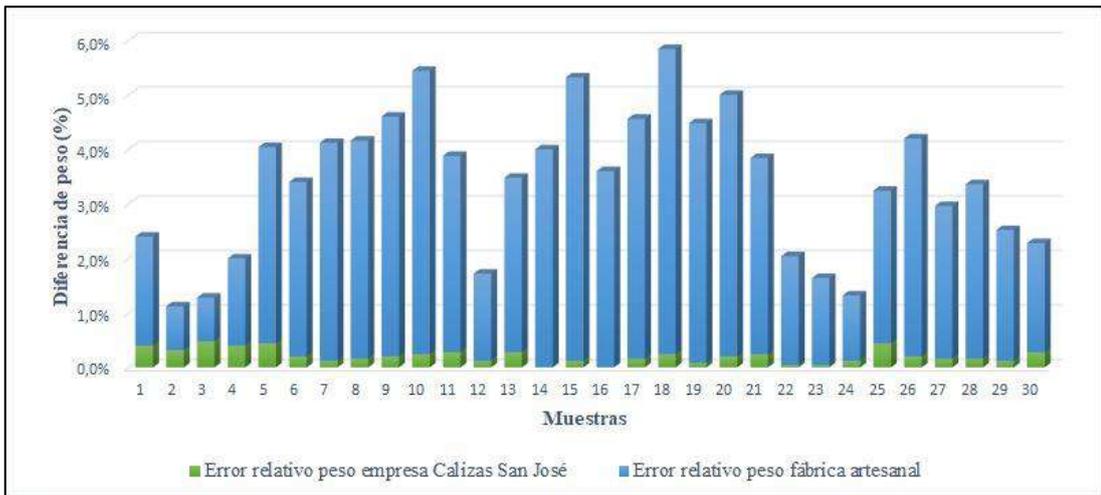


**Gráfica 10-3:** Variación de humedad en la obtención del producto.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

En el sistema de pesaje debemos garantizar el menor desperdicio del producto, por lo que con la siguiente gráfica 11-3 exponemos los niveles de variación existentes en los datos de peso obtenidos en las mediciones y determinamos su error en base al valor referencial de 25kg, que es el peso que presenta marcado el saco.

En la fábrica artesanal apreciamos valores de error de hasta un 6% que trasladándolo a cifras en kilos sería igual a 1,5kg de pérdida de producto al pesar con una balanza análoga lo que se muestra en la gráfica 11-3 en la comparativa de medición de peso, con la implementación del módulo ensacador en la empresa Calizas San José se nota con claridad que se mitiga el desperdicio de producto teniendo ahora como error un valor de 0,5% como máximo de desperdicio en equivalencia es 0,125kg en valor de pérdida en kilos a pérdidas en gramos esto demuestra el beneficio obtenido para la empresa.



**Gráfica 11-3:** Variación de pesos en el ensacado.

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

## CAPITULO V

### 4 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

En este capítulo presentamos la tabla del análisis económico del prototipo electrónico donde se detallan el costo invertido en su implementación que es de \$1,169 dólares americanos.

Al realizar la evaluación económica se concluye que el costo es mínimo en comparación con el equipamiento mecánico de la máquina hidratadora que generó un costo de 10,000 dólares americanos y el valor que se agregaría al implementar el módulo hidratador con un valor agregado de 521 dólares americanos.

En la tabla 1-4 se presenta la evaluación económica del prototipo electrónico del módulo hidratador.

**Tabla 1-4:** Evaluación económica del módulo hidratador.

<b>Módulo hidratador</b>		<b>USD</b>
Recepción de datos.	Bomba de agua.	120
	Electroválvulas.	35
Emisión de datos.	Elementos eléctricos.	100
	Tarjetas.	75
	Módulos.	63
Comunicación.	Dispositivo Android.	100
	Módulos.	28
<b>TOTAL</b>		<b>521</b>

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

El equipamiento mecánico de la máquina ensacadora tuvo un costo de 5,000 dólares americanos y el valor que se agregaría al implementar el módulo ensacador sería de 648 dólares americanos que en porcentaje representaría a un 13% del valor del equipo mecánico.

En la tabla 2-4 se presenta la evaluación económica del prototipo electrónico de módulo ensacador.

**Tabla 2-4:** Evaluación económica del módulo ensacador.

<b>Módulo ensacador</b>		<b>USD</b>
Recepción de datos.	Motor.	345
Emisión de datos.	Elementos eléctricos.	84
	Tarjetas.	28
	Módulos.	63
Comunicación.	Dispositivo Android.	100
	Módulos.	28
<b>TOTAL</b>		<b>648</b>

**Realizado por:** Panata Karolina, Banderas Jorge, (2021).

## CONCLUSIONES

- Se diseñó el prototipo electrónico de control para el proceso de hidratación y ensacado de hidróxido de calcio en la empresa Calizas San José, con la finalidad de controlar los accionamientos de dispositivos que conforman cada proceso: para el proceso de ensacado se controla el accionamiento de llenado para garantizar 25kg de peso, y para el dispositivo de hidratación se controla el accionamiento de electroválvulas que influyen directamente con los parámetros de temperatura y humedad.
- En base a los parámetros teóricos humedad, temperatura y peso se logró mejorar los tiempos de producción al incorporar paralelamente equipos mecánicos como un equipo hidratador que está conformado de tornillos sin fin y aspas incorporadas en el mismo y dispositivos electrónicos tales como los módulos de hidratación y ensacado que contiene sensores y dispositivos de mando como electroválvulas, motores para cada uno de los procesos, obteniendo como resultado de esta implementación: reducir el tiempo en la producción hasta en 0,30 segundos por saco en el proceso de ensacado y de seis minutos en el proceso de hidratación del producto, mejorando el proceso de obtención del producto final en comparación a lo obtenido en el proceso manual en la fábrica artesanal.
- Los beneficios que se obtuvieron en la implementación del prototipo electrónico fueron el establecer un rango de temperatura (33-50°C) y humedad (30-31%) durante el proceso de hidratación, mientras que en la fábrica artesanal se tiene picos de temperatura que sobrepasan los 50°C y valores de humedad mayores al 30% lo que significa que al controlar el ingreso de agua se mitiga el desperdicio del recurso durante este proceso; En el proceso de ensacado se logró garantizar el menor grado de variación de peso obteniendo valores cercanos a 25kg por saco con un desperdicio máximo 125g, en comparación al proceso manual de la fábrica artesanal en donde se obtiene pérdidas de hasta 1,5kg por unidad-25kg con esto se demuestra que se disminuye el desperdicio de producto mediante el dispositivo implementado.
- Seleccionamos los requerimientos Hardware del módulo ensacador colocado elementos tales como: una tolva, un tornillo de distribución en la parte mecánica, mientras que en el prototipo electrónico: se incorporó dispositivos como un módulo relé, contactor, botoneras, módulo Bluetooth, entre otros; para el módulo hidratador se utilizó un equipo hidratador conformado por una etapa de mezclado y otra homogenización con diferentes

elementos mecánicos, para el dispositivo electrónico se escogió electroválvulas accionadas con módulos relé para el ingreso de agua, un sensor de temperatura, un sensor de humedad, para control de parámetros en el proceso de hidratación, un módulo Bluetooth para la comunicación. El Software que se utilizó para la programación de los dispositivos implementados fue la plataforma de Arduino 1.8.13 y MIT App Inventor 2 para la aplicación móvil con conectividad Bluetooth con los módulos implementados.

- Se evaluaron los prototipos diseñados en comparación a los equipos existentes en el mercado, en donde se obtuvo que el sensor de temperatura termocupla tipo k con su modulo MAX6675 está en un rango de error  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por lectura igualando a su dispositivo existente en el mercado TM 902C que comparte el mismo error por medición, para el sensor de humedad se determinó un rango de error menor al ( $\pm 1\%$ ) en la medición comparado con un equipo MD 7822, para la evaluación de peso se comparó la celda de carga con su modulo HX711 con una balanza digital Century que mantienen un error de ( $\pm 1\%$ ) por medición en ambos dispositivos lo cual garantiza el peso de lectura en el módulo ensacador implementado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en la toma de mediciones los dispositivos implementados en el módulo hidratador: sensor de temperatura, sensor de humedad y los equipos de medición comercial estén ubicados en la misma posición y altura, para evitar fluctuaciones en los valores medidos dando como resultado datos distintos haciendo que no se pueda comparar los dispositivos de medición.
- Investigar mecanismos o nuevos sistemas de ensacado del producto, tomando en cuenta su densidad y gramaje, relacionados con los tipos de cal hidratada, especies para la fabricación de morteros más utilizadas en construcción, arte, base de pavimentos, medicina. Condiciones distintas que necesariamente deben tener una variedad de contenedores. Una aplicación directa a investigar será definitivamente la automatización electrónica en dosificadores.
- Realizar mantenimiento a los dispositivos de sensado, debido a su alta sensibilidad y variabilidad de valores por contaminación externa, que disminuiría su precisión al interpretar variables físicas y transformarlas en señales de respuesta de pulsos eléctricos. Un mantenimiento efectivo, garantiza la rapidez de lectura en las mediciones, evitando lecturas con datos erróneos que afecten los procesos para el cual fue diseñado el prototipo.
- Se recomienda a futuro estudiar la implementación de acceso de energía constante en la empresa Calizas “San José”, para lograr ampliar las horas de trabajo incrementando la productividad, aumentando la frecuencia de fabricación del producto. Las limitaciones innecesarias en la calidad y la productividad de la empresa, pueden disminuir, con investigación e inversión.
- Se recomienda a la empresa contar con un manual de seguridad industrial y salud ocupacional para garantizar el desempeño seguro de los trabajadores en las diferentes áreas de trabajo. Hace falta entonces fortalecer y realizar un sistema de seguridad, partiendo de un manual básico que determine los factores de probabilidad de que ocurran incidentes no deseados. Para lograr este aspecto, será indispensable examinar los riesgos en la empresa, cómo se producen, para crear medidas preventivas y reducir su probabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

**Admin.** Geek Factory. [En línea] 29 de Mayo de 2017. [Citado el: 11 de Noviembre de 2020.] <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/lcd-16x2-por-i2c-con-arduino/2017>.

**Álvarez, Guillermo Coloma.** La cal !es un reactivo químico! Antofagasta : I.S.B.N, 2008.

**Andrade, Omar y Salamea, Paúl.** *Implementación de un sistema de internet de las cosas para el control del proceso de elaboración de cerveza artesanal.* Cuenca : s.n., 2021.

**Apaza, Milko Fay.** *Proyecto de instalación de una planta de cal viva e hidratada en el distrito de asillo.* Puno : s.n., 2020.

**Arduino.** Store. [En línea] 2021. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano> 2021.

**ArduinoVe.** Opencart. *ArduinoVe.com.* [En línea] 5 de 12 de 2020. [http://www.arduinodeve.com/index.php?route=product/product&product\\_id=71](http://www.arduinodeve.com/index.php?route=product/product&product_id=71) 2020.

**Arias Mónica, Merino Katherine.** *Implementación de un sistema de videovigilancia ip y alarma integrado, utilizando software libre sobre raspberry pi, para la seguridad en el sector de las mipymes.* Riobamba, Chimborazo, Ecuador : s.n., 2015.

**Arturo Rios & Ronald Peñafiel.** *Prototipo de un sisema automatizado para aplicaciones industriales de pequeña escala basado en una interfaz gráfica móvil controlada por arduino.* Guayaquil, Guayas, Ecuador : s.n., 09 de 2018.

**Avila, Gerson Stiff.** *Mejoramiento de la suvrasane de la vía afirmada de la carretera Huanuco-Marabmaba mediate la adición de porcentajes de de calcio-2019.* Huánaca : s.n., 2021.

**Cabezas, Alex Vladimir Carrera.** "Diseño de un proceso para la obtención de cloruro de calcio a partir de piedra caliza en la empresa INCOREG CIA.LTDA.". Riobamba, Chimborazo, Ecuador : s.n., 21 de febrero de 2017.

**Calero, Cristhyan Carrillo& Gerardo.** dspace. [En línea] Junio de 2016. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5990>.

**Calizas, "San José".** *Ficha tècnica del producto.* Riobamba : s.n., 2015.

**Carrillo, Alejandro Antonio Lepe.** *Desempeño de un sensor de humedad en un suelo con vegetación.* Concepción, Chile : s.n., julio de 2014.

**Cenicaña.** cenicaña. [En línea] 03 de Julio de 2018. <https://www.cenicana.org/abc-de-los-sensores-de-humedad-en-las-labores-de-riego/2018>.

**Chardonneau, Ronan.** App Inventor 2. *Concevez des applications Android pour mobile.* s.l. : eni, 2017.

**Charig, Ivan.** dspace. [En línea] 20 de agosto de 2015. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4939>.

**CIMPROGETTI.** CIMPROGETTI . [En línea] 2018. [http://www.cimprogetti.com/html/lime\\_hydration.htm](http://www.cimprogetti.com/html/lime_hydration.htm).

**Coaquira, Willy Virgilio Coila.** "ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA SCADA WINXX DE SIEMENS EN EL PROCESO DE CALCINACIÓN EN LOS HORNOS VERTICALES DE MAERZ". Puno, Perú : s.n., 2018.

**Company, Speciris.** OMEGA. [En línea] 2020. <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>.

*Comunicaciones inalámbricas terrenales.* **Zhao, Houlin.** 2019, ITUNews MAGAZINE, pág. 54.

**Construcción(NEC), Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la. 2013.** *Instalaciones Electromecánicas.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 2013.

*Designing Low-Cost Capacitive-Based Soil Moisture Sensor and Smart Monitoring Unit Operated by Solar Cells for Greenhouse Irrigation Management.* **Abdelaziz, Okasha, y otros.** 5387, s.l. : MDPI, 2021.

**DiMarzio, Jerome.** *Beginning Android Programming with Android Studio* . España : wrox, 2015.

*Efecto de la temperatura de calentamiento en sensores de humedad.* **Jiménez, Sheyla; Scarioni, Luciana; Vano, Kelim.** 2, Valencia : s.n., 2013, Vol. 20. 1316-6832.

**Egas, Fernanda y Icaza, Alberto.** *Evaluación de la carpeta asfáltica mediante el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método de marshall con piedra caliza con agregado grueso.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 2018.

**Fernández, Yúbal.** xataka.com. [En línea] 3 de Agosto de 2020. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.

**Guimerans, Paola.** prototipadoLAB. [En línea] 5 de mayo de 2018. <http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/#:~:text=Un%20sensor%20E2%80%93%20que%20tambi%C3%A9n%20se,medio%20f%C3%ADsico%20que%20nos%20rodea>.

**Hernández, Cirilo Joaquín Guerrero.** *Rocas calizas.* Estado de Oxaca : s.n., 2001. Mixteca.

**Hernández, Luis del Valle.** *Programarfacil.com.* [En línea] 9 de 11 de 2020. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ssd1306-pantalla-oled-con-arduino/>.

**Ibrahim, Dogan.** *MIT App Inventor Projects: 50+ Android and IOS Apps with Raspberry Pi, ESP32 and Arduino.* s.l. : Elektor International Media, 2020.

**Industrial, JM.** JM Industrial Technology S.A DE CV. [En línea] 2020. <https://www.jmi.com.mx/termocupla>.

**2017.** *Inventor de aplicaciones.* *Inventor de aplicaciones.* [En línea] 25 de noviembre de 2017. [Citado el: 3 de Diciembre de 2020.] <https://inventor de aplicaciones.es/app-inventor-desde-0/que-es-app-inventor/>.

**jecrespom.** *aprendiendo arduino.* *aprendiendo arduino.* [En línea] 18 de 06 de 2017. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/>.

- Kouro, Samir.** *Automatización industrial: Sensores de humedad.* 01 de junio de 2001.
- La importancia de las comunicaciones inalámbricas terrenales.* **Maniewicz, Mario.** 2019, ITUNews MAGAZINE, pág. 54.
- Lima, Fabio, Navarro, Juan y Porto, Martín.** *Bee-Smart: monitoreo remoto de colmenas. Diagnostico y acciones no presenciales.* Montevideo : s.n., 2021.
- Lucas, Jesús.** OpenWebinars. [En línea] 04 de septiembre de 2019. <https://openwebinars.net/blog/arduino-vs-raspberry-pi/#:~:text=Arduino%20es%20b%C3%A1sicamente%20un%20microcontrolador%20mientras%20que%20Raspberry%20Pi%20es%20un%20miniordenador.&text=En%20Arduino%20se%20pueden%20programar,realizar%20diferentes%20proyectos>.
- MaxElectronica.** MaxElectronica. [En línea] 06 de 12 de 2020. <https://maxelectronica.cl/temperatura-y-humedad/519-sensor-capacitivo-de-humedad-de-suelo-v12.html>.
- Medrano, Juan Arturo Miranda.** *Fundamentos de medición y control de procesos.* s.l. : Palibrio, 2017.
- Minghua Bai, Yu Zhang and Qiufang Wang.** *Numerical Simulation of Flow Field in Burnt Lime Hydrator.* Qiuhuangdao, China : s.n., 2012.
- Mucientes, David.** *Implementación de un entorno de comunicación Bluetooth basado en el módulo HC-06.* Valladolid : s.n., 2021.
- Pandales, Juan Delgado & Edward** Repositorio UTB. [En línea] 2000. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0057104.pdf>.
- Pedrerá, Antonio Caicedo.** *Arduino para Principiantes .* s.l. : IT Campus Academy, 2017.
- Rodríguez, Jose Gabino Venegas.** Diseño de control automatizado de un sistema de reducción de estrés calórico en una lechería, mediante enfriamiento por ventilación forzada y aspersión de agua. Agosto de 2020.
- Smyth, Neil.** *Android Studio 4.1 Development Essentials - Java Edition .* s.l. : Payload Media, 2020.
- Sònia Argano, Montserrat Guixeras.** *Cal aérea pasta. Apuntes para su buen uso.* Catalunya : Joystuc, 2009.
- Tasayco, Paulo.** REDES INALÁMBRICAS. *Introducción a las redes inalámbricas, ventajas y desventajas de las WIFI.* Lima : s.n., 2018.
- Tecnopura.** Tecnopura. [En línea] 11 de 11 de 2020. <https://www.tecnopura.com/producto/modulo-adaptador-serial-i2c-para-pantalla-lcd-de-16x2-o-20x4-caracteres/>.

**Trujillo.** NAYLAMP MECHATRONICS. [En línea] 22 de 11 de 2020. <https://www.naylampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html>.

**Valencia, César René.** *Evaluación de tecnologías inalámbricas en redes de área doméstica para obtener la curva característica de carga en edificios inteligentes.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 07 de 2019.

**Valles, Rafael Manuel Usedo.** Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico. Valencia, España : s.n., Junio de 2015. pág. 27.

**Vásquez, Raúl, Miranda, Guadalupe y Muñoz, Graciela.** *Balance de materia y energía Procesos industriales.* México, D.F. : Ebook, 2014. pág. 373. 978-607-438-895-4.

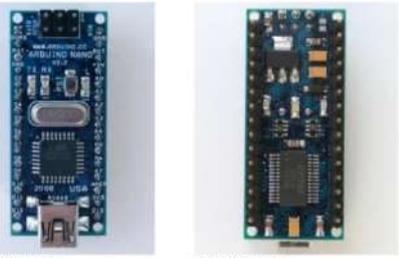
**Wavesen.** *Guangzhou HC Information Technology Co. Ltd.* [En línea] 7 de 12 de 2020. <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>.

**Yugsi, Daniel Mesías Lucio.** Diseño y construcción de una mini turbina tipo tornillo de Arquímedes para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica. Ambato, Tungurahua, Ecuador : s.n., 2019.

# ANEXOS

## ANEXO A: Hoja técnica de los dispositivos electrónicos.

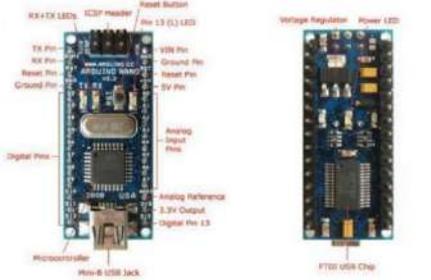
### Arduino Nano



*Arduino Nano Front* *Arduino Nano Rear*

**Overview**

The Arduino Nano is a small, complete, and low-cost friendly board based on the ATmega328P (Arduino Nano 3.0) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by GreatScott.



**Schematic and Design**

Arduino Nano 3.0 (ATmega328P) [schematic](#) [Eagle files](#)  
 Arduino Nano 2.0 (ATmega168) [schematic](#) [Eagle files](#) *Note: since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrotated, so users can open and use it in the free version of Eagle.*

**Specifications:**

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328P
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328P) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328P)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.75" x 1.70"

**Power:**

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 5V), or 5V regulated external power supply (pin 2V). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

The FT232RL chip on the Nano is only powered if the board is being powered over USB. As a result, when running on external (non-USB) power, the 3V output (which is supplied by the FT232 chip) is not available and the RX and TX LEDs will flicker if digital pins 0 or 1 are high.

**Memory**

The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328P has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader). The ATmega168 has 1 KB of SRAM and 512 bytes of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)); the ATmega328P has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM.

**Input and Output**

Each of the 14 digital pins on the Nano can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the FT232RL USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 and 3. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Nano has 8 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

PC: 4 (SDA) and 5 (SCL). Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website).

There are a couple of other pins on the board:

AREF. Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).

Reset. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block this one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega168 pins](#).

**Communication**

The Arduino Nano has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega168 and ATmega328P provide UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An FT232RL on the board channels this serial communication over USB and the [FTDI drivers](#) (included with the Arduino software) provide a virtual com port to software on the computer. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the FT232RL and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Nano's digital pins.

The ATmega168 and ATmega328P also support I<sup>2</sup>C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I<sup>2</sup>C bus, see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega168 or ATmega328P datasheet.

**Programming**

The Arduino Nano can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Duemilanove, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168" or "Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328P" from the **Tools**

**> Board menu** (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega168 or ATmega328P on the Arduino Nano comes preloaded with a **bootloader** that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

**Automatic (Software) Reset**

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Nano is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the FT232RL is connected to the reset line of the ATmega168 or ATmega328P via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Nano is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Nano. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

# MAXIM Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type K thermocouple. The data is output in a 16-bit resolution, SPI-compatible, ready-to-use format. This converter measures temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and offers thermocouple accuracy of 0.25°C for temperatures ranging from 0°C to +700°C. The MAX6675 is available in a small 8-pin SO package.

### Features

- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

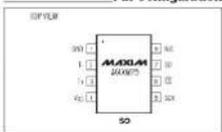
### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN PACKAGE
MAX6675ES	0°C to +1024°C	8-SO

### Applications

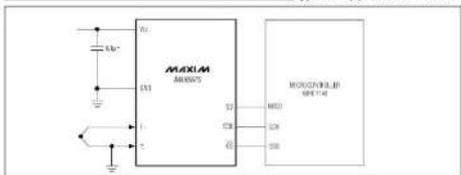
- Industrial Appliances
- HVAC
- Automotive

### Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

### Typical Application Circuit



MAXIM  
For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

# MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> to GND)	-0.3V to +0.3V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
V <sub>CC</sub> , SCK, CS, T+, T- to GND	-0.3V to V <sub>CC</sub> + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
I <sub>CC</sub> Current	30mA	SO Package	+125°C
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	V <sub>CC</sub> Pin 1 (Oh)	+125°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>a</sub> = +25°C)	471mW (SO)	Lead Temperature (soldering, 10s)	+230°C
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C		

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V<sub>CC</sub> = +3.3V to +5.5V, T<sub>a</sub> = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are specified at +25°C (V<sub>CC</sub> = 3.3V).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error	Temp Error	Thermocouple = +100°C, V <sub>CC</sub> = +3.3V, T <sub>a</sub> = +25°C (Basic 2)	-0.25	0	+0.25	100
		Thermocouple = +100°C to +700°C, T <sub>a</sub> = +25°C (Basic 2)	-0.25	0	+0.25	
		Thermocouple = +100°C to +1024°C, T <sub>a</sub> = +25°C (Basic 2)	-0.25	0	+0.25	
		Thermocouple = +100°C to +1024°C, T <sub>a</sub> = +25°C (Basic 2)	-0.25	0	+0.25	
Thermocouple Conversion Delay			10.25		μs(3.3V)	
Cold-Junction Compensation Error		T <sub>a</sub> = -20°C to +40°C (Basic 2)	-0.5	0	+0.5	°C
Resolution		V <sub>CC</sub> = +5V	0.25		0.25	°C
Thermocouple Input Impedance			60		60	kΩ
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		3.3		5.5	V
Supply Current	I <sub>CC</sub>		0.7		1.5	mA
Power-On Reset Threshold	V <sub>PRST</sub>	V <sub>CC</sub> rising	1	2	3.3	V
Power-On Reset Hysteresis			80		80	mV
Conversion Time		(Basic 2)	0.17	0.25	0.25	μs

### SERIAL INTERFACE

Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>	0.8 × V <sub>CC</sub>
Input High Voltage	V <sub>IH</sub>	0.7 × V <sub>CC</sub>
Input Voltage Current	I <sub>VI</sub>	M <sub>A</sub> = 1000 nA (typ)
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>	5

# MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

V<sub>CC</sub> = +3.3V to +5.5V, T<sub>a</sub> = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are specified at +25°C (V<sub>CC</sub> = 3.3V).

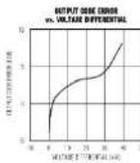
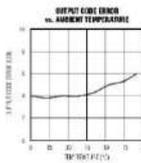
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply High Voltage	V <sub>DH</sub>	SOURCE = 1.0mA	V <sub>CC</sub> - 0.2			V
Supply Low Voltage	V <sub>DL</sub>	LOAD = 1.0mA			0.4	V
<b>TIMING</b>						
Serial Clock Frequency	f <sub>SCK</sub>			4.0	8.0	kHz
Serial Pulse High Width	t <sub>PH</sub>		100		700	ns
SCK Pulse Low Width	t <sub>PL</sub>		100		700	ns
CSB Fall to SCK Rise	t <sub>CSB</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100		700	ns
CSB Fall to Output Enable	t <sub>CE</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100		700	ns
CSB Rise to Output Disable	t <sub>CE</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100		700	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t <sub>SD</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100		700	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T<sub>a</sub> = +25°C. Specifications over temperature (0°C to +1024°C) are guaranteed by design and characterization, but not production tested.

Note 2: Guaranteed by design, not production tested.

### Typical Operating Characteristics

(V<sub>CC</sub> = +3.3V, T<sub>a</sub> = +25°C, unless otherwise noted)



MAXIM

# MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T+	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground internally.
3	T-	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Operate with a 1-μF capacitor to GND.
5	CS	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SDI	Serial Data Input
8	N/C	No Connection

Where:  
V<sub>OUT</sub> is the thermocouple output voltage (μV).  
T<sub>a</sub> is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).  
T<sub>0</sub> is the ambient temperature (°C).

### Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple hot junction can be read from 0°C to +1024°C. The cold end (ambient temperature) of the board on which the MAX6675 is mounted can only range from -40°C to +85°C. Since the temperature at the CSB and fluctuates, the MAX6675 compensates for the temperature difference at the cold junction.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make this actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (bearing ambient temperature) and thermocouple voltage (bearing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's net junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

**Digitalization**  
The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 16-bit result onto the SDI pin. A sequence of all zeros means the thermocouple is reading 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

### Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and a specialized controller.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (μC) or other intelligence in the microcontroller, process control, or monitoring applications.

### Temperature Conversion

The MAX6675 includes a special calibration hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T<sub>+</sub> and T<sub>-</sub> leads are connected to internal circuitry that reduces the time constant of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermocouple voltages into consistent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41μV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_0 - T_{AMB})$$

MAXIM

MAXIM



**Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd.**

**Product Data Sheet**

Module Data Sheet

Rev 1				
1.0	2.0	2.1	2.2	
2006/6/18	2006/9/9	2010/4/22	2011/4/6	

<b>DRAWN BY:</b>	Ling Xia	<b>MODEL:</b>	HC-06
<b>CHECKED BY:</b>	Eric Huang	<b>Description:</b>	BCM has external 8M Flash and EDR module HC-06 is industrial, not compatible with other HC-01
<b>APPD. BY:</b>	Simon Mok	<b>REV:</b>	2.0
<b>Former version introduction</b>	HC-06 is the higher version of LV, DC 2.0. Lower is the former of version.		

**1. Product's picture**

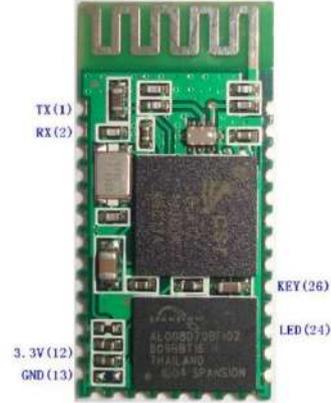


Figure 1 Bluetooth module

**2. Feature**

- Wireless transceiver
  - Sensitivity (Bit error rate) can reach -95dBm.
  - The change range of output's power: -4 ~ +6dBm.
- Function description (perfect Bluetooth solution)
  - Has an EDR module, and the change range of modulation depth: 2Mbps - 3Mbps.
  - Has a built-in 2.4GHz antenna; user needs't test antenna.
  - Has the external 8Mbit FLASH.
  - Can work at the low voltage (3.1V~4.2V). The current in pairing is in the range of 30~60mA. The current in communication is 5mA.
  - Standard HCI Port (UART or USB).
  - USB Protocol: Full Speed USB1.1, Compliant With 2.0
  - This module can be used in the SMD.
  - It's made through RoHS process.
  - The board PIN is half hole size.
  - Has a 2.4GHz digital wireless transceiver.
  - Based on CSR BCM Bluetooth technology.
  - Has the function of adaptive frequency hopping.
  - Small (27mm\*13mm\*2mm)
  - Peripherals circuit is simple.
  - It's at the Bluetooth class 2 power level.
  - Storage temperature range: -10°C ~ 85°C ; work temperature range: -25°C ~ +75°C
  - Any wave into interference: 2.4GHz, the power of emitting: 1.0Wm.
  - Bit error rate: 0. Only the signal decays at the transmission link, bit error may be produced. For example, when RS232 or TTL is being processed, some signals may decay.
- Low power consumption
- Has high-performance wireless transmitter system
- Low Cost!

**• Application field:**

- Bluetooth Car Handsfree Device
- Bluetooth GPS
- Bluetooth PCMCIA , USB Dongle
- Bluetooth Data Transfer
- Software
  - CSR

**3. PINs description**

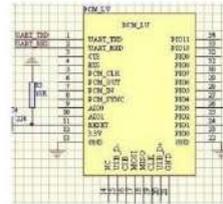


Figure 3 PIN configuration

The PINs at this block diagram is as same as the physical one.

PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13 21 22	VSS	Ground pin	
VX8	14	VDD	Integrated 1.8V(±) supply with On-chip linear regulator output within 1.7-1.9V	
VCC	12	3.3V		
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	

P00	23	Bi-Directional	Programmable input/output line, control output for LNA.(if fitted)	
P01	24	Bi-Directional	Programmable input/output line, control output for PA.(if fitted)	
P02	25	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P05	26	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P09	27	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P08	28	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P06	29	Bi-Directional	Programmable input/output line	CLK, BFG
P07	30	Bi-Directional	Programmable input/output line	CLK, OUT
P08	31	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P09	32	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P010	33	Bi-Directional	Programmable input/output line	
P011	34	Bi-Directional	Programmable input/output line	
RSETB	11	CMOS input with weak internal pull-down		
UART_RST	4	CMOS output, tri-state with weak internal pull-up	UART reset to send, active low	
UART_CTS	3	CMOS input with weak internal pull-down	UART clear to send, active low	
UART_RX	2	CMOS input with weak internal pull-down	UART Data input	
UART_TX	1	CMOS output, Tri-state with weak internal pull-up	UART Data output	
SPI_MOSI	17	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data input	
SPI_CS#	16	CMOS input with weak internal pull-down	Chip select for serial peripheral interface, active low	

			pull-up	
SPI_CLK	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
SPI_MISO	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
USB -	15	Bi-Directional		
USB +	20	Bi-Directional		
LV	14		1.8V external power supply input	Default: 1.8V internal power supply
PCM_CLK	5	Bi-Directional		
PCM_OUT	6	CMOS output		
PCM_IN	7	CMOS input		
PCM_SYNC	8	Bi-Directional		

#### 4. The parameters and mode of product

LINVOR BLUE T  
www.linvor.com

**Bluetooth Module**  
Bluetooth

CSR, BC417142B  
V. 2.0  
2008/09/6

##### 蓝牙模块

1. 蓝牙模块 (Bluetooth Module)
2. 蓝牙模块 (Bluetooth Module)
3. 蓝牙模块 (Bluetooth Module)

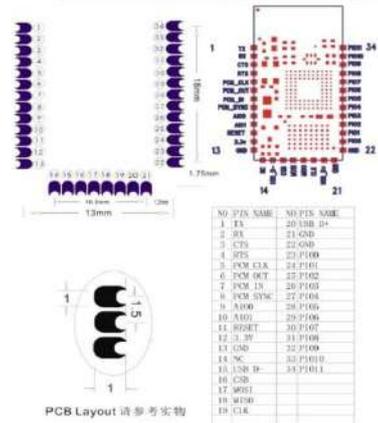
蓝牙模块	Bluetooth Specification V2.0 With EDR
蓝牙版本	Full Speed V2.0 + EDR
蓝牙协议	Compatible With USB V2.0
蓝牙功率	2.0Watt DSSS Mod
蓝牙接口	UART/RS485/RS485/RS485/RS485
蓝牙频率	4-4.8MHz Class 2
蓝牙尺寸	11*14mm (4.7*5.5mm)
蓝牙重量	Acrylic (0.0004g/0.014g)
蓝牙电压	3.3V
蓝牙电流	100-1000mA
蓝牙温度	25°C/0°C/55°C

If you want more information, please visit [www.wavecom.com](http://www.wavecom.com).

LINVOR BLUE T  
www.linvor.com

LV-BC-2.0

单位: mm



5. Block diagram

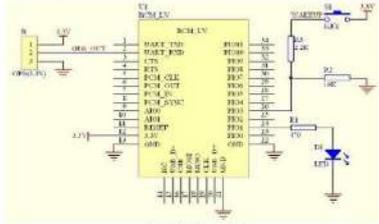


Figure 7 Block diagram 1

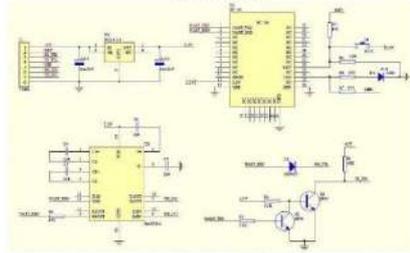


Figure 8 Block diagram 2

HC-01/06 master device has a function of remembering the last paired slave device. As a master device, it will search the last paired slave device until the connection is built. But if the WAKEUP button is pressed, HC-01/06 will lose the memory and re-search the new slave device.

6. Debugging device

6.1 Device

PC, hardware, 3G Frequency Counter (SP9386), 3.15V DC power supply, Shielding, Bluetooth.

Test box.

6.2 Software

7. Characteristic of test

	Test Condition 25°C RH 65%			
	Min	Typ	Max	Unit
1. Carrier Freq. (FSM Band)	2.4	2	2.4835	MHz
2. RE O/P Power	-6	2	8	dBm
3. Stop-on Power control	2	8	8	dB
4. Freq. Offset (Physical Carrier freq.)	-75	75	75	KHz
5. Carrier Freq. shift (Hopping on drift rate:300%)	-20	20	20	KHz
1 slot packet	-25	25	25	KHz
1 slot packet	-40	40	40	KHz
6. Average Freq. Deviations (Hopping off modulation)	3.69	175	175	KHz
Freq. Deviation	115			KHz
Ratio of Freq. Deviation	0.8			
7. Receive Sensitivity @-0.1% BER (Bit error rate)	-83			dBm

8. Test diagram

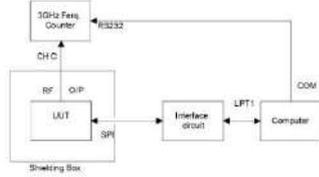


Fig 1 Programming and Free Alignment

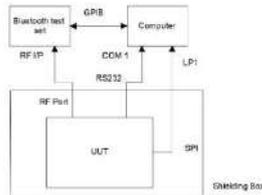


Fig 2 RF parameter Test Procedure

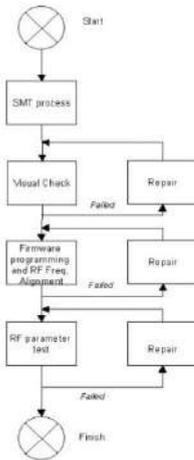


Fig 3 Assemble/Alignment/Testing Flow Chart

9. AT command set

The way to the AT command mode: supply power to the module, it will enter to the AT mode if it needs 1 pair. The interval of command is about 1 second.

Default parameter: Band rate:9600N3, ID: larva, Password:1234

1. Test communication

Send: AT (please send it every second)  
Back: OK

2. Reset the Bluetooth serial baud rate

Send: AT+BAUD1  
Back: OK1200  
Send: AT+BAUD2  
Back: OK2400

- 1-----1200
- 2-----2400
- 3-----4800
- 4-----9600 (Default)
- 5-----19200
- 6-----38400
- 7-----76800
- 8-----115200
- 9-----230400
- A-----460800
- B-----921600
- C-----1382400

PC can't support the baud rate larger than 115200. The solution is: make the MCU have higher baud rate (larger than 115200) through programming, and reset the baud rate to low level through the AT command.

The baud rate reset by the AT command can be kept for the next time even though the power is cut off.

3. Reset the Bluetooth name

Send: AT+NAME=name  
Back: OKname

Parameter name: Name needed to be set (20 characters limited)

Example:  
Send: AT+NAME=il\_gates  
Back: OKname

Now, the Bluetooth name is reset to be "il\_gates"  
The parameter can be kept even though the power is cut off. User can see the new Bluetooth name in PDA-receive server. (Note: The name is limited in 20 characters.)

4. change the Bluetooth pair password

Send: AT+PIN=xxx  
Back: OKsetpin

Parameter xxx: The pair password needed to be set, is a 4-bit number. This command can be used in the master and slave module. At some occasions, the master module may be asked to enter the password when the master module tries to connect the slave module (adapter or cell-phone). Only if the password is entered, the successful connection can be built. At the other occasions, the pair can be finish automatically if the master module can search the proper slave module and the password is correct. Besides the paired slave module, the master can connect the other devices who have slave module, such as Bluetooth digital camera, Bluetooth GPS, Bluetooth serial printer etc.

Example:  
Send: AT+PIN=8888

Back: OKsetpin

Then the password is changed to be 8888, while the default is 1234.

This parameter can be kept even though the power is cut off.

5. No parity check (The version, higher than V1.5, can use this command)

Send: AT+PN (This is the default value)  
Back: OK NONE

6. Set odd parity check (The version, higher than V1.5, can use this command)

Send: AT+PO  
Back: OK ODD

7. Set even parity check (The version, higher than V1.5, can use this command)

Send: AT+PE  
Back: OK EVEN

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-ripple programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of ±20mV or ±40mV respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible: it can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator (that does not require any external component). On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

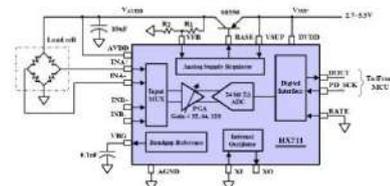


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description

Regulator Power	V5V2P	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	RASE	3	13	RATE	Output Data Rate Control Input
Supply Power	AVDD	3	11	X1	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	11	DOUT	Crystal I/O
Master Ground	AGND	5	11	PD_SCK	Power Down Control Input
Reference Input	VREF	6	11	IN+	Channel A positive input
Ch. A Negative Input	IN-	7	10	IN-	Channel B positive input
Ch. B Positive Input	IN+	8	9	IN+	Channel A negative input

SOP-16 Package

Pin #	Name	Function	Description
1	V5V2P	Power	Regulator supply: 2.7 - 5.5V
2	RASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 - 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VREF	Analog Output	Reference bypass output
7	IN-	Analog Input	Channel A negative input
8	IN+	Analog Input	Channel A positive input
9	IN-	Analog Input	Channel B negative input
10	IN+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	X1	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	X2	Digital Input	Crystal I/O or external clock input. 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control. 0: 10Hz, 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 - 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V <sub>IN(P)</sub> -V <sub>IN(N)</sub>	±0.5AVDD(GAIN)			V
Common mode input		A0ND+1/2		AVDD-1/3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		f <sub>osc</sub> 1.035/20		
Output data coding	Crystal or external clock, RATE = DVDD		f <sub>osc</sub> /108.249		
	2's complement	800000		7FFFF	HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 61		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		μV/√Hz
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		±6		μV/°C
Input common mode rejection	Gain = (Gain = 128)		±5		ppm/°C
	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
	Reference bypass (V <sub>REF</sub> )		1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, V <sub>SDP</sub>	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 61. The larger gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of ±200mV or ±30mV respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is ±80mV, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulation, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to V<sub>REG</sub> - V<sub>CE(sat)</sub>(I<sub>REG</sub>) (Fig.1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV above V<sub>SLP</sub> voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the V<sub>SLP</sub> pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which coverage is higher. The V<sub>REF</sub> should be connected to GND and pin B<sub>NSB</sub> becomes NC. The external 0.1μF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the V<sub>REG</sub> output pin is that not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The assumed output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XII pins (An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF AC coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip with amplitude as low as 180mV).

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24-bit range, the output data will be saturated at 800000 (MIN) or 7FFFF (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD\_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down control.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD\_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25-27 positive clock pulses at the PD\_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD\_SCK pulse shifts one byte bit, starting with the MSB bit first until all 24 bits are shifted out. The 25<sup>th</sup> pulse at PD\_SCK input will put DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection are controlled by the number of the input PD\_SCK pulses (Table 3). PD\_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	61

Table 3 Input Channel and Gain Selection

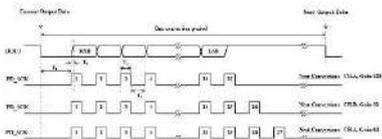


Fig. 2 DOUT output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T <sub>1</sub>	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			ns
T <sub>2</sub>	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	ns
T <sub>3</sub>	PD_SCK high time	0.2	1	50	ns
T <sub>4</sub>	PD_SCK low time	0.2	1		ns

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on reset circuitry will reset the chip.

Pin PD\_SCK input is used to power down the HX711. When PD\_SCK input is low, chip is in normal working mode.



Fig. 3 Power down control

When PD\_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60ns, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711, and the external transistor, both HX711 and the transistor will be powered down. When PD\_SCK returns to low,

chip will return back to the setup conditions before power down and enter normal operation mode.

If PD\_SCK pulse number is changed during the current conversion period, power down should be executed after current conversion period is completed. This is to ensure that the change is saved. When chip returns back to normal operation after power down, it will return to the set up conditions of the last change.

Application Example

Fig.1 is a typical weight scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A single power supply (+2.7-5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for binary level detection. The related circuitry is shown on Fig. 1.

Reference PCB Board (Single Layer)

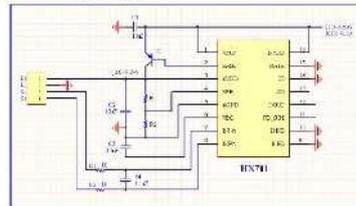


Fig. 4 Reference PCB board schematic

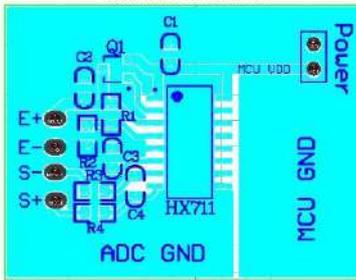


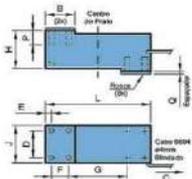
Fig. 5 Reference PCB board layout

**GL 50 / 100 / 200**

**Características Generales:** El modelo de celda de carga GL es insensible a los esfuerzos laterales, por cuanto esta celda se recomienda para el uso donde la dirección de la carga no pasa por los laterales.



Capacidad de Nominal - kg	50, 100, 200
Materia	Aluminio Anodizado
Sensibilidad de mV/V	2 +/- 10%
Error combinado - % salida nominal	< 0.03
Creep de capacidad de nominal - % salida nominal	20 min: < 0.03 08 hrs: < 0.05
Cero inicial - % salida nominal	+/- 1
Temperatura de trabajo útil - °C	- 5 a + 60
Temperatura de trabajo compensada - °C	0 a + 50
Error excentricidad de conformidad OIML	> 3.000 divisiones en el cero: < 30
Efecto de la temperatura - ppm/°C de la salida nominal	En la calibración: < 10
Máx. sobrecarga s/ alteraciones - % cap. nominal	150
Sobrecarga de ruptura - % cap. nominal	200
Excitación VCC ó VCA	máxima: 15 recomendada: 10
Resistencia eléctrica entrada - ohms	< 60 +/- 10
Resistencia eléctrica salida - ohms	350 +/- 1
Resistencia de aislación (50 VDC máx.) - megohms	> 5.000
Deflexión máxima - mm a cap. nominal	< 1
Grado de protección (IP): S20	IP67
Plataforma métrica - mm	500 x 4000



Nota (1) Recomendado utilizar espaciadores (Espesor Q)  
 Nota (2) Cabo 9604 (Flat sem blindagem)  
 Nota (3) Medidas en mm

Modelos	B	C	D	E	F	G	H	J	L	P	Q	Rosca	Torque
GL5/100/200	41	2	34	8	25	101	50	50	167	20	5	M8x1.25	4.5kgm

**DFROBOT**

**Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193**



Capacitive Soil Moisture Sensor

Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Tutorial
  - 3.1 Requirements
  - 3.2 Connection Diagram
  - 3.3 Calibration Code
  - 3.4 Calibration
    - 3.4.1 Calibration Range
    - 3.4.2 Section Settings
  - 3.5 Test Code
- 4 FAQ

Introduction

Our soil moisture sensor measures soil moisture levels by capacitive sensing (rather than resistive sensing like other sensors on the market). It is made of corrosion resistant material which gives it an excellent service life. Insert it in to the soil around your plants and impress your friends with real-time soil moisture data! This module includes an on-board voltage regulator which gives it an operating voltage range of 3.3 ~ 5.5V. It is perfect for low-voltage MCUs, both 3.3V and 5V. For compatibility with a Raspberry Pi it will need an ADC converter. This sensor is compatible with our 3-pin "Gravity" interface, which can be directly connected to the Gravity I/O expansion shield.

Specification

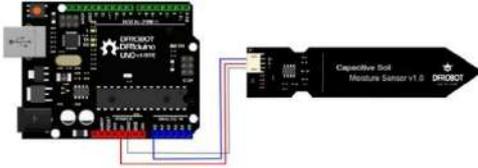
- Operating Voltage: 3.3 ~ 5.5 VDC
- Output Voltage: 0 ~ 3.0VDC
- Operating Current: 5mA
- Interface: I2C, 0-3P
- Dimensions: 3.96 x 0.903 inches (L x W)
- Weight: 15g

Tutorial

Requirements

- Hardware
  - UNO x1
  - Capacitive Soil Moisture Sensor x1
  - Jumper Cable x3
- Software
  - Arduino IDE V1.6.5 [Click to Download Arduino IDE](#)

Connection Diagram



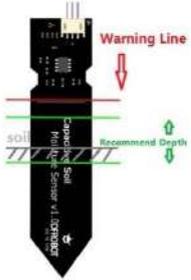
Calibration Code

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate as 9600 bps
}

void loop() {
  int val;
  val = analogRead(A0); //connect sensor to Analog 0
  Serial.println(val); //print the value to serial port
  delay(100);
}
```

Calibration

Calibration Range



1. Open the serial port monitor and set the baud rate to 9600
2. Record the sensor value when the probe is exposed to the air as "Value 1". This is the boundary value of dry soil "Humidity: 0%RH"
3. Take a cup of water and insert the probe into it no further than the red line in the diagram
4. Record the sensor value when the probe is exposed to the water as "Value 2". This is the boundary value of moist soil "Humidity: 100%RH"

**!** The components on this board are NOT waterproof, do not expose to moisture further than the red line. (If you want to protect components from the elements, by using a length of wide heat shrink tubing around the upper-section of the board.)  
There is an inverse ratio between the sensor output value and soil moisture.

#### Section Settings

The final output value is affected by probe insertion depth and how tight the soil packed around it is. We regard "value\_1" as dry soil and "value\_2" as soaked soil. This is the sensor detection range.

For example: Value\_1 = 320, Value\_2 = 280.  
The range will be divided into three sections: dry, wet, water. Their related values are:

- Dry: (320-430)
- Wet: (430-350)
- Water: (350-280)

#### Test Code

```

.....
this example reads capacitive soil moisture sensor.

Created: 2015-10-21
By: helen@chir: <helen.chen@dfrobot.com>

3000 Tinker: General: Fuki is T. Linsen,
see <http://www.gdgo.org/licenses/> for details.
All above must be included in any redistribution.
.....

```

```

/*****Notice and Trouble shooting*****/
1.Connection and Debug can be found here: <http://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_2015&lang=en>
2.This code is tested on Arduino Uno.
3.Sensor is connect to Analog 0 port.
.....

const int AirValue = 500; //you need to replace this value with Value 1
const int WaterValue = 380; //you need to replace this value with Value 2
int intervals = (AirValue - WaterValue)/3;
int soilMoistureValue = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate to 9600 bps
}
void loop() {
  soilMoistureValue = analogRead(A0); //put Sensor insert into soil
  if(soilMoistureValue > WaterValue && soilMoistureValue < (WaterValue + int
ervals))
  {
    Serial.println("Wet");
  }
  else if(soilMoistureValue > (WaterValue + intervals) && soilMoistureValue
< (AirValue - intervals))
  {
    Serial.println("Wet");
  }
  else if(soilMoistureValue < AirValue && soilMoistureValue > (AirValue - in
tervals))
  {
    Serial.println("Dry");
  }
  delay(100);
}

```

**THAOYU ELECTRONICS**  
 Products My Account View Cart Wish Lists Contact Us Log In or Register  
 Search... Advanced Search Your cart is empty Language: English Currency: US Dollar

### G1 Water Flow Sensor

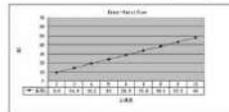
Product ID: 114  
 (54271) (54271) (54271)  
**US \$7.50**  
**FREE SHIPPING**  
 TO ANYWHERE ON THE PLANET  
 ON ORDERS OVER \$100  
 • Model: 1548MA-G1  
 • Shipping Weight: 40g  
 • #1 Item in Stock

#### Description

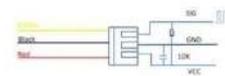
Water flow sensor consists of magnetic core, rotating impeller, external casing and sensor and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls, it activates the magnetic core to trigger switch action speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse signals, users can get the flow speed via detecting the pulse. It is suitable to detect flow in water dispenser or coffee machine. There are also lots of other water flow sensors in other diameters for your choice.



The water flow sensor outputs pulse proportional to the water flow with: Pulse Frequency = Flow \* K. That is, if the output frequency is 48, then the water flow 484.8L (10L/min).



Connect the water flow sensor to microcontroller as follows:



#### Specification

- Mini Working Voltage: DC 4.5V
- Max. Working Current: 15mA (DC 5V)
- Working Voltage: DC 5V~24V
- Flow Rate Range: 1~100L/min
- Load Capacity: 510mA (DC 5V)
- Operating Temperature: -50°C
- Liquid Temperature: 0~120°C
- Operating Humidity: 35%~90%RH
- Water Pressure: 1.2 MPa
- Storage Temperature: -25~+80°C
- Storage Humidity: 25%~95%RH

## ANEXO B: Software del sistema del módulo hidratador (código Arduino).

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "HX711.h"

#define ANCHO 128
#define ALTO 64
#define OLED_RESET 4
#define CALIBRACION 19921

// VARIABLES
byte pinData = 5;
byte pinClk = 6;
int pul = 0;
int sacos = 0;
int inicio = 0;
float peso = 0;
float pesoBT = 0;
char BTs;

// OBJETOS
HX711 bascula;

SoftwareSerial miBT(2, 3); // pin 2 como
RX, pin 3 como TX
Adafruit_SSD1306 oled(ANCHO, ALTO,
&Wire, OLED_RESET);

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC,
0x3C);

  bascula.begin(pinData, pinClk);
  bascula.set_scale(CALIBRACION);
  bascula.tare();

  miBT.begin(38400);

  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);

  oled.clearDisplay();
  oled.setTextColor(WHITE);
  oled.setCursor(0, 0);

  oled.setTextSize(2);
  oled.print("Calizas");
  oled.setCursor(0, 20);
  oled.setTextSize(2);
  oled.print("San Jose");
  oled.setCursor(0, 40);
  oled.setTextSize(2);
  oled.print("RIOBAMBA");
  oled.display();
}

void loop() {
  if(miBT.available()){
    BTs = miBT.read();
    if(BTs == 'S'){
      pesoBT=50;
      oled.clearDisplay();
      oled.setCursor(0, 0);
      oled.setTextSize(2);
      oled.print("Unidad: Kg");
      oled.setCursor(0, 30);
      oled.setTextSize(5);
      oled.print(pesoBT);
      oled.display();
    }

    if(BTs == 'B'){
      pesoBT=25;
      oled.clearDisplay();
      oled.setCursor(0, 0);
      oled.setTextSize(2);
      oled.print("Unidad: Kg");
      oled.setCursor(0, 30);
      oled.setTextSize(5);
      oled.print(pesoBT);
      oled.display();
    }

    if(BTs == 'I'){
      inicio = 1;
    }

    if(BTs == 'D'){
      inicio = 0;
      oled.clearDisplay();
      oled.setTextColor(WHITE);
      oled.setCursor(0, 0);
      oled.setTextSize(2);
      oled.print("SACOS");
      oled.setCursor(0, 30);
    }
  }
}
```

```

oled.setTextSize(5);
oled.print(sacos);
oled.display();
sacos = 0;

}
}
if(inicio == 1){
  Serial.print(bascula.get_units(),2);
  Serial.print(" Kg");
  Serial.print(" Sacos= ");
  Serial.print(sacos);
  Serial.println();
  peso = abs(bascula.get_units());
  oled.clearDisplay();
  oled.setTextColor(WHITE);
  oled.setCursor(0, 0);
  oled.setTextSize(2);
  oled.print("# ");
  oled.print(sacos);
  oled.setCursor(0, 30);
  oled.setTextSize(5);
  oled.print(abs(peso),1);
  oled.display();
  pul=digitalRead(7);
  if (pul==HIGH && bascula.get_units() <
0.25) {
    sacos = sacos+1;
    while (peso < pesoBT){
      Serial.print(bascula.get_units(),2);
      Serial.print(" Kg");
      Serial.print(" Sacos= ");
      Serial.print(sacos);
      Serial.println();
      peso = abs(bascula.get_units());
      oled.clearDisplay();
      oled.setTextColor(WHITE);
      oled.setCursor(0, 0);
      oled.setTextSize(2);
      oled.print("KG = ");
      oled.print(pesoBT);
      oled.setCursor(0, 30);
      oled.setTextSize(5);
      oled.print(abs(peso),1);
      oled.display();
      miBT.print(sacos);
      miBT.print(",");
      miBT.print(abs(bascula.get_units()));
      miBT.print("\n");
    }
  }
  else {
    digitalWrite(8, LOW);
  }
  miBT.print(sacos);
  miBT.print(",");
  miBT.print(abs(bascula.get_units()));
  miBT.print("\n");
}
}
}

```

## ANEXO C: Software del sistema del módulo ensacador (código Arduino).

```
void loop() {
  if(miBT.available()){
    BTs = miBT.read();

    // Iniciar Proceso
    if(BTs == 'I'){
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("INICIANDO PROCESO");
      inicio = 1;
      digitalWrite(Bomba, HIGH);
    }
    // Asignar encendido o apagado a las
    electrovalvulas
    if(BTs == '1'){
      digitalWrite(Elec1, LOW);
    }
    if(BTs == '2'){
      digitalWrite(Elec1, HIGH);
    }
    if(BTs == '3'){
      digitalWrite(Elec2, LOW);
    }
    if(BTs == '4'){
      digitalWrite(Elec2, HIGH);
    }
    if(BTs == '5'){
      digitalWrite(Elec3, LOW);
    }
    if(BTs == '6'){
      digitalWrite(Elec3, HIGH);
    }
    if(BTs == '7'){
      digitalWrite(Elec4, LOW);
    }
    if(BTs == '8'){
      digitalWrite(Elec4, HIGH);
    }
    if(BTs == '9'){
      digitalWrite(Elec5, LOW);
    }
    if(BTs == '0'){
      digitalWrite(Elec5, HIGH);
    }

    // Detener el proceso
    if(BTs == 'D'){
      TOTAL=0;

      digitalWrite(Bomba, LOW);
      digitalWrite(Elec1, LOW);
      digitalWrite(Elec2, LOW);
      digitalWrite(Elec3, LOW);
      digitalWrite(Elec4, LOW);
      digitalWrite(Elec5, LOW);
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("PROCESO DETENIDO");
    }
  }

  // Impresion de valores para la aplicacion
  if(inicio == 1){
    V_Sensor = analogRead(AOUT);
    humedad = map(V_Sensor, V_SAgua,
    V_SAIre, 100, 0);
    if(humedad < 0) humedad = 0; // Evita
    porcentajes negativos en la medida del
    sensor
    if(humedad > 100) humedad = 100; //
    Evita porcentajes negativos en la medida
    del sensor

    int temperatura = ktc.readCelsius();

    // funcion que devuelve la longitud del
    pulso en microsegundos
    X = pulseIn(caudal, HIGH);
    Y = pulseIn(caudal, LOW);
    TIME = X + Y; // tiempo en
    microsegundos
    FREQUENCY = 1000000/TIME; // se
    multiplica la expresion por 1x10^6 para
    convertir el tiempo de microsegundos a
    segundos
    WATER = FREQUENCY/3.5;
    LS = WATER/60;

    if(FREQUENCY >= 0)
    {
      if(isinf(FREQUENCY))
      {
        WATER=0;

        miBT.print(WATER);
        miBT.print(",");
      }
    }
  }
}
```

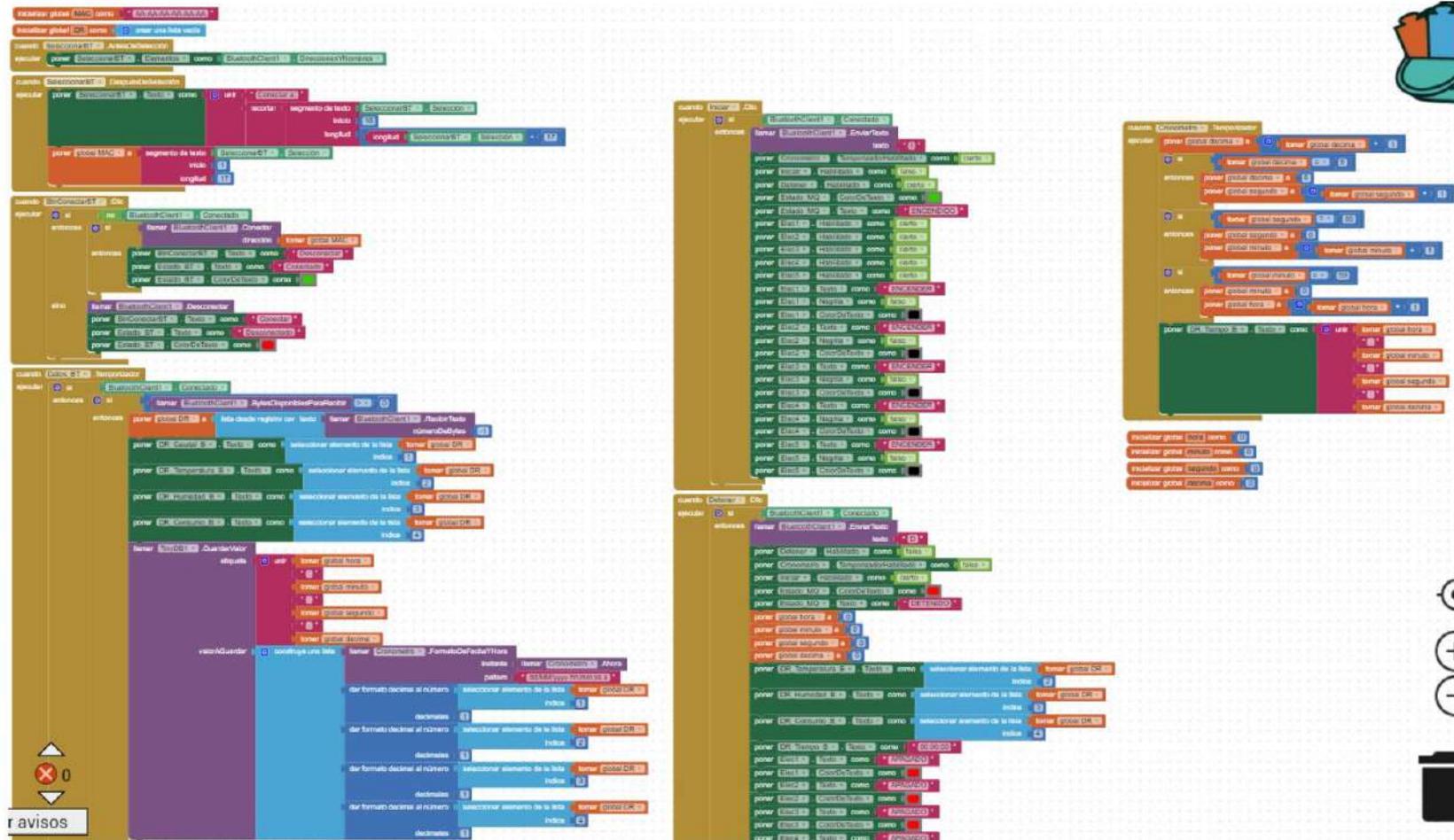
```
miBT.print(temperatura);
miBT.print(",");
miBT.print(humedad);
miBT.print(",");
miBT.print(TOTAL);
miBT.print("\n");
```

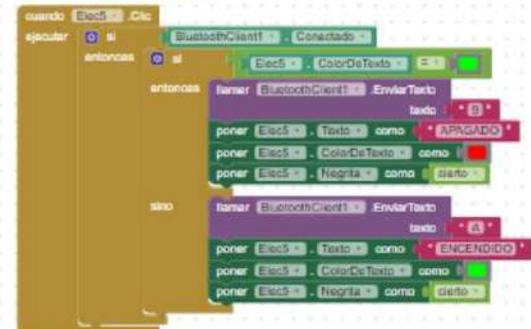
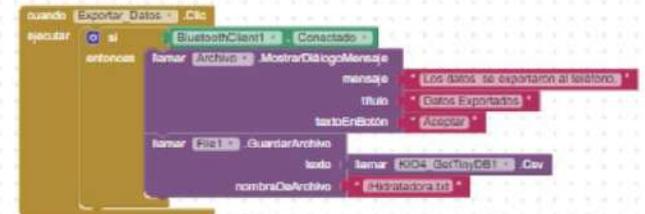
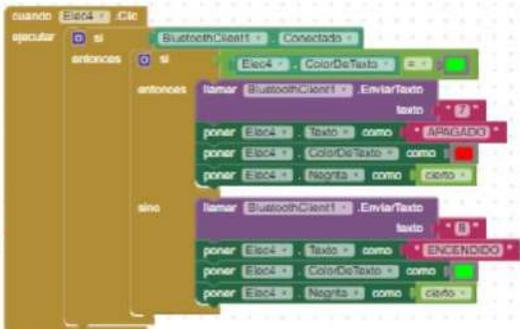
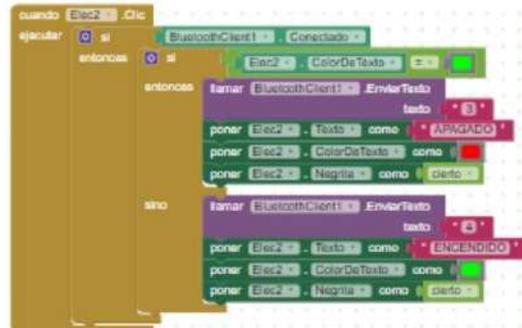
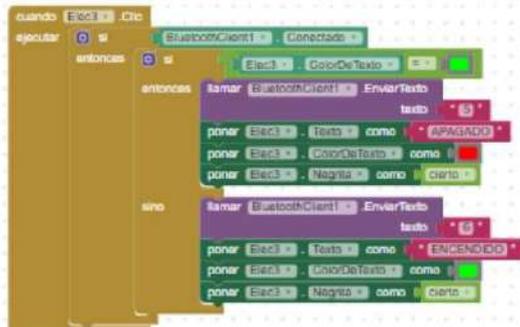
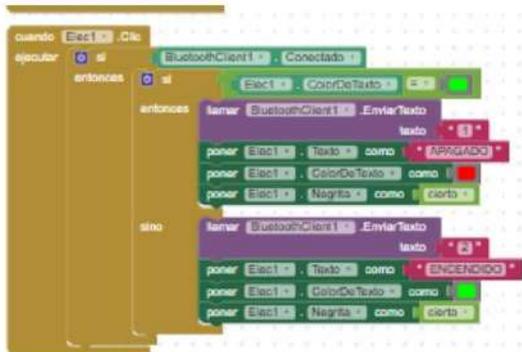
```
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("C=");
lcd.print(WATER);
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print("T=");
lcd.print(temperatura);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("H=");
lcd.print(humedad);
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print("L=");
lcd.print(TOTAL);
if(humedad <= 33){
    digitalWrite(Bomba, HIGH);
}
}
else
{
    TOTAL = TOTAL + LS;
    miBT.print(WATER);
```

```
miBT.print(",");
miBT.print(temperatura);
miBT.print(",");
miBT.print(humedad);
miBT.print(",");
miBT.print(TOTAL);
miBT.print("\n");
```

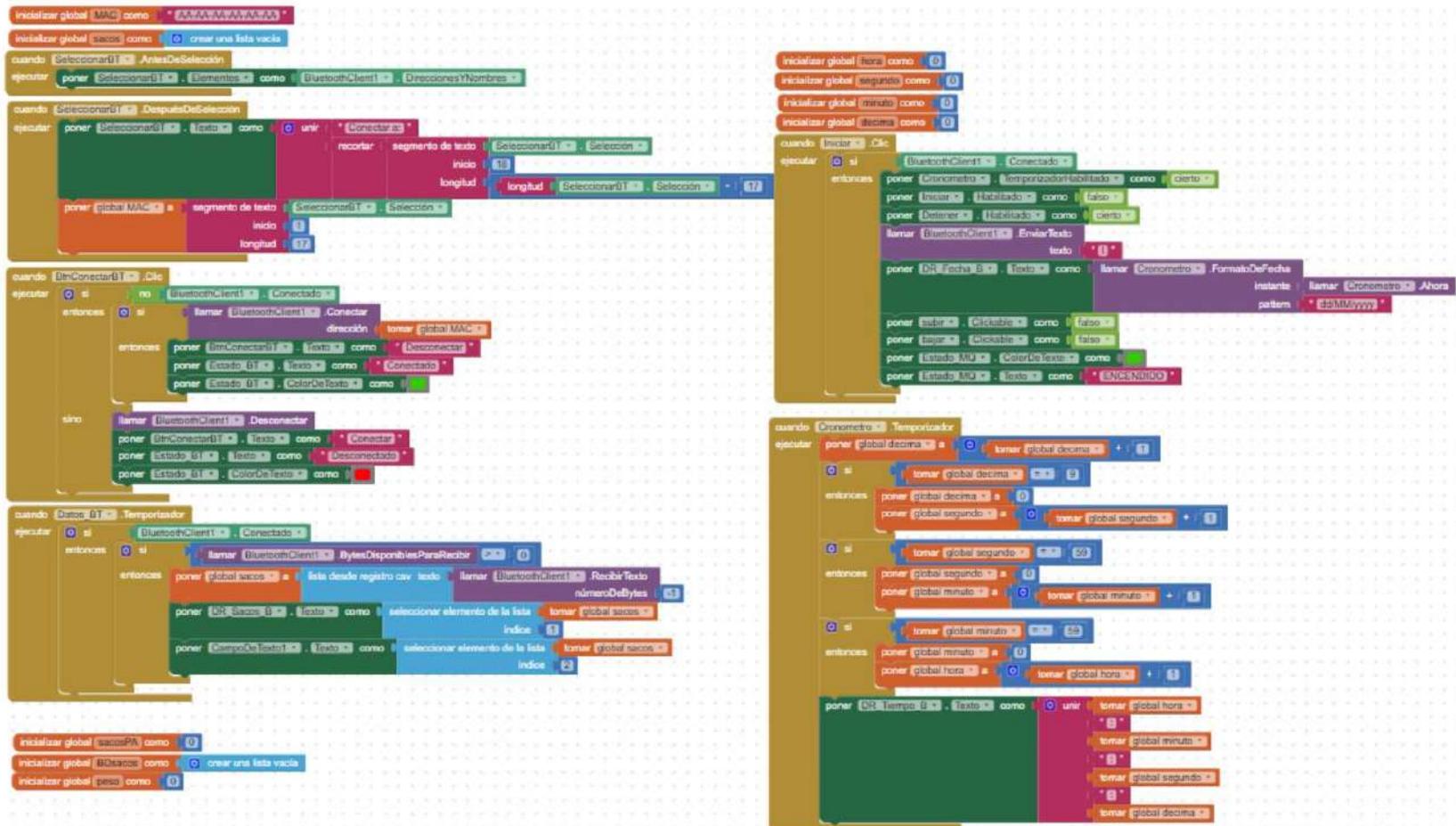
```
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("C=");
lcd.print(WATER);
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print("T=");
lcd.print(temperatura);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("H=");
lcd.print(humedad);
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print("L=");
lcd.print(TOTAL);
if(humedad > 66){
    digitalWrite(Bomba, LOW);
}
}
}
}
```

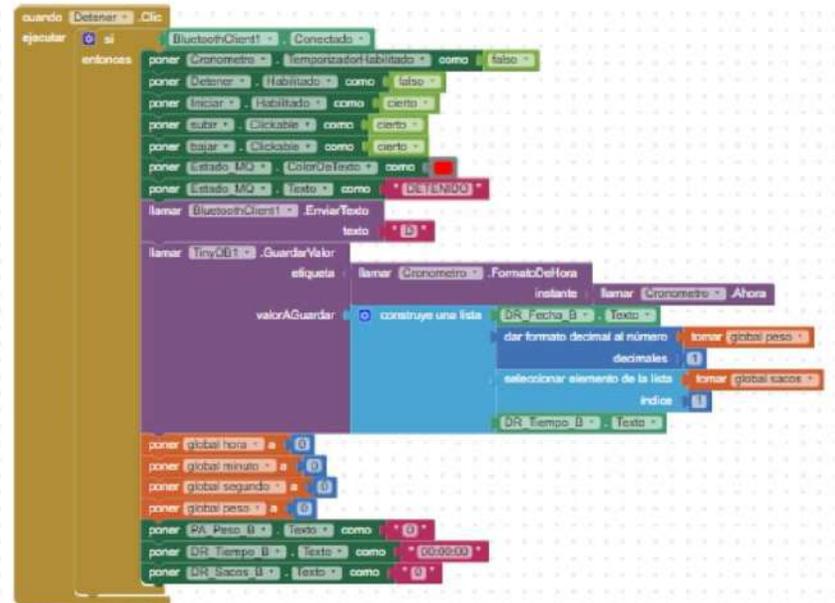
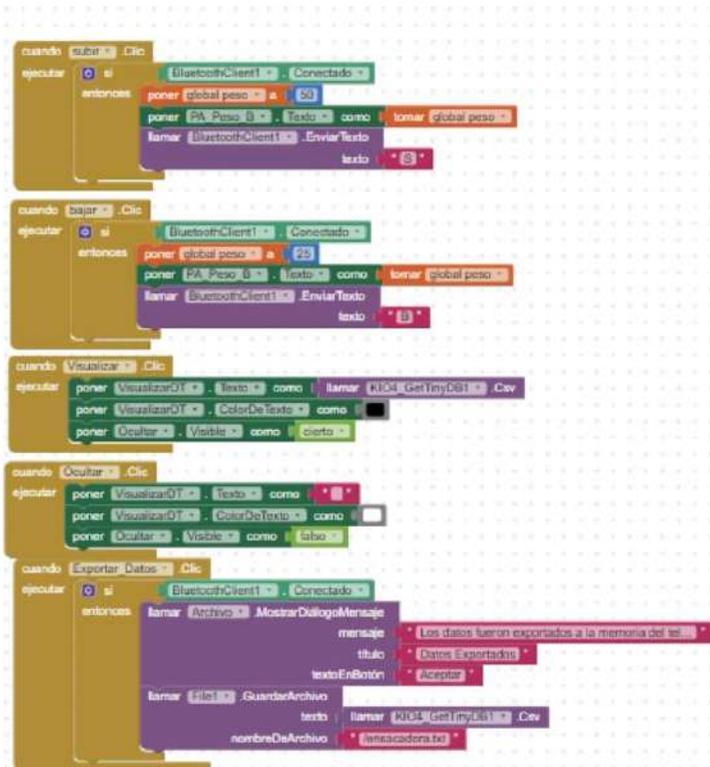
ANEXO D: Software del sistema del módulo hidratador (aplicación Android).





ANEXO E: Software del sistema del módulo ensacador (aplicación Android).







ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 11 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> KAROLINA LIZBETH PANATA HERNÁNDEZ JORGE DAVID BANDERAS BENÍTEZ
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERA/O EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1739-DBRA-UPT-2021