

Monitoreo y análisis de variables implicadas en el banco de pruebas de curvas características generadas por bombas centrífugas.

Rojas G. María Camila, Hernández B. Paulo Fernando,

El presente proyecto describe el monitoreo y análisis de variables implicadas en el banco de pruebas de curvas características generadas por bombas centrífugas. Para dar paso al cumplimiento del objetivo se tiene en cuenta el análisis de funcionamiento de cada parte del banco de pruebas, es decir, la función que tiene cada sensor para realizar las diferentes trayectorias que trabaja el banco de pruebas.

Al definir la problemática que existe en el banco de pruebas debido a que se manipula de forma manual, se plantea la solución de convertir el banco hidráulico en semiautomático utilizando diferentes sensores electrónicos para optimizar su funcionamiento.

Índice de Términos - Sensor, Banco de pruebas, Bombas centrífugas, Programación, Código, Automatización

I. INTRODUCCION

La tecnología IoT en la actualidad ha evolucionado considerablemente a través de los años y ha sido una opción para reducir costos y diagnosticar las posibles fallas que posee un sistema por medio de una señal (Alarma). En este caso se enfoca a bombas centrífugas lo cual genera el desgaste o rotura de la misma y una disminución en la eficiencia de bombeo.

Partiendo de lo anterior, en el laboratorio de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño se encuentra un módulo denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA GENERAR EXPERIMENTALMENTE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS PARA LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE NARIÑO”, cuya función principal es detectar perdidas en tubería y análisis de la cavitación, teniendo como base principal las bombas hidráulicas.

En el módulo hidráulico no se identifica la veracidad de la información en cuanto a datos arrojados que se adquieren de forma convencional, con el presente proyecto se pretende

implementar elementos para el monitoreo del banco de pruebas, por lo tanto, las modificaciones que se realizan constan en adicionar distintos tipos de sensores y elementos electrónicos, los cuales deben llevar su respectiva adquisición mediante un sistema micro controlado, teniendo en cuenta los resultados y límites requeridos del banco de pruebas, contemplados en el diseño de sistemas de bombeo y manejo de fluidos, tanto sólidos como gaseosos es importante tener en cuenta; las pérdidas de energía y módulo de fluidos para obtener las curvas características de las bombas centrífugas.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

La formación académica en el C.I.P. (Curso de investigación pre-gradual.) desde el punto de vista de los autores de este proyecto de investigación, es fundamental para el desarrollo del conocimiento y así mismo, a la aplicación de diferentes tecnologías que apoyan al desarrollo de las habilidades humanas, como también estar actualizados en el desarrollo de los procesos que se llevan a cabo en el campo industrial, por ende se convierte en una ventaja, debido a que los posiciona en un nivel competente dentro del sector laboral.

Una vez se obtiene conocimiento teórico de las materias que hacen parte del pensum de ingeniería mecánica y haciendo énfasis total en el curso pre-gradual, en donde se encuentran módulos educativos que llevan a un aprendizaje de la aplicación de los distintos instrumentos de Automatización y control, se han tomado medidas con respecto a las necesidades de la comunidad estudiantil, a las cuales se pretende prestarles soluciones tecnológicas que cubran las problemáticas reales que se han diagnosticado, para este caso la modificación o reemplazo de distintos elementos mecánicos, por dispositivos electrónicos que brindan una mejor exactitud en los resultados que arroja el banco de pruebas hidráulico, mejorando así el aprendizaje al público estudiantil.

El enfoque central de este proyecto es implementar un monitoreo global de un banco de pruebas hidráulico, donde al reemplazar los diferentes elementos se disminuya la operación manual, como también permita la interpretación clara al

momento de monitorear las curvas características en bombas centrífugas, las cuales son generadas experimentalmente.

III. METODOLOGÍA

Para dar continuidad al desarrollo del CIP, la investigación se convierte en parte fundamental debido a que se debe seleccionar la ruta más adecuada que permita encontrar las posibles soluciones para desarrollar el proyecto, de acuerdo a lo anterior se plantea aplicar metodologías de investigación tales como es tecnológica y de campo.

En la investigación tecnológica, se necesita escoger un caso para realizar el respectivo estudio, en este caso los bancos de pruebas hidráulicos ubicados en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, la cual facilita el espacio para realizar los diferentes estudios y aplicaciones del CIP, al detectar la necesidad, se da paso a la investigación conceptual, que consiste en la recolección de información en fuentes como artículos, tesis, blog, revistas entre otras y así identificar los factores o variables que se deben intervenir para dar solución a la problemática ya planteada. En la recolección de información se pueden definir, los problemas o variables críticas que afectan de manera directa en el problema expuesto, y así utilizar la información recolectada para poder dar las posibles soluciones a las variables que están afectando el desarrollo de la investigación cuantitativa.

La información recolectada permite formular el objetivo general el cual es; Implementar un sistema de monitoreo aplicado al banco de pruebas hidráulico para generar curvas características a partir de las bombas centrífugas, una vez definidas las variables verificables, medibles y cuantificables, estas se toman como objetos de estudio para la propuesta de solución y se obtengan como resultado de la aceptación del proyecto por parte del público estudiantil, en donde se destaquen las ventajas de este mismo.

La Corporación Universitaria Autónoma de Nariño cuenta con instalaciones donde se puede implementar tecnologías IoT y con la ayuda del curso investigativo pre-gradual, contiene una serie de bancos de pruebas que permiten realizar a los estudiantes poner en práctica sus conocimientos, se selecciona el banco de pruebas de curvas características para la implementación de nueva tecnología, al analizar el banco de pruebas se seleccionan los diferentes sensores y elementos electrónicos ideales que determinan caudal, presión y temperatura para que su manipulación se realice manualmente y los datos arrojados se obtengan con mayor exactitud.

Se utilizará tecnología Arduino para recolectar datos, calibrar y eliminar datos entregados por los sensores y aparatos electrónicos los cuales permiten adquirir los datos para realizar el respectivo análisis y monitoreo de variables. La plataforma IoT recibe los datos y permite el análisis minucioso de las variables que se intervienen.

IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE GRADO

La Corporación Universitaria Autónoma de Nariño actualmente desarrolla grandes avances tecnológicos en distintas áreas, se tiene en cuenta la aplicación e implementación de la automatización en mecanismos, con el fin de optimizar procesos industriales.

Facilitar al sector estudiantil la realización de prácticas en la parte hidráulica, específicamente en el área de las curvas características de bombas centrífugas; las cuales permitan conocer los beneficios que tiene el poder interpretar de forma precisa estas curvas y de este modo poder comparar datos teóricos con los prácticos, por lo tanto, permite llegar a obtener conclusiones concisas y acertadas como resultado de las practicas planteadas por el docente. (Melo & Palacios , 2018)

El inconveniente que presenta el módulo hidráulico que se encuentra en la universidad Autónoma es; que todos los accesorios de medida son mecánicos o de forma visual, lo que demanda la operación manual, como también se encuentran debilidades en los resultados de medida que arroja el banco de pruebas, ya que al ser instrumentos de medición análogos no representan resultados confiable, por lo tanto, la información entregada actualmente presenta un porcentaje de error, lo cual no permite al estudiante tener una idea clara y precisa en la práctica sobre los datos y parámetros a evaluar en las diferentes secuencias que se realizan en el módulo.

- *Propuesta de solución*

Mediante la implementación de un sistema de sensores que permitan detectar señales, se logra eliminar un porcentaje de error sobre los datos evaluados en el banco hidráulico, permitiendo una mayor exactitud en los resultados obtenidos. Para la interpretación y registro de todos los datos a evaluar es factible implementar una pantalla LCD, la cual indica la información obtenida en forma gráfica, para así facilitar el análisis al estudiante, como también una plataforma IoT y un almacenamiento en memoria SD.

- *Identificación del proceso*

El banco de pruebas hidráulico denominado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para generar experimentalmente curvas características de bombas centrífugas para la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño” consiste en:

Analizar el funcionamiento de bombas en las instalaciones de bombeo a un determinado número de revoluciones, altura, caudal, etc. como también encontrar el punto óptimo de funcionamiento, seleccionar la bomba adecuada para la instalación hidráulica en estudio, definir parámetros hidráulicos para evitar el problema de la cavitación y evaluar las características de las bombas con diferentes diámetros de impulsores. (Palacios Richard, 2018)



Figura 1. Banco de pruebas hidráulico para generar experimentalmente curvas características.

Fuente. Presente investigación

En la figura 1 se ilustra el banco de pruebas en condiciones actuales, donde por medio de una revisión previa se detectan los mecanismos e instrumentos de medición de los cuales consta, como: manómetros, rotámetro y vacuómetro. por ende, la visualización de las medidas requiere que el operador esté presente en el campo de trabajo lo cual genera pérdidas de información.

El módulo hidráulico está conformado por cuatro diferentes secuencias denominadas así:

Trayectorias	Detalle
Trayectoria 1 bomba 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar la trayectoria 1 que define a las electroválvulas № 3,10,11 como abiertas y cierra el paso del fluido en electroválvulas № 4,9,12. • Encender bomba centrífuga № 1 • Tomar mediciones de presión en Vacuómetros № 5 • Tomar mediciones de presión en manómetro № 7 • Tomar mediciones de caudal en el caudalímetro № 14 • Regular el caudal con válvula № 10
Trayectoria 2 bomba 2	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar trayectoria 2 que define las electroválvulas № 4,12 como abierta y cierra el paso del fluido en electroválvulas № 3,13,11. • Encender bomba centrífuga № 2

	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar mediciones de presión en Vacuómetros № 6 • Tomar mediciones de presión en manómetro № 8 • Tomar mediciones de caudal en el caudalímetro № 14 • Regular el caudal con válvula № 12
Trayectoria 3- serie	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar trayectoria 3 que define las electroválvulas № 3,9,13,12 como abiertas y cierra el paso del fluido en electroválvulas № 4,10,11. • Encender bomba centrífuga № 1,2 • Tomar mediciones de presión en Vacuómetros № 5 • Tomar mediciones de presión en manómetro № 8 • Tomar mediciones de caudal en el caudalímetro № 14 • Regular el caudal con válvula № 12
Trayectoria 4 - paralelo	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar trayectoria 4 que define las electroválvulas № 3,4,10,11,12 como abiertas y cierra el paso del fluido en electroválvulas № 9,13. • Encender bomba centrífuga № 1,2 • Tomar mediciones de presión en vacuómetro № 5,6 • Tomar mediciones de presión en manómetro № 7,8 • Tomar mediciones de caudal en el caudalímetro № 14 • Regular el caudal con válvula № 12

Fuente. Presente investigación

V. VARIABLES FÍSICAS

En el banco de pruebas hidráulico presenta variables importantes que tienen que ver con el sistema funcional que lo compone, entre estas se encuentran:

- *Temperatura de la bomba:*

La temperatura recomendada para este dispositivo oscila en un rango de 0°C a 65°C (Melo & Palacios , 2018), al superar el



valor máximo afecta un desgaste en la bobina de la bomba, como también una rotura en el rodete de la misma.

• *Caudal:*

El caudal al que trabaja el banco de pruebas hidráulico es de 30 L/min. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que exigir caudales superiores ocasionan variantes en la velocidad y efectos de presión generando roturas en la tubería.

• *Velocidad de líquido:*

Los valores recomendados para evitar que genere el fenómeno de cavitación se encuentran entre un rango de: 0,784m/s a 1,92m/s (Melo & Palacios , 2018). Se tiene en cuenta, que el incremento de velocidad ocasiona daños en elementos de medición, así como también en diferentes elementos que componen las bombas centrifugas.

• *Presión:*

Es una variable que se obtiene como resultado de la fuerza que se ejerce con respecto a un área, por lo tanto, la selección no adecuada de una bomba de mayor presión, puede causar daños irreversibles en el sistema, tales como fugas o desacople entre los conductores del fluido.

VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE GRADO

La Corporación Universitaria Autónoma de Nariño dispone de un laboratorio el cual cuenta con diferentes tipos de máquinas que permiten a los estudiantes realizar prácticas que fortalezcan el aprendizaje de las diferentes áreas del conocimiento. A continuación, en la figura 2 se observa el laboratorio de fluidos con las diferentes máquinas.

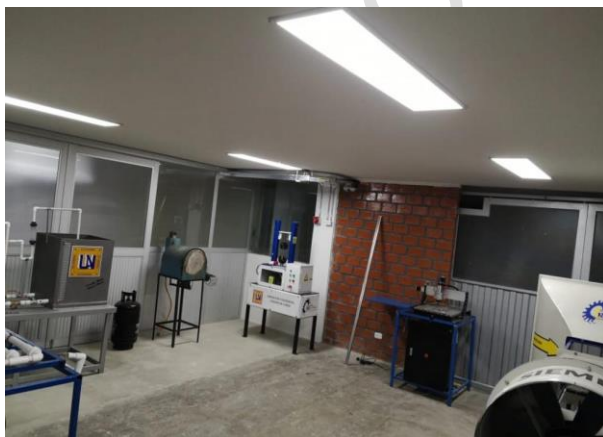


Figura 2. Laboratorio de fluidos.

Fuente. Presente investigación




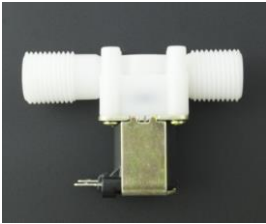


Fuente. Presente investigación

Una de las máquinas que conforman el laboratorio es: el banco de pruebas para generar experimentalmente curvas características de bombas centrifugas (figura 10), el cual es fundamental para la materia mecánica de fluidos. Los elementos que lo conforman arrojan datos que al momento de ser adquiridos se ejercen de forma manual.




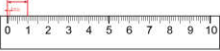





A. Sensores

Teniendo en cuenta las características de los elementos manuales, así como también la necesidad de implementar elementos electrónicos que cumplan los requerimientos estipulados en el banco de pruebas hidráulico, mediante el siguiente cuadro comparativo (2) se da a conocer la selección de elementos electrónicos que mas adelante se describen con sus respectivas características.

Cuadro Comparativo 2. Cambio de elementos manuales a electrónicos

Elemento Manual		Elemento Electrónico
<p>Llave de paso 1"</p> 	→	<p>Electroválvula de plástico 24V 1"</p> 
<p>Llave de paso de 1/2"</p> 	→	<p>Electroválvula de plástico 12V 1/2" con presión</p> 
<p>Rotámetro</p> 	→	<p>Caudalímetro metálico de efecto hall de 1/2"</p> 



<p>Variador de velocidad de 0,5hp</p> 		<p>Dimmer digital</p> 
<p>Regla milimétrica</p> 		<p>Sensor de Ultrasonido HC-SR04</p> 
<p>Manómetro 0 a 150 psi</p> 		<p>Sensor transductor de presión</p> 

Fuente. Presente investigación

B. Adquisición de señales de los sensores

Con los sensores ya determinados, se procede a la adquisición de señales de los sensores la cual para este trabajo se seleccionó una tarjeta de Arduino mega 2560 R3 compatible (Figura 3), según (Vistronica, 2020), las características que lo conforman son:

- Posee un microcontrolador ATMEGA2560.
- El voltaje de operación es de 5V.
- El voltaje de entrada debe estar entre 7V a 12V.
- Contiene 54 pines digitales para entradas y/o salidas, de los cuales 15 pines son para señal PWM.
- Contiene 16 pines de entradas analógicas.
- Posee una memoria Flash de 256 KB.
- Posee una memoria SRAM de 8 KB.
- Posee una memoria EEPROM de 4KB.
- Maneja una frecuencia de reloj de 16 Mhz.



Figura 3. Tarjeta de Arduino mega 2560 R3 compatible.

Fuente: La presente investigación.

C. Visualización

Para la visualización de datos de variables y obtención de graficas se dispone de una pantalla LCD TFT Táctil 3.95 Inch. (Figura 4) con las siguientes características. (Vistronica, 2020).

- Cuenta con una resolución de 480 x 320 px.
- La fuente de alimentación es de 5V.
- El tamaño es de 9.7cm de ancho por 6.9 cm de alto.



Figura 4. Pantalla LCD TFT.

Fuente: La presente investigación.

VII. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

A continuación, se ilustra la implementación de los componentes electrónicos ya descritos anteriormente en el banco de pruebas hidráulico (Figura 5).

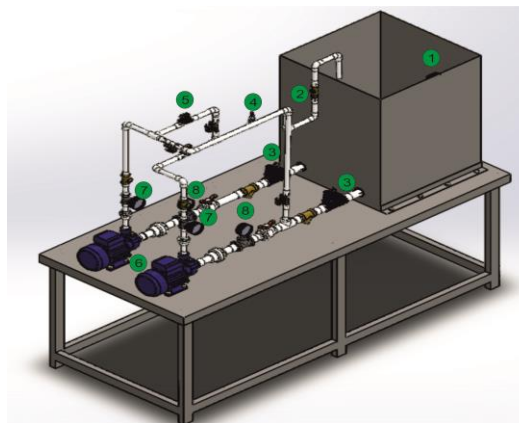
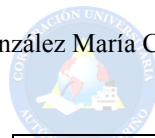


Figura 5. Banco hidráulico con elementos electrónicos.

Fuente: La presente investigación.



Nº de pieza	Descripción
Nº 1,2	Bomba centrífuga marca Pedrollo de 0.5 hp
Nº 3,4	Electroválvulas 24VAC
Nº 5,6	Vacuómetros de presión
Nº 7,8	Manómetros de presión
Nº 9,10,11,12,13	electroválvula de plástico 12V 1/2" con presión
Nº 14	Caudalímetro metálico de efecto hall de 1/2 de pulgada
Nº 15	Sensor transductor de presión
Nº 16	Sensor de ultrasonido HC-SR04
Nº 17,18	sensor DS18B20
Nº 19	pantalla LCD TFT Táctil 3.95 Inch

Fuente. Presente investigación

Nombre del producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Sensor de temperatura MLX90614	2	33.600	67.200
Sensor transductor de presión	1	50.000	50.000
Caudalímetro metálico de efecto hall de 1/2 de pulgada	1	45.000	45.000
Sensor de ultrasonido HC-SR04	1	6.000	6.000
Electroválvula de plástico 12V 1/2" con presión	5	29.579	150.000
Electroválvulas 24VAC	2	140.000	140.000
Dimmer digital	2	26.100	52.200

Fuente. Presente investigación

VIII. RESULTADOS DEL TRABAJO

Al hacer un estudio minucioso del sector estudiantil y como ha tenido un progreso poco acelerado, se dio a conocer las formas de un aprendizaje más significativos con relación al uso de los bancos de pruebas en la institución, el cual permite que los estudiantes coloquen en práctica los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y realicen prácticas significativas para aporte a su carrera.

Como solución a la falta de bancos de pruebas en la institución se propuso hacer un sistema de monitoreo y análisis de variables implicadas en el banco de pruebas de curvas características generadas por bombas centrífugas para validar los conocimientos de los estudiantes de los diferentes semestres.

Luego de hacer análisis del banco de pruebas se definieron los siguientes sensores que son los más apropiados para su buen funcionamiento: sensor de temperatura MLX90614, sensor transductor de presión, caudalímetro metálico de efecto hall de 1/2 de pulgada, sensor de ultrasonido HC-SR04, electroválvula de plástico 12V 1/2" con presión, electroválvulas 24VAC y un diimer digital.

La solución que se planteo es la más apropiada y fácil de implementar tiene un costo distribuido de la siguiente manera:

Los demás materiales utilizados son exequibles en la ciudad y su precio no es tan elevado para su adquisición y se decidió utilizar hardware Arduino por la facilidad para utilizar y cantidad de pines con los que se puede trabajar. Para la implementación del sistema se inicia con desinstalar todas las partes que conforman el banco hidráulico como lo muestra la figura 6 teniendo en cuenta la función principal de cada uno de los sensores.



Figura 6. Desinstalación de los sensores.
Fuente: La presente investigación.

El banco de pruebas necesita estar en óptimas condiciones para que su funcionamiento sea el más efectivo, se inicia pintando el banco de pruebas teniendo como resultado una mejor presentación visual como se muestra en la figura 7.

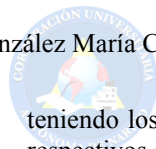


Figura 7. Maquina pintada.
Fuente: La presente investigación.

Teniendo el módulo ya pintado y realizada la desinstalación de los sensores, se da paso a la adecuación y distribución de los elementos que conforman al banco hidráulico, en la figura 8 se observa la implementación de la electroválvula de plástico que sustituyó a la llave de paso



Figura 8. Implementación electroválvula de 1pulg.
Fuente: La presente investigación.



Figura 9. Implementación de elementos electrónicos.
Fuente: La presente investigación.

En la figura 9 se observa el módulo hidráulico con la respectiva distribución de todos los elementos electrónicos,

teniendo los sensores montados se procede a la instalación de respectivos cables para cada uno de ellos.

Una vez terminada la adecuación e implementación de los sensores se realiza prueba de funcionamiento de los sensores con su respectivo código de programación (Figura 10 y 11).

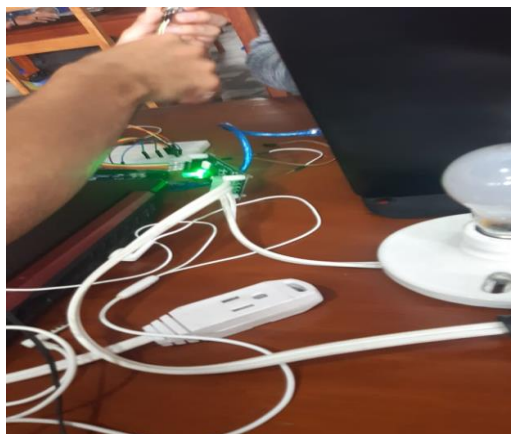
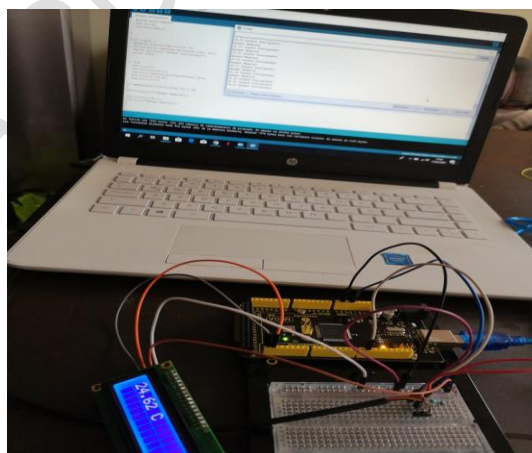


Figura 10.. Funcionamiento Dimmer digital.
Fuente: La presente investigación.



A. Figura 11. Funcionamiento sensor MLX90614.
Fuente: La presente investigación.

IX. CONCLUSIONES

- El proyecto realizado contribuirá de manera muy positiva e importante en el aprendizaje de los estudiantes, ya que la implementación exitosa de los sistemas de monitoreo



(pantalla TFT) facilita la visualización de los diferentes datos arrojados por el módulo.

- Los datos almacenados en la microSD permiten tener un mejor análisis de interpretación de los diferentes datos obtenidos por los sensores.
- El banco de pruebas automático permite la manipulación más fácil y hace que el aprendizaje sea más amplio y los estudiantes pongan en práctica todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera.
- El banco de pruebas al realizar las 4 trayectorias independientes de acuerdo a la opción que se requiera: trayectoria bomba 1, trayectoria bomba 2, trayectoria en serie y trayectoria en paralelo, los diferentes sensores arrojan datos que permitirá al estudiante tener más claridad del funcionamiento del banco de pruebas.

X. REFERENCIAS

- Melo, C., & Palacios, R. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas para generar experimentalmente curvas características de bombas centrífugas para la corporación universitaria autónoma de Nariño. (*Tesis de grado*). Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, San Juan de Pasto.
- Vistronica. (29 de Enero de 2020). *Vistronica*. Obtenido de <https://www.vistronica.com/board-de-desarrollo/arduino/board/arduino-mega-2560-r3-compatible-detail.html>
- Vistronica. (29 de Enero de 2020). *Vistronica*. Obtenido de <https://www.vistronica.com/display/pantalla-lcd-tft-tactil-3-95-inch-para-arduino-detail.html>

PROHIBIDA SU COPIA