



19th International Conference — Science, Technology and Innovation

Booklets



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Development of a peristaltic pumping system for evaluation of micro fuel cells (μ CC) Physics - Electronics - Microelectronics design

Authors: HERÁNDEZ-FIGUEROA, Rodolfo, GURROLA, Mayra Polett and CRUZ-ARGÜELLO,
Julio César

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BECORFAN Control Number: 2022-01
BECORFAN Classification (2022): 131222-0001

Pages: 18
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

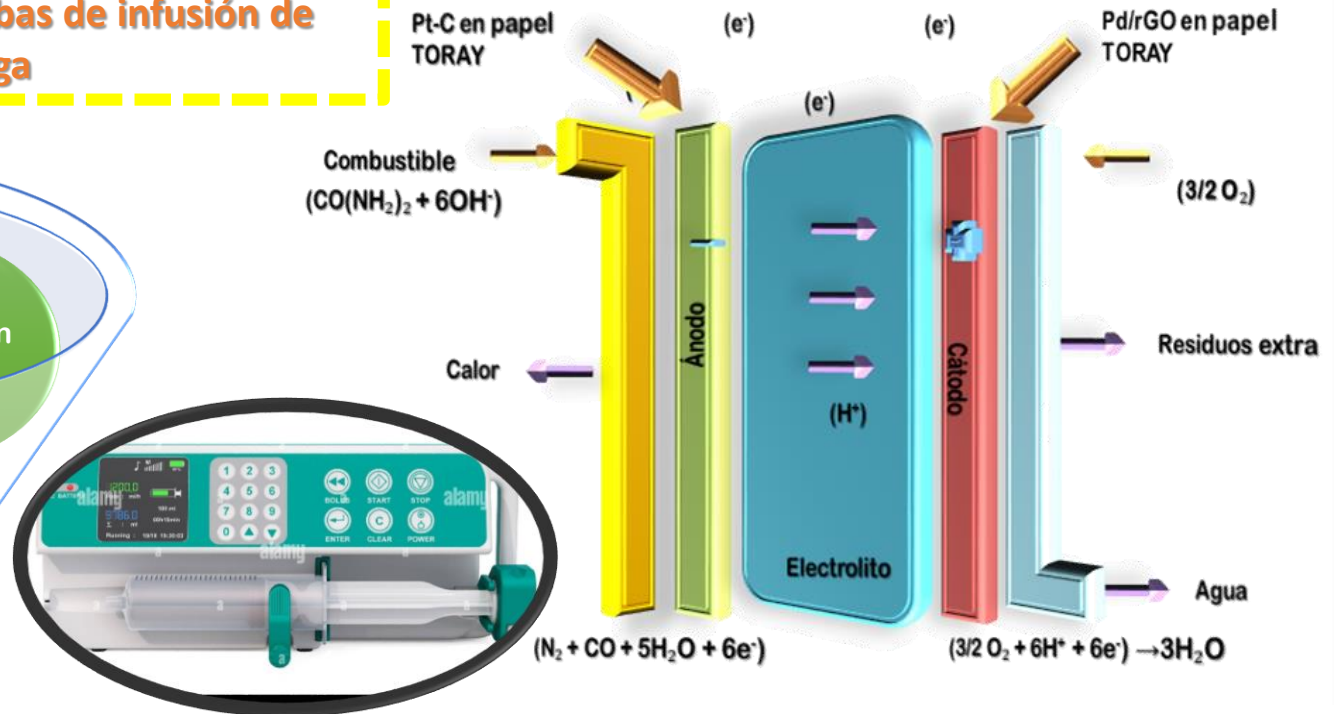
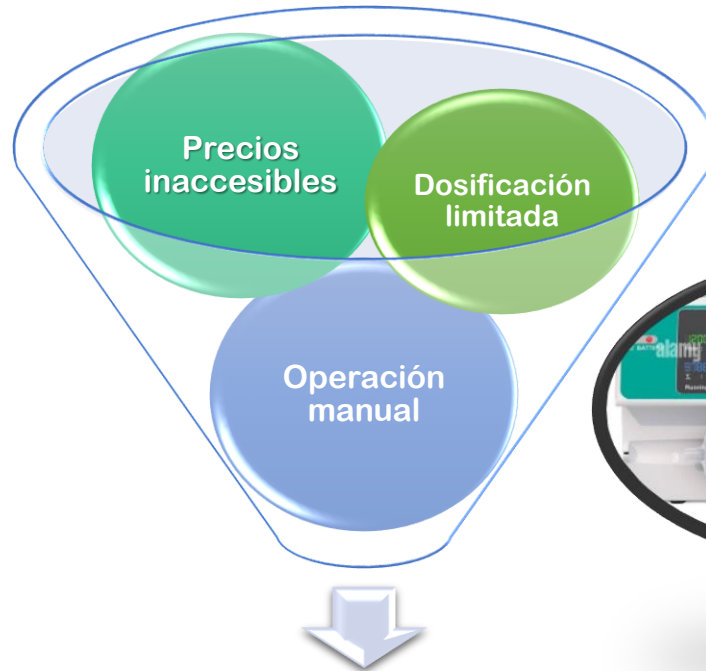
Índice

1	• Introducción
2	• Metodología
3	• Resultados
4	• Conclusiones
5	• Referencias

Introducción

Problemática (Celdas de combustible)

Bombas de infusión de jeringa



Avances de investigación en celdas de combustible

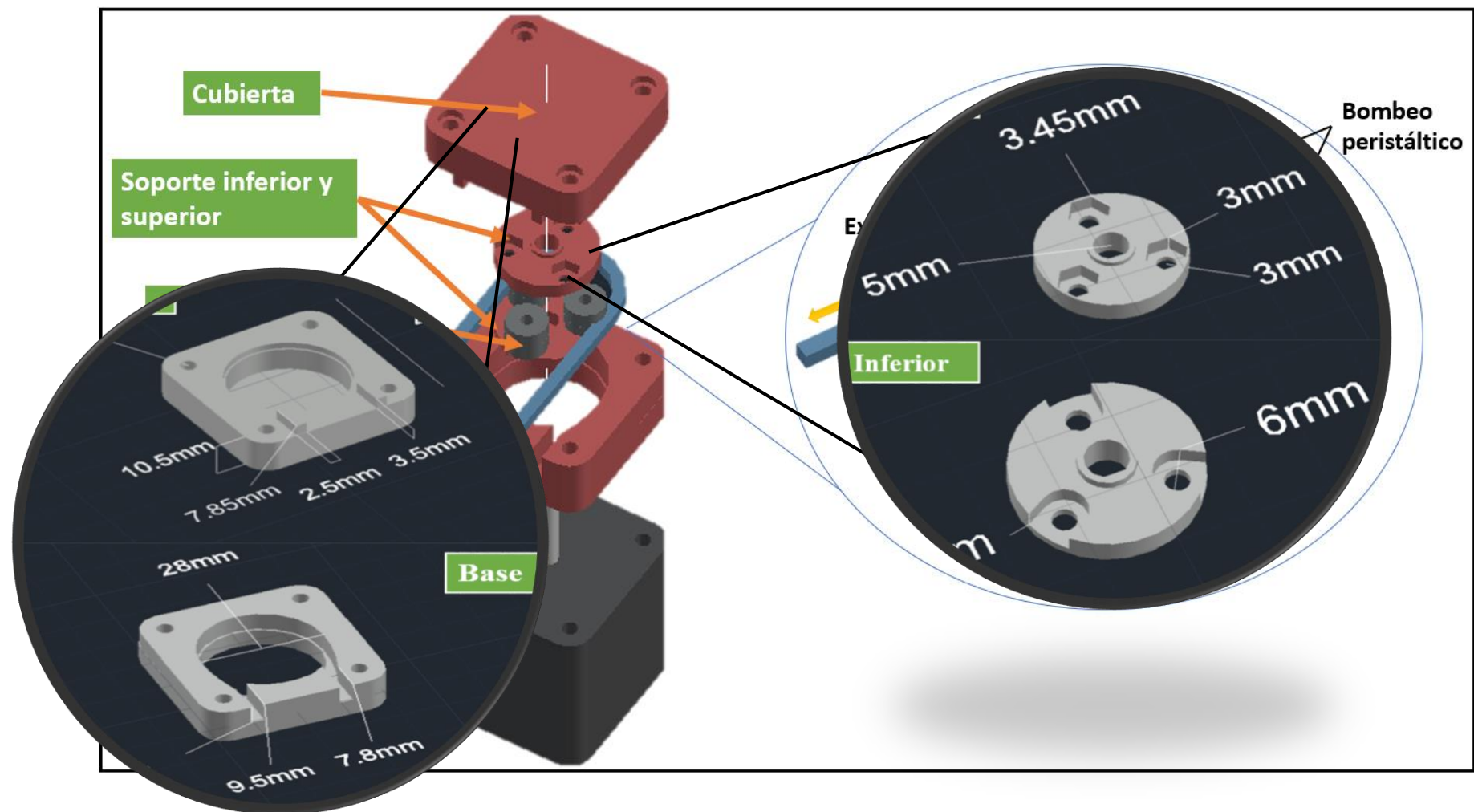
Problemática (Celdas de combustible)

Combustible	Ánodo/Cátodo	Flujo de operación (ml/min) o (µL/min)	Referencia
0.33M Urea + 1M KOH	Pd-Ni/C / Pd/C	3ml/min	Yoon, J., Lee, D., Lee, Y. N., Yoon, Y. S., & Kim, D.-J. (2019) Adicionar el número de la referencia en todas las columnas
0.6 M urea + 5 M KOH	FLNi (OH) ₂ /Ni foam / Pd/C@TiC	5-15 ml/min	Ye, K., Zhang, H., Zhao, L., Huang, X., Cheng, K., Wang, G., & Cao, D. (2016).
0.6 M urea + 5 M KOH	SH Ni (OH) ₂ /Ni foam / Pd/C@TiC	5-15 ml/min	Ye, K., Zhang, H., Zhao, L., Huang, X., Cheng, K., Wang, G., & Cao, D. (2016).
0.6 M urea + 5 M KOH	TW Ni (OH) ₂ /Ni foam / Pd/C@TiC	5-15 ml/min	Ye, K., Zhang, H., Zhao, L., Huang, X., Cheng, K., Wang, G., & Cao, D. (2016).
0.33 M urea + 5 M KOH	Ni-Co/NWAs / Pd/CFC	10 ml/min	Guo, F., Cheng, K., Ye, K., Wang, G., & Cao, D. (2016).
1 M urea + 8 M KOH	Ni/C / Pd/C	3 ml/min	Fan, Z., Kwon, Y.-H., Yang, X., Xu, W., & Wu, Z. (2017).
0.7 M urea + 3 M KOH	NiCu/MWCNT / Pt/C	3 ml/min	Basumatary, P., Konwar, D., & Yoon, Y. S. (2018).
0.33 M urea + 5 M KOH	CoNi@Ni foam / Pd/CFC	10 ml/min	Li, B., Song, C., Yin, J., Yan, J., Ye, K., Cheng, K., Wang, G. (2019).
0.33 M urea + 5 M KOH	CoNi/rGO@Ni foam /	10 ml/min	Li, B., Song, C., Yin, J., Yan, J., Ye, K., Cheng, K., ... Wang, G. (2019).
Aire +0.3 M KOH	Cu@Pd/C	2-4 ml/min	Maya-Cornejo, J., Guerra-Balcázar, M., Arjona, N., Álvarez-Contreras, L., Rodríguez Valadez, F. J., Gurrola, M. P., ... Arriaga, L. G. (2016)
3 M Acido fórmico	Pt/Papel Toray / Pt Carbon Nanofoam	1-12 ml/min	Gurrola, M. P., Ortiz-Ortega, E., Farias-Zuñiga, C., Chávez-Ramírez, A. U., Ledesma-García, J., & Arriaga, L. G. (2016).
0.25 M Acido fórmico	Acetato de celulosa /Papel Toray	3-9 ml/min	Moreno-Zuria, A., Ortiz-Ortega, E., Gurrola, M. P., Chávez-Ramírez, A. U., Ledesma-García, J., & Arriaga, L. G. (2017).
4M HCl +1 M H ₂ SO ₄	Pt/C /Pt/C	120-300 ml/min	Rico-Zavala, A., Pineda-Delgado, J. L., Carbone, A., Saccà, A., Passalacqua, E., Gurrola, M. P., ... Arriaga, L. G. (2020).
0.1M NH ₄ F +Aire	Pt/C /ADH-TNT	80 µL/min	Galindo-de-la-Rosa, J., Álvarez, A., Gurrola, M. P., Rodríguez-Morales, J. A., Oza, G., Arriaga, L. G., & Ledesma-García, J. (2020).
3M Acido Fórmico + 0.5M Ácido sulfúrico	Pt/C /Pd/C	10-100 µL/min	Ortiz-Ortega, E., Gurrola, M. P., Arjona, N., Ledesma-García, J., & Arriaga, L. G. (2016).

Solución desarrollada



Metodología



Esquema del diseño de la bomba peristáltica.

Modelado (circuito eléctrico)

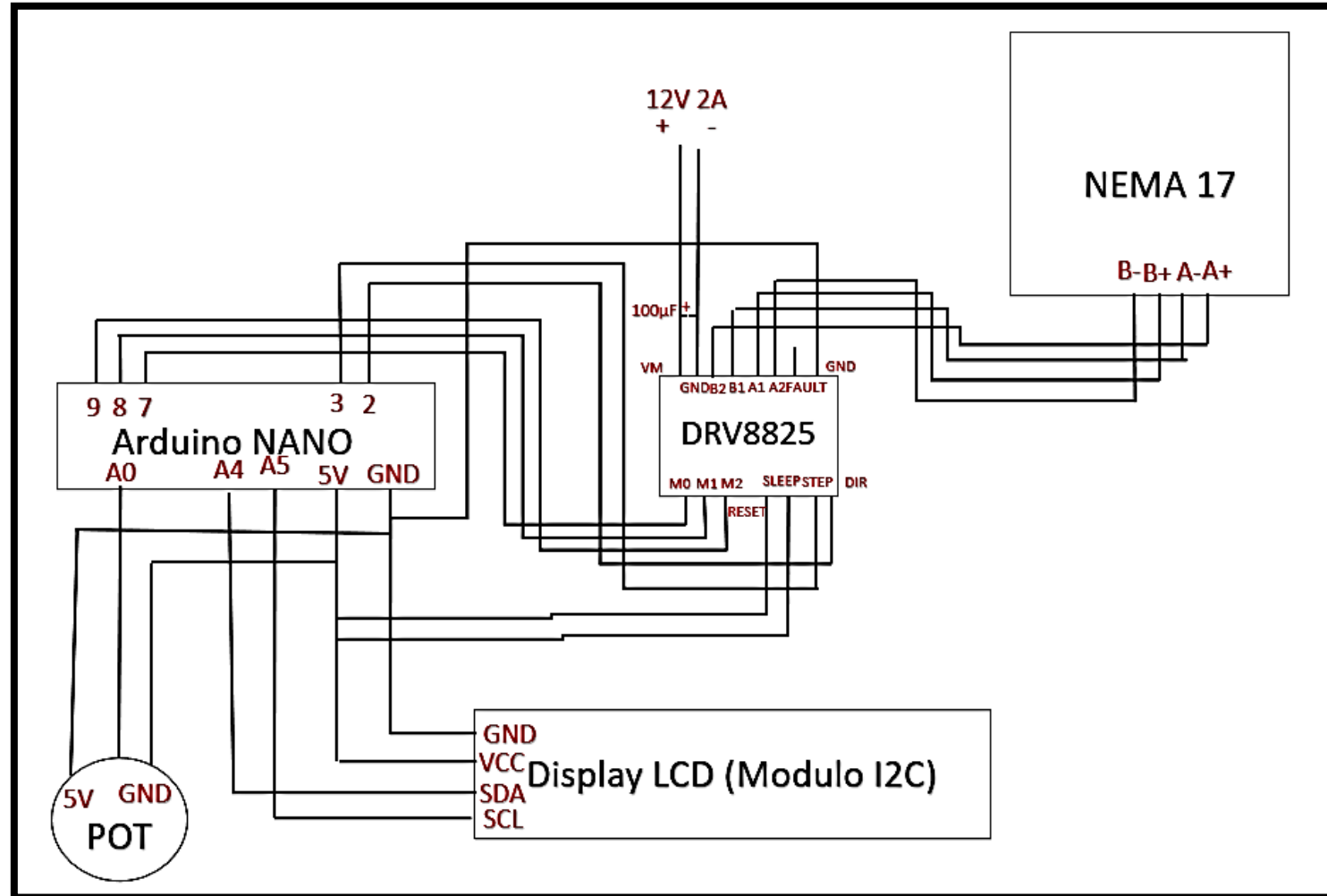
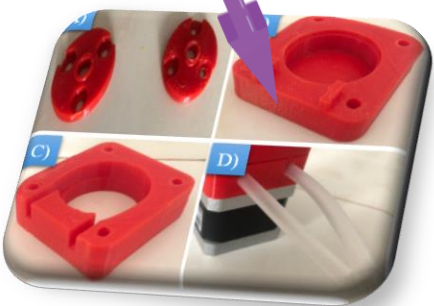


Diagrama de conexiones internas de la bomba peristáltica

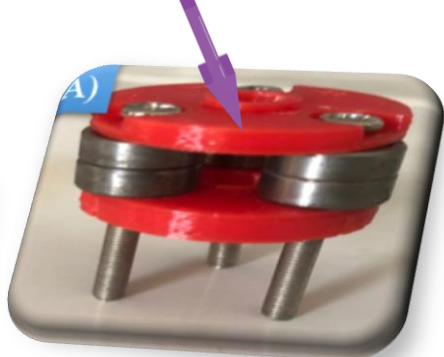
Selección y conexión de componentes electrónicos

Montaje físico

Impresión de
Piezas en
filamento
3D



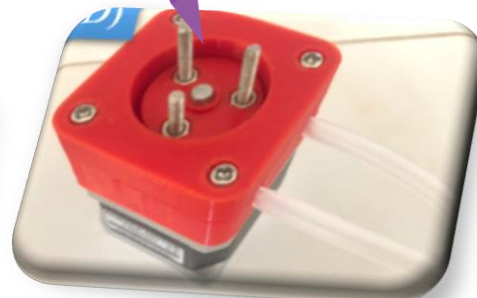
Construcción
del rodillo con
rodamientos y
tornillos



Montaje del rodillo al
motor
NEMA 17



Encapsulamiento de
Tubería de
silicón



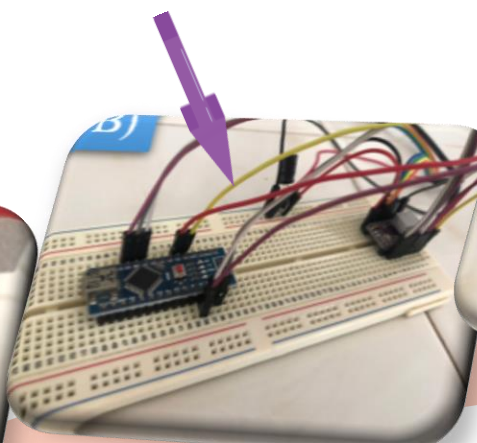
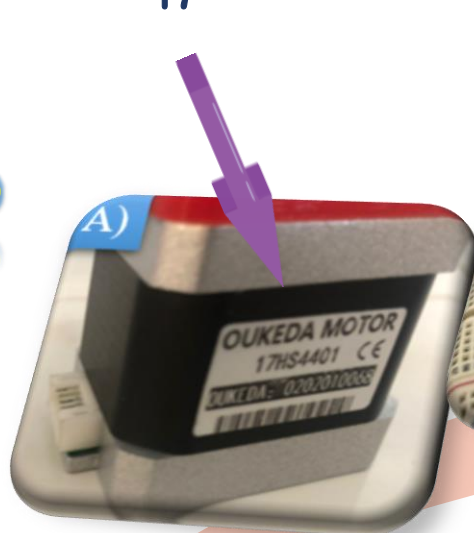
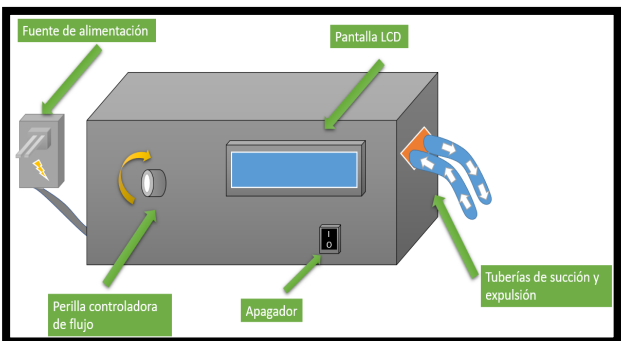
12V a 2A, y 5V el
Arduino Nano

Motor NEMA
17

Arduino Nano y
DRV8825

Display con
Modulo I2C

Montaje eléctrico



Microcontrolador
y Driver



Fuente de
poder



Encapsulado

Código fuente

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
#define dirPin 2
#define stepPin 3
#define stepsPerRevolution 200
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("FLUX CONTROL");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("PUMP ");

  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
}
```

```
void loop() {
  int sensorReading = analogRead(A0);
  int motorSpeed = map(sensorReading, 0, 1023, 0, 1000);
  digitalWrite(dirPin, LOW);
  for (int i = 0; i < 1; i++) {
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delay(motorSpeed);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delay(motorSpeed);

    lcd.display();

    float FLUX = sensorReading * (1000.0 / 1023.0);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Flux:");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(30000 * (2.5717 / FLUX));
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("uL/m");
  }
}
```

Cálculo De Flujo

ejercicio de flujo

$$\text{Distancia de impulsión} = \frac{\pi * \text{Diámetro}}{4} = \frac{\pi(28 \text{ mm})}{4} = 7\pi \text{ mm}$$

$$A = \pi \left(\frac{3.75 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 11.0447 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{Por paso}} = \frac{242.8848 \text{ mm}^3}{50 \text{ pasos}} = 4.8577 \text{ mm}^3 / \text{paso}$$

$$V = A * \text{Distancia de impulsión} = (11.0447 \text{ mm}^2)(7\pi \text{ mm}) = 242.8848 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{Por paso}} = \frac{242.8848 \text{ mm}^3}{50 \text{ pasos}} = 4.8577 \text{ mm}^3 / \text{paso}$$

Estimación de flujo real por paso

$$\text{Porcentaje de impulsión por paso} = \frac{36}{68} = \frac{9}{17} \% = 52.9412 \%$$

$$V \text{ por paso estimado} = (4.8577 \mu\text{L}) \frac{9}{17} \% = 2.5717 \mu\text{L}$$

Conversión de lectura del potenciómetro al valor de flujo del Display

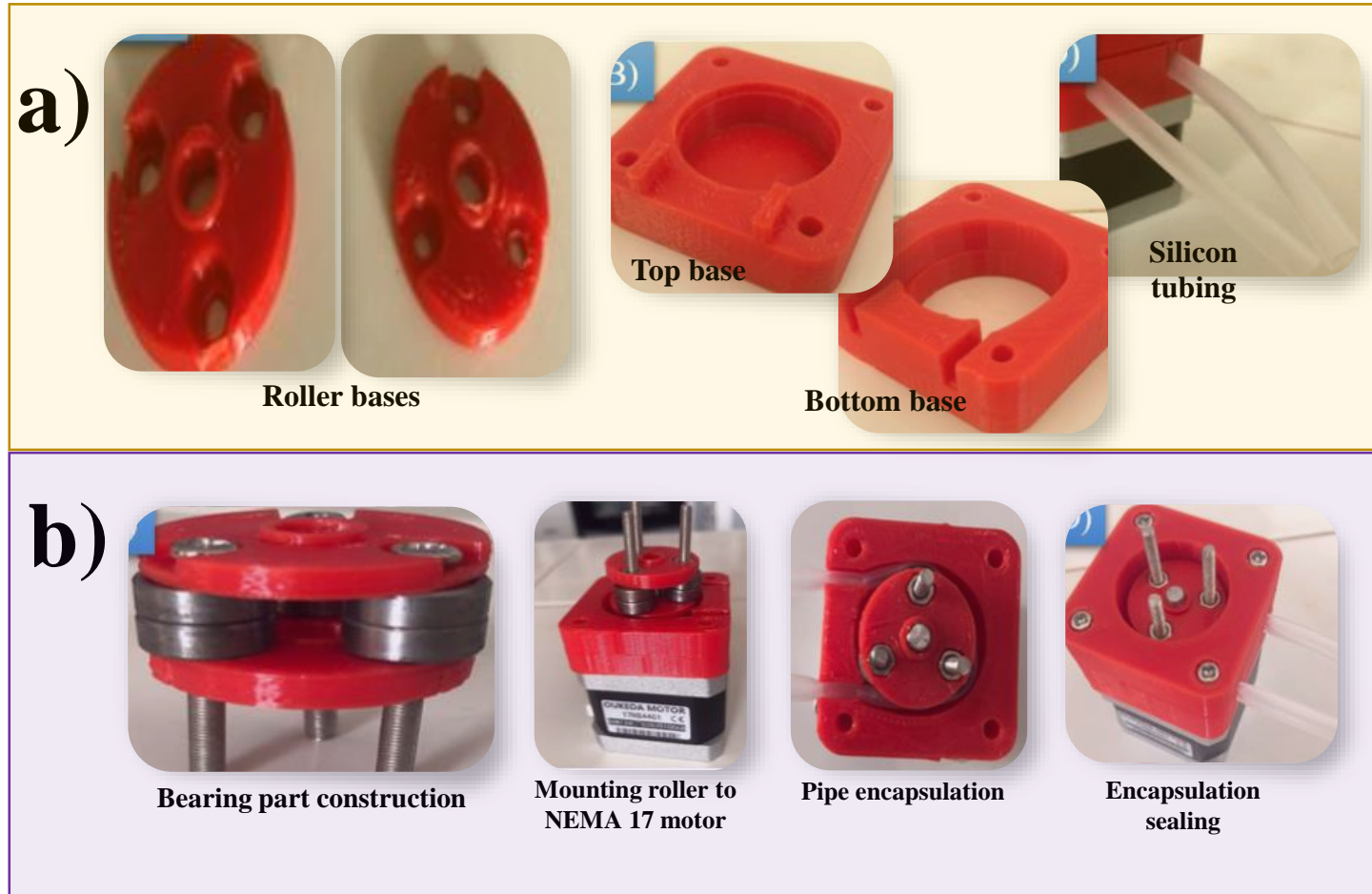
$$T_{\text{paso/s}} = \frac{2\text{Delay}}{1000}$$

$$\text{Pasos}_{/\text{min}} = \frac{60}{\frac{2\text{Delay}}{1000}} = 30000/\text{Delay}$$

$$\text{Flujo} = 30000 \frac{V_{\text{Por paso}}}{\text{Delay}}$$

Resultados

Impresiones de filamento termoplástico y Construcción de la bomba

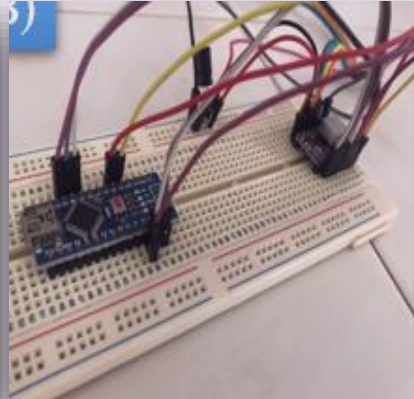


a) Impresión de piezas en 3D para encapsulado de la tubería y b) Proceso de montaje del encapsulado para la tubería

Control de la bomba



NEMA 17 motor
200 step stepper



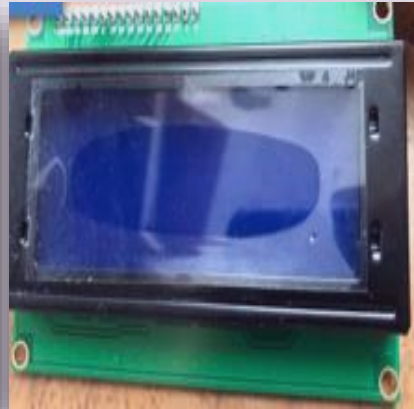
Arduino Nano and
DRV8825 controller



Pump power system



10KΩ potentiometer



LCD screen

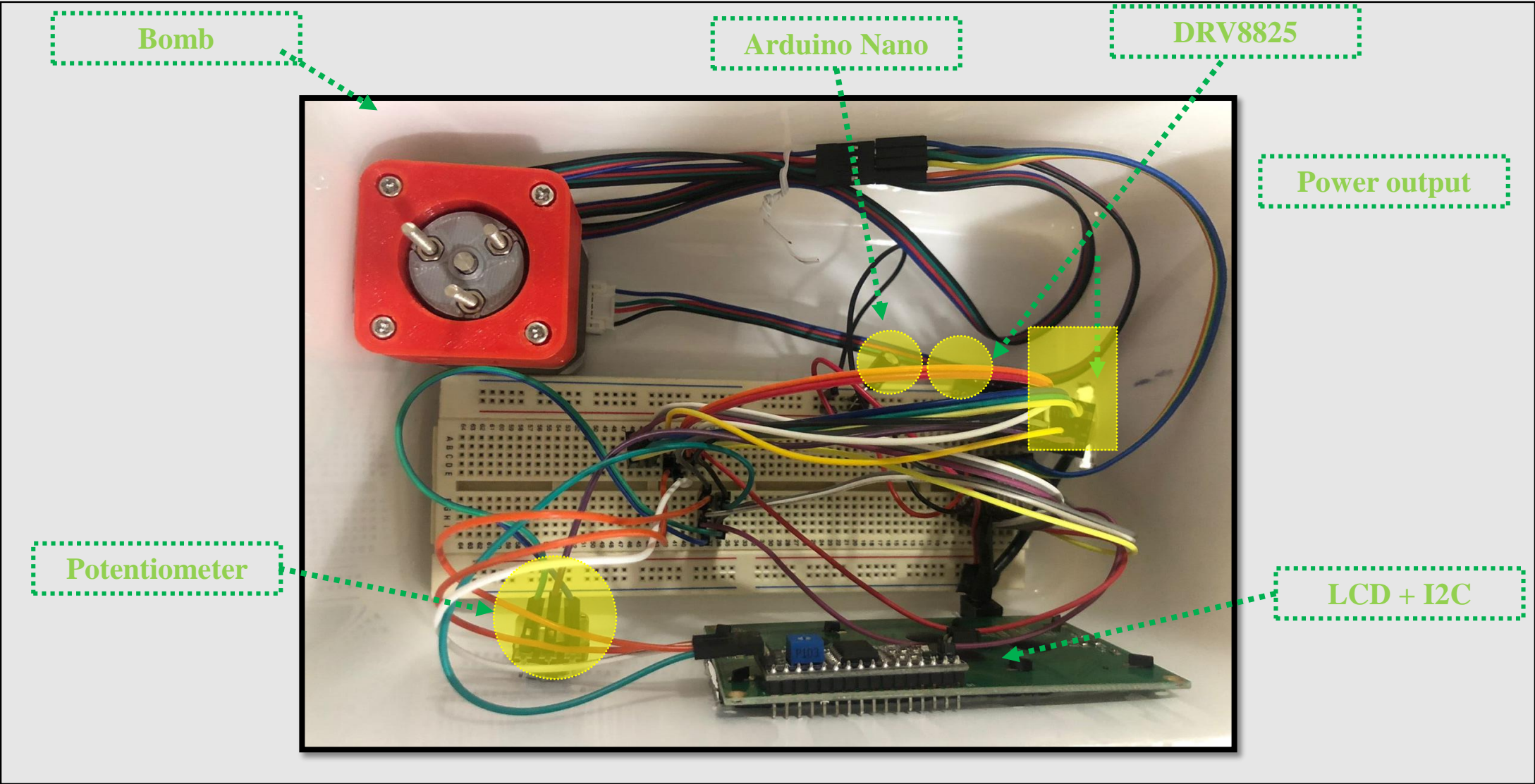


I2C module

Componentes electrónicos

Instalación de componentes internos

Instalación de componentes internos



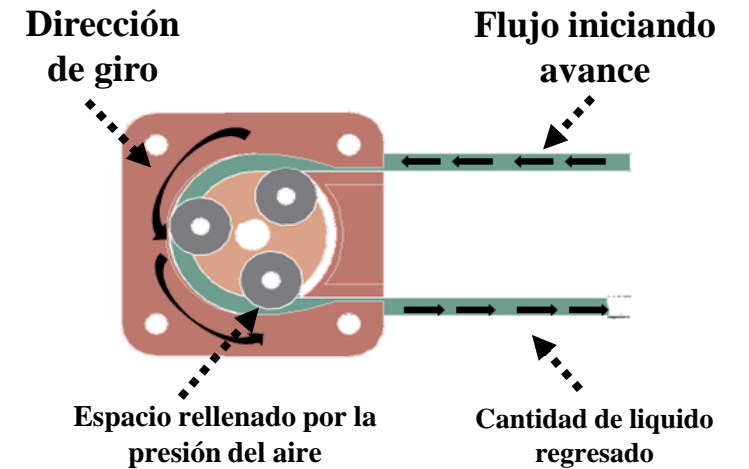
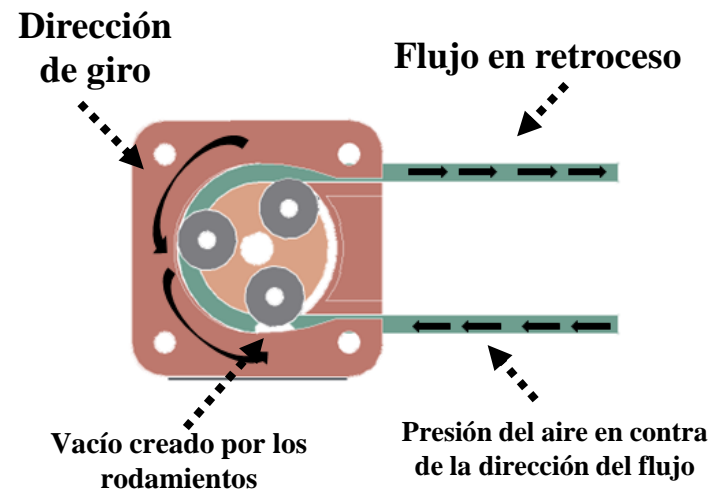
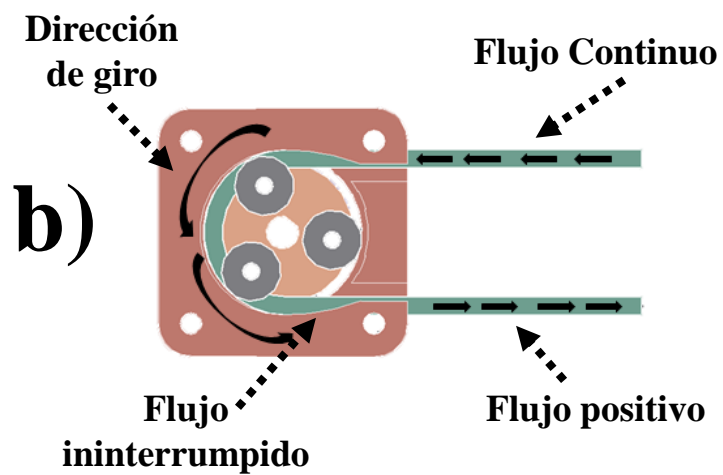
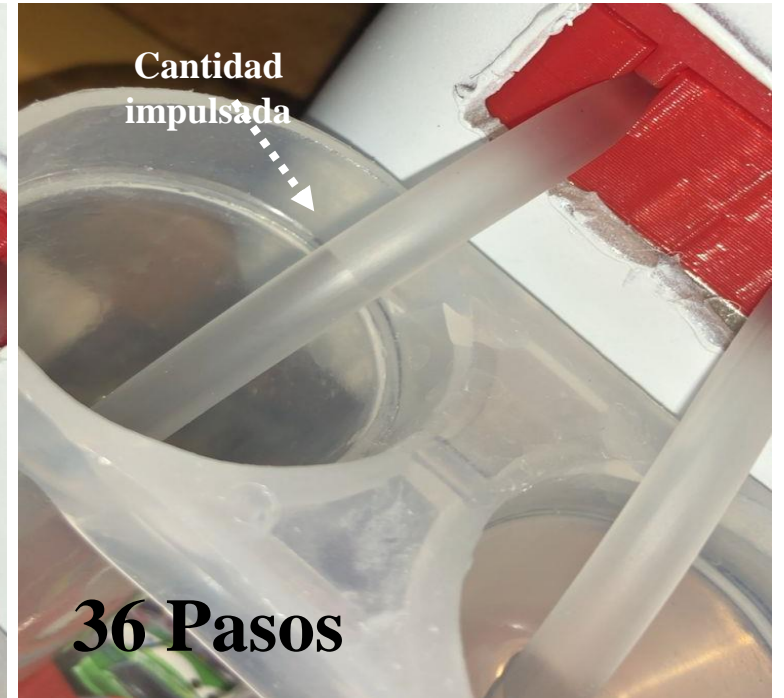
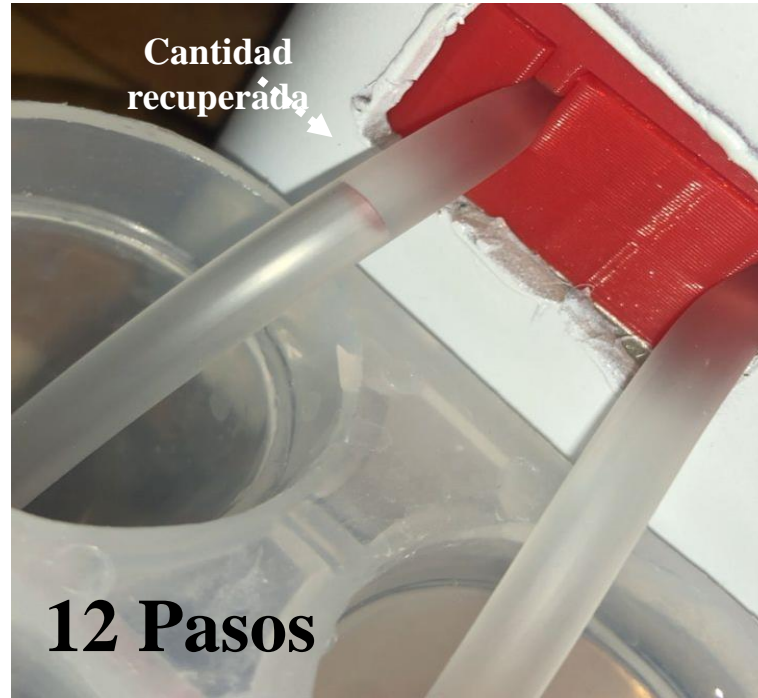
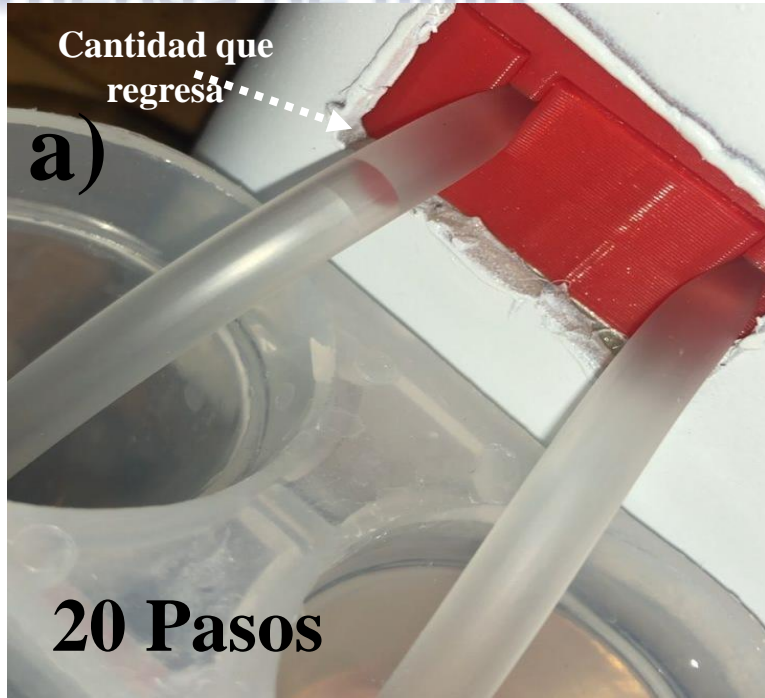
Ordenamiento interno de los componentes

Interfaz de usuario

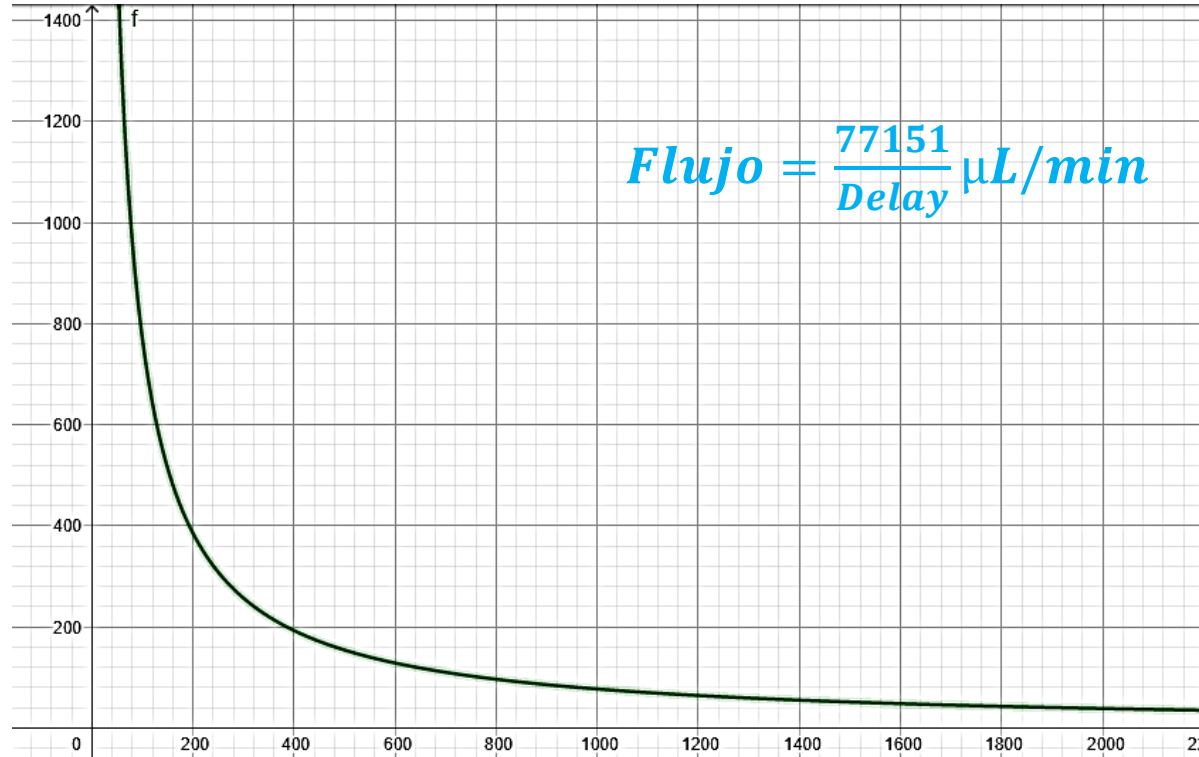


Montaje de componentes externos en el contenedor

Pruebas de flujo



Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables



Grafica del flujo en función del Delay del potenciómetro

Eficiencia de la bomba



Prototipo final

Conclusiones

El diseño realizado fue una alternativa económica y eficiente para la sustitución de bombas de infusión de jeringa, siendo tan solo una sexta parte de una convencional. Su operación completamente autónoma la hace ideal para la operación en largos periodos de trabajo sin necesidad de cambio del contenedor del fluido a impulsar, y presenta una opción para la incorporación en sistemas de generación de energía a base de Urea en un futuro. El código implementado en el microcontrolador permite el cambio de rangos de 2.5 a 200 $\mu\text{L}/\text{min}$, a ordene mayores de los cientos de microlitros, teniendo un rango mucho mayor de disponibilidad que el que puede ofrecer el potenciómetro. La mayor contribución del trabajo se presenta en la alta precisión del volumen desplazado por paso, que es completamente constante en cada fase de impulsión, lo que fue resultado de múltiples combinaciones de orden de decimas de milímetro entre los espacios de la tubería y las paredes contenedoras de la misma.

Referencias

[1] B.Selma Mohammed; David A Fields; Bettina Mittendorfer; Andrew R Coggan; Samuel Klein (2004). Are peristaltic pumps as reliable as syringe pumps for metabolic research? assessment of accuracy, precision, and metabolic kinetics. , 53(7), 0–878.

<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.02.008>

[2] Anber Saleem a,b , Salman Akhtar c , Fahad M. Alharbi d , S. Nadeem c , Mehdi Ghalambaz e,f,* , Alibek Issakhov. (2020). Physical aspects of peristaltic flow of hybrid nano fluid inside a curved tube having ciliated wall. Results in Physics. Volume 19

<https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.103431>

[3] Esser, Falk; Masselter, Tom; Speck, Thomas (2019). Silent Pumpers: A Comparative Topical Overview of the Peristaltic Pumping Principle in Living Nature, Engineering, and Biomimetics. Advanced Intelligent Systems.

[doi:10.1002/aisy.201900009](https://doi.org/10.1002/aisy.201900009)

[4] Shawn W. Walker; Michael J. Shelley (2010). Shape optimization of peristaltic pumping. 229(4), 1260–1291.

[doi:10.1016/j.jcp.2009.10.030](https://doi.org/10.1016/j.jcp.2009.10.030)

[5] Behrens, M. R., Fuller, H. C., Swist, E. R., Wu, J., Islam, M. M., Long, Z., ... Steward, R. (2020). Open-source, 3D-printed Peristaltic Pumps for Small Volume Point-of-Care Liquid Handling. Scientific Reports, 10(1). [doi:10.1038/s41598-020-58246-6](https://doi.org/10.1038/s41598-020-58246-6)

[6] Park, Jungyul; Kim, Il Chaek; Baek, Jeongeun; Cha, Misun; Kim, Jinseok; Park, Sukho; Lee, Junghoon; Kim, Byungkyu (2007). Micro pumping with cardiomyocyte–polymer hybrid. Lab on a Chip, 7(10), 1367

[doi:10.1039/b703900j](https://doi.org/10.1039/b703900j)

[6] Nadeem, S.; Shahzadi, Iqra (2015). Mathematical Analysis for Peristaltic Flow of Two Phase Nanofluid in a Curved Channel. Communications in Theoretical Physics, 64(5), 547–554.

[doi:10.1088/0253-6102/64/5/547](https://doi.org/10.1088/0253-6102/64/5/547)

[7] Nguyen, Nam-Trung; Huang, Xiaoyang; Chuan, Toh Kok (2002). MEMS-Micropumps: A Review. Journal of Fluids Engineering, 124(2), 384.

<https://doi.org/10.1115/1.1459075>

[8] Judy, J.W.; Tamagawa, T.; Polla, D.L. (1991). [IEEE IEEE Micro Electro Mechanical Systems - Nara, Japan (30 Jan.-2 Feb. 1991)] [1991] Proceedings. IEEE Micro Electro Mechanical Systems - Surface-machined micromechanical membrane pump, 182–186.

[DOI: 10.1109/MEMSYS.1991.114792](https://doi.org/10.1109/MEMSYS.1991.114792)



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)