

## **PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS “DICALMET”**

**Autores:** Cerón Interian, Uriel Antonio; Moreno Caraveo, Jesús

**Correo electrónico:** [urielceron@cbtis253.edu.mx](mailto:urielceron@cbtis253.edu.mx); [jesuscaraveo@cbtis253.edu.mx](mailto:jesuscaraveo@cbtis253.edu.mx)

**Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 253.**

*Palabras clave:* prototipo didáctico, cálculos estequiométricos, química, programación.

### **Resumen**

Es importante seguir reforzando los aprendizajes con prácticas que habiliten la correlación del saber conocer, el saber ser, el saber hacer y el saber convivir, tomando en cuenta el contexto actual de la pandemia por COVID-19, con prácticas que pueden ser a distancia. Por experiencia se conoce que la falta de disponibilidad de un laboratorio de Química, aunado a la escasez de equipo y material de laboratorio para ejecutar las prácticas establecidas en el programa de estudios, puede repercutir en los aprendizajes esperados. Por otra parte, la desarticulación de los proyectos encargados por los profesores en las diversas asignaturas conlleva una sobrecarga de actividades para los alumnos. En consonancia con lo anterior, se elaboró un proyecto didáctico llamado “DISCALMET”, con el objetivo de ser replicado por el estudiante de la carrera técnica de “Programación” de sexto semestre y utilizado por los alumnos de la asignatura de “Química II”. DISCALMET es un proyecto didáctico el cual apoya la automatización de los cálculos estequiométricos; éste prototipo realiza cálculos previamente cargados en la tarjeta electrónica, y puede determinar la masa, los moles y el número de partículas de los elementos de la tabla periódica, así como desplegar los resultados en una pantalla LCD para su posterior análisis por parte tanto de profesores como alumnos.

### **Introducción**

El Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 253, cuenta con cuatro carreras técnicas: Administración de recursos humanos, Preparación de alimentos y bebidas, Programación, y Laboratorista clínico. Con base en la estructura curricular del Bachillerato, se conoce que, durante el segundo semestre de las carreras técnicas, se imparte el componente de formación básica de Química II (SEP-SEMS, 2017, p. 9). Por

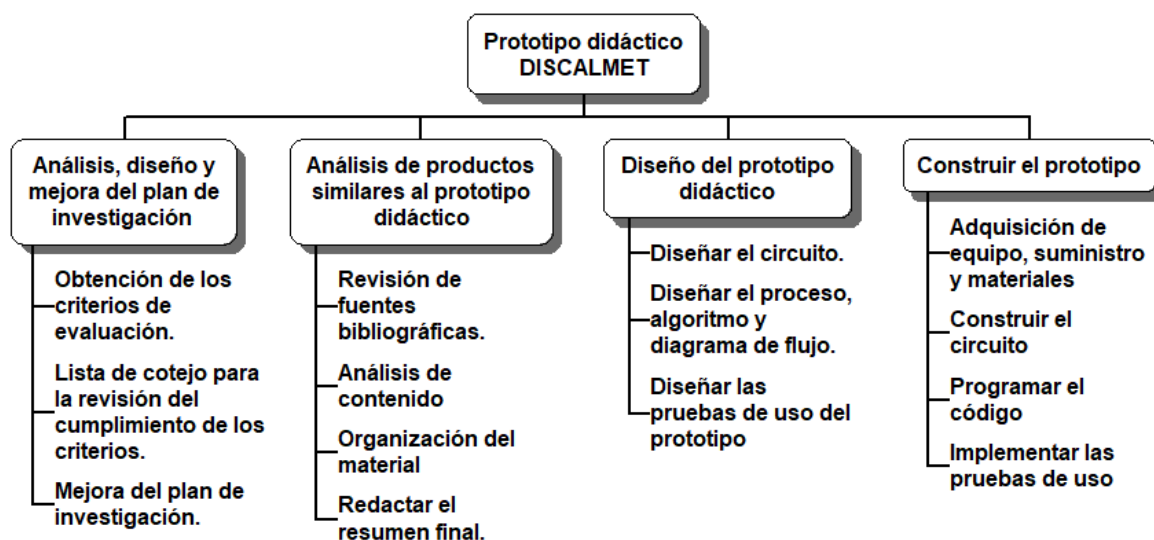
experiencia, uno de los temas difíciles de comprender por los estudiantes, son los cálculos estequiométricos — que involucran las distintas operaciones matemáticas y algebraicas que permiten calcular la cantidad de una sustancia que reacciona o se produce en una determinada reacción química —, cabe resaltar que, para facilitar la comprensión de este tema, se requiere de la experimentación y práctica, lo cual en ocasiones resulta repetitivo y poco interesante para los estudiantes. Debido a la pandemia, las actividades actualmente se realizan en casa, lo que implica la falta de disponibilidad de equipo y/o material de laboratorio que permita ejecutar las prácticas establecidas en el programa de estudios.

Una propuesta de solución a la problemática anterior, es el uso de software de simuladores virtuales de pruebas experimentales de Química que se encuentran disponibles a través de internet (Hurtado, 2016), por lo que se ha identificado un amplio número de simuladores. Sin embargo, a la fecha, son escasos los trabajos de proyectos que han sido contruidos para automatizar los cálculos estequiométricos mediante el uso de la electrónica y la programación que permitan al estudiante obtener una mejor experiencia de la actividad con el mundo físico. En consonancia con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación, *¿de qué forma se puede desarrollar un proyecto didáctico para automatizar los cálculos estequiométricos que permita la cohesión entre la carrera técnica de Programación y la asignatura de Química II?*; planteando la siguiente hipótesis, es posible desarrollar un proyecto didáctico mediante el uso de una tarjeta electrónica basada en un microcontrolador y un transmisor de celda de carga, que mediante un programa automatice los cálculos estequiométricos. El objetivo es desarrollar un prototipo didáctico para automatizar los cálculos estequiométricos.

### **Metodología**

Para llevar a cabo el prototipo didáctico, primero se realizó una estructura de desglose del trabajo (EDT) orientada a procesos (figura 1), esta estructura consistió en el análisis, diseño, y construcción del prototipo didáctico. Con base en el Diccionario de la Real

Academia Española (RAE), un prototipo es un “ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa” (RAE, 2019). Por lo tanto, un prototipo didáctico es un primer modelo para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.



**Figura 1. Estructura de desglose de trabajo por proceso**

Para la construcción del prototipo didáctico, se emplearon diversos materiales (cuadro 1), entre ellos, una tarjeta electrónica *Arduino® Uno Rev3* (Arduino AG, 2018), el cual, es un componente clave del prototipo, se trata de una tarjeta de desarrollo que utiliza un microcontrolador llamado ATmega328P, un microchip que permite la programación y ejecución de instrucciones basadas en el lenguaje de programación C y C++ (Microchip Technology, 2018). Además se empleó una celda de carga modelo HX711 del fabricante *Avia Semiconductor®* (AVIA Semiconductor, 2012)(Naylamp Mechatronics, 2016), la celda actúa como un convertidor analógico-digital de precisión utilizado para armar una báscula digital, el cual permitió calcular el peso de las sustancias químicas. A efecto de mostrar los resultados de los cálculos se integró una pantalla LCD, con botones de control (arriba, abajo, izquierda, derecha, seleccionar, y reinicio del programa).

**Cuadro 1. Lista de materiales con costo.**

#	Material	U.M.	Costo
1	Placa electrónica con microcontrolador Atmega	1 Pza	\$ 450.00
2	Celda de carga HX711	1 Pza	\$ 270.00
3	Pantalla LCD 2 x 16	1 Pza	\$ 300.00
4	Matraz de laboratorio Erlenmeyer 250 ml	1 Pza.	\$ 150.00
5	Bateria de respaldo 5v 4000 mA	1 Pza	\$ 180.00
6	Soporte de cristal reciclado	1 Pza	\$ 150.00
7	Cable USB 2.0 tipo A a B	1 Pza	\$ 150.00
8	Juego de cables puente	1 Pza	\$ 80.00
9	Base de madera de 12 x 9 cm	1 Pza	\$ 30.00
Total			\$ 1,760.00

Para entender lo que se realiza al momento de llevar a cabo las conversiones de unidades químicas, el alumno debe conocer el principio de la Ley de la conservación de la materia, la cual establece que “cuando ocurre un cambio químico el peso de las sustancias iniciales debe ser el mismo que el de los productos obtenidos” (Mayoral, E. & Guerra, F., 2014); estos cambios químicos, —conocidos también como reacciones químicas—, se representan mediante ecuaciones las cuales deben estar balanceadas, es decir, el número de átomos en los reactivos debe ser igual al número de átomos en los productos para un mismo elemento, lo cual se interpreta como ecuación balanceada. Además, se conoce que, en una reacción química participan partículas muy pequeñas como lo son átomos, moléculas, iones, etc., las cuales deben ser calculadas, motivo por el cual deben expresarse en unidades químicas, dado que no existe un dispositivo manual y al alcance del alumno para obtener dichas magnitudes.

De acuerdo con Benson, S. (2005), “Es prescindible que el alumno pueda obtener metodológicamente las unidades químicas: masa atómica, masa molecular, masa molar y volumen molar” de forma manual y en algunas veces acarrea errores por factores como el tiempo, la habilidad y el aprendizaje de obtenido. A partir de la masa de una sustancia, dada en gramos y que se puede medir con una báscula digital, se puede expresar dicha

cantidad en cualquiera de las unidades químicas mencionadas anteriormente para realizar los cálculos correspondientes, siempre y cuando se conozca la masa molar de la sustancia en cuestión y el No. de Avogadro para poder expresar los valores en cualquiera de las unidades requeridas. Para el desarrollo del programa que permita automatizar los cálculos estequiométricos, se elaboró un diagrama de flujo (figura 2).

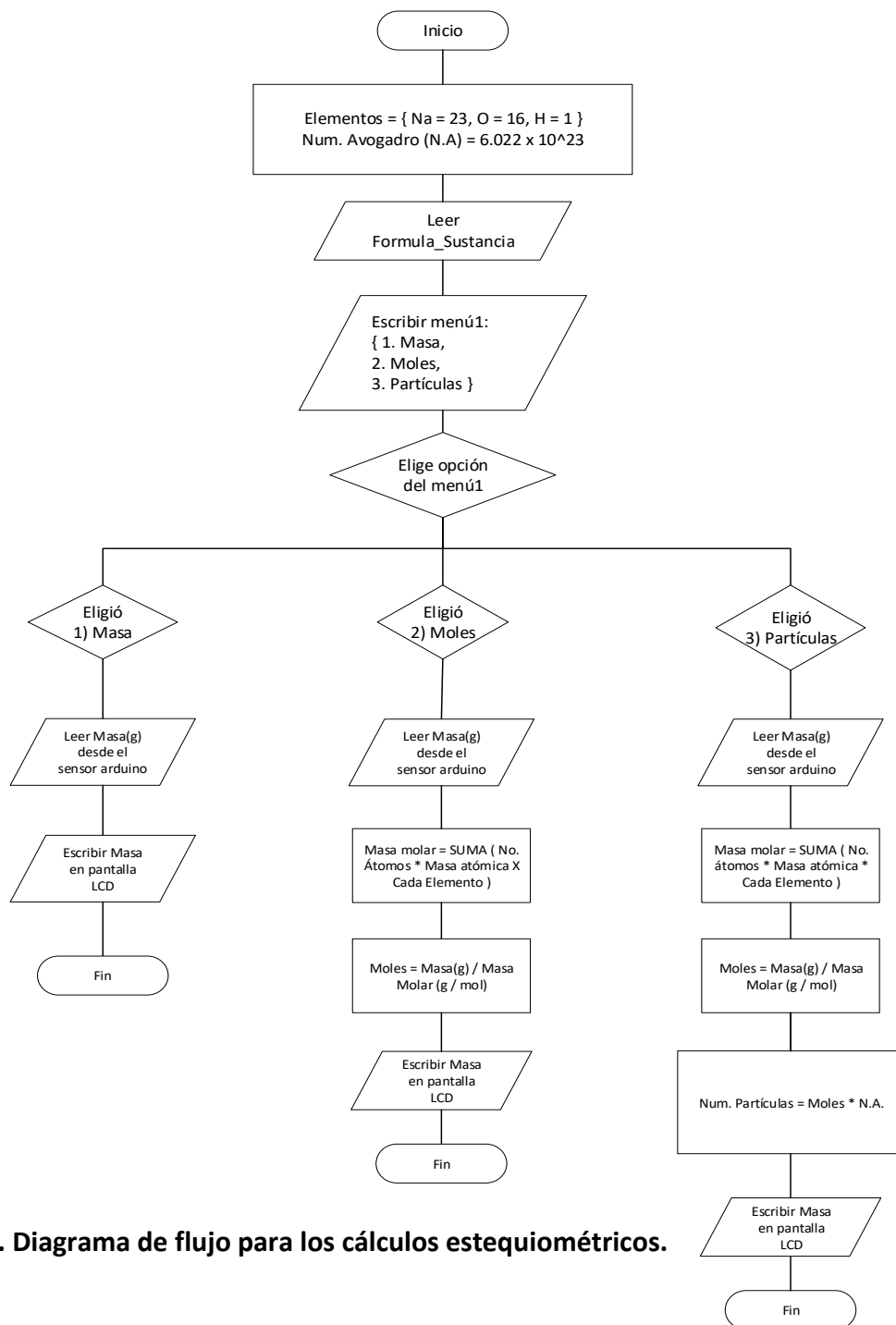


Figura 2. Diagrama de flujo para los cálculos estequiométricos.

## Resultados

La figura 3 y 4 representan una vista aérea del prototipo didáctico construido.

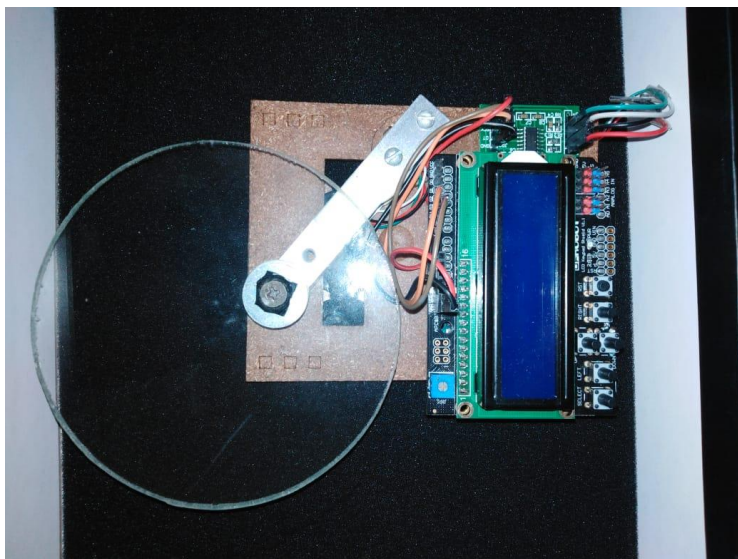


Figura 3. Proyecto didáctico DISCALMET (vista horizontal)

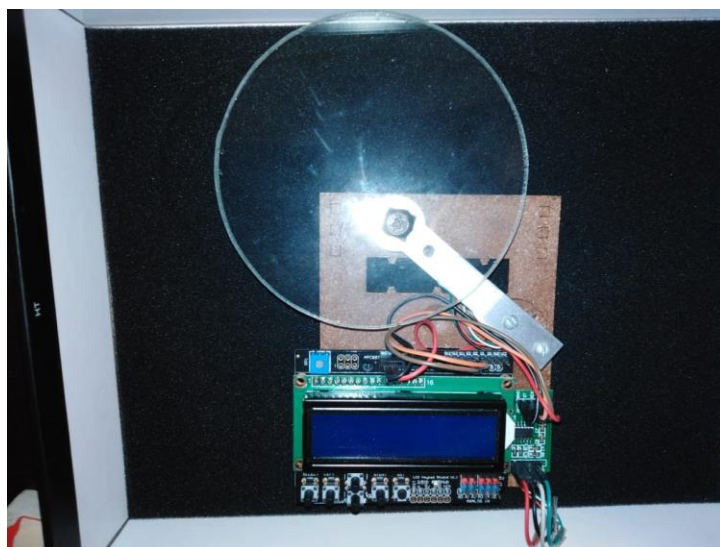


Figura 4. Proyecto didáctico DISCALMET (vista vertical)

El siguiente ejemplo (figura 5), fue realizado para mostrar la funcionalidad del prototipo didáctico a través de la formula  $\text{NaCl}$ .

sketch\_jan16a.ino

ReadMe.adoc

```
1 ▾ /*  
2   Prototipo didáctico: DISCALMET  
3     >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>  
4   EJEMPLO 1: Dado la formula NaCl. Determine:  
5     a) Cuántos moles de NaCl se encuentran en una muestra que se encontró en el laboratorio:  
6       Desarrollo:  
7         Paso 1) Hallar la masa molar del NaCl  
8           Solución: Na 22.989 g/mol + Cl 35.453 g/mol = 58.433 g/mol  
9         Paso 2) Pesar la muestra de la sustancia NaCl.  
10          Solución: 100 gramos  
11        Paso 3) Convertir los gramos obtenidos en el paso 2 utilizando como factor de conversión  
12          la masa molar.  
13          Solución: 100 g / 58.433 g/mol = 1.71 moles  
14        Paso 4) Convertir de moles a moléculas, utilizando como factor de conversión  
15          la constante de Avogadro ( $L$ ) =  $6.022 \times 10^{23}$  mol  
16          Solución: 1.711 moles x  $6.022 \times 10^{23}$  =  $1.0303642 \times 10^{24}$  moléculas  
17
```

**Figura 5. Ejemplo 1. Cálculo de unidades químicas para una muestra de NaCl.**

Desde los controles de dirección, se seleccionó la opción de *nueva fórmula* y se envió la fórmula desde el teclado de la computadora (figura 6).



**Figura 6. Enviar la fórmula desde la computadora.**

Se guardó en memoria la fórmula, y mediante el control de dirección, se movió el cursor a la opción de masa molar, mostrándose el resultado en pantalla (figura 7).

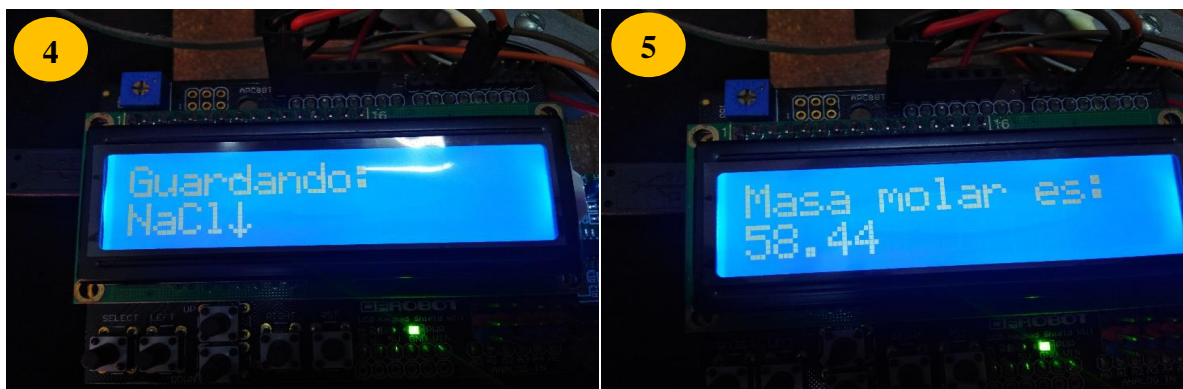


Figura 7. Calculando la masa molar

Se restó el peso del vidrio —usado como soporte de los objetos a medir— para establecer el peso a 0 gramos. Posteriormente mediante la opción de *peso en gramos*, se procedió a calcular el peso en gramos de la sustancia (figura 8), guardando el peso a 100g.

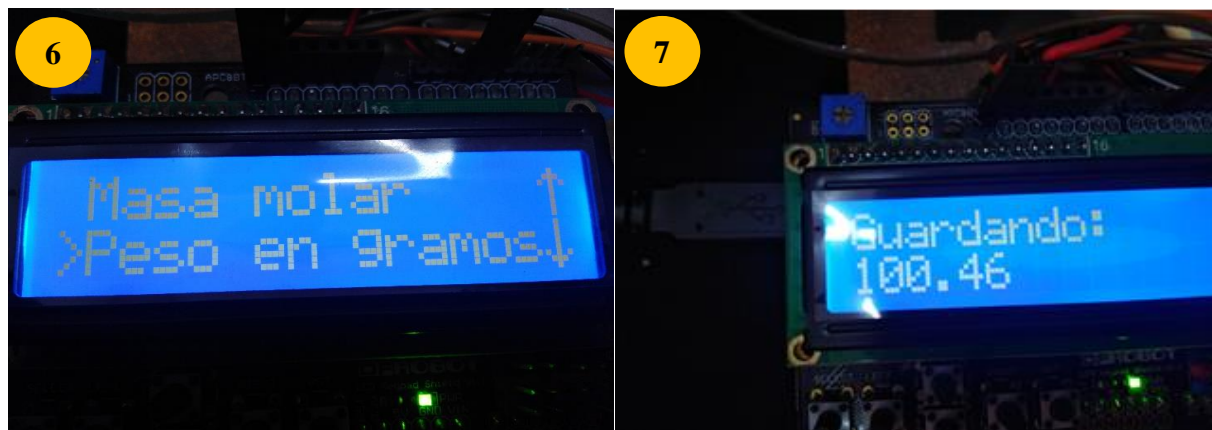


Figura 8. Calculando el peso en gramos de la sustancia.



Se programó una opción para consultar el resumen de los resultados, así como es posible ver de forma independiente cada uno de los cálculos (figura 9). La diferencia en el cálculo de los moles, es por las centésima de gramos.

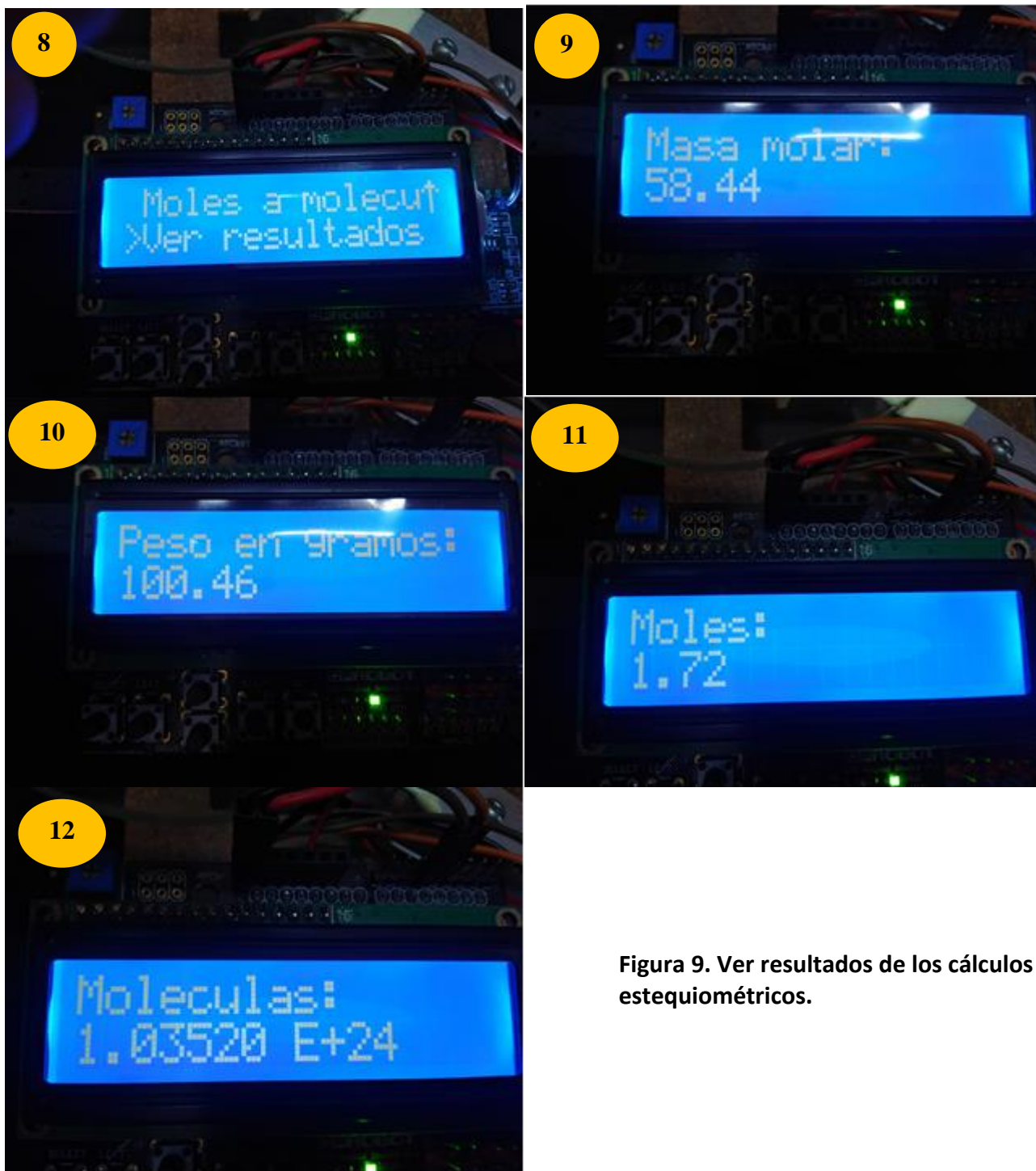


Figura 9. Ver resultados de los cálculos estequiométricos.

El programa utiliza 2 librerías (figura 10) incluidas para el control de la pantalla LCD y para el control del transmisor de la celda de carga.

```

31
32 ▾ /*
33  ** Incluir librerias
34  ****
35  */
36  #include <LiquidCrystal.h> // Libreria del LCD Display
37  #include <HX711_ADC.h>    //Libreria de Olav Kallhovd
38 ▾ /*

```

**Figura 10. Librerías incluidas en el programa.**

La figura 11, líneas 57 a 69, fueron declaradas para contar con un arreglo de 11 elementos de la tabla periódica, utilizado durante la ejecución del programa, cada elemento, está declarado junto con su masa atómica.

```

56 //Variable con los elementos de la tabla periódica
57 ▾ String elementos[rows][columns] = {
58     {"H", "1.0079"},
59     {"Li", "6.941"},
60     {"Be", "9.0122"},
61     {"O", "15.9994"},
62     {"F", "18.9984"},
63     {"Na", "22.9897"},
64     {"Mg", "24.305"},
65     {"Al", "26.9815"},
66     {"Si", "28.0855"},
67     {"Cl", "35.453"},
68     {"K", "39.0983"},
69 };
70
71 //Variable para almacenar el peso en gramos
72 float pesoGramos = 0.0;
73
74 //Variable para almacenar la masa molar
75 float masaMolar = 0.0;
76
77 //Variable para almacenar los Moles
78 float moles = 0.0;
79
80 //Variable para almacenar las moleculas
81 String moleculas;
82
83 // Variables de navegación con los botones
84 int readKey;
85

```

**Figura 11. Declaración de variables (parte 1)**

El programa contiene 1005 líneas de código —considerandos los comentarios—, se presenta la función principal para la búsqueda de los elementos junto con su masa atómica.

```

sketch_DISCALMET_v2 $
//Buscar elementos con base en el array de elementos y la formula
float buscarElementos2(const String elementos[][columns], const String formula){
  float masa = 0.0;  int multi= 0;  String name;  int i2 = 0;
  for (int i = 0; i <= formula.length() - 1; i++) {
    name += formula[i]; //Ejemplo: NaCl -- Na2Cl3 -- H2O
    i2 += 1;
    if (i2 > 1) {
      if (isUpperCase(name.charAt(name.length() - 1))) { // El último caracter es mayuscula? Ejemplo: de H2O -> es 0
        name = name.substring(0, name.length() - 1); //Obtiene la formula con un caracter menos -> Ejemplo: H2
        if (name.length() == 1) { // El tamaño de la formula es 1?
          masa += buscarPesoAtomico(name);
          name = formula[i];
          i2 = 1;
        } else if (isLowerCase(name.charAt(1))) {
          if (name.length() == 2) { //El tamaño de la formula es 2?
            //Serial.println("if == 2: " + name);
            masa += buscarPesoAtomico(name);
            name = formula[i];
            i2 = 1;
          } else {
            multi = name.substring(2).toInt();
            if (multi==0) {
              multi = 1;
            }
            masa += buscarPesoAtomico(name.substring(0, 3)) * multi;
            name = formula[i];
            i2 = 1;
          }
        } else {
          multi = name.substring(1,3).toInt();
          if (multi==0) {
            multi = 1;
          }
          masa += buscarPesoAtomico(name.substring(0, 3)) * multi;
          name = formula[i];
          i2 = 1;
        }
      } } }
    Serial.println(masa);
    return masa;
  }
}

```

**Figura 12. Función para la búsqueda de los elementos y su masa atómica de acuerdo con la tabla periódica.**

Desde las siguientes direcciones de internet, puede observarse el funcionamiento del prototipo didáctico y descargar el programa completo.

1. [https://youtu.be/pu7Wxmv\\_bj4](https://youtu.be/pu7Wxmv_bj4) (perspectiva desde la PC)
2. <https://youtu.be/ZsY1ow2RlY> (perspectiva desde la pantalla de LCD)
3. <http://bit.ly/3nZF9fr> (descargar el código del programa DISCALMET)

## **Resultados**

De acuerdo con el objetivo planteado se comprueba que es posible desarrollar un proyecto didáctico para automatizar los cálculos estequiométricos y comprobar experimentalmente la ley de conservación de la materia mediante el uso de una tarjeta electrónica basada en un microcontrolador ATmega328P y un transmisor de celda de carga HX711.

Algunas limitaciones del producto, son la limitada memoria del *Arduino*® UNO, por lo cual solamente es posible agregar un arreglo de 11 elementos químicos con su respectiva masa atómica, esta limitación puede ser solventada con el uso de otro microcontrolador como el WiFi, para hacer la consulta a una base de datos de todos los elementos químicos a través de servicios web. Otra de las limitaciones es que se requiere estar conectado a la PC para introducir la fórmula, por ejemplo:  $\text{Na}_2\text{Cl}_3$ , que puede ser solventada agregando un microcontrolador con Bluetooth para la introducción de la fórmula mediante un smartphone, así mismo se solventaría la presentación de los resultados, en vez de utilizar una pequeña pantalla LCD, como se ve en el prototipo se podría utilizar la pantalla del smartphone a través de una aplicación móvil. El prototipo puede ser mejorado con la introducción de una carcasa de plástico PCL para la protección de los circuitos.

## **Conclusiones**

Es una experiencia enriquecedora, este proyecto puede ser reproducido por los alumnos, ya que puede planearse como proyecto de práctica para ser programada por los alumnos del sexto semestre de la carrera técnica de Programación y para ser utilizado por los alumnos de la asignatura de Química II.

## Bibliografía

1. Arduino AG. (2018). *ARDUINO UNO REV3*. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
2. AVIA Semiconductor. (2012). *HX711-24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*. [http://www.aviaic.com/Download/hx711F\\_EN.pdf.pdf](http://www.aviaic.com/Download/hx711F_EN.pdf.pdf)
3. Benson, S. (2005). Cálculos químicos. Una introducción al uso de las matemáticas en la química. México: LUMUSA WILEY.
4. Hurtado Fernandez, S. (2016). *Ley de Lavoisier*. Laboratorio Virtual. <http://labovirtual.blogspot.com/2016/07/ley-de-lavoisier.html>
5. Mayoral, E. & Guerra, F. (2014). Química II. México: SANTILLANA.
6. Microchip Technology. (2018). *ATmega328P*.
7. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P>
8. Naylamp Mechatronics. (2016). *Tutorial transmisor de celda de carga HX711, Balanza Digital*. [https://naylampmechatronics.com/blog/25\\_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-ba.html](https://naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-ba.html)
9. RAE. (2019). *Definición de prototipo de la Real Academia Española*. <https://dle.rae.es/?id=UTAcBkl>
10. SEP-SEMS. (2017). *Programa de Estudios de la Carrera Técnica de Programación. Acuerdo 653. SEP*.