Construcción de un detector eléctrico de glucosa

Angela Castillo, Sergio Gutiérrez, Juan Pablo Hoyos, Stephannie Jimenez, and María Alejandra Villota
(Dated: Marzo 2017)

En el presente informe se presenta el proceso a llevar cabo para el diseño y fabricación de un dispositivo con una serie de requerimientos. Este consiste en construir un dispositivo que contenga la enzima *glucosa oxidasa* y tenga una respuesta positiva a pruebas de resistencia mecánica, térmica y conductividad eléctrica. En el presente documento se expondrán los materiales a usar, las pruebas que se realizarán para confirmar el uso de estos materiales, y finalmente un cronograma detallado de los procesos que se llevarán a cabo para cumplir satisfactoriamente con los objetivos propuestos para el proyecto.

Palabras clave: Glucosa Oxidasa, Materiales, Diseño de Dispositivos.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño y fabricación de dispositivos con requerimientos y funcionalidad específica ha sido de gran importancia a través de la historia debido a los avances que ha permitido revolucionar la industria en todos los campos. Teniendo en cuenta esto, escoger los materiales óptimos para el dispositivo y su correcta manufactura es de vital importancia para crear un buen dispositivo.

El cobre es un metal oro rojizo, comúnmente usado en sistemas de cables. Desde la antigüedad, el cobre ha servido como un material para realizar aleaciones. Actualmente, el cobre se usa en equipos eléctricos, ya que es un buen conductor tanto calor como electricidad. También se usa en construcción, maquinaria industrial y algunas variedades de cobre, se usan en la industria agrícola. En adición, se ha descubierto que la cantidad necesaria de cobre para una persona adulta es de alrededor de 1.2 miligramos por día, ya que esto ayuda a las enzimas a transferir energía a las células. En este caso, a pesar de la gran variedad de aplicaciones que tiene el cobre, será usado como elemento conductor. [8]

Por otro lado, las espumas de carbono han sido usadas en aplicaciones estructurales y de aislamiento, en ingeniería aeroespacial, energía de almacenamiento, y en conservación de temperatura a un mismo nivel. Las espumas de carbono son estructuras ligeras tridimesionales de redes, que permiten regular su temperatura y conductividad. [12] En contra parte, la arcilla es una material que constituye la gran parte de suelos y sedimentos. Estas estructuras son el producto de una meteorización de los silicatos que se hidrolizan. Además, los granos de arcilla se encuentran en distintos tamaños que empiezan desde rangos menores a 2 μm pero no superan este diámetro. [13] En este caso, se usarán como aislante térmico.

Los polímeros de PVC (cloruro de polivinilo) y PMMA (polimetilmetacrilato) son polímeros termoplasticos que son ampliamente usados en la industria debido a sus propiedades. En general, funcionan como aislantes térmicos y eléctricos. Son altamente flexibles, debido a que se pueden obtener con facilidad en el mercado. Por esta razón, se pueden conseguir de varias formas, tamaños que dependen de la aplicación deseada [2, 11].

El objetivo del presente artículo es diseñar un dispositivo capaz de detectar la presencia de glucosa mediante un ensayo enzimático con *glucosa oxidasa*. Para realizar este proyecto, se plantea hacer uso de materiales como cobre, carbono y arcilla, poliuretano, polimetilmetacrilato y cloruro de polivinilo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El dispositivo que se elaborará tiene que cumplir con una serie de requerimientos. Primero deberá conducir una corriente menor a 50mA con una fuente eléctrica de 5V. Segundo, se le harán pruebas de resistencia mecánica y eléctrica las cuales debe aprobar exitosamente. Finalmente, el dispositivo tendrá un reservorio que aislará 5mL de la enzima *glucosa oxidasa* para realizar un ensayo de actividad enzimática.

Para determinar la forma en la que se pretende desarrollar el dispositivo es necesario realizar una descripción de los elementos a utilizar. Se planea usar el cobre como material conductor, esponja de carbono y arcilla como aislante térmico [1, 2], PVC como material resistente a deformaciones mecánicas y resinas de poliuretano como material para el reservorio de la enzima. Cada uno de estos materiales será discutido detalladamente en la sección de materiales.

Por lo tanto, el fin de este proyecto es lograr realizar un dispositivo que al ser sometido a pruebas específicas mantenga su estructura sin algún cambio negativo. Dentro de este, estará contenida la enzima *glucosa oxidasa* que estará en contacto con un material electro-conductivo. De esta manera, se podrá evaluar la actividad enzimática por diferencias de voltaje. A su vez, el mecanismo estará soportando pruebas mecánicas y térmicas sin que sufra un cambio físico, o un cambio en su funcionalidad. Por último, la enzima que está contenida en el dispositivo que no debe resultar degradada por las altas temperaturas o corrientes eléctricas.

III. MATERIALES PROPUESTOS

A continuación se resaltarán las características físicas y químicas de los materiales escogidos para realizar el

dispositivo propuesto en la sección anterior.

A. Cobre

El cobre es un metal no ferroso que se obtiene a partir de sulfuros minerales y minerales oxidados. Una de sus propiedades características es su alta conductividad eléctrica. Se ha encontrado que tiene una baja resistencia, alrededor de $16{,}78n\Omega m$ por lo cual permite conducir efectivamente la electricidad [9, 10]. Por está razón se cree conveniente utilizar este material como conductor en el dispositivo planeado. A su vez, este es un material que se puede adquirir fácilmente en el mercado.

B. Cloruro de Polivinilo (PVC)

Es una resina creada a partir del monómero vinil cloruro. Es uno de los plásticos más versátiles y es termoplastica. Las características principales del PVC es que es ligero, inerte, no propaga la llama en presencia de fuego e impermeable. Adicionalmente, se puede utilizar como un aislante térmico, eléctrico y acústico [11]. Por estas razones, se plantea el uso de este material como un aislante térmico.

C. Esponja de carbono y arcilla

Se usará una esponja de carbono, reforzada con arcilla como un material que sea aislante térmico. La arcilla es un cerámico que tiene una conductividad térmica de unos $0{,}46\frac{W}{m\cdot K}$ [1]. Por otro lado, las espumas de carbono, son estructuras tridimensionales que toleran altas temperaturas y son ajustables sus propiedades tanto térmicas como eléctricas [5]. En 2006, Wang usa espuma de carbono reforzada con arcilla como un aislante térmico. Las propiedades mecánicas de la espuma fueron mejoradas mientras que la conductividad del dispositivo decreció notoriamente. [6] De esta forma, se propone realizar una espuma de carbono, calentando pan a altas temperaturas. Esto se realizará hasta obtener un color negro en el pan. Lo anterior funcionará como la espuma de carbono, debido a los principales componentes del pan, ya que tiene compuestos como lo son el almidón que contiene gran cantidad de carbonos en sus estructura molecular. [7] Por otro lado, la arcilla se añadirá a la estructura de carbonos, recubriendo el tubo de espuma de carbono, en la medida en el que se necesite mayor disminución de temperatura.

D. Resina de Poliuretano

Se empleará la resina de poliuretano para construir un reservorio para inmovilizar la enzima. El poliuretano es un polímero compuesto por monómeros de uretano. Este material tiene grandes aplicaciones debido a sus propiedades. Una de ellas es que este es un gran aislante térmico pues soporta hasta $250°C$ [4]. Por otra parte, las resinas de poliuretano son polímeros que se obtienen a partir de enlaces entre uretanos y poliesteres. A partir de esto se pueden obtener 3 tipos de resinas, rígidas, elásticas o en espuma [5].

E. Polimetilmetacrilato (PMMA)

la motivación para utilizar Polimetilmetacrilato también conocido como acrílico o PMMA viene dada su resistencia a ser quebrado y su bajo peso. Tiene una densidad de $\rho = 1{,}2\frac{g}{cm^3}$ el cual es menos de la mitad de la densidad del agua y tiene un mejor resistencia al impacto que el vidrio y el poliestireno [2]. Se plantea el uso de este material debido a que se quiere tener la mayor resistencia a esfuerzos aplicados y el material más ligero posible.

IV. METODOLOGÍA

Esta sección permite informar sobre la fabricación del detector eléctrico de glucosa y las pruebas que permitirán definir si cumple con todos los requerimientos necesarios.

A. Fabricación

El dispositivo propuesto va a tener una forma cilíndrica de aproximadamente 30 cm de largo. Junto con los materiales especificados en la sección anterior se puede dividir el material en tres capas diferentes. La primera capa, va a ser de esponja de carbono y arcilla. Este material se puede sintetizar a partir de pan carbonizado y arcilla. Puede adoptar diferentes formas y se plantea generar un molde que tenga las dimensiones deseadas para obtener esta parte del dispositivo.

En segundo lugar, se tiene una capa intermedia que consiste de PVC o PMMA. Al usar cualquiera de los dos materiales se espera reforzar la parte mecánica del dispositivo y que permita actuar como un aislante térmico entre el calor de la capa interna de la esponja de carbono y arcilla y la parte del material que contendrá la enzima. Por último, en la capa más interna del material se encontrara el cable de cobre junto con la enzima *glucosa oxidasa*. Esta última estará contenida en un recipiente hecho a partir de la resina de poliuretano y estará en contacto directo al cable de cobre.

B. Pruebas

Para verificar que el dispositivo funcione de la manera esperada, será necesario la realización de diferentes pruebas que permitan corroborar el funcionamiento de este bajo ciertas condiciones no normales de los materiales.

La primera prueba a realizar se llevara a cabo junto con un multímetro para la verificación de la conductividad eléctrica. Es decir, que se conduzca la corriente esperada de 50 mA o menos. Esta conducción nunca puede parar, sin importar de que otras pruebas como resistencia mecánica o térmica se estén llevando a cabo. Luego, se realizará una prueba mecánica, la cual consiste en colgar un juego de masas de 2 kg en el dispositivo. Con esta prueba se desea comprobar que el dispositivo posea una alta resistencia mecánica. Posteriormente, se llevará a cabo una prueba térmica en la cual, se aumentará la temperatura del dispositivo con una pistola de calor a 350 grados centígrados. Para ninguna prueba el dispositivo puede deformarse y la conducción eléctrica no se debe ver afectada.

V. CRONOGRAMA

- Semana 9: Adquirir una muestra de los materiales para las primeras pruebas de estos y verificar que si son los mas adecuados para el dispositivo.
- Semanas 10-11: Hacer una medición sobre la capacidad de resistencia a la torsión del acrílico, la conducción del cable de cobre al cambiar la temperatura y la capacidad de aislamiento térmico de la esponja de carbón.
- Semana 12-14: Comprar los materiales ya definidos que se van a usar. Seguido a esto se comenzará a armar el dispositivo por partes, de manera coaxial de tal forma que se afronten las diferentes adversidades de unir los materiales y de esta manera se puedan llevar a cabo las pruebas en el montaje requerido.
- Semana 15-16: Desarrollar las pruebas del funcionamiento de la enzima y su correcta inmovilización por parte del reservorio.
- Semana 14-17 : Probar el Prototipo y ver si la combinación de todos los materiales logran soportar las diferentes pruebas de esfuerzo mecánico y térmico al estar sometido a una diferencia de potencial constante. Se busca que el cable tenga la menor cantidad de perdidas posibles.
- Semana 18: Escritura de informe final.

Cuadro I. My caption

Semana	Actividad
9	Adquirir una muestra de los materiales para las primeras pruebas de estos y verificar que si son los mas adecuados para el dispositivo.
10	Hacer una medición sobre la capacidad de resistencia a la torsión del acrílico, la conducción del cable de cobre al cambiar la temperatura y la capacidad de aislamiento térmico de la esponja de carbón.
11	
12	Comprar los materiales ya definidos que se van a usar. Seguido a esto se comenzará a armar el dispositivo por partes, de manera coaxial de tal forma que se afronten las diferentes adversidades de unir los materiales y de esta manera se puedan llevar a cabo las pruebas en el montaje requerido.
13	
14	
15	Desarrollar las pruebas del funcionamiento de la enzima y su correcta inmovilización por parte del reservorio.
16	Probar el Prototipo y ver si la combinación de todos los materiales logran soportar las diferentes pruebas de esfuerzo mecánico y térmico al estar sometido a una diferencia de potencial constante. Se busca que el cable tenga la menor cantidad de perdidas posibles.
17	
18	Escritura de informe final.

[1] Miliarium.com. (s.f.) Propiedades térmicas de materiales. [en línea] Disponible en: http://www.miliarium.com/Prontuario / Tablas /Quimica/PropiedadesTermicas.asp

[2] Dong, Lee C.W. Preparation and Charaterization of PMMA -Clay Hybrid Composite by Emulsion Polymerization. 1996

[3] Pops, Horace The Metallurgy of Copper Wire. HSM Wier International, Inc

[4] Poliurethanes.org. (s.f.) ¿Qué es el poliuretano? [en línea] Disponible en: http://www.polyurethanes.org/es/que-es

[5] Textoscientificos.com. (s.f.) Resinas de poliuretano, siliconas y vinílicas. [en línea] Disponible en: https://www.textoscientificos.com/ polimeros/plasticos/sinteticos/ -poliuretano-siliconas-vinilicas

[6] Wang X, Zhong J, Wang Y, Yu M. (2006) A study of the properties of carbon foam reinforced by clay. *Science Direct*. Carbon 44 (2006) 1560–1564.

[7] Ecured. (s.f) Almidón [en línea] Disponible en: https://www.ecured.cu/

[8] Royal Society of Chemistry. (s.f.) Copper. [en línea] Disponible en: http://www.rsc.org/periodic-table/element/29/copper

[9] R. Eléctrico, "Las ventajas del cobre como conductor eléctrico - Constructor Eléctrico", Constructor Eléctrico, 2017. [Online]. Available: https://constructorelectrico.com/las-ventajas-del-cobre-como-conductor-electrico/

[10] Çobre (Cu) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente", Lenntech.es, 2017. [Online]. Available: http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm.

[11] Q. Marketizer.com, "¿Qué es el Cloruro de Polivinilo (PVC)? — QuimiNet.com", Quiminet.com, 2017. [Online]. Available: https://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-cloruro-de-polivinilo-pvc-4444.htm

[12] Trofimencoff T. (2016) Burnt Bread Makes Strong Carbon Foam? Engineering.com [en línea] Disponible en: http://www.engineering.com/ DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/ 12761/Burnt-Bread-Makes-Strong-Carbon-Foam.aspx

[13] García Romero, E. Suárez Barrios, M. (s.f.) LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS. [en línea] Disponible en: http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm