



Departamento de Electrónica

Documento de Diseño

## Operación Big Bobbin

Arturo Veras Olivos

Valparaiso - 1 de diciembre de 2016

*Water eventually would be employed as a fuel and that the hydrogen and oxygen which constitute it would furnish an inexhaustible source of heat and light. Jules Verne*

## . Alcance

Este documento es un intento de entregar el fundamento teórico del funcionamiento de la electrólisis no convecional que pretende usar procesos no faradicos para la producción eficiente de gas de kross para la combustión o bien para almacenamiento. Esto con el objetivo de sentar las bases tanto del diseño de un circuito electrónico para actuación como el de la celda que contendrá el agua a separar, de ahora en adelante llamado Camara.

## . Introducción

De acuerdo con la primera ley de faraday de la electrolisis [2], sabemos que *La tasa de flujo de masa de gas es proporcional a la densidad de corriente*. En otras palabras: *La masa de una sustancia producida en un electrodo durante la electrólisis es proporcional al número de moles de electrones (la cantidad de electricidad) transferido en ese electrodo*. Por lo tanto, el objetivo de un proceso de electrólisis de agua eficiente es alcanzar niveles más altos de corriente mientras se aplica el voltaje mínimo posible de la celda [5]. La eficiencia de los generadores de hidrógeno modernos se mide por la energía consumida por unidad de volumen estándar de hidrógeno ( $\frac{MJ}{m^3}$ ), suponiendo que la temperatura y la presión del hidrógeno estándar [10]. Como dato, se han reportado eficiencias de trabajo para celdas alcalinas en 1996 en el rango de 50-60 % para pequeños electrolizadores y alrededor de 65-70 % en grandes plantas [15].

Existen investigaciones que plantean que el proceso de electrolisis no depende de energía. Según la teoría de Arrhenius, las moléculas dentro de una solución se disocian en iones y estos iones son recogidos en el electrodo[8], donde la energía de separación proviene del proceso de auto-ionización del agua. La mayoría de las investigaciones asumen que la energía calórica liberada en la combustión del resultado de la electrolisis procede de la combustión del hidrógeno pero cuando el gas utilizado es la combinación de hidrógeno y oxígeno producto de la electrolisis, la energía liberada tiene propiedades diferentes a las del hidrógeno. Sin embargo, se propone la hipótesis de que la energía dominante no proviene del gas hidrógeno, sino que proviene de grupos cargados de gas de agua, que activan coherente-mente la energía de punto cero.[7]

## . Electrólisis del agua

En la electrólisis, una corriente eléctrica DC se pasa a través de una sustancia conductora (electrolito) con el fin producir una reacción no espontánea. Las semi-reacciones de interés es la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno presentadas en la ecuación (1) y (2) respectivamente; esta reacción es endotérmica, lo que requiere un aporte de energía. A todos los efectos practico, el agua pura no conduce la electricidad, por lo que se añade un electrolito para facilitar la reacción, usualmente se usa hidróxido de potasio. La figura 1 se presenta la forma más simple de electrolisis del agua.

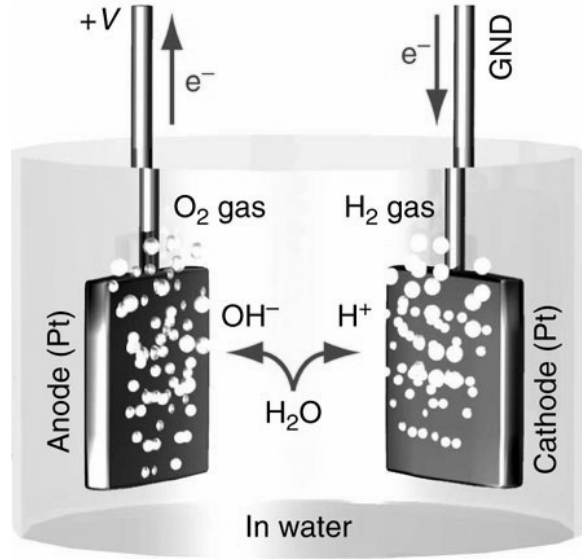
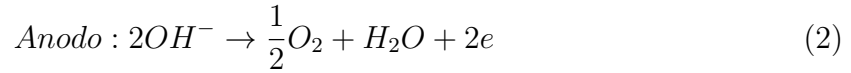


Figura 1: Electrolisis del agua con dos electrodos



El voltaje minimo necesario para que la reacción ocurra bajo presión y temperatura constante (1 bar, 25C) es

$$V_{min} = \frac{-\Delta G^0}{nF} \quad (4)$$

donde  $-\Delta G^0$  es el cambio en la energía libre de Gibbs,  $n$  es el numer de electrones transferidos y  $F$  es la constante de Faraday. Para el caso ideal sin perdidas y de una celda de dos placas,  $V_{min} = 1,23[V]$ , con  $-\Delta G^0 = 237,2[\frac{kJ}{mol}]$ . En la práctica, perdidas por la reacción y resistencias son inevitables resultando ineficiencias en el sistema, para cubrir estas perdidas se agrega energía adicional y se le conoce como el sobrepotencial. El resultado es un voltaje de operación  $V_{op}$  y una corriente  $I$  necesaria para llevar a cabo la reacción, de forma que,

$$V_{op} = \frac{-\Delta G^0}{nF} + IR + \sum \eta \quad (5)$$

donde  $R$  es la resistencia ohmica de la celda que incluye el electrolito, los electrodos y resistencias externas;  $\sum \eta$  es la suma de sobrepotenciales (sobrepotenciales de activación en los electrodos y el sobrepotencial por el transporte de masa de los gases que están lejos de la superficie de los electrodos). Finalmente la energía  $E_{prod}$  para producir 1 mol de hidrógeno puede expresarse como

$$E_{prod} = V_{op}It \quad (6)$$

donde  $t$  es el tiempo para producir 1 mol de hidrógeno [6].

A medida que aumenta la densidad de corriente entre los electrodos, aumenta el sobrepotencial, lo que hace que se genere calor y da como resultado una pérdida de eficiencia. Pero a bajas densidades de corriente se produce muy poco gas para aplicaciones prácticas, por lo que se requiere un balance entre la densidad de corriente y los sobrepotenciales [16].

## . Electrólisis No-Convencional / Gas de Kross

Sobre la electrolisis no-convencional existen varias teorías que lo que puede estar sucediendo tanto a nivel atómico, molecular y eléctrico. Lo que si es claro es que existen anomalías del gas que está produciendo resultado de la electrolisis que no pueden ser explicadas a través de las propiedades del hidrógeno. A continuación se muestra algunos charlatanes, sus teorías y demostraciones.

### 1. Andrija Pujari

Dice que inventó un dispositivo termodinámico para producir hidrógeno y oxígeno de agua ordinaria o agua de mar e inventó un nuevo método para descomponer la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno a una eficiencia entre 80 % y 100 %. Su teoría se basa en manipular la geometría molecular angular del agua en que los pares de electrones sin compartir ejercen una repulsión que evita la formación de un tetraedro (109,5), por lo que los enlaces O-H forman entre sí un ángulo de 104,5 [3] como muestra la figura 4. Para lograr esto, Andrija creó una `cikim2006watercircuit` generador de ondas que coinciden con las complejas frecuencias de resonancia de la geometría tetraédrica del agua [?]. Más detalles sobre la teoría y el dispositivo utilizado ver [9]. Un resumen de su método a continuación.

#### 1.1. Genrador de señales

Como lo describe Andrija, con el Componente I que está en la figura 2, se generan complejas formas de ondas a frecuencias que resuenan con las complejas frecuencias de los enlaces de la molécula de agua la que está altamente energizada en una geometría molecular tetraédrica con ángulos de separación  $109^{\circ}, 28'$ . Para esto, el Componente I automáticamente<sup>1</sup> sigue 7 etapas desde la etapa A a la F, de la tasa de reacción variando los parámetros de frecuencia portadora de resonancia, forma de onda, corriente, voltaje e impedancia. El Componente 1 consiste en un generador de frecuencia de audio (entre 20 Hz y 200 Hz) de amplitud modulada con una onda portadora (entre 200 Hz y 100,000 Hz). Particularmente en la etapa C es donde ocurre el fenómeno de máxima generación, acá se ajustan valores de voltaje y corriente a valores que causa que la onda cambie a un diente de sierra, ver 3, con frecuencia portadora  $f_c = 3980Hz$ , generando armónicos superiores en  $f_{2c} = 7960Hz$ ,  $f_{3c} = 15,920Hz$ ,  $f_{4c} = 31,840Hz$  y  $f_{5c} = 63,690Hz$ . Esta forma de onda se dice que es necesaria para una eficiencia óptima

---

<sup>1</sup>No se explica a que se refiere con automáticamente por lo que no es posible detallar este proceso

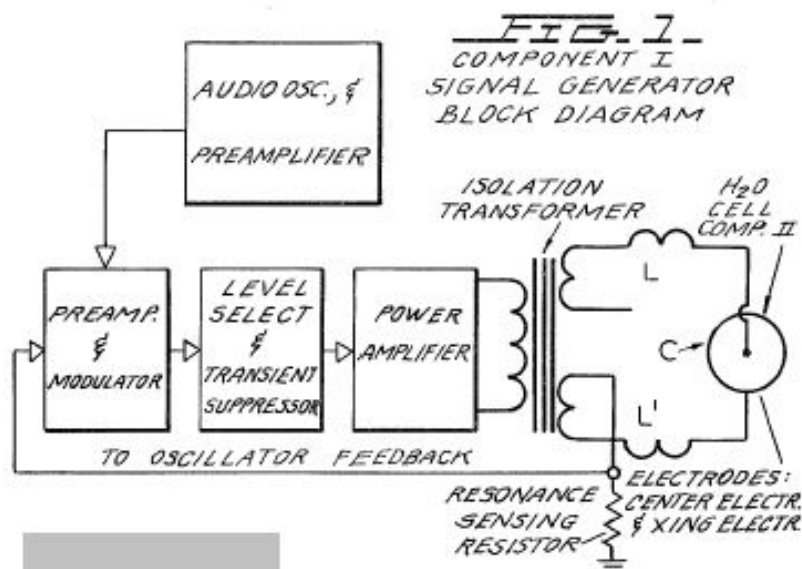


Figura 2: Componente 1 del sistema: Generador de señales

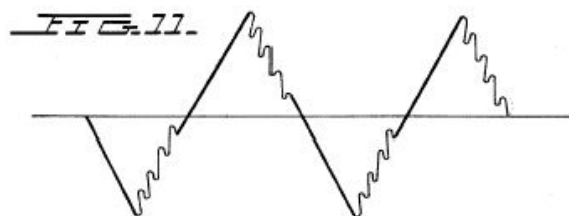


Figura 3: Componente 1 del sistema: Generador de señales

para la electrólisis del agua, ya que se cree que cada una de estos armónicos resuena con cada uno de los cuatro ápices de la molécula de agua en su forma tetraédrica.

## 1.2. Electrolisis

## 2. Stanley Meyer

En sus patentes describe el proceso y los aparatos utilizados para generar un proceso donde la molécula de agua es separada en hidrógeno y oxígeno, mezclados en una forma que él le llama *gas combustible*. Conjuntamente su dispositivo para generar esta mezcla de gas le llama *celda combustible*, que consiste en una celda como condensador de agua, ver figura 5. El proceso se puede resumir en las siguientes etapas: (1) proveer un capacitor, donde el dieléctrico sea agua, dentro de un circuito resonante; (2) someter al capacitor a pulsos de voltajes para que el capacitor se cargue en una misma polaridad; (3) someter al agua dentro del capacitor a unos pulsos de campo eléctrico a una frecuencia tal que haga inducir una resonancia en la molécula de agua, en donde el punto óptimo de liberación de gas se alcanza en la resonancia del circuito; (4) continuar la resonancia hasta que los niveles de energía dentro del capacitor aumenten en cascada con cada pulso; (5)

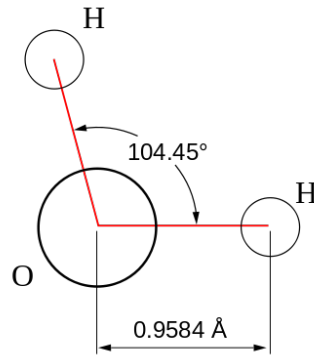


Figura 4: Geometría molecular angular del agua que forma un ángulo de 104,5

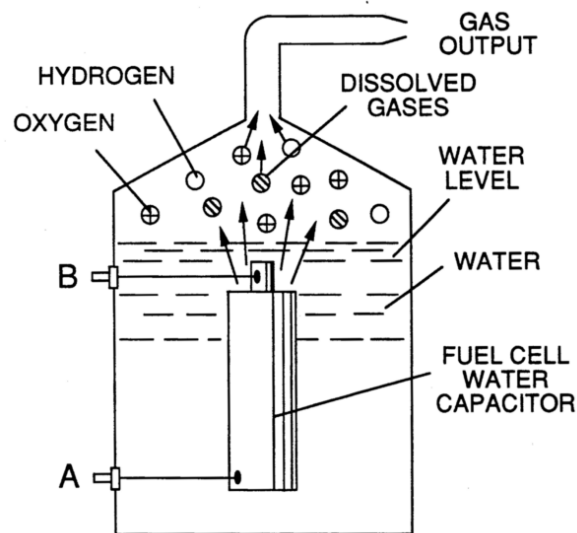


Figura 5: Representación de la celda en forma de capacitor de Stanley Meyer.

mantener la carga del capacitor durante el pulso para que los enlaces covalentes de los átomos de hidrógeno y oxígeno se destabilicen hasta que la fuerza de este pulso exceda la fuerza de los enlaces de la molécula;(7) recoger los gases de hidrógeno y oxígeno, y otros gases formados descargándolos como una mezcla de gas combustible, mas detalles ver [?].

## 2.1. Electrolisis

La molécula de agua es dividida en sus componentes atómicos elementales (hidrógeno y oxígeno) debido a

## 2.2. Genrador de señales

## 3. Yull Brown

A Yull Brown se le otorga el descubrimiento de una mezcla de gas hidrógeno y oxígeno, que al combustionarlo en proporciones específicas, produce un gas de características diferentes a las del hidrógeno. En su patente [1] Brown hace referencia a una forma de soldar al arco [13] utilizando hidrógeno y oxígeno, en donde explica cómo estos gases son generados. Su aplicación se basa en la apreciación de que existe considerable energía asociada con la disociación molecular de oxígeno en oxígeno atómico pasando este gas a través de un arco, y que esta energía puede ser utilizada para generar temperaturas incluso mayores a las generadas con soldadura de hidrógeno atómico [12]. Anteriormente a este invento no era posible pensar en pasar una mezcla de hidrógeno y oxígeno por el arco debido a la naturaleza altamente explosiva e inflamable de los gases, además existen problemas asociados al gas oxígeno en la soldadura debido a que el hidrógeno es absorbido por la mayoría de los metales. Por ejemplo, cuando se solda acero, se debe tener cuidado en asegurar que no existe exceso de hidrógeno porque la absorción de este provoca que pierda fuerza y fragilidad. Por otro lado, un exceso de oxígeno podría quemar el metal, por lo tanto es importante que una mezcla de oxígeno sea ajustada para una flama neutral, es decir, no mucho hidrógeno y no mucho oxígeno. En la práctica es difícil ajustar tal mezcla, la solución que se plantea es que las celdas electrolíticas realizan la producción de forma estequiométrica que pasada por el arco produce una flama neutral [1].

### 3.1. Electrolisis

En su método [1] propone una electrólisis en una celda electrolítica [14] sin diafragma, que normalmente es utilizado para separar los gases producidos, y dejar que el hidrógeno y el oxígeno se mezclen libremente a una forma estequiométrica que genera una flama neutral. En la patente se especifica ciertas condiciones que debe tener el aparato para la producción de hidrógeno y oxígeno para una mejor producción, estas son enumeradas y muy similares a las de una celda alcalina convencional [16].

### 3.2. Genrador de señales

## 4. Tay-Hee Han [4]

Se propone un método para la descomposición de agua en oxígeno e hidrógeno por efecto de ionización (qué es la ionización) por colisión. El agua se contiene dentro de una cámara con constante dieléctrica mayor a la del agua, luego esta cámara es sometida a un campo eléctrico que provoque la ruptura de los enlaces covalentes del agua líquida. El agua se descompone mientras que la cámara se mantiene estable.

## 5. La nueva propuesta

De que se trata, que es lo diferente Juntando las partes

### 5.1. Fundamento teórico o experimental o esoterico

Se trabaja en el modelo electroquímico y se estudia las geometrías moleculares existentes. Se entiende los mecanismos de las coordenadas de reacción (difusión, convección y migración). Al situar un campo eléctrico la geometría molecular es desconocida (averiguar). Se analiza las corrientes de electrólisis: orden y desorden. La electrólisis convencional propone a través de sus optimizaciones mejorar el proceso de migración el cual es el que mayor ocurrencia tiene y el cual conlleva a ordenar, de cierta forma, el sistema en cuestión. En base a todo este esoterismo se propone una relación para determinar el campo eléctrico necesario para llevar a la molécula de agua a un estado energético que se separe en hidrógeno y oxígeno. Según la primera ley de la termodinámica se tiene que:

$$\Delta U = q + w \quad (7)$$

donde  $\Delta U$  es el cambio interno de energía de un sistema, en este caso la celda de electrólisis,  $q$  es el calor absorbido por el sistema, y  $w$  es el trabajo hecho en el sistema. En un sistema electroquímico en donde hay cargas eléctricas moviéndose a través de una diferencia de potencia, se tiene que:

$$\Delta U = q + w_{mec} + w_{elec} \quad (8)$$

donde  $w_{mec} = -P\Delta V$ ,  $q = T\Delta S$  a temperatura y presión constante la entalpía y la energía libre de gibbs es

$$\Delta H_p = \Delta U + P\Delta V \quad (9)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (10)$$

por lo tanto se obtiene que

$$\Delta G = w_{elec} \quad (11)$$

Lo que se propone que el trabajo eléctrico sea:

$$w_{elect} = \frac{1}{2}CV^2 \quad (12)$$

donde  $C$  es la capacitancia con dielectrico el agua y  $V$  el voltaje del capacitor.

### 5.2. Análisis de la Respuesta Transitoria

Se configura la señal de entrada de prueba y se compara la respuesta del sistema. Las señales de prueba son: escalón, rampa, parábola, impulso, senoidales, etc. La forma de la señal prueba dependera de funcionamiento normal de sistema a estudiar, en el caso de la celda se estudiará el comportamiento a un escalón porque el funcionamiento normal es a Voltaje DC.

Una de las características importantes del sistema a estudiar es la estabilidad del mismo, es es decir, si es estable o no.

Tomando en consideración la respuesta a escalón del sistema como se muestra en la figura ??, se prueba como modelo un sistema de segundo orden.



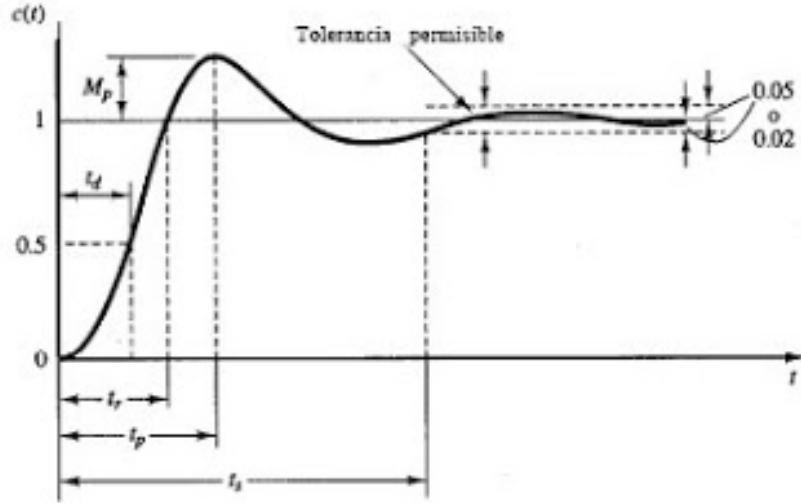


Figura 6: Especificaciones de la respuesta transitoria

Para el análisis del sistema de segundo orden se definen las siguientes variables que se muestran en la figura 6 según [?]: nivel inicial de entrada  $u_0$ , nivel final de entrada  $u_f$ , nivel inicial de salida  $y_0$ , nivel final de salida  $y_f$ , amplitud de un pico arbitrario  $A_1$ , amplitud del pico número  $n$   $A_n$  y tiempo entre dos picos sucesivos  $T_\omega$ . Con estos datos según la figura ??, se calcula:

$$\xi = \frac{\frac{1}{n-1} \log(A_1/A_n)}{\sqrt{4\pi^2 + (\frac{1}{n-1} \log(A_1/A_n))^2}} \quad (13)$$

$$T_n = \frac{T_\omega}{2\pi} \sqrt{1 - \xi^2} \quad (14)$$

$$K = \frac{y_f - y_0}{u_f - u_0} \quad (15)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{T_\omega^2 s^2 + 2T_\omega \xi s + 1} \quad (16)$$

### 5.3. Eficiencia Electrónica

### 5.4. Eficiencia Química

Modos vibracionales Estudiar e investigar

## . Desarrollo

### 1. Requerimientos

Igualar la energía de un capacitor a la energía libre de gibbs

## **2. Diseño de circuito**

### **2.1. Simulacion**

### **2.2. Determinar parametros de funcionamiento electrico**

Un dielectrico debilita el campo eléctrico entre placas de un condensador porque sus moléculas producen un campo eléctrico adicional de sentido opuesto al campo externo producido por las placas. Este campo eléctrico se debe a los momentos dipolares eléctricos de las moléculas del dieléctrico [11].

## **3. Componentes**

## **4. Diseño Experimento**

## Referencias

- [1] Y. Brown. Welding, March 29 1977. US Patent 4,014,777.
- [2] R. G. Ehl and A. J. Ihde. Faraday's electrochemical laws and the determination of equivalent weights. *Journal of Chemical Education*, 31:226, May 1954.
- [3] Wikipedia La enciclopedia libre. Geometría molecular angular.
- [4] T.H. Han. Water decomposition method and device using ionization by collision, January 24 1984. US Patent 4,427,512.
- [5] Nasri b. Sulaiman Kaveh Mazloomi and Hossein Moayedi. An investigation into the electrical impedance of water electrolysis cells – with a view to saving energy. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(4):3466–3481, 2012.
- [6] Seongyul Kim, Nikhil Koratkara, Tansel Karabacak, and Toh-Ming Lu. Water electrolysis activated by ru nanorod array electrodes. *APPLIED PHYSICS LETTERS*, 88:263106, 2006.
- [7] MB King. Water electrolyzers and the zero-point energy. physics procedia, 2011.
- [8] Rea O'Neill. Simple explanation of meyer fuel cell technology, ?? Industrial Liaison Officer.
- [9] H.K. Puharich. Method and apparatus for splitting water molecules, July 19 1983. US Patent 4,394,230.
- [10] Tore Stensvold. Coca-cola-oppskrift» kan gjøre hydrogen til nytt norsk industrieventyr, January 26 2016.
- [11] P.A. Tipler and G. Mosca. *Física para la ciencia y la tecnología*. Number v. 2 in Electricidad y magnetismo. Luz. Física moderna. Reverté, 2005.
- [12] Wikipedia. Soldadura de hidrógeno atómico — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 21-septiembre-2016].
- [13] Wikipedia. Arco eléctrico — wikipedia, la enciclopedia libre, 2016. [Internet; descargado 21-septiembre-2016].
- [14] Wikipedia. Electrolytic cell — wikipedia, the free encyclopedia, 2016. [Online; accessed 21-September-2016].
- [15] Werner Zittel; Reinhold Wurster. Production from electricity by means of electrolysis, July 8 196.
- [16] Kai Zeng and Dongke Zhang. Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3):307–326, 2010.