

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN HUÁNUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA OBTENER GAS  
HIDROGÉNO A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES, Y SU APLICACIÓN EN LA  
CONSERVACIÓN DE FRUTOS DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TESISTAS:**

**Bach. GARAY SUDARIO, Wilder Pedro.**

**Bach. GARCIA ESCOBAL, Immer Mateo.**

**Asesor:**

**Mg. Roger ESTACIO LAGUNA.**

**HUÁNUCO, 2016**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación la dedico a mis padres: MATEO GARCIA GRANIZO Y BASILIA ESCOBAL GARAY, por ser los pilares en mi vida. A mis hermanas: MARIA MAGDALENA GARCIA ESCOBAL y DÁMARIS AVELÚ GARCIA ESCOBAL, por su gratitud, apoyo y deseos de superación en todos mis estudios. A mis sobrinos: NATALY ALEXANDRA VELAZQUEZ GARCIA, JHOSUE J. VELAZQUEZ GARCIA y BRIANA ARLET VELAZQUEZ GARCIA, así como a su padre: LENIN VELAZQUEZ OSORIO, por su aliento en mi vida universitaria. A todos mis familiares de padre y madre, a mis amigos, a mis colegas, y a todos aquellos que estuvieron junto a mí y me brindaron su apoyo directa e indirectamente.

Esta es una manera de decirles que son muy importantes en mi vida...

GARCIA ESCOBAL, Immer Mateo.

Dedicado a mis padres: Wilder Pedro Garay Abal y Sara Sila Sudario Caqui, por ser el motor principal de mis logros y sueños, siendo mi fortaleza. Del mismo modo a mis abuelos Joaquin Sudario Ostos y Luisa Caqui Ascencios.

A mis hermanas: Flor y Josselyn, por motivarme a seguir adelante. De manera especial a Maribel Garay Abal y Adrián Sudario Caqui; por demostrar su incondicional apoyo en mi vida personal y su interés en mi superación personal y profesional.

Al Dr. Héctor Rafael Fernández Rojas, un amigo al cual admiro, por sus enseñanzas y su singular simpatía.

A mis amigos decirles gracias por estar a mi lado y brindarme su apoyo.

Mi esfuerzo para que se sientan orgullosos de mí...

GARAY SUDARIO, Wilder Pedro.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios en primer lugar, por brindarnos la vida y las fuerzas necesarias para cumplir con nuestras metas.

A nuestros Padres y familia entera, por apoyarnos en todo momento para superarnos en lo académico, en lo intelectual y en la parte laboral.

A nuestra “Alma Mater” la Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”, centro superior de estudios que nos acogieron en sus aulas durante 5 años de estudio.

A nuestro asesor Mg. Roger Estacio Laguna, por sus acertadas orientaciones y ayuda constante, durante la ejecución y redacción de la presente tesis.

A los docentes de nuestra Escuela Académico Profesional:

Dr. Ítalo W. Alejos Patiño, Mg. Gregorio Cisneros Santos, Mg. Roger Estacio Laguna, Ing. Michael N. Rubio Gabriel, Dr. Sergio G. Muñoz Garay, Ing. Fleri R. Jara Claudio, Ing. Roberto Echevarría y Ayllón, Dra. Cecilia J. Reátegui Valladolid, Ing. Klinton J. Espinoza Benancio, Mg. Rubén M. Rojas portal, Mg. David A. Natividad Bardales, Mg. Miriam E. Ramos Ramírez, Ing. Deysi D. Rosales Laguna, Ing. Lenin Pablo Ramírez, por compartirnos sus conocimientos, experiencias y anécdotas durante los cinco años de nuestra vida universitaria.

Agradecer también al señor Pompeyo Omonte Huaynate quien cumple la labor de personal administrativo en nuestra escuela, y nos brindó todo lo necesario para desempeñar nuestra labor estudiantil.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo una duración de tres meses, teniendo como objetivo general evaluar la influencia de diferentes volúmenes del gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*). El prototipo se construyó utilizando circuitos electrónicos, transformadores, arduino, relés, frascos de vidrio, placas de acero inoxidable, etc. Se ensamblaron todos ellos en la secuencia siguiente: en un frasco de vidrio se colocaron las placas de acero inoxidable, la cual tiene dos entradas de energía, energía que es suministrada por un transformador de 15A, controlado por un arduino, relés y un puerto bluetooth, el cual se maneja desde un celular Android. Al suministrar la energía a las placas dentro del frasco en el cual se encuentra depositado el agua residual, se obtuvo el gas hidrógeno en una cantidad promedio de 305 cm<sup>3</sup> por minuto de funcionamiento. El proceso que permitió la obtención del gas hidrógeno fue la electrólisis, para lo cual se evaluaron 3 transformadores de 10 A, 15A y 20A determinando así la tensión óptima, la cual es de 15A por el bajo consumo de energía. Se aplicó el gas hidrógeno al aguaymanto (con cáliz) en 3 tratamientos: T<sub>1</sub>=400 cm<sup>3</sup>, T<sub>2</sub>=750 cm<sup>3</sup> y T<sub>3</sub>=1100 cm<sup>3</sup> a temperatura ambiente (21°C), los cuales fueron comparados con una muestra testigo a iguales condiciones. Fueron evaluados en dos fases, la primera fase constituyó los primeros 15 días de la investigación post prototipo, en esta fase se evaluaron las características organolépticas y físico químicas del aguaymanto, obteniendo como resultado que los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> no sufrieron cambios significativos estadísticamente, mientras que el testigo sí mostró cambios. La segunda fase la constituyeron los segundos 15 días de la investigación en donde se evaluaron los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>. De los cuales el tratamiento T<sub>1</sub> presentó una diferencia significativa respecto a los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> evaluados con la prueba estadística DCA según Tukey. Concluyendo que el mejor tratamiento es el T<sub>2</sub> por el menor consumo de energía.

Palabras clave: prototipo, agua residual, gas hidrógeno, arduino, transformadores, relés.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	
<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	8
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	11
<b>2.1. Fundamentación teórica</b> .....	11
<b>2.1.1. Tecnología de componentes de diseño</b> .....	11
<b>2.1.2. Alteración de alimentos</b> .....	17
<b>2.1.3. Conservación de alimentos</b> .....	20
<b>2.1.4. Aditivos alimentarios</b> .....	25
<b>2.1.5. Aguaymanto <i>Physalis peruviana</i></b> .....	28
<b>2.1.6. Hidrógeno</b> .....	31
<b>2.1.7. Producción de hidrógeno</b> .....	35
<b>2.1.8. Electrólisis</b> .....	41
<b>2.1.9. Seguridad en el uso de hidrógeno</b> .....	44
<b>2.1.10. Aplicación del hidrógeno en alimentos</b> .....	45
<b>2.1.11. Atmósfera modificada</b> .....	47
<b>2.1.12. Aguas residuales</b> .....	49
<b>2.1.13. Tipos de aguas residuales</b> .....	50
<b>2.2. Antecedentes</b> .....	53
<b>2.3. Hipótesis</b> .....	59
<b>2.3.1. Hipótesis general</b> .....	59
<b>2.3.2. Hipótesis específicos</b> .....	59
<b>2.4. Variables</b> .....	59
<b>2.4.1. Variable independiente</b> .....	59
<b>2.4.2. Variable dependiente</b> .....	60
<b>2.4.3. Operacionalización de las variables</b> .....	60
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	61
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación</b> .....	61
<b>3.1.1. Tipo de investigación</b> .....	61
<b>3.1.2. Nivel de investigación</b> .....	61
<b>3.2. Lugar de ejecución</b> .....	62

3.3. Población, muestra y unidad de análisis .....	62
3.4. Tratamientos en estudio .....	63
3.5. Prueba de hipótesis.....	64
3.5.1. Diseño de la investigación .....	64
3.5.2. Datos registrados.....	65
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información .....	66
3.6. Materiales y equipos.....	66
3.6.1. Circuitos electrónicos.....	66
3.6.2. Materia prima e insumos .....	67
3.6.3. Materiales.....	67
3.7. Conducción de la investigación .....	68
3.7.1. Diseño y elaboración del prototipo.....	69
3.7.2. Armar el soporte.....	69
3.7.3. Ensamblar los microcontroladores.....	69
3.7.4. Realizar las pruebas de funcionamiento .....	69
3.7.5. Acondicionar el agua residual.....	69
3.7.6. Correr las muestras .....	70
3.7.7. Aplicar las muestras en la materia prima .....	70
3.7.8. Toma de datos respecto a la conservación.....	70
3.7.9. Procesar y Comparar datos.....	70
IV. RESULTADOS.....	71
4.1. Resultados de la evaluación de las tensiones eléctricas .....	71
4.2. Resultados en los primeros 15 días .....	74
4.2.1. Resultados organolépticos .....	74
4.2.2. Resultados físico-químicos.....	77
4.3. Resultados los segundos 15 días.....	81
4.3.1. Resultados organolépticos .....	81
4.3.2. Resultados físico químicos .....	84
V. DISCUSIÓN .....	88
VI. CONCLUSIONES .....	92
VII. RECOMENDACIONES .....	93
VIII. LITERATURA CITADA.....	94
ANEXOS .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Arduino Atmega 328P	13
<b>Figura 2</b> Módulo relé 8 canales	14
<b>Figura 3</b> Módulo bluetooth	16
<b>Figura 4</b> Configuración del transformador	17
<b>Figura 5</b> Límites de inflamabilidad de la mezcla H-N-O	35
<b>Figura 6</b> Vías de producción de hidrógeno	36
<b>Figura 7</b> Proceso de producción de hidrógeno	37
<b>Figura 8</b> Proceso de producción de H mediante reformado de vapor	39
<b>Figura 9</b> Electrolizador	41
<b>Figura 10</b> Reacciones que suceden en la electrólisis	43
<b>Figura 11</b> Conducción de la investigación	68
<b>Figura 12</b> Media de WATSS	71
<b>Figura 13</b> Media de temperaturas	72
<b>Figura 14</b> Media de producción de hidrógeno	73
<b>Figura 15</b> Media de resultados del color	75
<b>Figura 16</b> Media de la evaluación de sabor	76
<b>Figura 17</b> Media de la evaluación de aroma	77
<b>Figura 18</b> Media del pH	78
<b>Figura 19</b> Media de acidez	79
<b>Figura 20</b> Media de °Brix	80
<b>Figura 21</b> Media de evaluación del color	82
<b>Figura 22</b> Media de la evaluación del sabor	83
<b>Figura 23</b> Media de la evaluación del aroma	84
<b>Figura 24</b> Media de la evaluación de pH	85
<b>Figura 25</b> Media de la evaluación de acidez	86
<b>Figura 26</b> Media de la evaluación de °Brix	87

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Especificaciones técnicas del Arduino Atmega 328P	12
<b>Cuadro 2.</b> Especificaciones de Módulo relé de 8 canales	14
<b>Cuadro 3</b> Especificaciones del bluetooth	15
<b>Cuadro 4</b> Vida útil de almacenamiento de tejidos vegetales y animales	18
<b>Cuadro 5</b> Clasificación de los principales métodos de conservación	22
<b>Cuadro 6</b> Clasificación científica del aguaymanto	28
<b>Cuadro 7:</b> Valor nutricional de aguaymanto por 100 g.	30
<b>Cuadro 8</b> Propiedades físicas del hidrógeno	32
<b>Cuadro 9</b> Propiedades químicas del hidrógeno	33
<b>Cuadro 10</b> Entalpía de reacción en el proceso de reformado	39
<b>Cuadro 11</b> Tratamientos en la evaluación de tensiones eléctricas	63
<b>Cuadro 12</b> Tratamientos en la evaluación de <b>V</b> de gas hidrógeno	63
<b>Cuadro 13:</b> ANVA correspondiente a un DCA	64
<b>Cuadro 14</b> Resultado de la evaluación de las tensiones E.	71
<b>Cuadro 15</b> Resultado de las temperaturas de transformadores	72
<b>Cuadro 16</b> Resultado de la producción de hidrógeno	73
<b>Cuadro 17</b> Resultados de la evaluación sensorial (10 panelistas)	74
<b>Cuadro 18</b> Prueba tukey de la evaluación del color	74
<b>Cuadro 19</b> Prueba tukey de la evaluación de sabor	75
<b>Cuadro 20</b> Prueba tukey de la evaluación de aroma	76
<b>Cuadro 21</b> Resultados de la evaluación del pH	77
<b>Cuadro 22</b> Resultado de evaluación de acidez	78
<b>Cuadro 23</b> Resultados de la evaluación de °Brix	79
<b>Cuadro 24</b> Resultados de la evaluación sensorial (10 panelistas)	81
<b>Cuadro 25</b> Resultados de la evaluación del color	81
<b>Cuadro 26</b> Resultados de la evaluación del sabor	82
<b>Cuadro 27</b> Resultados de la evaluación del aroma	83
<b>Cuadro 28</b> Resultados de la evaluación de pH	84
<b>Cuadro 29</b> Resultados de la evaluación de acidez	85
<b>Cuadro 30</b> Resultados de la evaluación de °Brix	86



## I. INTRODUCCIÓN

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la empresa KARBEL S.R.L. Empresa dedicada al rubro de elaboración de productos agroindustriales e innovación tecnológica, en la ciudad de Huánuco. Con una duración de 3 meses aproximadamente (Julio a agosto del 2016).

La investigación se desarrolló en dos etapas; la primera consistió en el diseño y construcción de un prototipo por medio de circuitos electrónicos capaz de obtener gas hidrógeno a partir de agua residual, mientras que en la segunda etapa se evaluaron los diferentes volúmenes del gas hidrógeno obtenidos del prototipo, siendo estos 400 cm<sup>3</sup>, 750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> a un tiempo constante. Ambas etapas fueron necesarias para la aplicación en la conservación del aguaymanto (*Physalis peruviana*).

Nuestra investigación fue motivada al aprovechamiento del recurso más importante de nuestro planeta, el agua, puesto que su uso en la agroindustria y vida diaria es fundamental. Frente a esta situación, desarrollamos una metodología emergente que nos permitió reutilizar el agua residual y obtener un producto con mejores características respecto a su conservación, otorgando resultados favorables para la investigación.

La investigación mostró resultados favorables respecto a la conservación del aguaymanto, incrementando así la vida útil del producto gracias a la modificación en el ambiente gaseoso ya que así disminuye el grado de respiración, reduce el crecimiento microbiano y retrasa el deterioro enzimático.

Para la ejecución de esta investigación se diseñó un ejemplar con circuitos impresos, microcontroladores y circuitos electrónicos, luego se realizó un aplicativo para el sistema operativo Android, lo cual nos

permite controlar a través de un dispositivo móvil el encendido, apagado y la cantidad de volumen requerido para la aplicación en el aguaymanto. Para lo cual se evaluó las tensiones eléctricas de 3 transformadores de voltaje (10 A, 15 A y 20 A). Terminado el prototipo se procedió a la evaluación del gas hidrógeno con los volúmenes de 400 cm<sup>3</sup>, 750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> y unos contenidos en frasco de vidrio, para determinar la incidencia de estos volúmenes de hidrógeno en el aguaymanto finalmente se realizó su caracterización y análisis fisicoquímico.

Como objetivo general para la investigación fue evaluar la influencia de diferentes volúmenes del gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*), sobre el que se tuvieron planteados como objetivos específicos

- Determinar la tensión eléctrica que mejore la eficiencia del prototipo en la obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales.
- Determinar el mejor volumen de gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, que conserve en un mayor tiempo los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*).
- Determinar las características sensoriales del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales.
- Determinar las características físico-químicas del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Fundamentación teórica

#### 2.1.1. Tecnología de componentes de diseño

Para el desarrollo de un ejemplar o prototipo que se desee construir, se requiere crear, modificar o adaptar partes y piezas. Realizar pruebas respectivas y calificar como aceptable o no dicho diseño, para tal efecto es importante que la idea se plasme físicamente en cuantos prototipos sean necesarios.

En cuanto a la construcción del prototipo se requiere componentes de diseño; es decir todos aquellos circuitos electrónicos y mecánicos que se utilizaron para realizar las pruebas de los diferentes diseños hasta lograr un prototipo final.

Entre los elementos que fueron necesarios para la construcción del prototipo, se describen los más importantes:

#### **Arduino Atmega 328 P**

Pareja (2014) menciona que el arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Toda la plataforma, tanto para sus componentes de hardware como de software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos.

Y que el hardware consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, puertos digitales y analógicos de entrada/salida, los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields), que amplían las características de funcionamiento de la placa Arduino. Asimismo, posee un

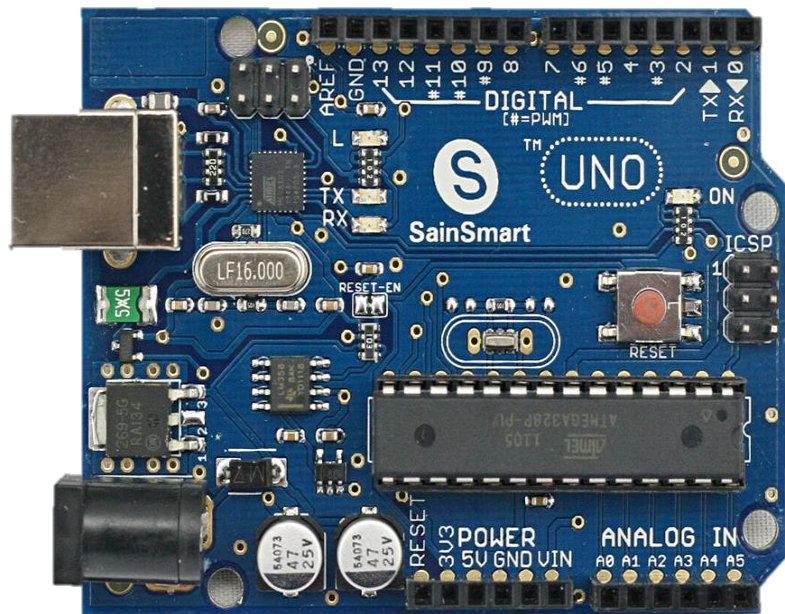
puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con el computador.

**Cuadro 1.** Especificaciones técnicas del Arduino Atmega 328P

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328P</b>
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales prendedores	14
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

**Fuente:** Pareja (2014)

**Figura 1** Arduino Atmega 328P



**Fuente:** Los autores

### **Módulo Relé de 8 Canales Optoacoplador**

Según Campuzano y Cedeño (2015), un relé es un dispositivo electromecánico que permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia.

Lledó (2012) Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Este tipo de módulos permite activar actuadores como por ejemplo el de una persiana, la puerta del garaje o el de una bombilla.

La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. Es decir, podemos construir un circuito electrónico (un temporizador, una fotocélula, etc.) y, a través de un relé, controlar cualquier tipo de aparato conectado a la red eléctrica. (Campuzano y Cedeño, 2015).

**Cuadro 2.** Especificaciones de Módulo relé de 8 canales

Voltaje de operación	120VAC/250VAC/30VDC
Voltaje de la bobina	(relé) 5V
Corriente de operación	10 A
Corriente de activación	15mA~20mA x Relé
Canales	8 independientes opto acopladores

**Fuente:** Lledó (2012)

**Figura 2** Módulo relé 8 canales



**Fuente:** Los autores

## Fundamentos del bluetooth

La especificación Bluetooth define un enlace de radio de baja potencia, optimizado para conexiones seguras de corto alcance, y define los pasos estándares para la conexión de varios aparatos eliminando cables y conectores entre éstos. (García, 2014).

La finalidad con la que se concibe la tecnología Bluetooth es reemplazar el cable de conexión entre dispositivos electrónicos, fijos o móviles, por un enlace radio de corto alcance (10–100 m), robusto frente a desvanecimientos e interferencias y que permita la transmisión fiable de voz y datos. (Morón, 2008).

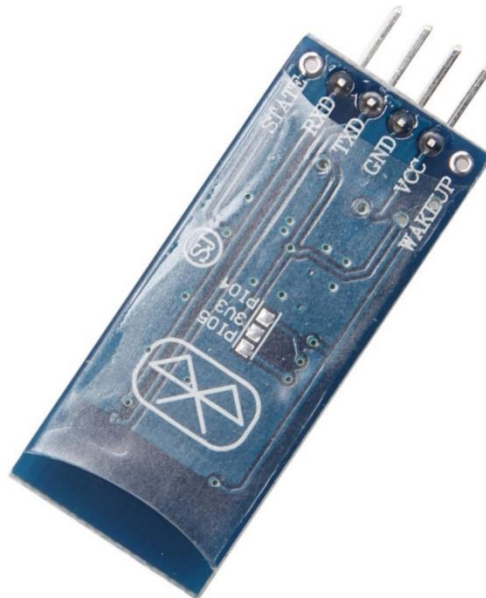
Los radios Bluetooth, que pueden ser incorporados en la mayoría de los aparatos electrónicos, ofrecen un enlace inalámbrico de comunicación universal que facilita una interoperabilidad confiable entre dispositivos móviles y fijos de diferentes fabricantes, ofreciendo así la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas facilitando la sincronización de datos entre dispositivos personales. (García, 2014).

### Cuadro 3 Especificaciones del bluetooth

Canales máximos de datos	7 por piconet
Rango esperado del sistema	721 kbit/s por piconet
Número de dispositivos	8 por piconet y hasta 10
Alimentación	2,7 voltios
Consumo de potencia	30 uA -30 mA

**Fuente:** (Morón, 2008).

**Figura 3** Módulo bluetooth



**Fuente:** Los autores

### **Transformadores de voltaje**

Jiménez et al (2009), mencionan que el transformador es una máquina estática que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica modificando valores de tensión y corriente del devanado primario al devanado secundario utilizando el mismo valor de frecuencia. Para entender su funcionamiento, se explican las leyes que rigen su comportamiento; así como los fenómenos eléctricos que se presentan en la maquina

Camacho (2010), también afirma que el transformador está basado en los fenómenos de inducción electromagnética.

Consta de un núcleo de chapas magnéticas, al que rodean dos devanados, denominados primario y secundario.

Al conectar el devanado primario a una red de corriente eléctrica se establece un flujo alterno en el circuito

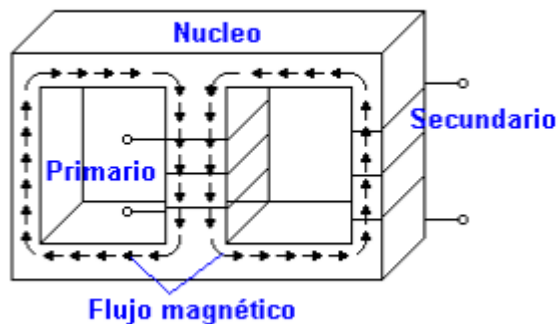


magnético que, a su vez, inducirá las fuerzas electromotrices en él o los devanados secundarios.

El primario recibe la potencia de la red, por lo tanto, se debe considerar como un receptor o consumidor. Por el contrario, el secundario se une al circuito de utilización, pudiéndose considerar, por lo tanto, como un generador.

En resumen, el transformador, es un aparato estático de inducción electromagnética destinado a transformar un sistema de corrientes variables en otro o varios sistemas de corrientes, cuyas tensiones e intensidades son generalmente diferentes, aunque de la misma frecuencia.

**Figura 4** Configuración del transformador



**Fuente:** Hernández et al (2009)

### 2.1.2. Alteración de alimentos

La alteración es algo que convierte al alimento en inadecuado para el consumo. Los alimentos son alterados por tres medios principalmente: crecimiento de seres vivos, oxidación y reacciones enzimáticas (Bourgeois et al, 1994).

Hernández (2008), menciona que todo cuerpo vivo nace, se desarrolla, se degrada y muere, los alimentos por su naturaleza biológica no escapan a esta regla general, su descomposición es pues un fenómeno natural.

Los tejidos vivos son resistentes a la acción degradativa de los microorganismos, pero una vez muertos son consumidos por fuerzas biológicas de uno u otro tipo, por lo que se establece una competencia entre el hombre, los animales y los microorganismos para consumir primero estos nutrientes.

Desde el momento en que el alimento se cosecha, se recoge o se sacrifica, comienza a pasar por una serie de etapas de descomposición progresiva. Según el alimento, esta descomposición puede ser muy lenta, como en el caso de las semillas o las nueces, por ejemplo, o puede ser tan rápida que vuelve prácticamente inutilizable a un alimento en pocas horas (Casp A., 2003)

**Cuadro 4** Vida útil de almacenamiento de tejidos vegetales y animales

Vida útil de almacenamiento de tejidos vegetales y animales	
Producto	Días a 21°C
Carne	1-2
Pescado	1-2
Aves	1-2
Carne y pescado desecado	360 o más
Frutas	1-7
Frutas secas	360 o más
Hortalizas de hojas verdes	1-2
Semillas secas	360 o más

**Fuente:** (Casp A., 2003)

## **Factores que intervienen en la alteración de los alimentos.**

Sobre estas diferentes causas de deterioro de los alimentos influyen una serie de factores ambientales: la temperatura, tanto alta como baja, la humedad y sequedad, el aire y más particularmente el oxígeno, y la luz, y junto a todas ellas, evidentemente, el tiempo, puesto que todas las causas de la degradación de los alimentos progresan con el tiempo, y una vez 10 sobrepasado el periodo transitorio en la cual la cantidad del alimento está al máximo, cuanto mayor sea el tiempo transcurrido mayores serán las influencias destructoras. (Casp A., 2003)

- **Temperatura**

Independientemente de su efecto sobre los microorganismos, el frío y el calor no controlados pueden causar deterioro de los alimentos. El calor excesivo desnaturaliza las proteínas, rompe las emulsiones, destruye las vitaminas y reseca los alimentos al eliminar la humedad. Los daños por frío se presentan en algunas frutas y hortalizas como plátanos, limones, calabazas, tomates, etc. que pueden presentar manchas y otros daños en la epidermis si se mantienen a temperaturas inferiores a 10°C (Casp. A., 2003).

- **Aire y Oxígeno.**

Además de los efectos que el oxígeno tiene sobre el desarrollo de los microorganismos, el aire y el oxígeno ejercen efectos destructores sobre las vitaminas (A y D particularmente), sobre los colores, los sabores y otros componentes de los alimentos.

La acción química del oxígeno del aire sobre los pigmentos de la carne y productos cárnicos es de tipo: oxigenación y oxidación. La oxigenación, o fijación inestable del oxígeno sobre la mioglobina y la hemoglobina para dar oximioglobina y oxihemoglobina, es de origen de la vivacidad del color rojo de la carne.

El oxígeno interviene también en la oxidación de las grasas, produciendo efectos variables en función de la naturaleza de las grasas y su estado. El oxígeno interviene además en las actividades metabólicas de las células vegetales y animales, entre las cuales la más importantes son la respiración, biosíntesis del etileno (en el caso de los vegetales) y los procesos de oxidación. El oxígeno se puede eliminar aplicando vacío o arrastrándolo por medio de un gas inerte (Casp. A., 2003).

- **Luz**

La luz es responsable de la destrucción de algunas vitaminas, particularmente la riboflavina, la vitamina A y C. Además, puede deteriorar los colores de muchos alimentos. Los alimentos que tienen sensibilidad a la luz pueden ser fácilmente protegidos contra ella por medio de envases que no permitan su paso.

Para conseguir la conservación de los alimentos se deberá reducir al mínimo la actuación de todos estos factores (Casp. A., 2003).

### **2.1.3. Conservación de alimentos**

En la conservación de los alimentos, tiene una gran importancia el prolongar cuanto sea posible las dos primeras fases del crecimiento bacteriano descritas anteriormente, la fase lag y la fase estacionaria de

crecimiento. Esto se puede conseguir de diferentes formas:

- Aportando el menor número posible de microorganismos, es decir, reduciendo el grado de contaminación; cuanto menor es el número de microorganismos, tanto más se prolonga la fase lag.
- Evitando la incorporación de microorganismos en fase de crecimiento activo (es decir procedentes de la fase de crecimiento logarítmico). Estos microorganismos pueden estar creciendo en los equipos, recipientes, utensilios, etc. que entran en contacto con los alimentos.
- Por medio de uno o más factores adversos del medio: nutrientes, humedad, temperatura y potencial de óxido reducción adversos, o existencia de sustancias inhibidoras. Cuanto más adversas sean las condiciones del medio, tanto más sea retardará la iniciación de la multiplicación microbiana.
- Por medio de daño real a los microorganismos con distintos sistemas de tratamiento, como por ejemplo los tratamientos térmicos (Johns 1995).

En los procedimientos de conservación de los alimentos se deberá:

- Prevenir o retrasar la actividad microbiana.
- Prevenir o retardar la descomposición de los alimentos: destruyendo o inactivando sus enzimas, por ejemplo, por medio del escaldado y previniendo o retardando las reacciones puramente químicas, por ejemplo, impidiendo la oxidación utilizando un antioxidante.
- Prevenir las lesiones debidas a insectos, roedores, causas mecánicas.

Los procedimientos utilizados para la conservación de alimentos se dirigen fundamentalmente al control de los microorganismos, por lo tanto, se basan en la intervención sobre los factores que afectan a su actividad, que son los ya descritos: pH, Actividad de agua (aw), Potencial de óxido-reducción, Sustancias inhibitoras, Temperatura (Johns 1995). En el cuadro siguiente se clasifican los principales métodos de conservación de alimentos según su efecto sobre los microorganismos.

**Cuadro 5** Clasificación de los principales métodos de conservación

Clasificación de los principales métodos de conservación	
Acción sobre los microorganismos	Forma de actuación
DESTRUCCION	Por acción de calor
	Por radiaciones ionizantes
	Por acción de antisépticos
	Por acción mixta: calor-mecánica
EFECTO BARRERA	Por utilización de bajas temperaturas
	Por utilización de atmósferas pobres en O <sub>2</sub>
	Por reducción del contenido de agua
	Protección por incorporación y recubrimiento con inhibidores
ELIMINACIÓN	Por separación física

**Fuente:** (Casp A., 2003)

## **Efecto barrera**

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad de reacciones físico-químicas que ocurren después de la cosecha. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos. Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo, a uno o más factores adversos) para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte. Ejemplos de tales factores son la acidez (por ejemplo, bajo pH), la limitación del agua disponible para el crecimiento (por ejemplo, reducción de la actividad de agua), la presencia de conservadores, las temperaturas altas o bajas, la limitación de nutrientes, la radiación ultravioleta y las radiaciones ionizantes. Desafortunadamente, los microorganismos han desarrollado distintos mecanismos para resistir los efectos de estos factores ambientales de estrés. (FAO, 2004)

- Alimentos refrigerados Muchos productos se suministran refrigerados. Algunos alimentos procesados necesitan también la protección de la refrigeración. La refrigeración no destruye las bacterias. La contaminación cruzada tiene lugar fácilmente en alimentos refrigerados ya que no se interrumpe el crecimiento microbiológico, solamente se frena. Por esta razón, los alimentos refrigerados

deben ser etiquetados con claridad en inspeccionados de forma regular. Se realizará cuidadosamente la rotación de existencias. La contaminación cruzada será mínima manteniendo separados los alimentos crudos de los cocinados.

- Alimentos congelados. Durante la congelación el contenido acuoso del alimento se transforma en hielo. La congelación será rápida, ya que la congelación lenta determina la formación de cristales de hielo grandes, que alteran la estructura interna del alimento, produciendo una textura blanda. Al descongelar se produce la lixiviación de mucho líquido (y sabor) que se pierde. La congelación elimina no solo el calor sensible, sino también el calor latente del agua. Mientras se está formando hielo la temperatura desciende con menor rapidez. Existen varias técnicas para asegurar una congelación rápida y que los cristales de hielo sean pequeños (Johns, 1995)

### **Por utilización de atmósferas pobres en O<sub>2</sub>**

Los microorganismos pueden crecer con una amplia gama de concentraciones de oxígeno, por lo que es imposible evitar totalmente su crecimiento mediante el control de suministro de oxígeno. Sin embargo, es posible inhibir selectivamente las especies de bacterias que provocan la mayoría de los problemas. Por ejemplo, la carne envasada al vacío desarrolla un olor desagradable debido al crecimiento de especies de *Lactobacillus*. La carne envasada con una atmósfera modificada conteniendo oxígeno no desarrolla este olor, aunque debe seguir manteniéndose refrigerada y usarla con rapidez. El



envasado a vacío y el envasado con atmósfera modificada pueden servir también para evitar otros tipos de alteración. Algunos productos de crema esterilizada de larga vida son envasados con nitrógeno o dióxido de carbono para evitar el enranciamiento (Johns 1995).

#### **2.1.4. Aditivos alimentarios**

Se entiende por aditivo alimentario cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. Esta definición no incluye “contaminantes” o sustancias añadidas al alimento para mantener o mejorar las cualidades nutricionales (CODEX, 1995)

El uso de aditivos alimentarios está justificado únicamente si ello ofrece alguna ventaja, no presenta riesgos apreciables para la salud de los consumidores, no induce a error a éstos, y cumple una o más de las funciones tecnológicas establecidas por el Codex y los requisitos que se indican a continuación en los apartados a) a d), y únicamente cuando estos fines no pueden alcanzarse por otros medios que son factibles económica y tecnológicamente:

a) Conservar la calidad nutricional del alimento; una disminución intencionada en la calidad nutricional de un

alimento estaría justificada en las circunstancias indicadas en el subpárrafo b) y también en otras circunstancias en las que el alimento no constituye un componente importante de una dieta normal;

b) Proporcionar los ingredientes o constituyentes necesarios para los alimentos fabricados para grupos de consumidores que tienen necesidades dietéticas especiales;

c) Aumentar la calidad de conservación o la estabilidad de un alimento o mejorar sus propiedades organolépticas, a condición de que ello no altere la naturaleza, sustancia o calidad del alimento de forma que engañe al consumidor;

d) Proporcionar ayuda en la fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento del alimento, a condición de que el aditivo no se utilice para encubrir los efectos del empleo de materias primas defectuosas o de prácticas (incluidas las no higiénicas) o técnicas indeseables durante el curso de cualquiera de estas operaciones. (CODEX, 1995)

### **Transferencia de los aditivos alimentarios a los alimentos**

El CODEX (1995), afirma que además de la adición directa, los aditivos pueden estar presentes en un alimento como resultado de la transferencia a partir de materias primas o ingredientes utilizados para producirlo, con sujeción a las siguientes condiciones:

a) El uso del aditivo es aceptable en las materias primas u otros ingredientes (incluidos los aditivos alimentarios) de acuerdo con la presente norma;

b) Que la cantidad de aditivo alimentario presente en las materias primas u otros ingredientes (incluidos los

aditivos alimentarios) no exceda de la dosis máxima especificada en la presente Norma;

c) Que el alimento al que se transfiera el aditivo no contenga dicho aditivo en una cantidad mayor que la que se introduciría como resultado del empleo de las materias primas o los ingredientes en condiciones tecnológicas o prácticas de fabricación apropiadas.

Un aditivo podrá utilizarse en o añadirse a una materia prima u otro ingrediente si la materia prima o ingrediente se utiliza exclusivamente en la preparación de un alimento que se ajuste a las disposiciones de esta norma, y que no exceda cualquier dosis máxima aplicable al alimento.

El hidrógeno es una molécula muy importante que se emplea convencionalmente en un gran número de aplicaciones, ya sea en su forma gaseosa o líquida también está considerado dentro de los aditivos alimentarios, el número de identificación es el siguiente: E949 Hidrógeno. (Lista de aditivos alimentarios permitidos en la unión europea y sus números E)

### **Alimentos en los que es inaceptable la transferencia de aditivos alimentarios**

El CODEX (1995), precisa que la transferencia de aditivos alimentarios a partir de materias primas o ingredientes es inaceptable en aquellos alimentos pertenecientes a las siguientes categorías.

- Preparados para lactantes, preparados de continuación y preparados para usos medicinales especiales destinados a los lactantes.

- Alimentos complementarios para lactantes y niños pequeños

### 2.1.5. Aguaymanto *Physalis peruviana*

La planta de aguaymanto es de consistencia herbácea, de ciclo productivo anual, de porte bajo hasta una altura de 1,2-1,8 m. Los tallos y hojas están cubiertos por una pubescencia fina y blancuzca que desaparece con la edad. Las hojas son alternas acorazonadas con bordes dentados de 2 a 6 cm de largo por 1 a 4 cm de ancho, muy vellosas; las flores tienen forma de campana, son grandes y abiertas, de color amarillo con manchas purpúreas en el interior. El cáliz desarrolla más que el ovario, posee 5 lóbulos que van creciendo hasta envolver completamente al fruto. (Sierra Exportadora, 2012)

#### **Cuadro 6** Clasificación científica del aguaymanto

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Physaleae
Subtribu	Physalinae
Género	Physalis
Especie	Physalis peruviana L.

**Fuente:** (Sierra Exportadora, 2012)

## **Características nutricionales**

El aguaymanto se caracteriza por ser una excelente fuente de provitamina A (3.000 I.U. de caroteno por 100 g.) y vitamina C. También posee algunas del complejo de vitamina B. Además, la proteína (0,3%) y el fósforo (55%) que contiene son excepcionalmente altos para una fruta. (Encina et al. (2007)

La fruta del aguaymanto es una excelente fuente de vitamina A (1,1 mg/100 de g) y vitamina C (28 mg/100 de g), que contribuye a la salud de la piel. La fruta es muy rica en fósforo (39 mg/100 de g), ayuda a prevenir la osteoporosis, y en hierro (1,2 mg/100 de g), un mineral esencial para la formación y purificación de la sangre y que es deficiente en numerosas mujeres embarazada. Así mismo ayuda a eliminar albumina de los riñones. En su estado maduro tiene un sabor agridulce dejando en el paladar un aroma muy agradable. (Sierra Exportadora, 2012)

El aguaymanto es usado en la industria terapéutica, química y farmacéutica, para curar la diabetes, y prevenir las enfermedades como cataratas, miopía (tonifica el nervio óptico), también se le atribuye aliviar las afecciones de garganta, próstata, ser un calcificador, controlar la amibiasis y según estudios, disminuye de una manera importante los riesgos de enfermedades cardiovasculares, entre otros gracias a su actividad de antioxidante y es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides. (Sierra Exportadora, 2012)

**Cuadro 7:** Valor nutricional de aguaymanto por 100 g.

<b>Componentes</b>	<b>Contenido en base húmeda</b>
Humedad	80,8 ± 0,02
Proteína	1,2 ± 0,01
Grasa	0,2 ± 0,01
Carbohidratos totales	14,9 ± 0,01
Fibra	1,78 ± 0,02
Ceniza	1,12 ± 0,01
Acidez total (gr ác. cítrico/ 100 ml de fruto)	2,28 ± 0,03
Ph	4,08 ± 0,01
Sólidos solubles (grados brix)	12,5 ± 0,05
Azúcares reductores	2,52 ± 0,04
Índice de madurez (sólidos solubles/acidez total)	5,48 ± 0,02
Ácido ascórbico (mg/100 gr de fruto)	28,55 ± 0,10

**Fuente:** Encina *et al* (2007)

Sierra exportadora (2012), menciona que el aguaymanto posee características fisicoquímicas y organolépticas que permiten obtener diversos productos transformados con elevados rendimientos. El contenido en pulpa (70%), en sólidos solubles (14%), su pH alrededor de 3.4. Tamaño Grado de madurez 46 color, aroma y sabor son parámetros que sin duda favorecen el aprovechamiento industrial. El aguaymanto no sufre cambios relevantes por tratamientos con calor o frío; se puede deshidratar, sea por concentración o por aumento de sus sólidos solubles a fin de reducir su actividad de agua

### 2.1.6. Hidrógeno

Hidrógeno viene del latín "hydrogenium", y este del griego antiguo (hydor): "agua" y (genos) "generador"; "generador de agua".

Es un elemento químico representado en la tabla periódica por el símbolo H y con número atómico de 1. En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas diatómico H incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable; siendo su valor específico de combustión 120 MJ/kg. Con una masa atómica de 1,00794 (7), ( $\mu$ ), siendo el elemento químico más ligero y más abundante en el universo: constituyendo las tres cuartas partes de la materia cósmica. (Quezada y Torres, 2014)

Al pensar en el hidrógeno con relación a la energía, se debe tener en claro un concepto importante: el hidrógeno no es una fuente de energía primaria, sino sólo un portador de energía, tal como lo es la nafta o cualquiera de los combustibles a los que estamos acostumbrados, por ejemplo, nafta, kerosén, carbón, leña, etc. Estas sustancias contienen energía química acumulada, que puede ser liberada por procesos de combustión (quemado)

Ademas Quezada y Torres (2014), mencionan que el hidrógeno a pesar de su inmensa abundancia no se encuentra disponible de forma directa, pero podemos encontrarlo en forma molecular; encontrándolo en gran cantidad de forma combinada en su mayor parte por agua.

**Cuadro 8** Propiedades físicas del hidrógeno

<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL HIDRÓGENO</b>		
Propiedad	Valor	Unidad
Inodoro, incoloro y sin sabor		
Estado ordinario	Gas	
Estructura cristalina	Hexagonal	
Es la molécula más pequeña conocida		
Densidad en estado gaseoso (a 20°C y 1atm)	0,08376	kg/m <sup>3</sup>
Densidad en estado Liquido	0,0708	kg/m <sup>3</sup>
Volumen específico del gas (a 20°C y 1atm)	11,9	m <sup>3</sup> /kg
Volumen específico liquido (-253°C Y 1atm)	0,014	m <sup>3</sup> /kg
Punto de fusión	14,025	K
Punto de ebullición	20,268	K
Temperatura crítica	- 239,8	°C
Energía específica de combustión	120	MJ/kg
Entalpía de vaporización	0,44936	MJ/mol
Entalpía de fusión	0,05868	MJ/mol
Presión crítica	1,293*10 <sup>6</sup>	Pa
Volumen molar	22,42*10 <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /mol
Facilidad de efusión, como también difusión		
Optima conductividad calorífica		
Relación de expansión	1:848	

**Fuente:** Gutiérrez (2005)



**Cuadro 9** Propiedades químicas del hidrógeno

<b>PROPIEDADES QUÍMICAS DEL HIDRÓGENO</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso atómico	100974	<i>uma</i>
Posee un esta de oxidación	+1, -1	
Solubilidad en agua	a 0°C :2,1 en 100 partes a 80°C : 0,8	<i>cm3</i> <i>cm3</i>
Isotopos abundancia	H-1 99,985% H-2(deuterio) 0,015% H-3 (radiactivo)	
Radio atómico	53	<i>pm</i>
Radio iónico	208	<i>pm</i>
Radio covalente	37	<i>pm</i>
Radio medio	25	<i>pm</i>
Configuración electrónica	1s <sup>1</sup>	
Completa su nivel de valencia con un electrón capturado, para así poder producir el anión $h^-$		
Se combina con metales, a través de enlaces iónicos	Alcalinos y alcalinotérreos (aceptó berilio y magnesio)	
Forma enlaces tipo covalentes	Con los metales	
Forma enlaces metálicos	Con los elementos de transición	
El hidrógeno, $H^+$ , siempre se encuentra asociado con otro elemento, aceptó los de estado gaseoso.		
Posee una estructura cristalina hexagonal		
Reacciona con la gran mayoría de los elementos de la tabla periódica.		

**Fuente:** Gutiérrez (2005)

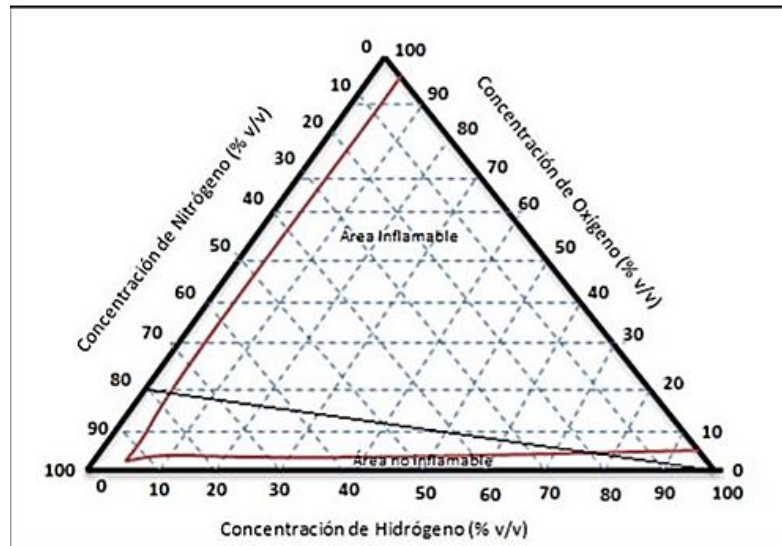
## **Inflamabilidad del hidrógeno**

El hidrógeno no es explosivo, es una molécula estable, a diferencia de los explosivos, el hidrógeno necesita una fuente de ignición externa para que se produzca la deflagración. Para que este elemento arda son indispensables tres condiciones esenciales que son: que el hidrógeno se mezcle con el oxidante, que la mezcla este dentro de los límites de inflamabilidad y que esté presente una fuente adecuada de ignición (chispa). (Quezada y Torres, 2014)

Los límites de inflamabilidad, en un porcentaje en volumen, define el rango en el cual los combustibles gaseosos se incendian cuando están expuestos a una fuente de ignición con suficiente energía. Estos límites dependen en gran parte de la energía de ignición, temperatura, presión, presencia de diluyentes, tamaño y la configuración del equipo. El rango de inflamabilidad de las mezclas de hidrógeno-aire e hidrógeno-oxígeno se amplían desde la propagación de la llama es hacia arriba y se estrechan si la propagación de la llama es hacia abajo. (Quezada y Torres, 2014)

Los límites de inflamabilidad del hidrógeno en aire seco a una presión de 101.3 KPa y a una temperatura de 298 K son de 1.4% y 74.8%, para los límites inferiores y superiores respectivamente. Para el caso de la mezcla hidrógeno-oxígeno son de 4.1% y 94%. (Quezada y Torres, 2014)

**Figura 5** Límites de inflamabilidad de la mezcla H-N-O



**Fuente:** (Quezada y Torres, 2014)

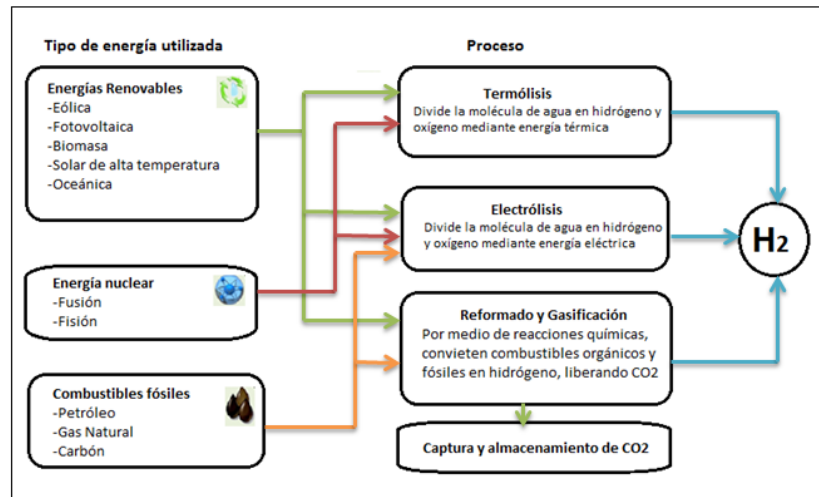
### 2.1.7. Producción de hidrógeno

El hidrógeno no se encuentra en la naturaleza en su estado fundamental, por motivo de que esta combinado con algunos elementos; es producido a partir de fuentes como es el agua, gas natural, y con el aporte de energía. Idealmente, la energía aportada sería igual a la energía contenida en el gas sinterizado. Sin embargo, la producción de hidrógeno a partir de cualquier proceso implica una transformación de energía. Y por consiguiente las transformaciones de energía siempre están ligadas a pérdidas de energía. (Quezada y Torres, 2014)

Una de las ventajas más importantes del hidrógeno es que puede ser producido a gran escala porque nuestro planeta posee fuentes de agua, combustibles fósiles y materia orgánica. En la siguiente figura se describen algunas de las principales vías de producción de hidrógeno en la actualidad. Cada uno de estos

procedimientos tienen sus propias ventajas e inconvenientes que deben ser tomados muy en cuenta como son: el costo, viabilidad, estudio, escala y emisiones.

**Figura 6** Vías de producción de hidrógeno



**Fuente:** Quezada y Torres (2014)

Quiceno y Velásquez (2013), mencionan que la obtención del hidrógeno se puede clasificar dependiendo del tipo de energía utilizada en el proceso, eléctrica, térmica, fotónica y bioquímica.

Hoy en día la ciencia busca nuevos e innovadores métodos para producir hidrógeno; con el paso del tiempo llegará el día en que sea comercialmente viable entre estos están: descomposición térmica del agua, la fotoelectrólisis, la producción fotobiológica, electrólisis y el "plasmatron".

En cualquier proceso de producción de hidrógeno hay unas entradas (materias primas y energía) y sus salidas (hidrógeno, subproductos y pérdidas de energía).

**Figura 7** Proceso de producción de hidrógeno



**Fuente:** Quezada y Torres (2014)

Crosbie y Chapin (2003), detallan que la eficiencia térmica de un proceso de producción de hidrógeno se puede definir como el poder calorífico inferior del hidrógeno producido dividido entre la energía suministrada al sistema desde todas las fuentes. El hidrógeno útil es aquel que llega al consumidor, por lo tanto, los costes de purificación y almacenamiento también deberían ser considerados a la hora de estimar el coste total. Sin embargo, los mayores costes de producción de hidrógeno resultan de la energía suministrada. El coste de los materiales, suministro de agua, gas natural u otros hidrocarburos, y los procesos finales, la purificación y el almacenamiento significativos.

### **Descomposición de gas natural por arco de plasma**

Quiceno y Velásquez (2013), afirman que para este método se utiliza un reactor el cual está compuesto de 3 electrodos y plasma inyectado, el plasma se utiliza en estado ionizado, en donde sus electrones se encuentran en estado excitado y es utilizado como medio de alto voltaje para la descarga de corriente eléctrica. Se utiliza como fuente de hidrógeno al gas natural, el cual está compuesto básicamente por metano, cuando se hace fluir el metano a través del arco de plasma ionizado, debido a la excitación de los electrones, este se disocia en

hidrógeno y carbono negro, el hidrógeno permanece en su estado gaseoso mientras que el carbono se solidifica en forma de hollín.

### **Termólisis**

Quiceno y Velásquez (2013), es el proceso por el cual un compuesto se divide en dos o más componentes debido a un considerable aumento de temperatura, en el caso del agua, se encuentra que el proceso de disociación se presenta a partir de los 2500 K, temperatura en la cual se permite una disociación de poco más del 4% a presión atmosférica. Este proceso es reversible, por lo tanto, para no perder el hidrógeno obtenido se debe realizar un enfriamiento para detener la reacción química, este enfriamiento no debe tardar más de unos cuantos milisegundos, este se realiza con la ayuda de un gas auxiliar que se encuentra entre los 400 a 450 K y no es reactivo con el hidrógeno, pues de lo contrario se podría perder gran cantidad del hidrógeno.

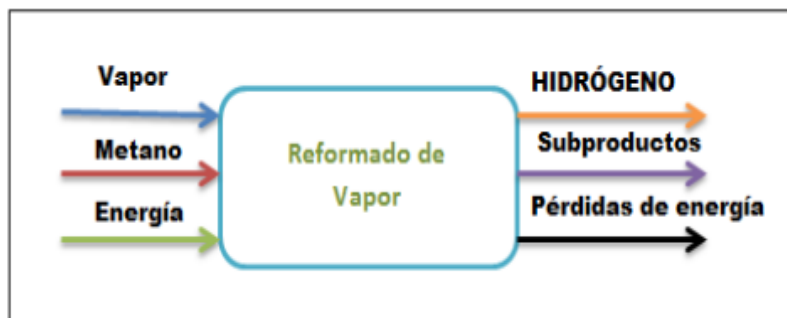
### **Termo catálisis**

En vista de la limitación de los materiales existentes hoy en día para la realización de la termólisis, debido a las altas temperaturas involucradas, existe la posibilidad de utilizar catalizadores para disminuir las temperaturas de disociación, utilizando hilos metálicos como catalizador, se observa una disociación del hidrógeno a temperaturas de 1600 K, la descomposición del agua se aprecia en porcentajes menores, pero esto se ve compensado en el aumento en la tasa de reacción debido al catalizador. (Quiceno y Velásquez, 2013)

## Reformado

Este proceso consiste en la reacción de un hidrocarburo con el vapor de agua, básicamente lo que se hace es exponer el hidrocarburo, generalmente metano, con vapor de agua a unas condiciones de presión entre 3 y 25 bares y temperatura entre 700 y 900 °C, generando varias reacciones químicas que arrojan como resultados hidrógeno y dióxido de carbono, debido a la gran cantidad de energía involucrada en el proceso, es generalmente utilizado para la producción a gran escala. En algunos casos la pureza del hidrógeno no es muy buena, por el contenido de azufre presente en el hidrocarburo. (Quiceno y Velásquez, 2013)

**Figura 8** Proceso de producción de H mediante reformado de vapor



**Fuente:** Quezada y Torres (2014)

**Cuadro 10** Entalpía de reacción en el proceso de reformado

Núm.	Ecuación de Reacción	Nombre	$\Delta H$
1	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	Reformar	205.82
2	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	Reacción de desplazamiento	-41.17
3	Etapa de Separación		-

**Fuente:** Quezada y Torres (2014)

## **Gasificación**

Es un proceso termoquímico en el cual mediante varias reacciones químicas, se logra obtener hidrógeno a partir de la biomasa y vapor de agua o aire, como resultado de estas reacciones químicas se obtienen principalmente hidrógeno y monóxido de carbono, pero también otros productos en cantidades menores como lo son el dióxido de carbono, el metano y otros hidrocarburos, el principal impedimento en el proceso es el factor económico, pues el consumo energético involucrado es demasiado alto, lo que lleva su uso básicamente a laboratorios. (Quiceno y Velásquez, 2013).

A este proceso se calienta la biomasa a unos 700 a 1200°C en un reactor donde se rompen las uniones de las moléculas que forman la biomasa. Posteriormente se obtiene un gas constituido principalmente por hidrógeno, monóxido de carbono y metano. El metano se transforma en hidrógeno y dióxido de carbono a partir del mismo método de reformado de vapor. Este método de producción de hidrógeno tiene una serie de ventajas frente a otros, como son: las emisiones de gases de dióxido de carbono procedentes de la gasificación de la biomasa no contribuyen al incremento neto de las emisiones de gases de efecto invernadero; también es uno de los métodos más avanzados en producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables. Otra de las ventajas es que se usa una gran variedad de residuos agrícolas que contribuyen en la reducción de costes; y a un futuro se pretende convertir las aguas residuales de las ciudades y otros residuos orgánicos en una fuente de energía. (Quezada y Torres, 2014).

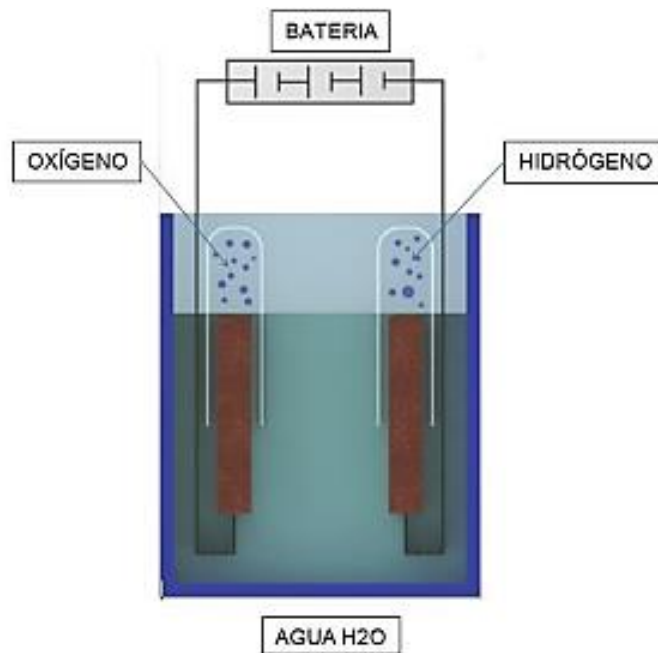


### 2.1.8. Electrólisis

La electrólisis del agua es la separación de los átomos que constituyen sus moléculas, por medio de la electricidad. Es uno de los métodos más conocidos para obtener hidrógeno. (Quezada y Torres, 2014)

El proceso consta de dos electrodos que están conectados a un flujo de energía eléctrica y sumergidos en una solución (comúnmente agua), el que está conectado al polo positivo es conocido como ánodo y el conectado al polo negativo como cátodo, cada electrodo atrae a los iones opuestos, así el ánodo atrae a los iones negativos y es el lugar donde aparece el oxígeno, mientras que en el cátodo se atraen a los positivos haciendo que el hidrógeno aparezca allí. (Quiceno y Velásquez, 2013)

**Figura 9** Electrolizador

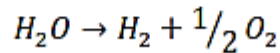
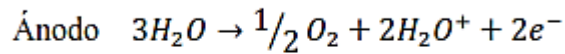
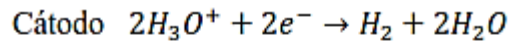


**Fuente:** Quiceno y Velásquez (2013)

Algunos aspectos importantes que recomiendan Quiceno y Velásquez, a tener en cuenta son:

- Nunca deben unirse los electrodos, ya que la corriente eléctrica no va a realizar el recorrido correcto y por lo tanto la batería se sobrecalentará y quemará.
- Siempre debe utilizarse corriente continua como por ejemplo energía de baterías o de adaptadores de corriente, nunca corriente alterna como la energía obtenida del enchufe de la red.
- La electrólisis debe hacerse de tal manera que los dos gases desprendidos no entren en contacto, de lo contrario producirían una mezcla peligrosamente explosiva ya que el oxígeno y el hidrógeno resultantes se encuentran en proporción estequiométrica.
- Una manera de producir agua otra vez, es mediante la exposición a un catalizador.
- El más común es el calor, aunque existen otros como el platino en forma de lana fina o polvo, en este caso debe hacerse con mucho cuidado, incorporando cantidades pequeñas de hidrógeno en presencia de oxígeno y el catalizador, de manera que el hidrógeno se queme suavemente, produciendo una llama tenue, de lo contrario podría ocurrir un accidente.
- El parámetro para ingresar a un catálogo y seleccionar el electrolizador adecuado es únicamente el flujo volumétrico de hidrógeno deseado a la salida del sistema.

**Figura 10** Reacciones que suceden en la electrólisis



**Fuente:** Quezada y Torres (2014)

Los electrodos (ánodo y cátodo), son aquellos que generan el movimiento de los electrones previamente situados en una solución. Formándose así hidrógeno en el cátodo, mientras que oxígeno en el ánodo. Para optimizar la producción de estos elementos anteriormente mencionados, por el método de electrólisis, es necesario variar el PH del electrolito en este caso el agua, mediante la adición de un ácido o una base, mejorando así la velocidad de reacción. (Quezada y Torres, 2014)

(Quezada y Torres, 2014) mencionan que la electrólisis es uno de los métodos de producción de hidrógeno puro más efectivos en pequeñas cantidades.

Debido a que este método utiliza electricidad, la eficiencia térmica de este proceso incluye la eficiencia de generación de energía eléctrica, así como la electrólisis en sí misma. A pesar que las energías renovables no tienen una eficiencia elevada y que el proceso de electrólisis del agua los rendimientos son de orden del 65-70%. La eficiencia de producción eléctrica varía dependiendo del medio que la produzca.

A pesar que la separación de moléculas de agua por medio de la electrólisis ha sido utilizada durante décadas, este uso se ha limitado a unidades de producción pequeñas. Este tipo de método no se ha empleada en grandes plantas debido principalmente a su baja eficiencia comparada con el reformado de vapor. Existen, de todas formas, algunas grandes plantas de hidrógeno electrolítico que consumen más de 100 MW.

La producción de hidrógeno usando el método de electrólisis tiene el potencial de estar completamente libre de emisiones, usando como medio de producción de electricidad la energía solar y eólica.

Un electrolizador es básicamente un aparato en el cual se realiza la electrólisis, y de este modo se puede obtener hidrógeno, se compone de un ánodo, un cátodo, una fuente de alimentación y un electrolito. Un flujo directo de corriente continua se aplica para que la electricidad fluya desde el terminal negativo de la fuente de corriente continua al cátodo, lugar en donde los electrones son consumidos por los iones de hidrógeno (protones) para formar hidrógeno, para mantener la carga eléctrica en equilibrio los iones de hidróxido se transfieren a través de la solución electrolítica al ánodo, donde los electrones regresan a la terminal positiva de la fuente de corriente continua.

#### **2.1.9. Seguridad en el uso de hidrógeno**

El sistema de hidrógeno debe estar concebido para usuarios no técnicos, para garantizar su seguridad. El principal inconveniente es el riesgo de fuga, posible debido al pequeño tamaño molecular del hidrógeno, que

lo permite filtrarse a través de poros o juntas. Por ello, los tanques de almacenamiento, juntas y tuberías por los que discurre el hidrógeno deben cumplir estrictas medidas de seguridad. Si la fuga se produce a cielo abierto el riesgo de explosión es menor debido a que el hidrógeno se dispersa rápidamente y no alcanza la proporción estequiométrica necesaria para deflagrar. Si la fuga se produce en un recinto cerrado el riesgo es sensiblemente mayor. La velocidad de llama del hidrógeno es alta, lo que hace que su riesgo de explosión sea más elevado que otros combustibles cuando se encuentra en elevada concentración en el aire. Además, la llama es poco visible y emite menos radiación que una llama generada por gasolina. (Gauchía, 2008)

#### **2.1.10. Aplicación del hidrógeno en alimentos**

##### **Procesos de modificación de las grasas**

La hidrogenación de las grasas y aceites comestibles se ha realizado en gran escala desde principios de siglo. El proceso se lleva a cabo en un sistema trifásico (gas hidrógeno, aceite líquido y catalizador sólido), a temperaturas que varían desde unos 120 °C hasta unos 220 °C como máximo en las etapas finales de reacción. El catalizador consiste en pequeños cristales de níquel soportados por un óxido inorgánico, normalmente sílice o alúmina. Tras la reacción, se filtra el catalizador y se eliminan todas las trazas de níquel residual después del refinado, hasta conseguir un nivel de 0,1 mg/kg o inferior.

Aparte de la reducción de la insaturación, durante la hidrogenación también se da una isomerización de los

dobles enlaces: isomerización geométrica (cis-trans), y de posición. Los mecanismos de hidrogenación y de isomerización se relacionan estrechamente. Inicialmente se forma un intermedio medio hidrogenado, en el que la molécula adsorbida a la superficie del catalizador con un enlace sencillo puede rotar libremente. La adición de un segundo átomo de hidrógeno saturaría el enlace, mientras que la sustracción de un átomo de hidrógeno del estado intermedio medio hidrogenado de la superficie del níquel produce o bien la molécula original o bien un isómero de posición o geométrico. La hidrogenación de los ácidos grasos poliénoicos se produce, al menos parcialmente, a través de isómeros conjugados (por ejemplo, c9, t11 o t10, c12), que son muy reactivos y por tanto se convierten rápidamente en ácidos monoénoicos en cis o en trans sin acumularse. De la cantidad total de ácidos grasos en trans presentes en los aceites de grasas hidrogenados, la mayor parte son, con mucha diferencia, los monoénos en trans. Dada la importancia del papel de la hidrogenación en la producción de grasas plásticas, los ácidos grasos en trans se pueden encontrar en importantes cantidades en muchos productos. La cantidad de dienos cis, trans y trans,cis es mucho menor, y el nivel de dienos trans,trans raramente supera el 1 por ciento. (FAO, 2016)

Aparte de la hidrogenación, existen otras dos importantes tecnologías de modificación de grasas. La primera es la interesterificación, el reordenamiento al azar de los ácidos grasos en la molécula del triglicérido, bajo la influencia de un catalizador moderadamente alcalino. Esto modifica el comportamiento de la grasa

frente a la fusión, sin que cambie la naturaleza de sus ácidos grasos. La segunda es el fraccionamiento, la separación controlada de las fracciones de aceite/grasa a temperaturas bajas (fraccionamiento en seco) los disolventes (fraccionamiento con disolventes). En este proceso no se dan cambios en la naturaleza química de los ácidos grasos. El aceite de palma se fracciona en palmoleína y palmestearina. (FAO, 2016)

#### **2.1.11. Atmósfera modificada**

La técnica de conservación en atmósfera modificada consiste en empacar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases, en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir el grado de respiración, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto. Dependiendo de las exigencias del alimento a envasar, se requerirá una atmósfera con ambientes ricos en CO<sub>2</sub> y pobres en O<sub>2</sub>, los cuales reducen el proceso de respiración en los productos, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un mayor tiempo. (Cartagena y Meneses, 2008)

Uno de los gases usado comercialmente es el oxígeno que desencadena reacciones redox degradativas y es utilizado por microorganismos aerobios, animales y vegetales para su respiración. Con niveles bajos de oxígeno se pretende reducir la respiración del producto y ralentizar o evitar el desarrollo de microorganismos aerobios. Por otro lado, el oxígeno es un inhibidor de los

microorganismos anaerobios y de los metabolismos anaeróbicos o fermentativos de los vegetales. Por eso, los niveles de oxígeno en las atmósferas modificadas para frutas se pretenden que sean bajos, no superiores a 5 kPa, aunque es necesario un nivel mínimo de oxígeno que evite problemas de apoxia, activación de vías fermentativas y microorganismos anaerobios. (Belloso y Oms, 2003).

Cartagena y Meneses (2008), mencionan los siguientes beneficios de la atmósfera modificada:

- Frenan la actividad respiratoria.
- Reducen o inhiben la síntesis de etileno.
- Inhiben la maduración.
- Limitan el ablandamiento (actividad de la pectinestearasa y la poligalacturonasa).
- Retrasan las pérdidas de textura.
- Restringen los cambios de composición (pérdida de acidez y de azúcares, degradación de clorofila, desarrollo de antocianos, biosíntesis de carotenos, prevención de la rancidez y el pardeamiento enzimático paliando las alteraciones fisiológicas y los daños por frío, manteniendo el color y protegiendo las vitaminas de los productos frescos).



### **2.1.12. Aguas residuales**

La OEFA (2014), menciona que las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (Blazquez y Montero, 2010)

Por aguas residuales se entiende a la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto; implica alteraciones perjudiciales de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica. Estas aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos. (Díaz et al, 2010)

Además, Blazquez y Montero (2010), afirman que, según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias,

oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Rodríguez–Monroy y Duran de Bazúa 2006).

### **2.1.13. Tipos de aguas residuales**

#### **Aguas residuales domésticas**

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. (Blazquez y Montero, 2010).

El OEFA (2014), resumen a las aguas residuales domésticas; son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

### **Aguas residuales industriales**

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras. (OEFA, 2014)

Rodríguez et al (2006), mencionan que los compuestos orgánicos e inorgánicos se encuentran en aguas residuales procedentes de instalaciones industriales diversas. A diferencia de las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, bien por estar en concentraciones elevadas, o bien por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo.

### **Aguas residuales municipales**

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014)

Son aquellas procedentes de zonas residenciales, instalaciones públicas o de recreo e instalaciones comerciales o similares. El agua residual municipal fresca y recién generada presenta un color gris y olor a queroseno, pero al pasar el tiempo de ser generada se vuelve séptica y pestífera con un olor a sulfhídrico y un característico color negro. (Riveros, 2013)

## 2.2. Antecedentes

Velásquez Piedrahíta y Quiceno Castañeda de la Universidad Tecnológica de Pereira, en su Tesis denominada DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO POR ELECTRÓLISIS realizada en mayo de 2013 mencionan lo siguiente: El proyecto se desarrolló con el objetivo de diseñar un sistema de generación de hidrógeno ( $H_2$ ) por electrólisis para la celda de combustible de membrana de intercambio protónico, fue diseñada y construida en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Con el fin de conocer en qué punto se encuentra el estado del arte actual del diseño de electrolizadores y sistemas de almacenamiento, se realiza una revisión bibliográfica asociada a la generación de hidrógeno, su consumo en diferentes celdas de combustible y su modo de almacenarse. Para cumplir con este objetivo, se visitaron las bibliotecas: del Banco de la República, Lucy Tejada y Jorge Roa Martínez. Adicionalmente se consultaron las bases de datos electrónicas con las que dispone la Universidad Tecnológica de Pereira. Después de esta revisión bibliográfica y habiendo conocido los diferentes tipos de electrolizadores, se toma la decisión de escoger el sistema que brinde mayor durabilidad y ofrezca una mayor eficiencia, por lo tanto, se escoge el electrolizador tipo membrana de intercambio de protones. Para establecer los parámetros del electrolizador, se recurre a la información obtenida en la revisión bibliográfica, de donde se seleccionan los materiales de construcción de las diferentes partes del sistema; como los electrodos, la membrana de intercambio de protones (PEM), las placas bipolares y difusoras de gas.

En base a la corriente que va a generar la celda de combustible, es posible conocer la demanda de hidrógeno generado por el electrolizador que para este caso es  $350 \text{ cm}^3/\text{min}$  y con base en

esta información se calcula el área de la PEM que es 50 cm<sup>2</sup>, esta dimensión es el dato de entrada para comenzar con el diseño del electrolizador.

En cuanto a los sistemas de almacenamiento de hidrógeno, se presenta una información detallada con respecto a los tipos que existen, sus ventajas y desventajas y sus rangos de funcionamiento.

De su proyecto realizado se resaltan las siguientes conclusiones:

- Actualmente existen varios métodos por los cuales se puede obtener hidrógeno, mediante la energía eléctrica, térmica, química y algunos métodos bioquímicos entre otras, esta variedad de opciones se debe a la necesidad de encontrar una fuente de energía renovable que sea competitiva respecto de los combustibles a base de hidrocarburos.
- La gran variedad de celdas de combustible permite rangos de operación amplios, de entre 0,1 W para las que funcionan con membrana de intercambio de protones, hasta 2MW para las celdas de combustible de óxido sólido.
- Los electrolizadores PEM que usan metales como el platino y el paladio en sus electrodos y llevan la presión a treinta bares, permiten jornadas de hasta diez mil horas de trabajo continuo, además, gracias a este aumento de presión, la resistencia óhmica disminuye, aumentando la eficiencia eléctrica.
- Aunque las investigaciones avanzan cada vez más rápido y llegan más lejos en el campo de la generación de hidrógeno, hoy no es posible suprimir completamente la dependencia que existe hacia los combustibles fósiles.

- Para definir las dimensiones y el alcance que tendrá el generador de hidrógeno, es necesario conocer la demanda de potencia y especialmente la corriente a la que funciona la celda de combustible que va a ser conectada a este sistema, pues a partir de esta información se determinan las dimensiones de la membrana de intercambio de protones, quien determina la capacidad del electrolizador.
- En la actualidad no es muy viable el almacenamiento a baja escala de hidrógeno, esto se debe a las bajas eficiencias que se manejan en los sistemas actuales, por este motivo se está trabajando en el desarrollo de un sistema más eficiente, para conseguir una disminución en el costo del valor del hidrógeno, que lo haga más competitivo respecto de los combustibles fósiles.

De todo ello recomiendan al respecto:

- La selección del material tanto de ánodo como del cátodo son de vital importancia, ya que su vida útil se puede ver afectada por el contacto con los gases generados en la electrólisis, se recomienda usar los materiales expuestos en este trabajo para su construcción.
- La electrólisis debe ser alimentada con corriente continua, mas no con corriente alterna, ya que los cambios de intensidad en este tipo de corriente pueden volver inestable la reacción con el Hidrógeno y oxígeno, gases altamente inflamables.
- El almacenamiento es un sistema aun ineficiente, por lo que es recomendable usar el hidrógeno de manera directa desde el electrolizador para el caso de pequeñas cantidades.

Landa Contreras de la Universidad Veracruzana de México, en su Tesis denominada ADITIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA, QUE CAUSAN Y NO CAUSAN DAÑOS A LA SALUD realizada en noviembre de 2012, mencionan lo siguiente: En el deterioro de los alimentos influyen una serie de factores ambientales: la temperatura, tanto alta como baja, la humedad y sequedad, el aire y más particularmente el oxígeno, así como la luz. Evidentemente, el tiempo, puesto que todas las causas de la degradación de los alimentos progresan con el tiempo y, una vez sobrepasado el periodo transitorio en el cual la calidad del alimento esta al máximo, cuando mayor sea el tiempo transcurrido mayores serán las influencias destructoras.

Para incrementar la vida del alimento se considera bloquear la acción de los agentes físicos, químicos y biológicos (microorganismos o enzimas) que pueden alterar sus características originarias (textura, olor, color y sabor). Estos agentes pueden ser ajenos a los alimentos (microorganismos del entorno como bacterias, mohos y levaduras) o estar en su interior, como las enzimas naturales presentes en ellos. Para contrarrestar los microorganismos se utilizan agentes físicos como la envoltura que contiene al alimento, ya que los protege de la luz o agentes externos a la envoltura, químicos como en la adición de un aditivo como los antioxidantes, para evitar su deterioro y biológicos los cuales algunas frutas lo traen de manera natural, para evitar su oxidación (manzana, plátano, etc.).

La importancia de la conservación de los alimentos radica en su. Objetivo principal: Es evitar que sean atacados por microorganismos que originan la descomposición y así poder almacenarlo por más tiempo. El empleo de aditivos químicos ayuda a prevenir el desarrollo de dichos microorganismos, así



como dar mejor consistencia, mejorar el color, olor y textura de cada alimento.

La bibliografía reporta algunos daños a la salud producidos por el uso de aditivos en los alimentos como la sacarina, hexametilentetramina, nitritos y nitratos, BHA y BHT entre otros.

En este contexto, el presente trabajo pretende informar acerca de los posibles daños a la salud, que puedan causar los diferentes aditivos utilizados en la industria alimentaria, para ello contiene una revisión bibliográfica acerca de las principales técnicas de conservación de alimentos, haciendo énfasis en el uso de aditivos, así como su clasificación, funciones y los daños a la salud producidos por estos.

De su proyecto realizado se resaltan las siguientes conclusiones:

- Existe una gran variedad de aditivos que causan daños a la salud y los encontramos en productos que normalmente los consumimos de manera natural sin saber el riesgo que esto lleva. Hay Conservadores, Colorantes, Edulcorantes, Antioxidantes, etc. que se comercializan en España y México que pueden ocasionar serios trastornos por su toxicidad y que resultan inadecuados o no se conocen suficientemente sus efectos sobre el organismo.
- Hasta hace algunos años, la permisividad de las autoridades sanitarias fue enorme. Gracias a la necesidad de adaptar nuestra legislación a la de Europa comunitaria, algunos aditivos habituales han sido definitivamente prohibidos, aunque aún podemos encontrarlos en productos ilegales o extranjeros.
- Es importante que continúen los estudios toxicológicos de aditivos utilizados en la industria alimentaria en México, porque la mayoría de los alimentos que cada día

consumirnos, contienen toda una serie de sustancias cuyas propiedades ignoramos. Pero nadie se salva de las graves consecuencias derivadas de la modificación artificial de los alimentos.

De su proyecto realizado se resaltan las siguientes conclusiones:

- Evitar el consumo de aditivos prohibidos, es decir, todos los que están indicados como tal en este trabajo.
- Sospechar de aquellos aditivos que, aunque están autorizados en España y México han sido prohibidos en otros países por diferentes razones.
- Reducir al máximo el consumo de aditivos, utilizar lo menos posible alimentos procesados y elegir siempre productos frescos y naturales, no manufacturados, y en todo caso, optar por los productos con menos aditivos, sobre todo si se trata de colorantes, que son perfectamente prescindibles y en general los aditivos sintéticos o artificiales.
- Evitar sobre todo los aditivos acumulativos, es decir, aquellos que el organismo absorbe, pero no elimina en su totalidad. En este caso lo que importa no es la cantidad diaria ingerida sino la que consumimos a lo largo de toda nuestra vida.

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general**

Si evaluamos adecuadamente el uso de diferentes volúmenes del gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales en la conservación de frutos de aguaymanto, mejoraremos la conservación de estos.

### **2.3.2. Hipótesis específicos**

Determinando la tensión eléctrica que mejore la eficiencia del prototipo en la obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales, lograremos un mayor rendimiento.

Determinando el mejor volumen de gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, que conserve en un mayor tiempo los frutos de aguaymanto, prolongaremos el tiempo de vida útil.

Determinando las características sensoriales del fruto de aguaymanto conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, mejoraremos las características en la conservación.

Determinando las características físico-químicas del fruto de aguaymanto conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo, mejoraremos las características físico-químicas en la conservación.

## **2.4. Variables**

### **2.4.1. Variable independiente**

Diferentes tensiones eléctricas para mejorar la eficiencia del prototipo en la obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales.

Diferentes volúmenes de gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, aplicados en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*).

#### **2.4.2. Variable dependiente**

Tensión eléctrica adecuada que mejore la eficiencia del prototipo en la obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales.

Frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*) conservados en almacenamiento con buenas características sensoriales, físico-químicas y microbiológicas, por un mayor tiempo.

#### **2.4.3. Operacionalización de las variables**

Aplicando la tensión eléctrica adecuada en el prototipo, mejoraremos la eficiencia de obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales.

Aplicando el volumen adecuado de gas hidrógeno en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*), obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales; prolongaremos el tiempo de conservación de estos manteniendo sus características sensoriales, físico-químicas y microbiológicas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Es aplicada, se orientó a la obtención una mejora tecnológica, respecto al aprovechamiento del agua, un recurso fundamental para la vida y la agroindustria.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

Según Dankhe, los estudios se dividen en: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. Esta clasificación es muy importante, pues el tipo de estudio depende la estrategia de investigación. El diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos en estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. En la práctica, cualquier estudio puede incluir elementos de más de una de estas cuatro clases de investigación.

Dankhe (1986) el tipo de investigación es exploratoria, debido a que el objetivo de la Investigación es analizar o examinar un determinado tema o problema, que a la fecha de la investigación ha sido abordado muy poco o en nada; no existiendo de él, literatura o si existe es muy vaga. Y es así puesto que el proyecto consta también del diseño de un prototipo que explícitamente como es, no existe aún en el mercado.

Dankhe (1986) el tipo de investigación es descriptiva, puesto que orienta a describir tal o cual fenómeno o problema, es decir explicar el cómo se manifiesta determinado fenómeno. Para el caso del proyecto se explicará sobre la presión y la incidencia en la temperatura.

Dankhe (1986) el tipo de investigación es correlacional, diríamos que el propósito de este tipo de estudios es saber cómo se comporta una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas a ella.

### **3.2. Lugar de ejecución**

KARBEL S.C.R.L. ubicada en Jr. Tingo María N° 120, distrito de Amarilis, Provincia de Huánuco

### **3.3. Población, muestra y unidad de análisis**

La población de estudio son los circuitos electrónicos que conformaran las fuentes de corriente continua para el funcionamiento del prototipo, el gas hidrógeno generado por este y de la misma forma el fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*).

Las muestras son las tres fuentes de corriente continua que alimentaran al prototipo, los diferentes volúmenes de gas hidrógeno que genera este y las muestras de aguaymanto (*Physalis peruviana*).

### 3.4. Tratamientos en estudio

Diferentes fuentes de corriente continua aplicados en el prototipo para su mayor eficiencia.

**Cuadro 11** Tratamientos en la evaluación de tensiones eléctricas

Tratamiento	Transformadores
T1	10 A
T2	15 A
T3	20 A

**Fuente:** Los autores

Diferentes volúmenes de gas de Hidrógeno generados por el prototipo aplicados en la conservación de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*): Tratamiento 1 (400 cm<sup>3</sup>), Tratamiento 2(750 cm<sup>3</sup>) y Tratamiento 3 (1100 cm<sup>3</sup>) como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 12** Tratamientos en la evaluación de **V** de gas hidrógeno

Tratamiento	Volumen gas hidrógeno
T1	400 cm <sup>3</sup>
T2	750 cm <sup>3</sup>
T3	1100 cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Los autores

### 3.5. Prueba de hipótesis

#### 3.5.1. Diseño de la investigación

El diseño que aplicaremos en esta investigación es el Diseño Completamente al Azar, para la clasificación de los tratamientos realizaremos las pruebas de comparación de Tukey con  $\alpha = 5\%$ .

El modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño Completamente al Azar) tiene la ecuación siguiente:

$$Y_{i\varphi} = \mu + T_i + E_{i\varphi}$$

Dónde:

$Y_{i\varphi}$  : tiempo de la eficiencia evaluada en la  $\varphi$  – ésima muestra del proceso sometida al  $i$  – ésimo tratamiento.

$\mu$  : La media general.

$T_i$  : Efecto del  $i$ –ésimo tratamiento.

$E_{i\varphi}$  : Error experimental.

El ANVA correspondiente a un DCA se muestra en el cuadro.

**Cuadro 13:** ANVA correspondiente a un DCA

Fuente de variabilidad Grados de libertad	
Tratamientos	(t-1)
Error Experimental	(r-1)*t
Total	Rt-1

**Fuente :** Steell y Torrie (1996)



### **En la evaluación de las tenciones eléctricas**

H<sub>0</sub>: La generación de gas hidrógeno sería la misma con las tres tensiones eléctricas.

$$H_0: T_1=T_2=T_3$$

H<sub>1</sub>: Al menos una tensión eléctrica generaría diferente volumen de gas hidrógeno.

$$H_1: \text{Al menos un } t_i \neq 0$$

### **En la evaluación del volumen de gas hidrógeno**

H<sub>0</sub>: El tiempo de conservación de los frutos de aguaymanto con diferentes volúmenes de gas hidrógeno sería el mismo que sin este gas.

$$H_0: T_1=T_2=T_3$$

H<sub>1</sub>: Al menos un tratamiento de conservación de los frutos de aguaymanto con el gas hidrógeno será diferente.

$$H_1: \text{Al menos un } t_i \neq 0$$

#### **3.5.2. Datos registrados**

Los datos que se registraron en la investigación fueron los diferentes volúmenes de gas hidrógeno generado por el prototipo, los distintos tiempos de conservación que estos generan al aplicarlos en los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*), así como los resultados de las pruebas realizadas en los laboratorios.

### **3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información**

#### **Análisis documental**

Nos permitió realizar el análisis del material a estudio y precisarlo desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.

#### **Análisis de contenido**

Estudio y análisis de una manera objetiva y sistemática el documento leído.

#### **Fichaje**

Sirvió para registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenadas sistemáticamente nos sirvió como una valiosa fuente para elaborar el marco teórico. Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por computadora utilizando el programa de acuerdo al diseño de investigación propuesto. Las presentaciones de los resultados son en cuadros utilizando el programa Excel y SPSS.

### **3.6. Materiales y equipos**

#### **3.6.1. Circuitos electrónicos**

Arduino mega  
Tablero de 8 Relays  
Dispositivo Bluetooth  
Fuente de poder de 10A a 20 A  
Circuitos electrónicos de poder  
Cables UTP de 10 cm  
Cable de poder/mt  
Transformador de 12v

### **3.6.2. Materia prima e insumos**

Se utilizó como materia prima el fruto del aguaymanto, procedente de la localidad de Cochas Chico, Distrito de Chinchao, Provincia y Departamento de Huánuco.

### **3.6.3. Materiales**

Láminas de Acero Inoxidable

Pernos y Tuercas

Silicona en barra

Manguera de goma/mt

Base de madera de 50x50 cm

Bolsas de Poliuretano

Cinta aislante y de embalaje

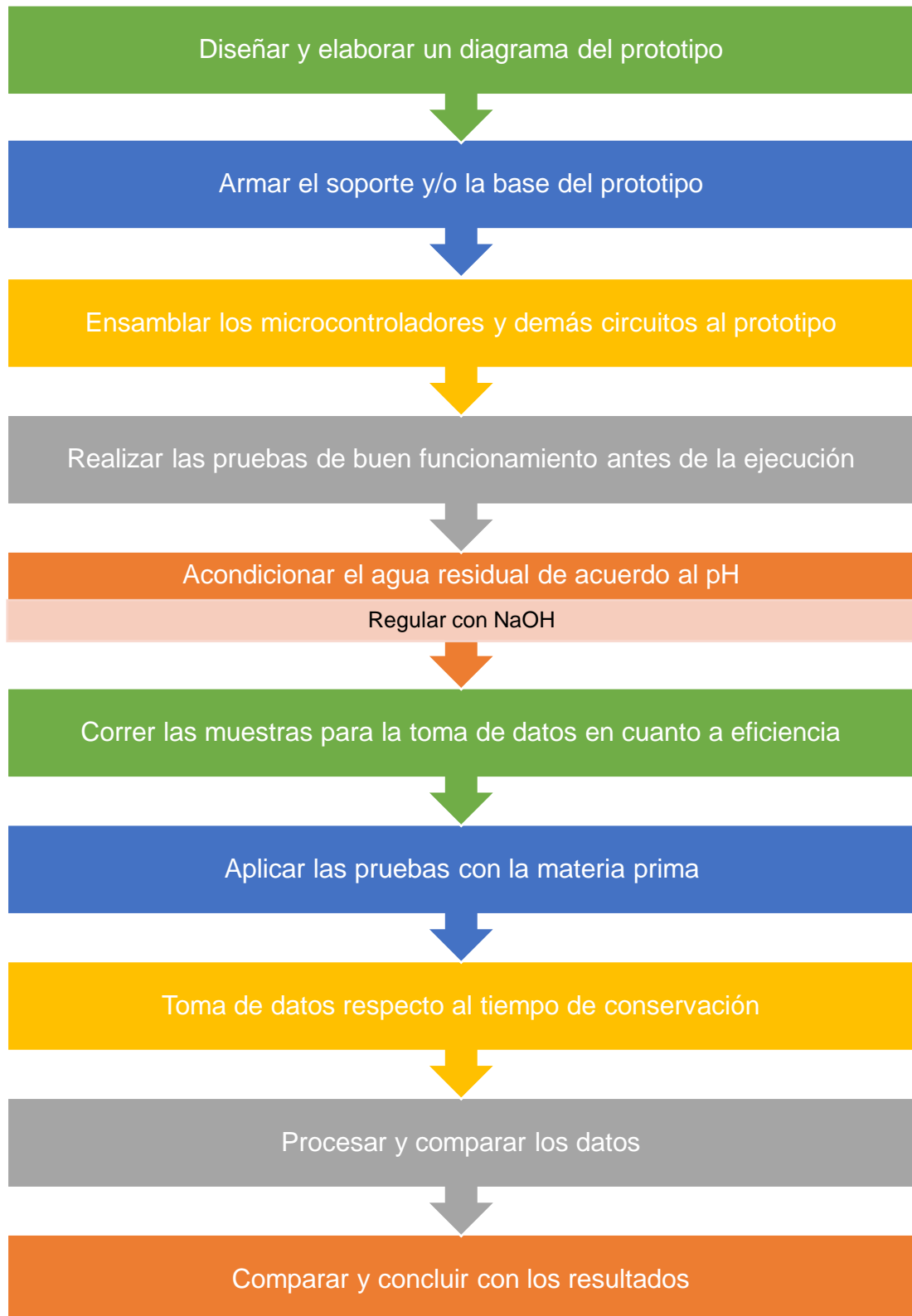
Pintura en Aerosol

Cautín, Estaño y Pasta

Recipientes de 1.1 l, 0.75 l, 0.4 l

### 3.7. Conducción de la investigación

Figura 11 Conducción de la investigación



Fuente: Los autores

### **3.7.1. Diseño y elaboración del prototipo**

Para el diseño del prototipo se determinaron los alcances y lo que se desea obtener de la investigación. En el diseño, elaboramos un bosquejo que refleje principalmente la estructura del prototipo.

### **3.7.2. Armar el soporte**

Para armar el soporte del prototipo se utiliza un material liviano en donde se ensamblarán y/o acoplarán los circuitos. Para lo cual usamos material reciclado; tablas de 80x40 cm.

### **3.7.3. Ensamblar los microcontroladores**

Se ensamblaron los microcontroladores con silicona en una posición tal que no exista contacto capaz de formar un corto circuito.

### **3.7.4. Realizar las pruebas de funcionamiento**

Para confirmar el correcto funcionamiento de los circuitos electrónicos, medimos la entrada y salida de energía eléctrica de cada uno de ellos.

### **3.7.5. Acondicionar el agua residual**

Para la obtención del gas hidrógeno es necesario que el agua, por más residual que sea, no presente impurezas y se encuentre en un pH muy cercano a 7.

### **3.7.6. Correr las muestras**

En esta parte de la investigación es donde aplicamos la electrólisis para determinar la obtención del gas hidrógeno.

### **3.7.7. Aplicar las muestras en la materia prima**

Obtenido el gas hidrógeno se añade a este la materia prima, que para el caso es el aguaymanto.

### **3.7.8. Toma de datos respecto a la conservación**

Para determinar la conservación de la materia prima registramos el factor tiempo; es decir tener un registro de la duración del aguaymanto.

### **3.7.9. Procesar y Comparar datos**

En el proceso de datos es necesario mencionar que existen datos del volumen del gas hidrógeno que se obtuvo del prototipo, las características físico químicos y sensoriales; para determinar este último es necesario contar con una escala respecto al olor, sabor y color del aguaymanto.

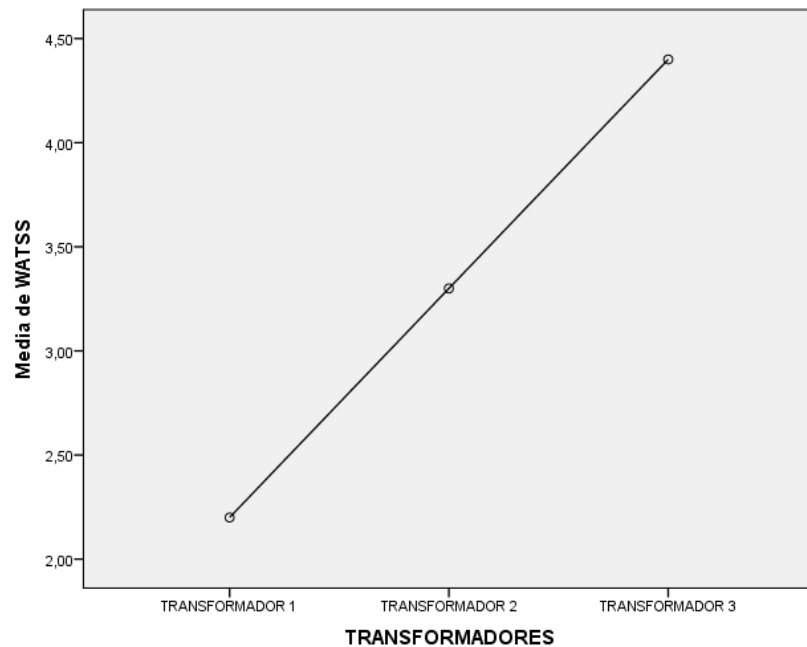
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de la evaluación de las tensiones eléctricas

**Cuadro 14** Resultado de la evaluación de las tensiones E.

CONSUMO DE ENERGIA Y PRODUCCIÓN DE GAS			
TRANSFORMADORES	consumo de Watts/h	Temperatura del Transformador en funcionamiento	Volumen promedio de producción de H en cm <sup>3</sup> /min
transformador N° 1 (10 A)	2200 W/h	52 °C	250 cm <sup>3</sup> /min
	2200 W/h	53 °C	251 cm <sup>3</sup> /min
	2200 W/h	52 °C	250 cm <sup>3</sup> /min
transformador N° 2 (15 A)	3300 W/h	25 °C	305 cm <sup>3</sup> /min
	3300 W/h	26 °C	306 cm <sup>3</sup> /min
	3300 W/h	25 °C	307 cm <sup>3</sup> /min
transformador N° 3 (20 A)	4400 W/h	26 °C	307 cm <sup>3</sup> /min
	4400 W/h	25 °C	305 cm <sup>3</sup> /min
	4400 W/h	26 °C	307 cm <sup>3</sup> /min

**Figura 12** Media de WATSS



De acuerdo con el cuadro 12 y la figura 11, se observa que los transformadores 2 y 3, producen similar volumen de gas hidrógeno, con la diferencia de que el segundo transformador consume menos energía.

**Cuadro 15** Resultado de las temperaturas de transformadores

**TEMPERATURA**

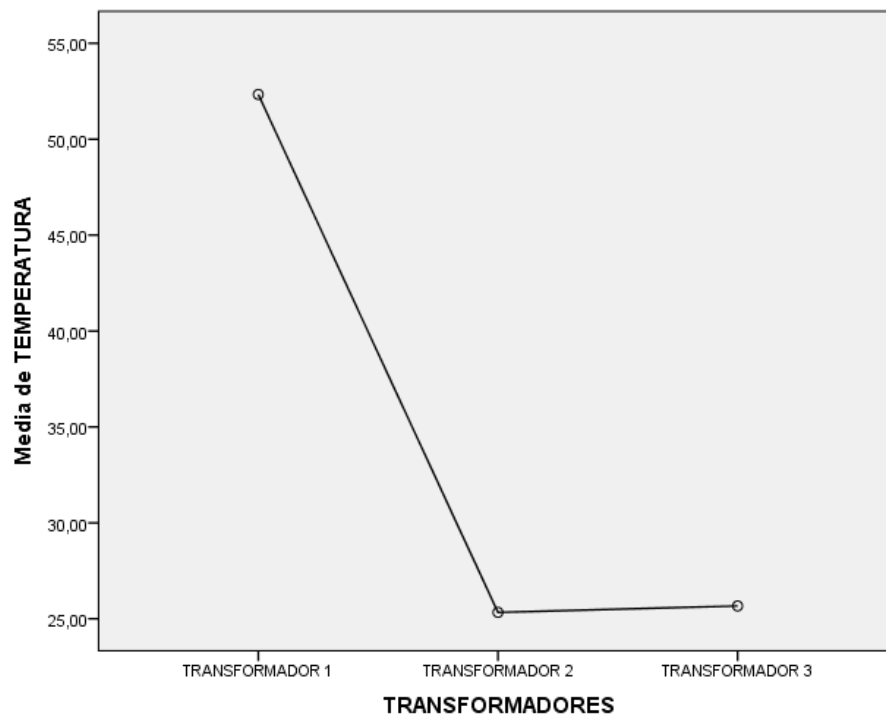
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRANSFORMADORES	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRANSFORMADOR 2	3	25,3333	52,3333
TRANSFORMADOR 3	3	25,6667	
TRANSFORMADOR 1	3		
Sig.		,768	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 13** Media de temperaturas



Las temperaturas que emiten los transformadores 2 y 3, son ampliamente menores que las que emite el transformador 1.



**Cuadro 16** Resultado de la producción de hidrógeno

**PRODUCCION**

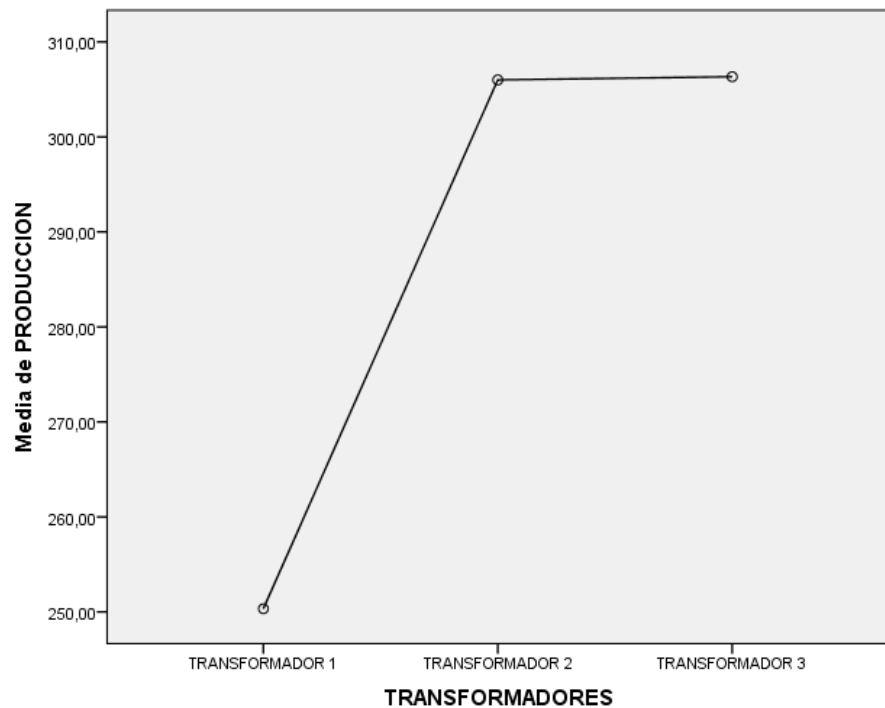
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRANSFORMADORES	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRANSFORMADOR 1	3	250,3333	
TRANSFORMADOR 2	3		306,0000
TRANSFORMADOR 3	3		306,3333
Sig.		1,000	,903

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 14** Media de producción de hidrógeno



De acuerdo con el cuadro 14 y la figura 13, se obtiene similar cantidad de volumen producidos por el transformador 2 y el transformador 3.

## 4.2. Resultados en los primeros 15 días

### 4.2.1. Resultados organolépticos

**Cuadro 17** Resultados de la evaluación sensorial (10 panelistas)

ANÁLISIS DEL AGUAYMANTO CON CÁLIZ DURANTE LOS PRIMEROS 15 DÍAS												
Días que duró el análisis	Tratamiento N° 1 (400 cm3)			Tratamiento N° 2 (750 cm3)			Tratamiento N° 3 (1100 cm3)			Testigo		
	Color	sabor	Aroma	Color	sabor	Aroma	Color	sabor	Aroma	Color	sabor	Aroma
Hasta el día 15	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3
	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	3	4
	4	5	4	5	5	5	5	5	5	3	3	3
	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	3
	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	4	3
	4	5	4	5	5	4	5	4	5	3	3	3
	5	4	5	4	5	5	4	5	5	3	3	4
	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2
	5	4	4	5	4	5	5	5	5	3	2	3
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3

## Resultados del color en los primeros 15 días

**Cuadro 18** Prueba tukey de la evaluación del color

### RESULTADOS

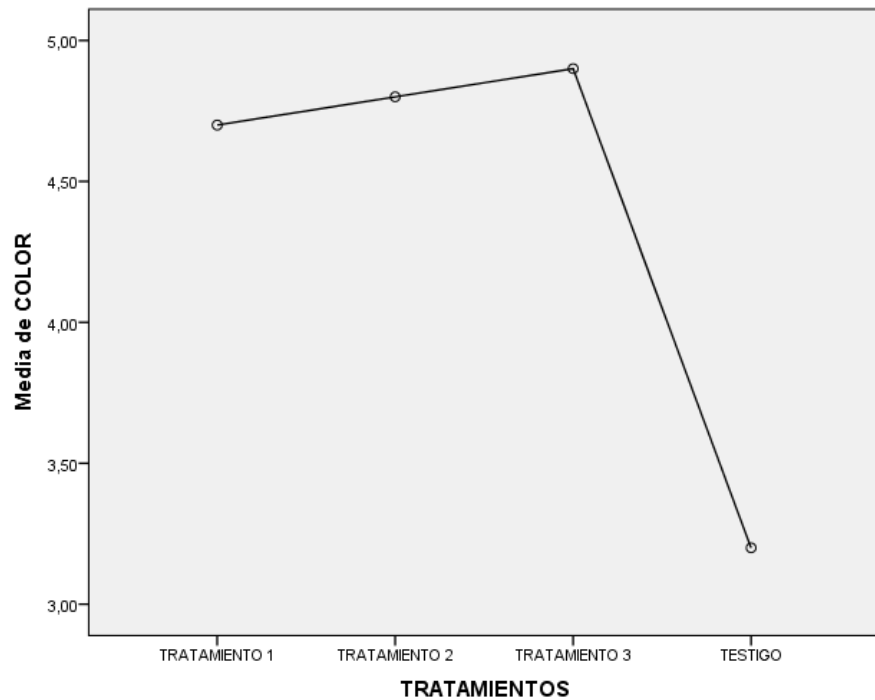
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TESTIGO	10	3,2000	
TRATAMIENTO 1	10		4,7000
TRATAMIENTO 2	10		4,8000
TRATAMIENTO 3	10		4,9000
Sig.		1,000	,785

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 15** Media de resultados del color



De acuerdo a la prueba realizada al atributo color, solo existe diferencia significativa en el testigo, lo contrario ocurre los tratamientos 1, 2 y 3.

### Resultados del sabor en los primeros 15 días

**Cuadro 19** Prueba tukey de la evaluación de sabor

#### RESULTADOS

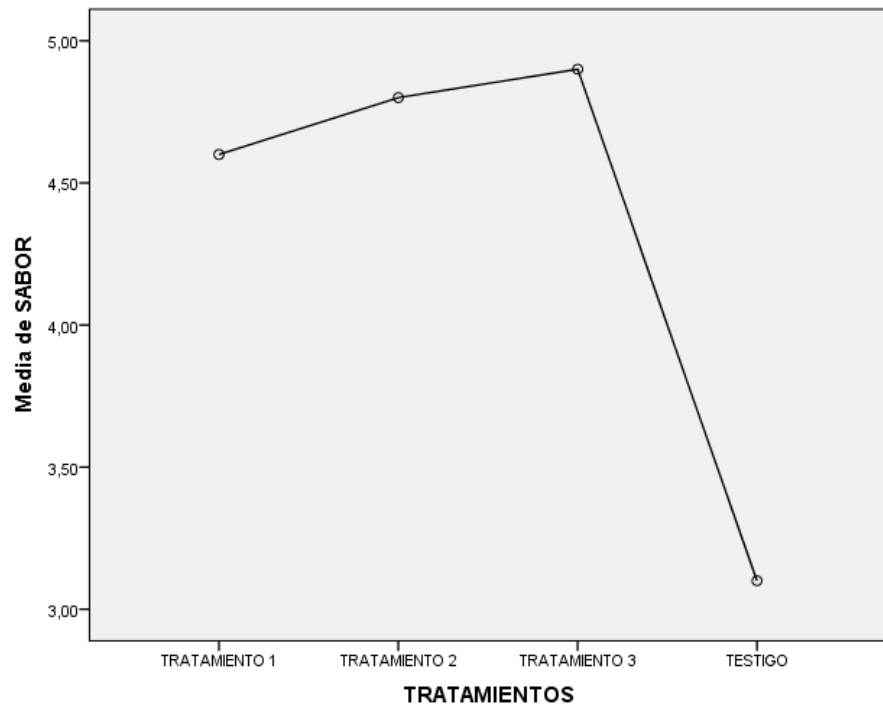
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TESTIGO	10	3,1000	
TRATAMIENTO 1	10		4,6000
TRATAMIENTO 2	10		4,8000
TRATAMIENTO 3	10		4,9000
Sig.		1,000	,578

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 16** Media de la evaluación de sabor



Durante los primeros 15 días existe una diferencia significativa en la muestra testigo.

**Cuadro 20** Prueba tukey de la evaluación de aroma

**RESULTADOS**

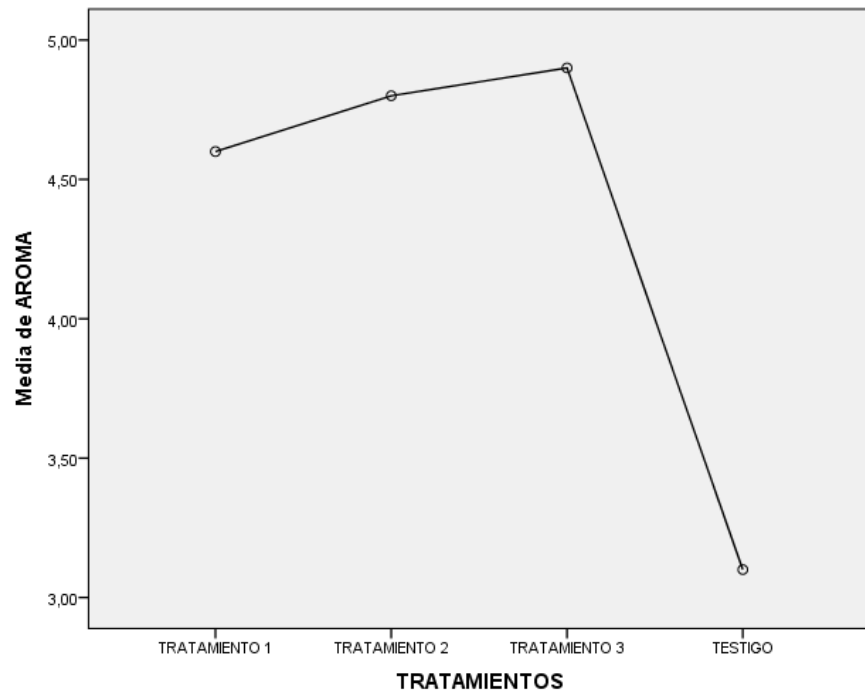
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TESTIGO	10	3,1000	
TRATAMIENTO 1	10		4,6000
TRATAMIENTO 2	10		4,8000
TRATAMIENTO 3	10		4,9000
Sig.		1,000	,483

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 17** Media de la evaluación de aroma



Se observa que existe una diferencia significativa en la muestra testigo mas no en los tratamientos 1, 2 y 3.

#### 4.2.2. Resultados físico-químicos

**Cuadro 21** Resultados de la evaluación del pH

##### PH

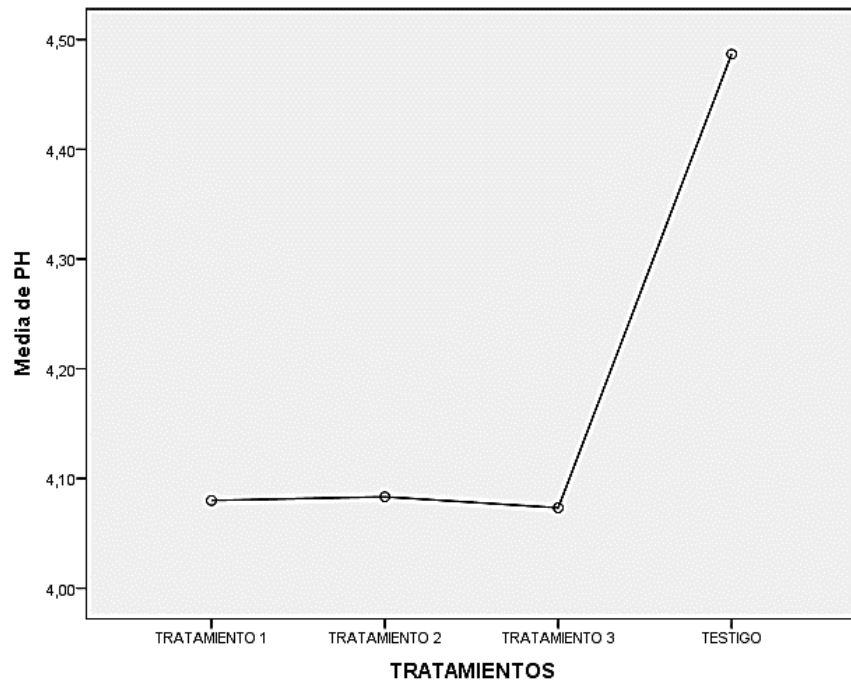
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRATAMIENTO 3	3	4,0733	
TRATAMIENTO 1	3	4,0800	
TRATAMIENTO 2	3	4,0833	
TESTIGO	3		4,4867
Sig.		,369	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 18** Media del pH



Durante los 15 días de la evaluación los cambios de pH en los tratamientos 1, 2 y 3 son similares; sin embargo, en la muestra testigo existe un cambio significativo.

**Cuadro 22** Resultado de evaluación de acidez

**ACIDEZ**

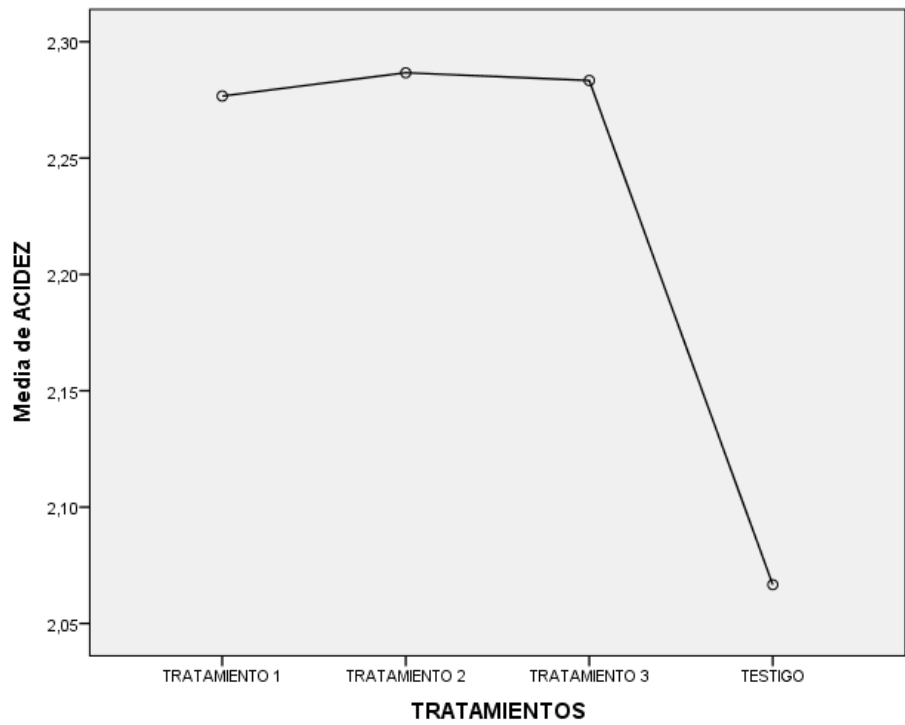
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TESTIGO	3	2,0667	
TRATAMIENTO 1	3		2,2767
TRATAMIENTO 3	3		2,2833
TRATAMIENTO 2	3		2,2867
Sig.		1,000	,979

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 19** Media de acidez



La acidez en la muestra testigo se reduce significativamente, mientras que en los tratamientos 1, 2 y 3.

**Cuadro 23** Resultados de la evaluación de °Brix

**BRIX**

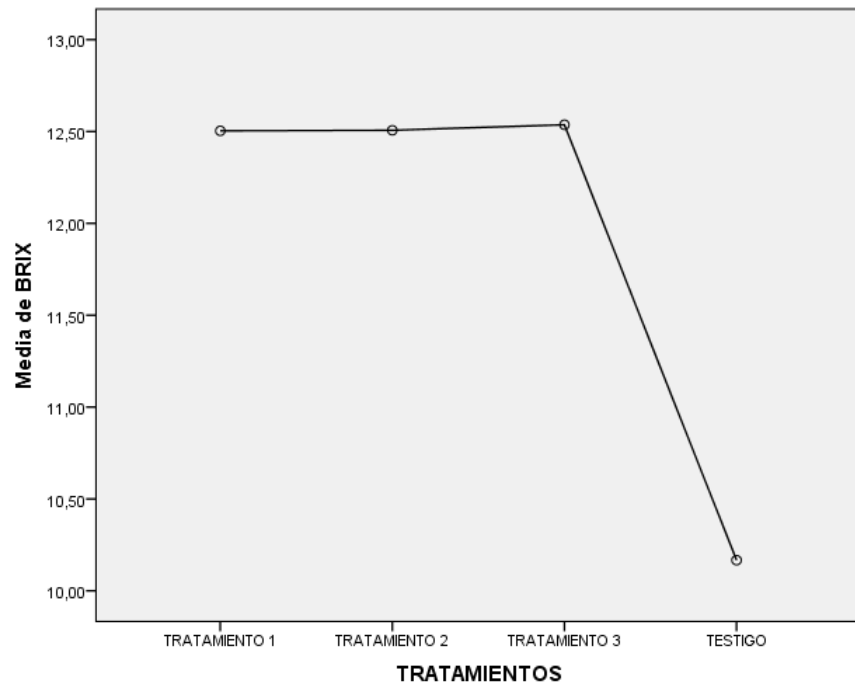
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TESTIGO	3	10,1667	
TRATAMIENTO 1	3		12,5033
TRATAMIENTO 2	3		12,5067
TRATAMIENTO 3	3		12,5367
Sig.		1,000	,949

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 20** Media de °Brix



Los resultados que se observan en el cuadro 21 y la figura 19, muestra que no existe diferencia significativa en los tratamientos 1, 2 y 3, lo que sí ocurre con el testigo.



### 4.3. Resultados los segundos 15 días

#### 4.3.1. Resultados organolépticos

**Cuadro 24** Resultados de la evaluación sensorial (10 panelistas)

ANÁLISIS SENSORIAL DEL AGUAYMANTO CON CÁLIZ DURANTE LOS PRIMEROS 15 DÍAS												
Días que duró el análisis	Tratamiento N° 1 (400 cm3)			Tratamiento N° 2 (750 cm3)			Tratamiento N° 3 (1100 cm3)			Testigo		
Hasta el día 30	4	5	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	5	4	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	5	4	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	3	3	3	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	4	4	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	4	4	2	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	3	4	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1
	3	2	4	5	4	5	5	5	5	1	1	1
	4	3	3	5	4	5	5	5	5	1	1	1
	3	3	3	5	4	4	5	4	5	1	1	1

### Resultados del color en los segundos 15 días

**Cuadro 25** Resultados de la evaluación del color

#### COLOR

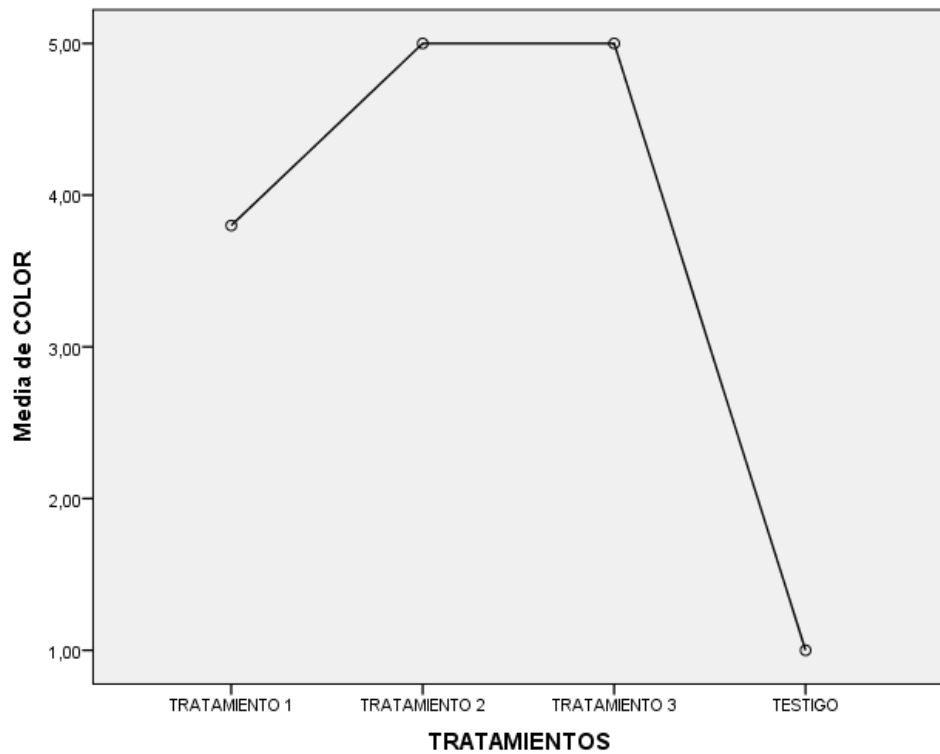
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TESTIGO	10	1,0000		
TRATAMIENTO 1	10		3,8000	
TRATAMIENTO 2	10			5,0000
TRATAMIENTO 3	10			5,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 21** Media de evaluación del color



Los resultados del tratamiento 2 y 3 son similares, mientras que existe diferencia significativa en el tratamiento 1.

### Resultados del sabor en los segundos 15 días

**Cuadro 26** Resultados de la evaluación del sabor

#### SABOR

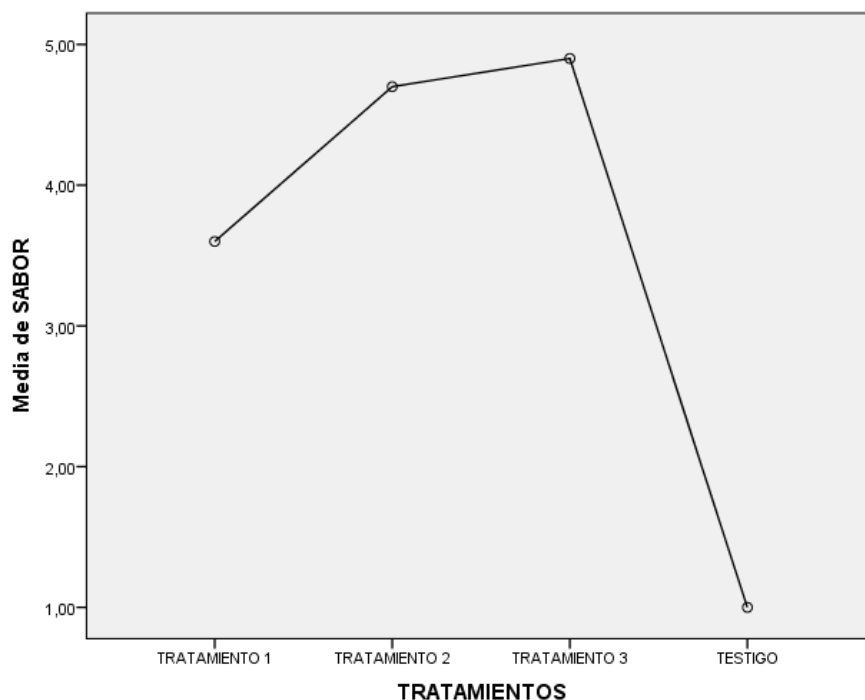
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TESTIGO	10	1,0000		
TRATAMIENTO 1	10		3,6000	
TRATAMIENTO 2	10			4,7000
TRATAMIENTO 3	10			4,9000
Sig.		1,000	1,000	,818

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 22** Media de la evaluación del sabor



Se observa que el tratamiento 2 y 3 tienen ligero incremento, mientras que el tratamiento 1 está por debajo del nivel establecido por los anteriores tratamientos.

### Resultados del aroma en los segundos 15 días

**Cuadro 27** Resultados de la evaluación del aroma

#### AROMA

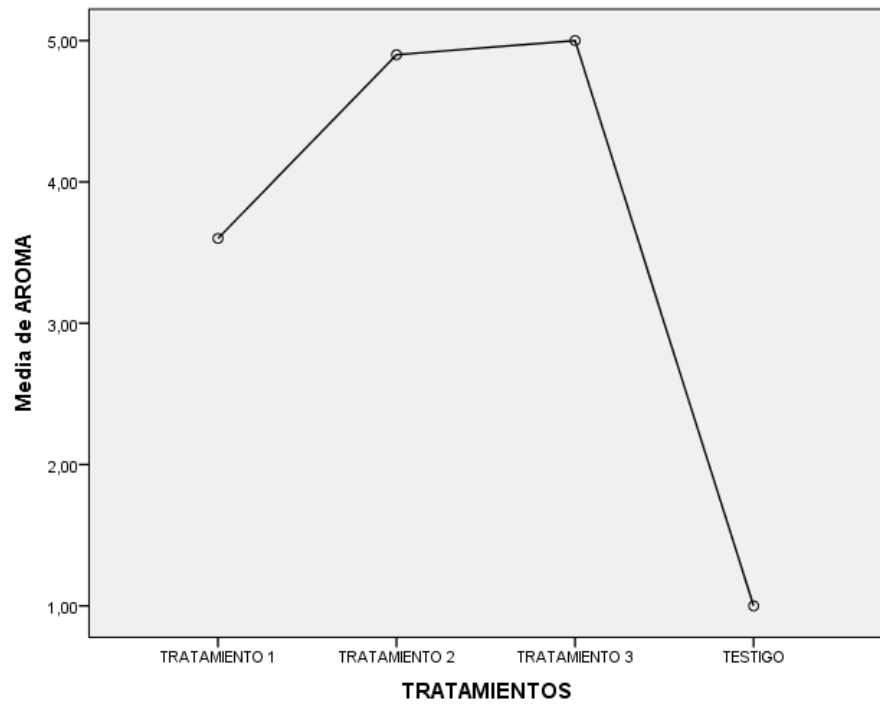
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TESTIGO	10	1,0000		
TRATAMIENTO 1	10		3,6000	
TRATAMIENTO 2	10			4,9000
TRATAMIENTO 3	10			5,0000
Sig.		1,000	1,000	,959

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

**Figura 23** Media de la evaluación del aroma



Existe una diferencia significativa entre el tratamiento 1 y los tratamientos 2 y 3.

#### 4.3.2. Resultados físico químicos

**Cuadro 28** Resultados de la evaluación de pH

#### PH

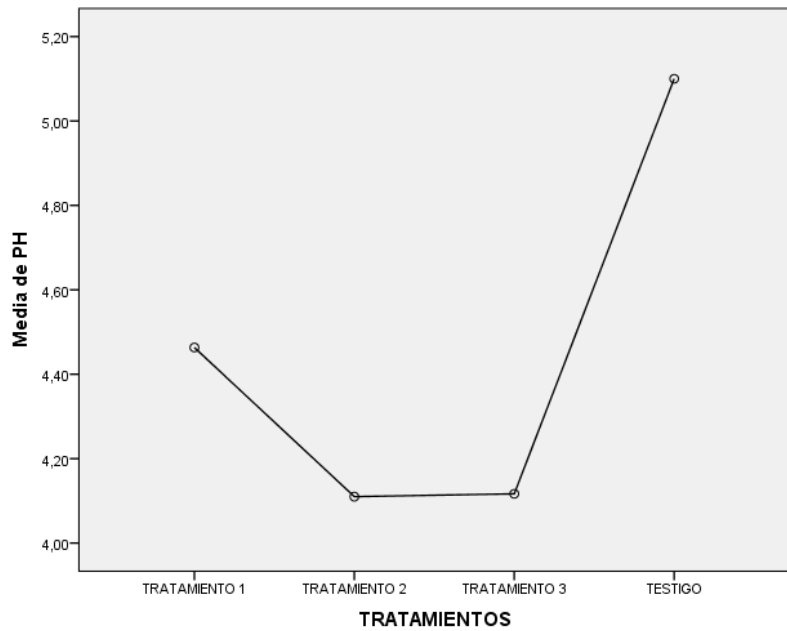
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO 2	3	4,1100		
TRATAMIENTO 3	3	4,1167		
TRATAMIENTO 1	3		4,4633	
TESTIGO	3			5,1000
Sig.		,998	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 24** Media de la evaluación de pH



Se observa que en el tratamiento 1 muestra una diferencia significativa ante los tratamientos 2 y 3.

**Cuadro 29** Resultados de la evaluación de acidez

**ACIDEZ**

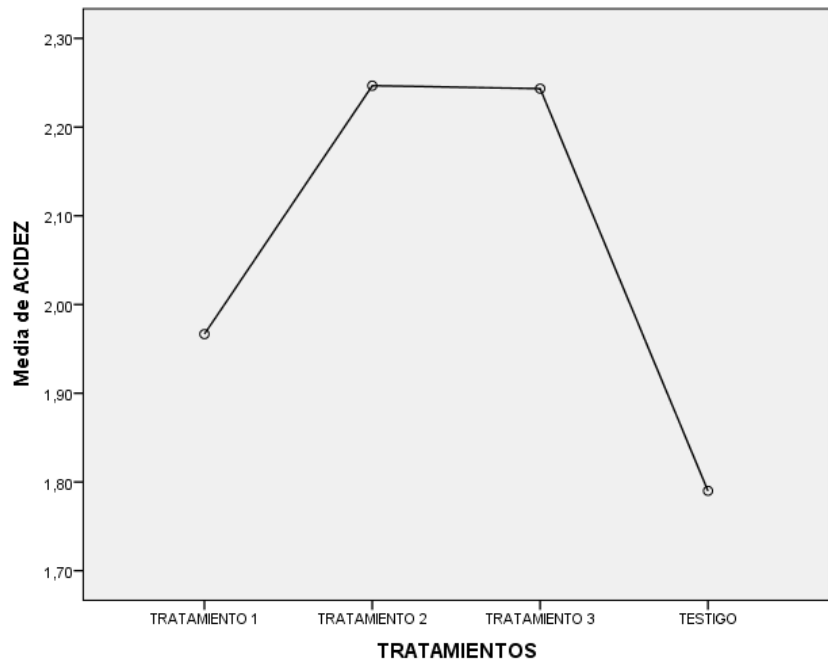
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TESTIGO	3	1,7900		
TRATAMIENTO 1	3		1,9667	
TRATAMIENTO 3	3			2,2433
TRATAMIENTO 2	3			2,2467
Sig.		1,000	1,000	,999

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 25** Media de la evaluación de acidez



Los tratamientos 2 y 3 no muestra diferencia significativa, respecto a la evaluación de acidez. Mientras que el tratamiento 1 si lo muestra.

**Cuadro 30** Resultados de la evaluación de °Brix

**BRIX**

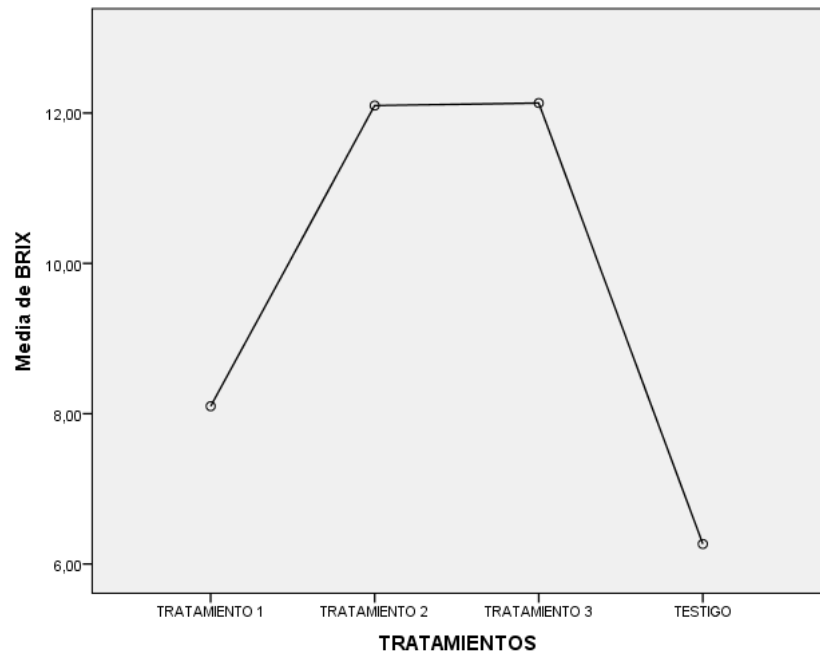
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TESTIGO	3	6,2667		
TRATAMIENTO 1	3		8,1000	
TRATAMIENTO 2	3			12,1000
TRATAMIENTO 3	3			12,1333
Sig.		1,000	1,000	,992

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

**Figura 26** Media de la evaluación de °Brix



El tratamiento uno muestra una diferencia significativa en la evaluación de °Brix respecto a los tratamientos 2 y 3, que no muestra diferencia significativa entre ambos.

## V. DISCUSIÓN

### **Respecto a la tensión eléctrica**

Velásquez Piedrahíta y Quiceno Castañeda (2013) de la Universidad Tecnológica de Pereira mencionan, que el rango de funcionamiento de los alimentadores de corriente para la obtención del gas hidrógeno mediante electrolisis varía de entre 0,1 W para las que funcionan con membrana de intercambio de protones, hasta 2MW para las celdas de combustible. Con este rango podemos afirmar que las tensiones analizadas dentro de nuestro prototipo (220v – 10A; 220v – 15A y 220v – 20A) están dentro de ello, y en base a los resultados obtenidos los cuales se muestran en los cuadros número 12 y 13, así como en las figuras número 11 y 12, podemos afirmar que el prototipo muestra eficiencia en el nivel de consumo de energía.

### **Respecto a las características sensoriales**

Con los resultados obtenidos concluimos en cada atributo como sigue:

- **Color**

Encina et al. (2007) menciona que el color del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es característico similar al dorado brillante. Según los resultados obtenidos en la evaluación de los panelistas mostrados en los cuadros N° 15 y 16, así como en la figura N° 14, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran un buen atributo respecto al color a diferencia del testigo que mostro un atributo desagradable.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 23, figura N° 20), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero (400 cm<sup>3</sup>) muestra deficiencias, el segundo y el tercero (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) muestran un buen atributo respecto al color.



- **Sabor**

Encina et al. (2007) menciona que el sabor del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es característico agridulce. Según los resultados obtenidos en la evaluación de los panelistas mostrados en los cuadros N° 15 y 17, así como en la figura N° 15, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran un buen atributo respecto al sabor a diferencia del testigo que mostro un atributo desagradable.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 24, figura N° 21), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero (400 cm<sup>3</sup>) muestra deficiencias, el segundo y el tercero (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) muestran buenos atributos respecto al sabor.

- **Aroma**

Encina et al. (2007) menciona que el aroma del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es característico. Según los resultados obtenidos en la evaluación de los panelistas mostrados en los cuadros N° 15 y 18, así como en la figura N° 16, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran un buen atributo respecto al aroma a diferencia del testigo que mostro un aroma desagradable.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 25, figura N° 22), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero (400 cm<sup>3</sup>) muestra deficiencias, el segundo y el tercero (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) muestran buen atributo respecto al aroma.

## **Respecto a las características organolépticas**

Con los resultados obtenidos concluimos en cada característica como sigue:

- **pH**

Encina et al. (2007) menciona que el pH del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es  $4.08 \pm 0,01$ . Según los resultados obtenidos en la evaluación mostrados en los cuadros N° 15 y 19, así como en la figura N° 17, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran una buena característica respecto al pH a diferencia del testigo que mostro un pH alto.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 26, figura N° 23), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero ( $400 \text{ cm}^3$ ) muestra deficiencias, el segundo y el tercero ( $750 \text{ cm}^3$  y  $1100 \text{ cm}^3$  respectivamente) muestran buenas características respecto al pH.

- **Acidez**

Encina et al. (2007) menciona que el índice de acidez (madurez) del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es  $5,48 \pm 0,02$ . Según los resultados obtenidos en la evaluación mostrados en los cuadros N° 15 y 20, así como en la figura N° 18, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran una buena característica respecto a la acidez a diferencia del testigo que mostro una acidez baja.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 27, figura N° 24), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero ( $400 \text{ cm}^3$ ) muestra

deficiencias, el segundo y el tercero (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) muestran buenas características respecto a la acidez.

- **°Brix**

Encina et al. (2007) menciona que los °Brix del fruto del aguaymanto (*Physalis peruviana*) es  $12,5 \pm 0,05$ . Según los resultados obtenidos en la evaluación mostrados en los cuadros N° 15 y 21, así como en la figura N° 19, resultados de los primeros 15 días de conservación, nos muestran que en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación muestran una buena característica respecto a los °Brix a diferencia del testigo que mostro °Brix bajos.

Los resultados de los segundos 15 días de conservación (cuadro N° 22 y 28, figura N° 25), nos muestran diferencias en los tres volúmenes de gas hidrógeno a los cuales fue sometido el aguaymanto para la conservación, el primero (400 cm<sup>3</sup>) muestra deficiencias, el segundo y el tercero (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) muestran buenas características respecto a los °Brix.

### **Respecto al volumen de gas hidrógeno**

Los volúmenes a los cuales fueron sometidos los tratamientos son 400 cm<sup>3</sup>; 750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup>, mostraron niveles de conservación óptimos durante los primeros 15 días a diferencia del testigo. En los segundos 15 días mostraron diferencias en los tres tratamientos. El primer tratamiento (400 cm<sup>3</sup>) mostro deficiencias de conservación, el segundo y el tercer tratamiento (750 cm<sup>3</sup> y 1100 cm<sup>3</sup> respectivamente) mostraron buenas características de conservación y estadísticamente no mostraron diferencias significativas.

## VI. CONCLUSIONES

- Se logró determinar la tensión eléctrica (transformador) que mejoró la eficiencia del prototipo en la obtención de gas hidrógeno a partir de aguas residuales. Para ello se evaluó el volumen de gas generado en un minuto, el consumo de energía y la temperatura del transformador cuando el prototipo está en funcionamiento. El mejor resultado presentó el segundo transformador; Vol. = 306 cm<sup>3</sup>/min, 3300 W/h y T° = 25°C, siendo este el ganador. Las características del transformador son las siguientes: Voltaje de entrada 200-265 voltios AC 50Hz, Voltaje de salida igual +12 voltios 15 A (3300 watts/h).
- Se logró determinar el mejor volumen de gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, que conservó por un mayor tiempo los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*), el mejor volumen que se optó es 750 cm<sup>3</sup>, basándonos a los análisis y demás pruebas a las que fue sometido el prototipo y el producto.
- Se logró determinar las características sensoriales (color, sabor y aroma) de los tres tratamientos del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, siendo el mejor tratamiento el T<sub>2</sub>, dichas características en una escala hedónica del 1 al 5 muestran los siguientes valores: Color = 5; Sabor = 4.4 y Aroma = 4.9.
- Se logró determinar las características físico-químicas (pH, Acidez y °Brix) de los tres tratamientos del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) conservado en almacenamiento con gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales, siendo el mejor tratamiento el T<sub>2</sub>, dichas características en una escala hedónica del 1 al 5 muestran los siguientes valores: pH = 4.11; Acidez = 2.25 y °Brix = 12.1.

## VII. RECOMENDACIONES

Del trabajo realizado, analizada las pruebas, las características del prototipo y demás detalles, recomendamos lo siguiente:

- Hacer un análisis respecto a la calidad y concentración del gas hidrógeno obtenido con el prototipo a partir de aguas residuales.
- Mejorar los recipientes de almacenamiento para las pruebas de conservación del aguaymanto (*Physalis peruviana*).
- Prolongar el tiempo de análisis con gas hidrógeno en la conservación del aguaymanto (*Physalis peruviana*).

Realizar pruebas de conservación con gas hidrógeno en otros frutos o productos comestibles.

## VIII. LITERATURA CITADA

Blazquez, P. y Montero C. 2010. Reutilización de agua en Bahía Blanca Plata 3era Cuenca. Buenos Aires, Argentina. edUTecNe. 29 p.

Bourgeois, C; Mescle, J; Zucca, J. 1994. Microbiología Alimentaria 1: Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria. Zaragoza, España. Acribia. sp.

Camacho, S. 2010. Diseño y construcción de una fuente variable de voltaje monofásica de 5 kva – 220 v, de 0 a 440 v con mando local y remoto. Tesis Ing. Elec. Latacunga, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. 107 p.

Campuzano, A; Cedeño, V. 2015. Diseño e implementación de un sistema de seguridad de control local y remoto con dispositivos de vigilancia desarrollado en el software python, centralizándose en una tarjeta raspberry PI. Tesis Ing. Elec. Guayaquil, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 109 p.

Cartagena, J. y Meneses, S. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Revista Lasallista de Investigación 5 (2): 112-123

Casp A. y Abril J. 2003. Procesos de conservación de alimentos. Madrid, España. Mundi Prensa. 477p

Díaz, E.; Alvarado, A; Camacho, K. 2012. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera 14(1):78-97.

Encina, C.; Ureña, M.; Repo, R. 2007. Determinación de los compuestos bioactivos del Aguaymanto (*Physalis peruviana*, Linnaeus, 1753) y de su conserva en almíbar maximizando la retención de ácido ascórbico (en línea). Perú. Consultado 10 oct. 2016. Disponible en: <http://www.guzlop-editoras.com/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Roma, Italia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2016. Grasas y aceites en la nutrición humana. (En línea). Consultado el 23 nov 2016. Disponible en <http://www.fao.org/>

García, J. 2014. Implementación de sistema de comunicación Bluetooth con Java. Tesis Ing. Comp. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 100 p.

Gauchía, L. 2008. Modelado y simulación HIL (hardware-in-the-loop) de un sistema pila de combustible – batería. Tesis Master. Madrid, España. Universidad Carlos III de Madrid. 104 p.

Gutiérrez, L. 2005. El hidrógeno: combustible del futuro. 1 ed. Revista. Real Academia de Ciencias. Madrid, España.

Hernandez, E. 2008. Descripción de las operaciones, tecnología y buenas prácticas de higiene y sanidad en un centro de almacenamiento y distribución de alimentos perecederos, cámara frigorífica de: congelados, carnes, pescados, lácteos, frutas y verduras. Tesis Ing. Alim. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 175 p.

Jiménez, J; Pérez, J; Santos, J. 2009. Metodología para pruebas de campo a transformadores de potencia mayores a 1 mva. Tesis Ing. Elec. D.F, México. Instituto Politécnico Nacional. 86 p.

Johns, N. 1995. Higiene de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. Sp.

Lledó, E. 2012. Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino. (En línea). Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Consultado 10 de oct. 2016. Disponible en <https://riunet.upv.es/>

Martín, O y Oms, G. 2013. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Lleida. España. Sp.

Morón, M. 2008. Estudio del rendimiento de perfiles bluetooth en redes de área personal. Tesis Dr. Universidad de Málaga. Málaga, España. 304 p.

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental), 2014. Fiscalización ambiental en aguas residuales. Lima, Perú. Consultado 20 nov. 2016. Disponible en <http://www.oefa.gob.pe/>

Pareja, M. 2014. Iniciación a Arduino Uno. 1 ed. Barcelona, España. Marcombo. Sp.

Quezada, E. y Torres, D. Implementación de un generador de hidrógeno de celda seca en un vehículo Chevrolet Steem 1.6L. Tesis Ing. Mec. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Colombia. 166 p.

Quiceno, J. y Velásquez, J. 2013. Diseño de un sistema de generación de hidrógeno por Electrólisis. Tesis Ing. Mec. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 63 p.



Riveros, B. (2013). Tratamiento de aguas residuales municipales en la ciudad de México. Tesis Ing. Civ. Universidad Nacional Autónoma de México. DF, México. 150 p.

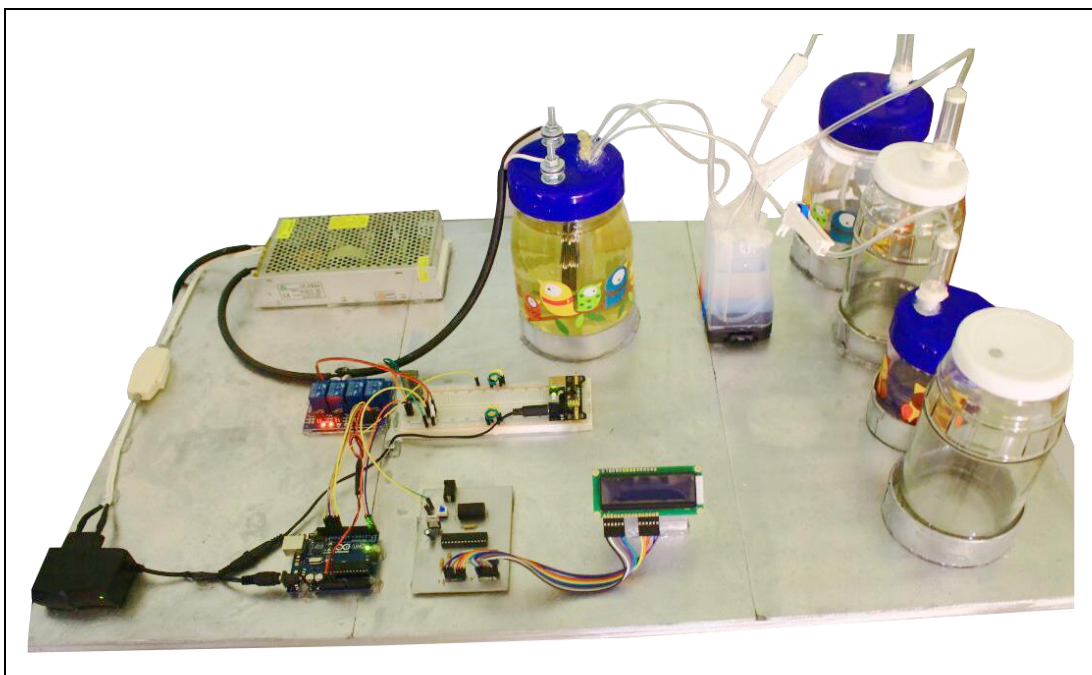
Rodríguez, A; Letón, P; Rosal, R; Dorado, M; Villar, S; Sanz, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. (En línea). Madrid, España. Consultado el 25 nov. 2016. Disponible en <https://www.madrimasd.org>

Rodríguez–Monroy, J. y Durán de Bazúa, C. (2006). Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. (En línea). DF, México. Consultado el 25 nov. 2016. Disponible en <http://scielo.unam.mx/>

Sierra Exportadora. 2012. Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) En condiciones de valles andinos. Lima, Perú. Consultado 12 oct. 2016. Disponible en <http://www.sierraexportadora.gob.pe/>

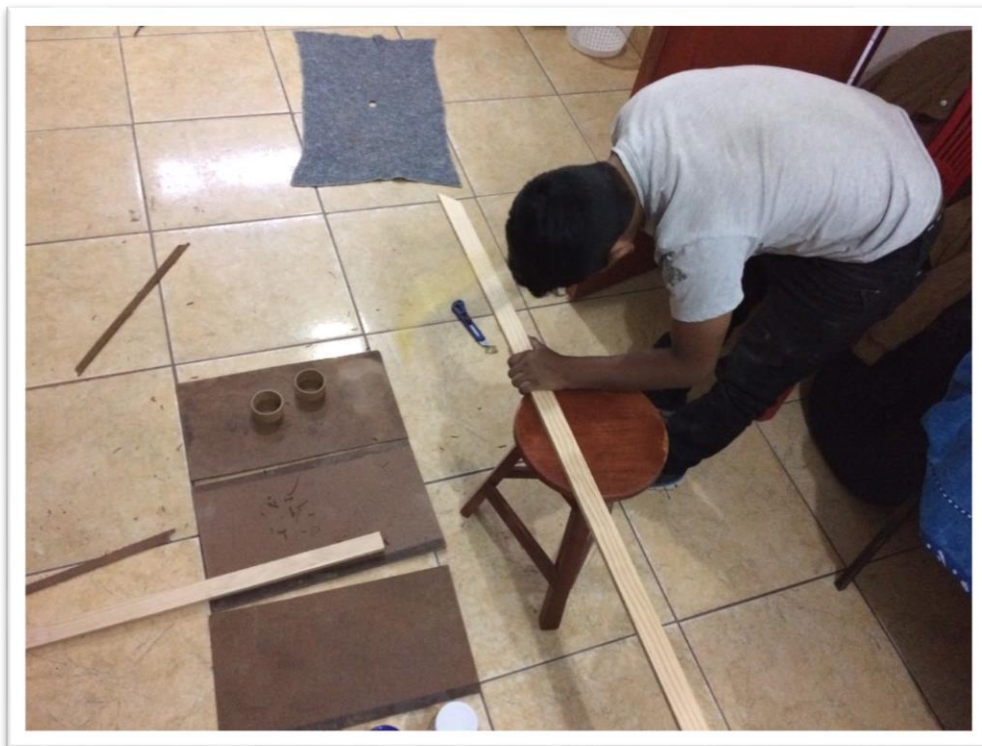
# **ANEXOS**

## Anexo 1: Ficha técnica del prototipo



<b>CÓDIGO</b>	<b>PGH-GG-v1</b>
Ancho (base)	40 cm
Largo (base)	80 cm
Alto	25 cm
Filtros	3
Voltaje de entrada	220 V
Flujo de gas hidrógeno	305 cm <sup>3</sup> /min
Transformador	12 V
Control	Aplicativo Arduino (Android)
Capacidad de Agua	1 l
Microcontrolador	Arduino uno

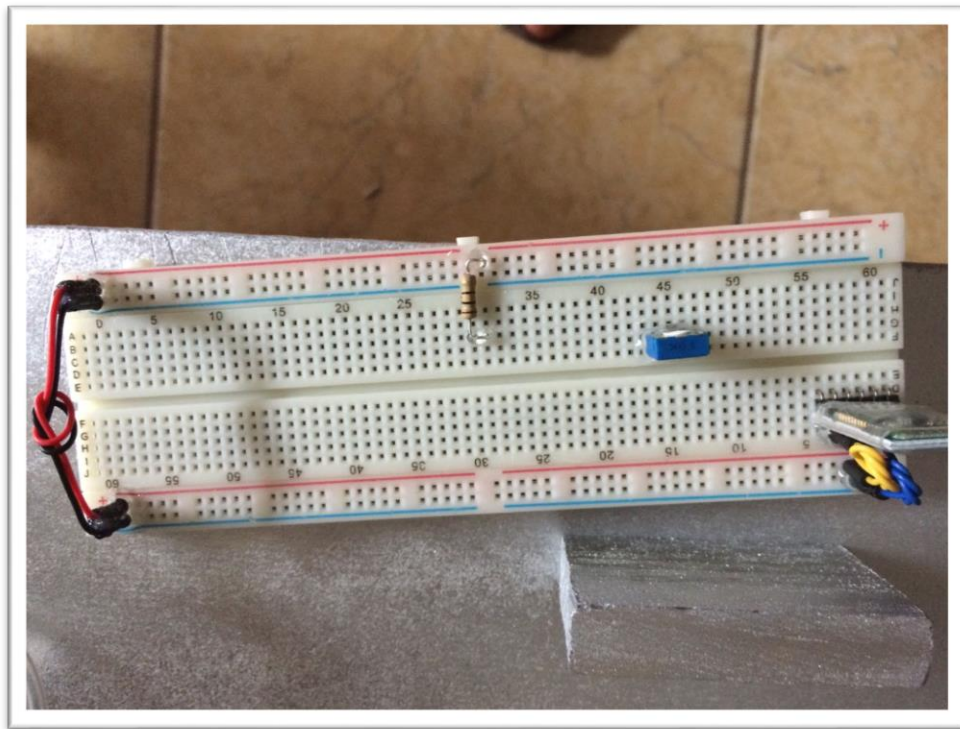
## Anexo 2: Fotografías en el armado del prototipo



**Fotografía 1:** Construcción de la base del prototipo.



**Fotografía 2:** Aplicación de aerosol en la base del prototipo.



**Fotografía 3:** Armado del módulo bluetooth.



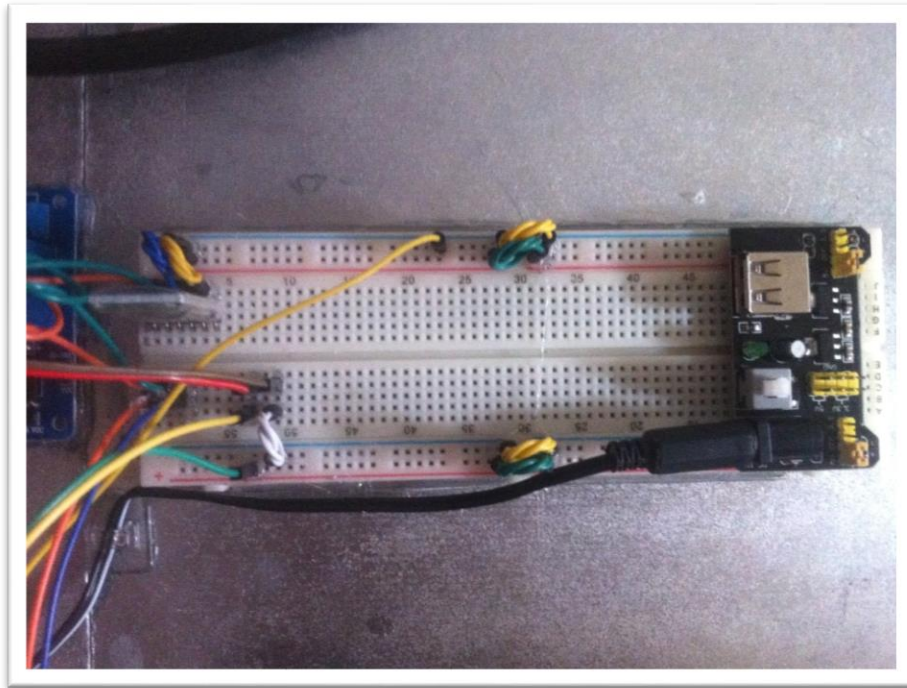
**Fotografía 4:** Instalación de la fuente de poder.



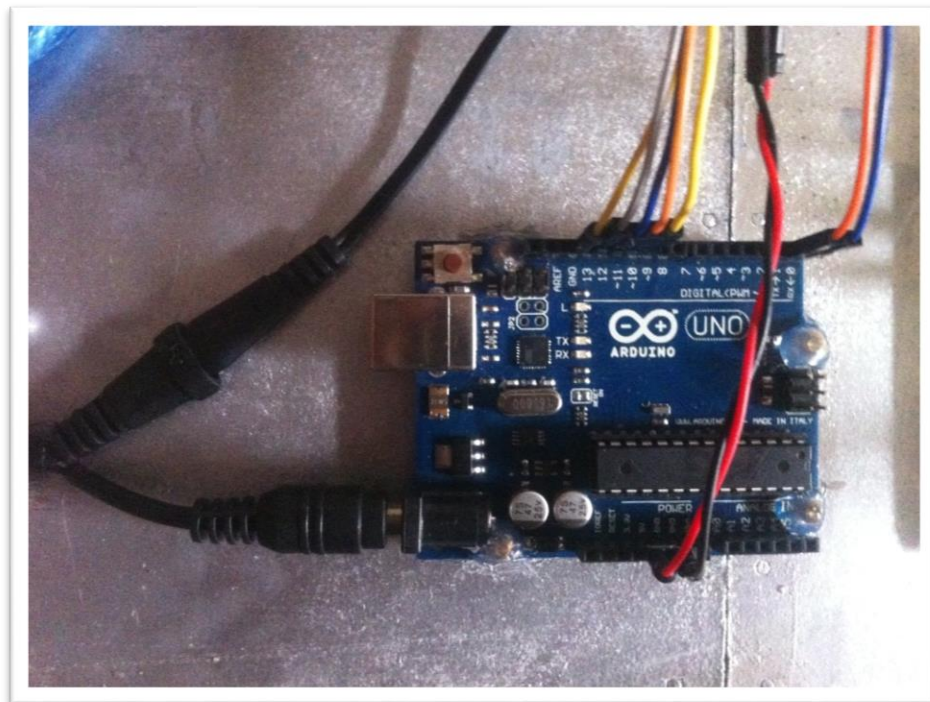
**Fotografía 5:** Construcción del módulo de placas inox.



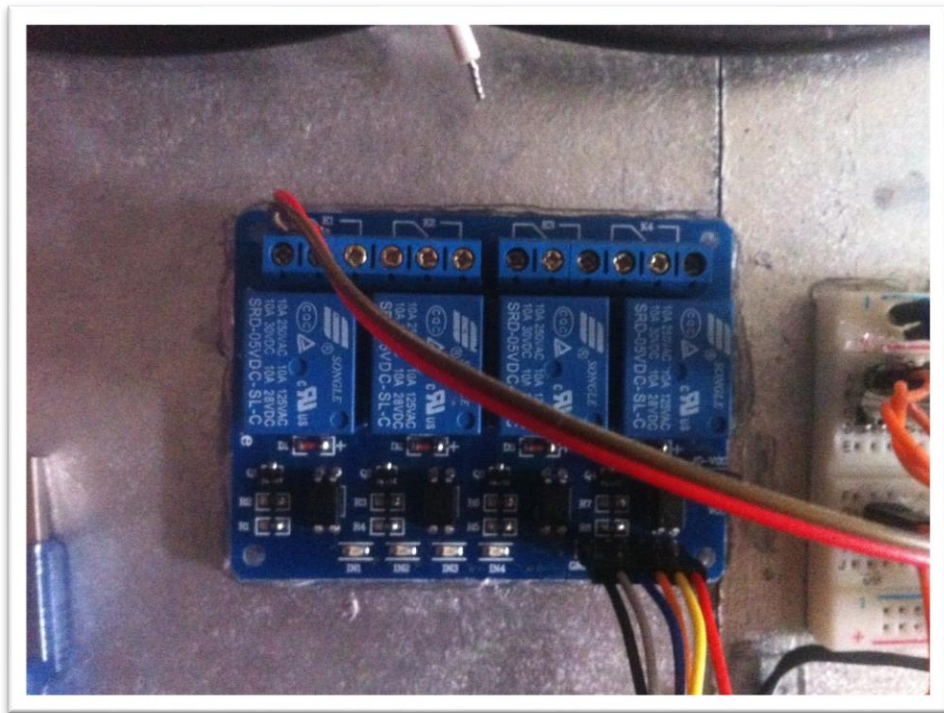
**Fotografía 6:** Vista módulo de placas inox.



**Fotografía 7:** Prueba del módulo bluetooth



**Fotografía 8:** Prueba del arduino



**Fotografía 9:** Verificación del funcionamiento del relé.

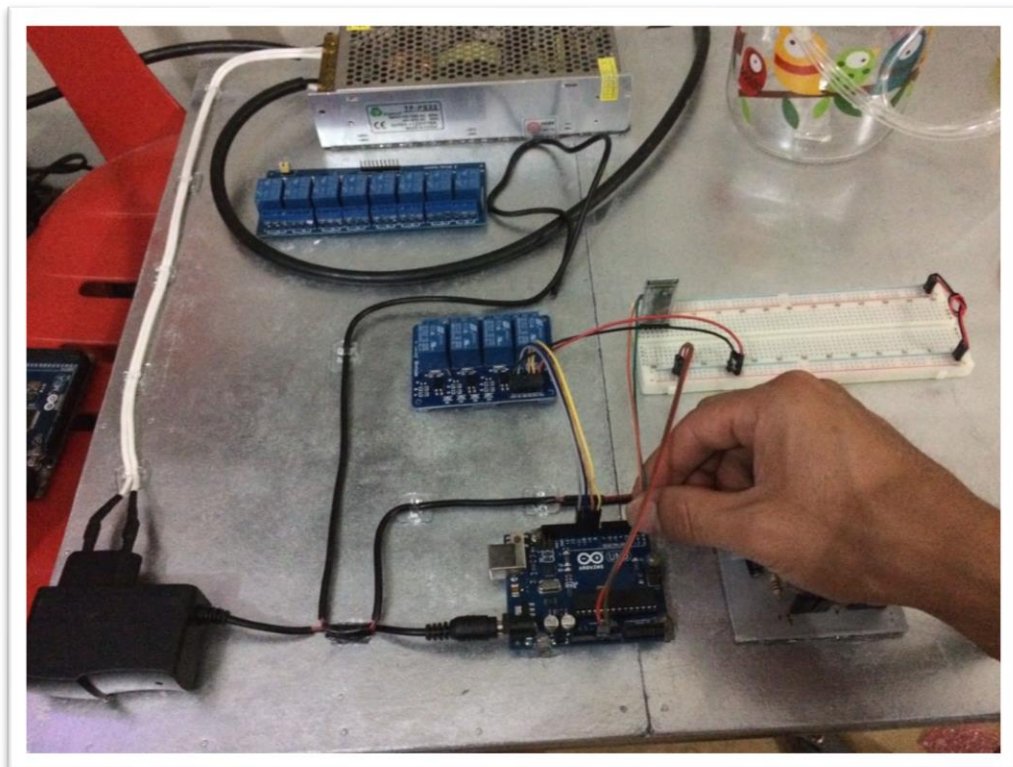


**Fotografía 10:** Construcción de filtros.

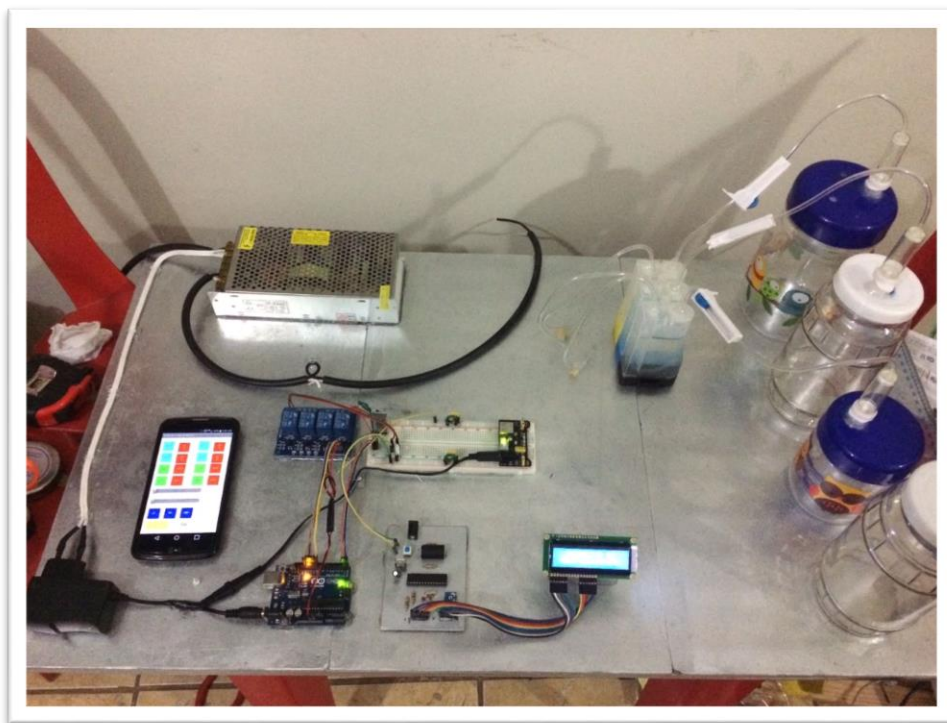




**Fotografía 11:** Vista final del módulo de placas inox.



**Fotografía 12:** Prueba del prototipo de obtención de gas hidrógeno.



**Fotografía 13:** Verificación del sistema eléctrico en el prototipo.



**Fotografía 14:** Aplicación del gas hidrógeno al aguaymanto.

**ANEXO 3: Ficha de análisis sensorial**

FECHA		PANELISTA		
		Nombre:.....		
OBJETO: Evaluación organoléptica de los atributos: sabor, aroma color, según tratamiento (muestras).				
INSTRUCCIONES: Pruebe la muestra marcadas con claves, y calificalas en los atributos mencionados. Marca con una X la según tu preferencia <b><i>Limpie su paladar entre cada muestra con agua</i></b>				
Clave de tratamientos	T1	T2	T3	
<b>SABOR</b>	<b>AROMA</b>		<b>COLOR</b>	
( ) 5 Muy bueno	( ) 5 Muy bueno		( ) 5 Muy bueno	
( ) 4 Bueno	( ) 4 Bueno		( ) 4 Bueno	
( ) 3 Regular	( ) 3 Regular		( ) 3 Regular	
( ) 2 Malo	( ) 2 Malo		( ) 2 Malo	
( ) 1 Muy malo	( ) 1 Muy malo		( ) 1 Muy malo	
<b>COMENTARIOS</b>				
.....				
.....				
.....				
.....				
<b>Muchas Gracias</b>				