



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INTERFAZ Y TARJETA CONTROLADORA EN UNA  
MEZCLADORA PARA JABÓN LÍQUIDO**

**Oswaldo Octaviano Pacheco Mazariegos**

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, febrero de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE INTERFAZ Y TARJETA CONTROLADORA EN UNA MEZCLADORA PARA JABÓN LÍQUIDO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 5 de marzo de 2018.



**Oswaldo Octaviano Pacheco Mazariegos**

Guatemala, 6 de agosto de 2018

Ingeniero  
Julio César Solares Peñate  
Coordinador Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero Solares:

Hago por este medio de su conocimiento que he concluido la revisión del trabajo de graduación del estudiante **OSWALDO OCTAVIANO PACHECO MAZARIEGOS**, titulado "**Diseño de Interfaz y Tarjeta Controladora en una Mezcladora para Jabón Líquido**".

El cual ha cumplido a cabalidad con los objetivos que se plantearon para su elaboración. Por lo que, doy mi aprobación al mismo. Así mismo, indico que tanto el estudiante Pacheco Mazariegos, como el suscrito, somos responsables por el contenido del trabajo.

Por lo que, usted puede proceder a su revisión. Quedando en la mejor disposición de responder a cualquier consulta que tenga.

Un cordial saludo,



Carlos Guzmán Salazar

ASESOR

**CARLOS GUZMAN SALAZAR**  
Ingeniero Electricista  
Col. No. 2762



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 60. 2018.  
13 DE AGOSTO 2018.

Señor Director  
Ing. Otto Fernando Andrino González  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**DISEÑO DE INTERFAZ Y TARJETA CONTROLADORA EN  
UNA MEZCLADORA PARA JABÓN LÍQUIDO.** del  
estudiante; **Oswaldo Octaviano Pacheco Mazariegos**, que cumple con  
los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
Coordinador de Electrónica





FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 60. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: **OSWALDO OCTAVIANO PACHECO MAZARIEGOS** titulado: **DISEÑO DE INTERFAZ Y TARJETA CONTROLADORA EN UNA MEZCLADORA PARA JABÓN LÍQUIDO**, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Otto Fernando Andriano González

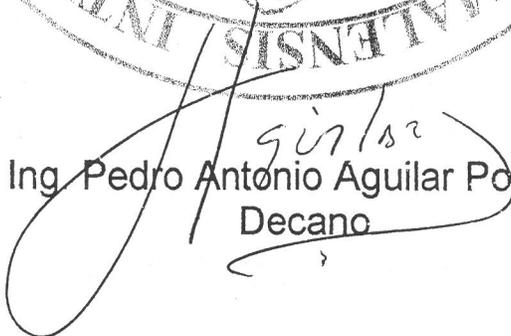


GUATEMALA, 14 DE AGOSTO 2018.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica del trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO DE INTERFAZ Y TARJETA CONTROLADORA EN UNA MEZCLADORA PARA JABÓN LÍQUIDO"** presentado por el estudiante universitario: **Oswaldo Octaviano Pacheco Mazariegos** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, Febrero de 2019

/echm

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser quien guía mis actos en mi vida e ilumina mi ser en todo momento.
- Mis padres** Amando Pacheco y María de los Ángeles de Pacheco, quienes me han acompañado en las buenas y malas, dándome apoyo y consejos.
- Mis ejemplos académicos** Inga. Angélica Becilia Pacheco Mazariegos e Ing. Calixto Santiago Monteagudo Cordero, por sus enseñanzas en toda mi vida, su apoyo incondicional y motivación para culminar esta carrera.
- Mi esposa** Marcela Angelina Revolorio de Pacheco, por estar siempre junto a mí ayudándome a alcanzar mis metas.
- Mis hijas** Por ser motores de vida que me impulsan hacia adelante. Que esta meta sea un ejemplo a seguir.
- Mis hermanas** Inga. Angélica Becilia, por tu gran apoyo y esfuerzo para que culminara mi carrera; Mary, Amanda y Romelia, por ser parte importante de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser una fuente de conocimiento en mi carrera.

**Facultad de Ingeniería**

Por impulsarme a la búsqueda de conocimiento.

**Asesor de trabajo de graduación**

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar, por este proyecto de asesoramiento y su motivación para culminar mi carrera.

**Compañeros de estudio**

Por ayudarme a ver que todo obstáculo puede ser vencido con una buena preparación.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN .....	IX
OBJETIVOS .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. EL SISTEMA BASE .....	1
1.1. Elementos de la mezcla .....	1
1.2. Requerimientos .....	2
1.3. Características de la mezcladora .....	2
2. MEZCLADORAS PARA LÍQUIDOS.....	7
2.1. Generalidades de las mezcladoras .....	7
2.1.1. Tipos de agitadores .....	8
2.1.2. Motores en las mezcladoras .....	9
2.2. Mezcladoras para líquidos.....	13
2.3. Compuestos base para elaboración de jabón líquido.....	14
2.4. Sensores ópticos.....	15
2.5. Clasificación de sensores ópticos .....	16
2.5.1. Sensores de barrera .....	16
2.5.2. Sensores reflectivos.....	16
2.5.3. Refractómetros .....	17
2.5.4. Sensor de concentración por refracción .....	19
2.5.5. Sensor de espectro de la luz .....	22

2.6.	Raspberry Pi .....	25
2.6.1.	Raspberry Pi Modelo B+.....	27
2.7	Placas de control para motores .....	27
2.7.1	Control para motor DC .....	31
2.7.2.	Control para motor AC.....	32
2.8.	Optoacopladores.....	33
2.9.	Comunicación SPI .....	34
3.	CONTROL PARA EL MOTOR AC.....	39
3.1.	Consideraciones del motor .....	39
3.2.	Sensor de concentración de la mezcla .....	40
3.3	Mediciones experimentales en el sensor .....	42
3.4.	Interfaz para control de mezcladora.....	45
3.4.1.	Configuración de Raspberry Pi.....	46
3.4.2.	Programa de control de mezcladora.....	49
3.5.	Interfaz web de gestión .....	53
3.5.1.	Detalles de la interfaz web .....	55
	CONCLUSIONES .....	61
	RECOMENDACIONES .....	63
	BIBLIOGRAFÍA .....	65
	APÉNDICES .....	67
	ANEXOS .....	69

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Partes del motor utilizado en la mezcladora.....	3
2.	Configuración de paletas de mezclado .....	8
3.	Motores con agitadores.....	10
4.	Partes de motor monofásico.....	11
5.	Partes de motor bifásico.....	12
6.	Mezcladora con eje en ángulo.....	12
7.	Tipos de refractómetros.....	18
8.	Rayos refractados por partículas en un líquido .....	19
9.	Comparación de intensidades entrantes y salientes .....	20
10.	Instrumentos con sensores para concentración .....	21
11.	Sensor de espectro de luz.....	22
12.	(a) Integrado TCS3200 (b) Diagrama del TCS3200 .....	23
13.	Esquema de un espectrómetro .....	24
14.	Espectrómetros de aplicación .....	25
15.	Conexión de motor a una RASPBERRY PI.....	28
16.	Conexión de motor DC a una RASPBERRY PI con IRL520 .....	31
17.	Conexión de motor AC a una RASPBERRY PI con T1610T.....	32
18.	Diagramas internos de optoacopladores.....	34
19.	Diagrama de datos de entrada y salida en SPI .....	36
20.	Configuraciones para SPI.....	37
21.	Diagrama de bloques .....	39
22.	Tarjeta para control .....	40
23.	Placas del sensor .....	41

24.	Circuito del sensor .....	42
25.	Montaje de la interfaz.....	46
26.	Diagrama del programa para la mezcladora .....	50
27.	Interfaz WEB.....	54
28.	Primer bloque, código para la interfaz .....	56
29.	Segundo bloque, código de la interfaz .....	57
30.	Módulo para captura de datos por el sensor.....	59
31.	Módulo para activar el sensor.....	60

## TABLAS

I.	Características del motor de la mezcladora.....	2
II.	Proporciones para 516 ml de jabón líquido.....	14
III.	Modelos y características de Raspberry Pi.....	26
IV.	Modelos de TRIACS .....	30
V.	Mediciones experimentales, jabón líquido tipo A .....	43
VI.	Mediciones experimentales.....	44
VII.	Órdenes para actualizar RASPBIAN.....	47

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
cm	Centímetros
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
hz	Hertz
HP	<i>Horsepower</i>
kΩ	Kiloohmios
kw	Kilowatt
ml	Mililitros
rpm	Revoluciones por minuto
v	Voltaje



## GLOSARIO

<b>CNY70</b>	Código de sensor.
<b>Driver</b>	Controlador o rutina que enlaza un dispositivo a otro.
<b>FAT32</b>	File Allocation Table, es un sistema de archivos o formato para medios de almacenamiento.
<b>Fotoresistor</b>	Resistencia que cambia su valor mediante la intensidad de luz.
<b>Fototriac</b>	Opto acoplador que utiliza un triac.
<b>GP202</b>	Código de sensor.
<b>GPIO</b>	General Purpose Input/Output, entrada y salida de propósito general.
<b>HTML</b>	Hyper Text Markup Language, lenguaje de marcado de hipertexto utilizado en la construcción de páginas web.
<b>IGBT</b>	Insulated Gate Bipolar Transistor, es un transistor bipolar de puerta aislada.
<b>IRL#</b>	Serie de transistores para conducir alta corriente.
<b>Kernel</b>	Núcleo del sistema operativo.
<b>Mosfet</b>	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, es un transistor de efecto de campo.
<b>PHP</b>	Hypertext Preprocesor, es un lenguaje de programación de desarrollo web.

<b>Python</b>	Lenguaje de programación de tipo interpretado.
<b>Raspberry PI</b>	Placa de computadora de bajo costo.
<b>RASPBIAN</b>	Es una distribución gratuita del sistema operativo GNU/Linux.
<b>SD</b>	Secure Digital, es una tarjeta de memoria para dispositivos electrónicos portátiles.
<b>SPI</b>	Protocolo de comunicación serial entre dispositivos electrónicos.
<b>Triac</b>	Tríodo para corriente alterna.

## RESUMEN

El encendido y apagado de una mezcladora para los ingredientes que forman el jabón líquido debe ser controlado por un sensor que determine si la mezcla de los elementos base ya llegó a ser igual a una muestra dada por el experto, de esta manera solo se requiere que el experto de una muestra de la mezcla adecuada, utilizarse de parámetro y así su presencia no sería constante para mantener la producción.

El sensor debe construirse de tal manera que pueda medir la mezcla y compararse con el parámetro, y así, al llegar el valor de la concentración de la muestra al rango aceptable, entonces parar la mezcladora o, de no lograrse el rango, entonces mantener encendida la mezcladora.

Para monitorear el sensor se requiere de una interfaz que muestre las mediciones que se hacen automáticamente y que presente el valor del rango utilizado como parámetro en la comparación de las muestras de la producción realizada. La interfaz puede aprovecharse para registrar las veces que la mezcladora se utiliza y ser monitoreada mediante cualquier dispositivo que pueda conectarse a la red local de la empresa.



# OBJETIVOS

## General

Controlar el apagado y encendido de una mezcladora para elementos base para producir jabón líquido, mediante una interfaz cargada en una Raspberry Pi y partiendo de un sistema no automático.

## Específicos

1. Medir la concentración de una mezcla viscosa.
2. Comparar la concentración de una muestra con un parámetro preestablecido.
3. Apagar o encender el motor de una mezcladora al alcanzarse el valor deseado de concentración en una muestra.
4. Monitorear la medición de un sensor mediante una interfaz cargada en una Raspberry Pi.
5. Conectar un dispositivo a la red local con el fin de monitorear las mediciones del sensor, apagado y encendido del motor de una mezcladora.



## INTRODUCCIÓN

Un sistema para monitorear el proceso de elaboración de jabón líquido puede realizarse controlando el motor de una mezcladora, el cual inicie y finalice cuando la mezcla que se esté realizando llegue a ser adecuada, según la muestra patrón dada por un experto.

El sistema realiza la comparación de la mezcla y, cuando haya similitud con la muestra proporcionada por el experto, entonces el proceso finaliza. Se puede aprovechar para elaborar reportes de las mezclas realizadas y poderse consultar desde un dispositivo conectado a una red local y realizar las gestiones más adecuadas, tales como la identificación de las mezclas de más alta calidad y las de baja calidad.

En el sistema se necesita una tarjeta que pueda interpretar un programa que se ejecute y pueda ser gestionado desde una página web para que pueda controlar el motor. Para ello puede adaptarse una RaspBerry Pi, una tarjeta de control de potencia y un sensor que mida la concentración en la mezcla realizada.



# **1. EL SISTEMA BASE**

## **1.1. Elementos de la mezcla**

Producir jabón para auto requiere utilizar por lo menos ocho elementos base que al mezclarse y alcanzar la concentración deseada pueden ser envasados y distribuidos para su venta en por lo menos los centros para lavado de autos más populares de una región. Estos centros de lavado requieren jabón de cierta calidad que sea económico, con el fin de mantener a sus clientes satisfechos.

La mezcla de por lo menos ocho elementos considerados base hace posible el jabón, siempre y cuando estos no posean concentraciones que, al no dispersarse, no logren la mezcla adecuada para el jabón líquido, creando aglomeraciones de cada elemento o grumos en el producto resultante. Esto es debido a no cumplir con el tiempo de mezclado adecuado o una cantidad de batidas de los elementos.

Si una persona que conoce el tiempo adecuado, o bien al observar una muestra de la mezcla, concluye que los elementos no están formando grumos sino que están bien mezclados, logrando un color uniforme, entonces esta persona diría que la mezcla se ha logrado y el jabón líquido es el deseado. Por lo que la máquina que mezcla los elementos debe parar y así proceder al llenado de recipientes.

El apagado de la máquina mezcladora requiere la conclusión de una persona experta, pero si esta persona no está disponible, la producción no se

logra o bien puede surgir otra persona que no se considera experta y se obtendría un producto de baja calidad. Por lo que es necesario implementar un pequeño sistema que no dependa todo el tiempo de esta persona experta y que logre medir la muestra necesaria o compararla con una muestra considerada patrón, para que al lograrse un intervalo de similitud entonces se logre el momento de apagar realmente la máquina mezcladora.

## 1.2. Requerimientos

Es necesario partir de un sistema de apagado y encendido manual y convertirlo en un sistema que utilice un sensor para comparar la muestra de la mezcla con la considerada como patrón y mediante órdenes programadas se active o desactive la mezcladora, aprovechándose también el sistema para medir el tiempo necesario y hacer un historial del tiempo empleado por mezcla lograda y la cantidad producida, para que se pueda consultar desde algún dispositivo móvil y así facilitar las revisiones del encargado de la producción desde cualquier punto en la empresa y no necesariamente estar presente en el área de la producción.

## 1.3. Características de la mezcladora

El sistema actual para elaborar jabón utiliza una mezcladora que posee un motor con las siguientes características:

Tabla I. **Características del motor de la mezcladora**

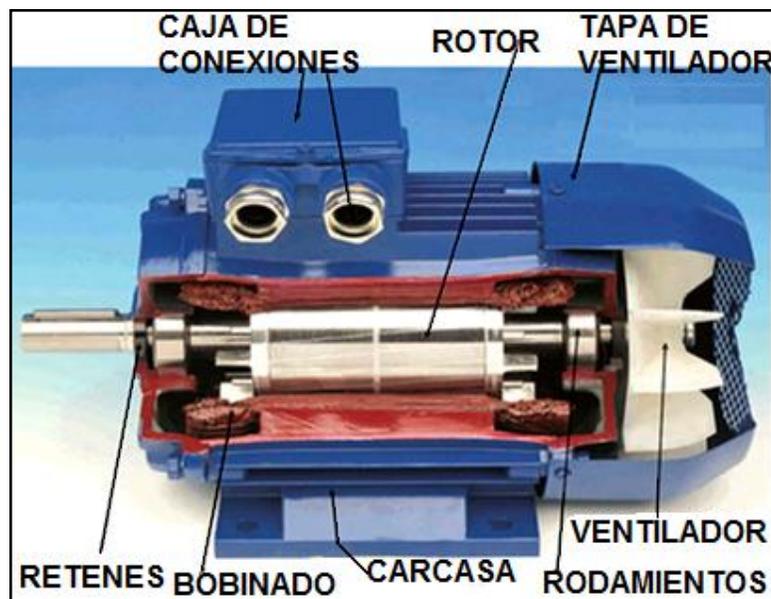
Fase:	Monofásico	Tipo:	Motor asincrónico
Marca:	Weiye	Potencia de salida:	0.13kw-1.5kw
Voltaje ca:	120 v	Frecuencia:	50hz o 60hz

Fuente: industria artesanal de jabón.

Utiliza una velocidad para el mezclado de 63 rpm, su encendido y apagado es manual, el eje utiliza paletas para mezclar, dispuestas dentro del recipiente contenedor de líquidos. Al mezclar los elementos base se puede experimentar una corriente entre 3 y 5 amperios, debido a que no se requiere mover el líquido muy rápido para evitar que cree espuma dentro del recipiente contenedor y también porque la viscosidad es baja.

Las partes generales del motor se aprecian en la figura siguiente:

Figura 1. Partes del motor utilizado en la mezcladora



Fuentes:Partes del motor.//electricosado.com/es/1500-rpm/805-n766-motor-electrico-monofasico-patas-b3-15-kw-.html.Consulta: 12 de julio de 2017.

El motor está montado sobre el recipiente contenedor de líquidos base y es utilizado con una varilla que prolonga su eje en donde están apoyadas, intercaladamente, cuatro paletas en forma radial, con las que se batien los elementos y se mezclan mientras el motor gira a una velocidad adecuada.

Debido a que los elementos líquidos base tienen una viscosidad mediana no se requiere mucho esfuerzo en el motor, esto hace posible que la corriente eléctrica en este no sea tan elevada.

El sistema posee un tablero para el encendido y apagado, está formado por una llave que abre la cubierta protectora de un par de botones, donde uno es utilizado para el arranque y otro para el apagado de la mezcladora. Dentro del tablero se tiene su fusible de protección y está conectado directamente a los cables que se unen a la caja de distribución eléctrica.

La muestra de la mezcla que se utiliza para ser analizada se toma de una válvula manual, de un conducto principal, se coloca en un pequeño recipiente de vidrio para que el experto la observe y concluya si el mezclado debe parar o continuar. La toma de la muestra generalmente ocurre cuando se cumple con cierto tiempo de mezclado, dado por el experto, pero hay ocasiones que se dan por no controlar el momento en que se enciende la mezcladora, en donde el tiempo es mayor y a veces es menor.

Para controlar el sistema se utiliza una tarjeta Raspberry Pi modelo B, en la cual se ejecuta la interfaz que permite activar una tarjeta que controla la potencia de la mezcladora y también está configurada como un servidor para la red local de la fábrica en donde opera la mezcladora. La tarjeta Raspberry Pi modelo B se ha elegido debido a que posee facilidad de conexión a una red inalámbrica, para así facilitar la comunicación con algún dispositivo móvil, además de un bajo costo.

La tarjeta que controla la potencia de la mezcladora está diseñada de tal manera que por ciertos pulsos dados por la Raspberry Pi modelo B, se apaga o enciende el motor de la mezcladora y sirve como un transductor de baja potencia

a alta potencia. Está diseñada para el rango de corriente y voltaje necesarios para operar el motor que posee mezcladora.

La tarjeta Raspberry Pi modelo B se conecta a la red local como un servidor y en ella se almacena un programa que presenta una interfaz para quien desee operar la mezcladora. Este uso es restringido al personal autorizado con clave de seguridad para el monitoreo del proceso de mezclado. Se diseña un sensor que utiliza rayos ópticos que son apuntados hacia la muestra de la mezcla de jabón líquido dentro de un recipiente totalmente transparente y que detecta la difracción de estos al pasar por la mezcla. La difracción de los rayos se mide y se calcula un valor promedio para compararse con la difracción promedio pero de una muestra patrón, si se localiza dentro del intervalo aceptable entonces se tiene una señal que indica al sistema que la mezcladora debe parar. De no ser así entonces la señal no ocurre y la mezcladora permanece en movimiento.

Los rayos ópticos, al incidir en la mezcla, según su densidad, divergen cambiando su dirección de tal manera que sirven como una medida del líquido que forme la mezcla, así se puede comparar con la muestra patrón. Esta mezcla patrón tiene un valor promedio de difracción considerado como un parámetro que el experto puede hacer en un momento previo a la producción y mantenerse hasta que el experto considere cambiarla, debido a un ajuste en los ingredientes para el producto deseado.

El sensor se activa cuando la mezcladora llega a cierto tiempo de batidas y así la Raspberry Pi modelo B interpreta cada difracción de los rayos ópticos y los convierte en medidas o valores que se pueden promediar y así comparar con el parámetro, verificando el intervalo adecuado y generando la señal para enviar un

pulso que llegue a la tarjeta que controla la potencia para el motor de la mezcladora.

## **2. MEZCLADORAS PARA LÍQUIDOS**

### **2.1. Generalidades de las mezcladoras**

La industria dedicada a la fabricación de jabón líquido, por muy pequeña que sea, requiere de una mezcla de elementos base de tal manera que cada elemento o ingrediente al mezclarse no genere grumos o demasiada espuma, ya que al envasarse esta mezcla y estar en reposo puede volverse a separar cada ingrediente, lo que podría producir un mal producto que no se aceptaría en la venta.

El proceso de mezclado requiere que se realice cierta cantidad de batidas mientras los ingredientes se van agregando a la mezcla resultante y, una vez mezclados, debe analizarse una muestra con el fin de verificar la homogeneidad, de no ser así el proceso de batidas debe continuar. Lo anterior requiere que un experto tome la decisión de la muestra adecuada para finalizar el proceso de mezclado.

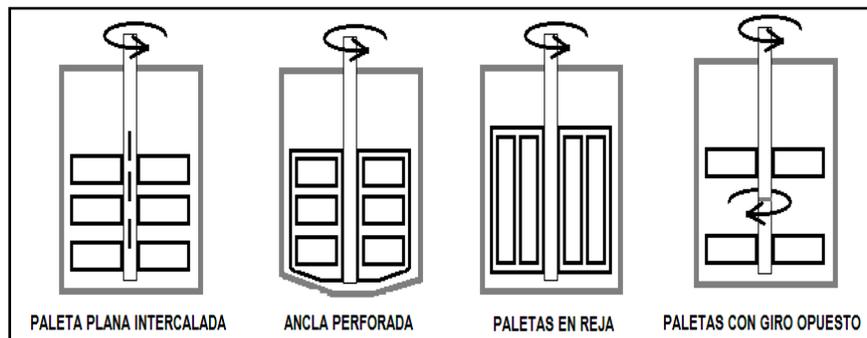
La mezcla de los ingredientes en las industrias pequeñas o que se inician en la venta se hace de forma manual, debido a que la cantidad de cada ingrediente es pequeña, con esto se obtiene el producto no muy homogéneo pero cuando son industrias grandes es porque la cantidad de elementos a mezclar son grandes y el proceso de mezclado manual sería tedioso. Lo anterior implica el uso de maquinaria que realice el proceso. Esta maquinaria generalmente consiste en un motor que mueva un eje en el cual se colocan agitadores que ayudan a hacer la mezcla más uniforme.

### 2.1.1. Tipos de agitadores

Un conjunto de paletas dispuestas en cierta configuración ayuda a que el mezclado de elementos se haga más homogéneo. Dependiendo de los ingredientes a mezclar, los agitadores se deben disponer en configuraciones distintas. Por ejemplo, cuando los ingredientes no son líquidos, estos agitadores no podrían ser paletas, por lo que se requiere de mallas, tornillos sin fin o tambores de rotación. Ahora bien, si los ingredientes son líquidos, estos pueden ser batidos con movimientos verticales o con movimientos circulares. La configuración de las paletas en los agitadores dependerá también de si los líquidos son de alta viscosidad, mediana o baja. Cuando se tienen líquidos de viscosidad alta, tales como aceites, las paletas de los agitadores presentan cierta distancia considerable, una respecto a la otra.

La producción de jabón líquido requiere el uso de ingredientes líquidos con viscosidad mediana, lo que requiere de un esfuerzo mediano en el proceso de mezclado. Estos agitadores presentan alguna de las formas siguientes:

Figura 2. Configuración de paletas de mezclado



Fuente: elaboración propia.

Las configuraciones mostradas son utilizadas para velocidades bajas, generalmente de 25 a 150 revoluciones por minuto. Son indicadas para mezclado de elementos para líquidos de viscosidad media o baja y para no crear espuma. Generan movimientos circulares a menos que se inclinen y generen movimientos suaves circulares y verticales. La anchura de las paletas es aproximadamente de un sexto a un décimo de su longitud y pueden intercalarse para mejorar el mezclado en un menor tiempo de agitación. Las paletas de algunos agitadores están perforadas en formas ya sea circulares o rectangulares, con esto se logra que los grumos en la mezcla sean disueltos y mejorar el producto.

### **2.1.2. Motores en las mezcladoras**

El impulsor de los agitadores consiste en un motor eléctrico donde su potencia está dada según los ingredientes a mezclar. Cuando son ingredientes sólidos y pulverizados, se requiere de potencia como los 7.5kW, 18kW y 22kW aproximadamente, pero cuando son líquidos de viscosidad mediana o baja pueden emplearse de poca potencia, ya que el esfuerzo es mediano y no se requiere alta velocidad porque se necesita de un mezclado con movimientos suaves para no crear espuma, implicando que la potencia del motor impulsor esté entre de ½ HP hasta 10 HP o bien de 0,37kW a 7,5kW, respectivamente. Los motores para el mezclado de líquidos de viscosidad mediana pueden operar con cantidades de 30 a 2000 litros.

Generalmente un motor se monta sobre un recipiente contenedor de líquidos de acero inoxidable y posee un eje prolongado en donde se unen los agitadores. El encendido y apagado se realizan por el operador de la mezcladora en el momento oportuno o bien en el momento que la mezcla es la adecuada.

Algunos de estos motores se aprecian en la siguiente figura:

Figura 3. **Motores con agitadores**

MOTOR CON AGITADOR	CARACTERÍSTICAS	MOTOR CON AGITADOR	CARACTERÍSTICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 kW, 110v, 400v, 1 fase.</li> <li>• 20 rpm a 800 rpm.</li> <li>• Agitador con variante de Ancla perforada.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20kW, 110v a 440v, 1 o 2 fases.</li> <li>• 15 rpm a 1000 rpm.</li> <li>• Agitador de paletas.</li> </ul>

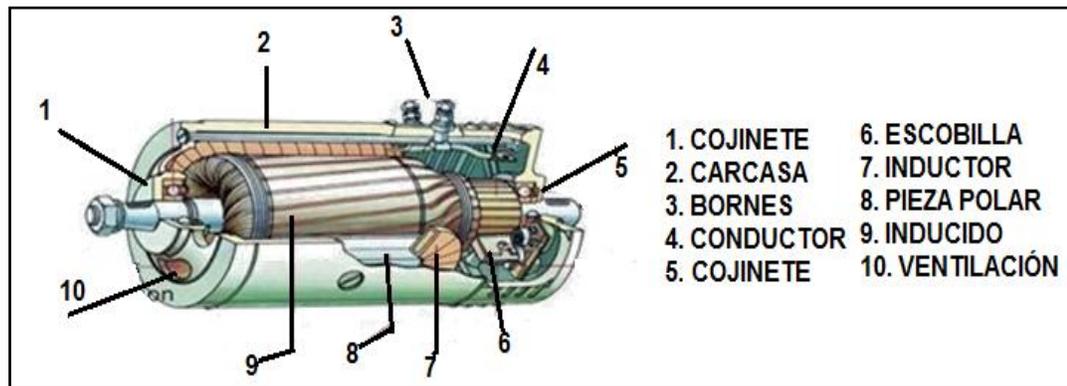
Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los motores que se utilizan en las mezcladoras de líquidos pueden ser de una fase o de dos, porque no se requiere alto par, ya que los líquidos no tienen alta viscosidad y su velocidad de giro no debe ser muy grande para no obtener espuma en la mezcla resultante.

Los motores monofásicos pueden utilizarse en cualquier vivienda debido a que la mayoría de casas son alimentadas mediante sistemas monofásicos con los 120 voltios alternos. Pueden clasificarse en motores de inducción, motores con colector y motores de fase partida. Un motor monofásico es muy similar al motor universal.

Las partes principales de un motor de una fase se aprecian en la figura 4:

Figura 4. Partes de motor monofásico

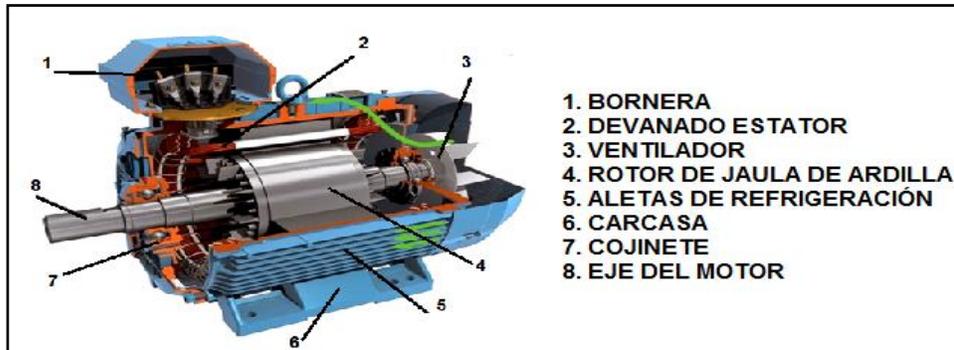


Fuente: *Motor*

*monofásico*.<http://plandemejoramientomotoresdc.blogspot.com/2013/11/cristian-alberto-cruz-acosta.html>. Consulta: 15 de julio de 2017.

Entre los motores de dos fases utilizan redes eléctricas para 240v, dividiéndose en dos fases de 120v cada una y siempre la línea neutral en sus bornes. Estos motores son para generar mayor par debido a que pueden demandar más corriente en su funcionamiento. En las mezcladoras de gran capacidad de líquidos son muy utilizados los motores de mayor par, comparados con los de una fase, por lo que se requiere un motor bifásico para lograr la mezcla de mayor cantidad de líquido. Las partes de uno de estos se detallan en la imagen mostrada a continuación:

Figura 5. **Partes de motor bifásico**



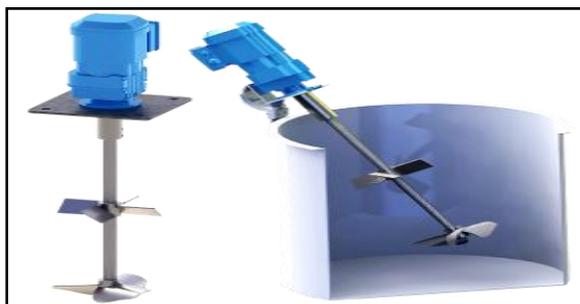
Fuente: *Motor bifásico*.<https://es.slideshare.net/jorgemunozv/maquinas-elctricas-sincronas>.

Consulta: 15 de julio de 2017.

Las mezcladoras de gran capacidad utilizan motores para bombear la mezcla terminada hacia la tubería que llena los recipientes o envases para la distribución del jabón líquido. Si la capacidad es pequeña las mezcladoras no poseen un motor para el bombeo y la extracción se hace simplemente por gravedad, y la válvula de llenado está bajo el recipiente contenedor en donde el motor de mezclado se encuentra instalado.

El motor en una mezcladora para líquidos, generalmente, está colocado en forma vertical, pero en algunas el eje del motor con el agitador se encuentra formando un ángulo y es utilizado en mezclas sencillas o en la industria de colorantes y esencias, donde se requiere potencias de 3HP.

Figura 6. **Mezcladora con eje en ángulo**



Fuente: catálogo de productos ALBIZ.

## **2.2. Mezcladoras para líquidos**

Existe una variedad de mezcladoras para elaborar jabón líquido, todas ellas están hechas con un contenedor inoxidable dentro del cual va el agitador, tapas herméticas y empaques protectores para el motor que acciona el agitador. Estas mezcladoras están sujetas a una base que evita la vibración ocasionada por el movimiento del motor. Pueden tener ductos por donde se adicionan los elementos para la mezcla, el ducto por donde se extrae la mezcla terminada y su tablero de encendido y apagado.

Cuando son de gran capacidad poseen una escalinata para la revisión de los ductos de llenado o para el mantenimiento del motor, también poseen una tapa por donde puede extraerse el agitador para su mantenimiento.

La variedad de mezcladoras se debe al tipo de líquido y su capacidad, tal es el caso de: mezcladoras para jarabes, esencias o lociones, material pulverizado con líquidos, mezcladoras en “V” o conocidas como mezcladoras pantalón; esta última es para material granulado con líquidos y entre otras están las mezcladoras de líquidos viscosos.

En la industria de elaboración de jabón líquido las pequeñas fábricas, las cuales inician, no poseen mezcladoras con contenedores de acero inoxidable, sino que utilizan recipientes plásticos o bien toneles de aceite o combustible que reciclan y deciden utilizar para la mezcla deseada. Algunas industrias sencillas no utilizan los agitadores ni motores para hacer la mezcla, simplemente mezclan a mano pero en pequeñas cantidades, utilizan simples paletas y el producto terminado no es tan homogéneo y con mezclas no adecuadas que cuando el producto terminado se manipula. En el transporte, por ejemplo, los elementos

que formaron la mezcla se van separando o simplemente al estar mucho tiempo en reposo el agua aplicada se separa.

### 2.3. Compuestos base para elaboración de jabón líquido

La mezcla de agua, nipasol, lauril ether sulfato sódico, ácido sulfónico, cocoamida, silicona 350, ethamin y, por último, fragancia, en ciertas proporciones es utilizada para la elaboración del jabón líquido. Por ejemplo, si se desea elaborar solo 516 mililitros de jabón líquido, la mezcla podría contener la proporción de los compuestos en la forma que muestra la tabla siguiente:

Tabla II. **Proporciones para 516 ml de jabón líquido**

COMPUESTO BASE	PROPORCIÓN
Agua	400 ml
Nipasol 1g diluido	2 ml
Sulfato sódico	30 ml
Ácido sulfónico	30 ml
Cocoamida	15 ml
Silicona 350	3 ml
Ethamin	35 ml
Fragancia	1 ml

Fuente: industria artesanal de jabón.

Para la elaboración del jabón los compuestos se agregan uno a uno mientras se van mezclando entre sí. Primero se coloca, en el recipiente contenedor, el agua y el polvo de Nipasol y se inicia la mezcladora, luego de 1

minuto de batidas se agrega el sulfato sódico, por dos minutos o más de batidas, ya que este compuesto cuesta más que se integre a la mezcla de los dos primeros, luego se agrega el ácido sulfónico, que también requiere un tiempo de batidas igual al compuesto anterior; a continuación los demás elementos con el mismo tiempo de un minuto para las batidas. El último compuesto que se agrega será la fragancia, con la cual se obtendrán distintos tipos de jabón líquido, ya que se venden según la fragancia y para poderlos diferenciar a simple vista se les agrega una pequeña proporción de colorante.

Cuando son cantidades mayores a 50 litros el tiempo de batidas debe ser mayor y aquí es donde se dan ocasiones en que el operador de la mezcladora no cumple con el tiempo adecuado y entonces se obtienen mezclas no aceptables o simplemente el jabón líquido no alcanza la calidad deseada y, cuando la persona experta analiza la muestra, generalmente indica que debe seguir operando la mezcladora.

#### **2.4. Sensores ópticos**

Son aquellos dispositivos electrónicos que se basan en la interacción de la materia con la luz, con el fin de obtener alguna de las propiedades o características del material con el que interactúa esta. Con un sensor óptico se obtiene la medición de alguna variable de instrumentación o llamadas también magnitudes químicas o físicas, mediante el uso de la luz.

El funcionamiento principal de un sensor óptico consiste en la interrupción o reflejo de un haz de luz debido a un objeto, de donde se desea medir la variable de instrumentación. Algunos sensores se diseñan para medir el tiempo de la interrupción, rayos concentrados de luz y dispersión de los rayos reflejados.

## **2.5. Clasificación de sensores ópticos**

Existe una gran variedad de sensores que utilizan la luz como señal de entrada, la cual puede ser directa, reflejada o refractada.

### **2.5.1. Sensores de barrera**

Los sensores de barrera están formados por un emisor de un rayo infrarrojo o láser, alineado con su receptor, cada uno en su carcasa, separado a una distancia que puede ir desde los 2 milímetros hasta los 250 metros según la potencia del rayo. En distancias cortas es utilizado el rayo infrarrojo y en las largas distancias se utiliza el láser.

Es un tipo de sensor de mucha aplicación, son de bajo costo y pueden utilizarse para conteo de objetos, verificación de superficies en piezas, alineación de piezas, agujeros en bandas, llenado de recipientes, etc. Estos sensores no están diseñados para detectar superficies transparentes ni gases demasiado dispersos.

### **2.5.2. Sensores reflectivos**

Sensores que consisten en una fuente luminosa como emisor y una celda receptora del reflejo, ya que el emisor y el receptor están en la misma carcasa, separados a una distancia tal que el emisor no actúa directamente frente al receptor sino que el receptor actúa con el reflejo de la fuente luminosa, que se obtiene cuando el rayo de luz choca con un objeto.

Con este sensor se obtiene la intensidad del rayo reflejado o bien se logra una corriente eléctrica que es directamente proporcional a la intensidad del rayo reflejado. Esto se utiliza para conocer si el objeto está a corta o a larga distancia. Estos sensores no pueden obtener una medición de objetos muy alejados del sensor, generalmente solo a distancias cortas.

Uno de estos sensores para cortas distancias muy utilizados en la robótica es el CNY70, de Telefunken. Para distancias grandes se puede mencionar el GP2D02, de Sharp, que puede detectar objetos colocados hasta a 80 cm de distancia del sensor. Cuando este sensor se coloca frente a un espejo es capaz de detectar cuerpos transparentes, siempre y cuando este cuerpo pase en forma perpendicular al rayo reflejado.

### **2.5.3. Refractómetros**

Un refractómetro es un instrumento utilizado para medir el índice de refracción que posee un material preferiblemente líquido. Utiliza como medio de comparación la refracción que debe existir en un medio totalmente transparente tal y como lo es el aire. Este instrumento se basa en el principio del ángulo crítico dado en la ley de Snell.

Algunos refractómetros están diseñados para medir el grado de concentración de las mezclas, lo cual da un valor medido en un tanto por ciento denominado Brix, si está cerca del 0% Brix entonces indica que la concentración es la más completa o bien el material es sólido. Ahora, cuando se obtiene un valor cercano al 100% Brix entonces la dispersión es máxima o bien es totalmente transparente.

En ciertos procesos de mezclado es necesario que se cumpla con cierto porcentaje de concentración para que la mezcla sea aceptada para algún procedimiento industrial. Si el rango no es alcanzado entonces es el momento en que debe agregarse más elementos a la mezcla o bien el tiempo de agitación debe aumentar.

Los refractómetros que existen en el comercio son de tres tipos: analógico de mano, digital de mano, de mesa, tipo Abbe, en donde este último toma el nombre de su inventor Ernst Abbe. Sus formas se presentan a continuación.

Figura 7. Tipos de refractómetros



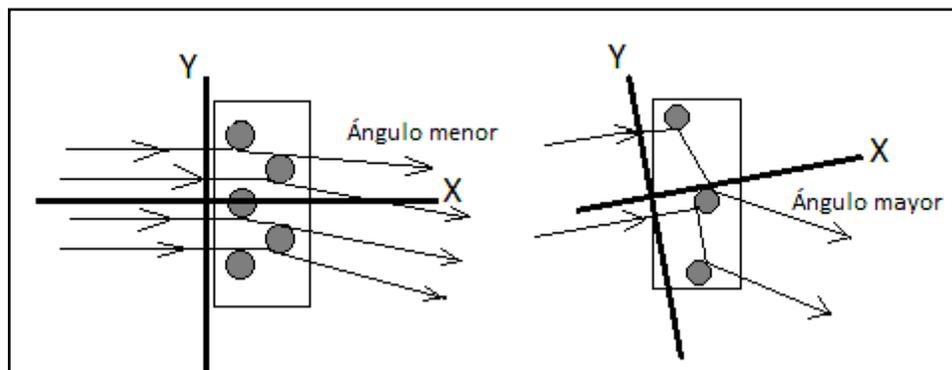
Fuente: *Refractómetros*. <http://www.pce-iberica.es/instrumento-de-optico/refractometro.htm>. Consulta: 25 de julio de 2017.

#### 2.5.4. Sensor de concentración por refracción

La refracción de un rayo luminoso ocurre cuando un objeto interrumpe la trayectoria del rayo. Si el objeto es un líquido completamente transparente el rayo luminoso no puede refractarse, pero si es casi transparente se refractará un pequeño ángulo, y si el líquido posee impurezas, éstas hacen que el rayo luminoso se refracte un ángulo mayor. Debido a esto puede utilizarse para conocer si el líquido posee partículas muy concentradas o dispersas, tomando el nombre de sensor de concentración por refracción.

Cuándo el rayo luminoso atraviesa el objeto generalmente se refractará en relación a la cantidad de partículas que en el objeto existan. Si las partículas están poco separadas el ángulo de refracción será pequeño y si estas partículas están muy separadas entonces el ángulo será mayor. Esto ocurre debido a que el ángulo dependerá de la rendija por donde pasa el rayo. Esto se representa en la figura 7.

Figura 8. Rayos refractados por partículas en un líquido

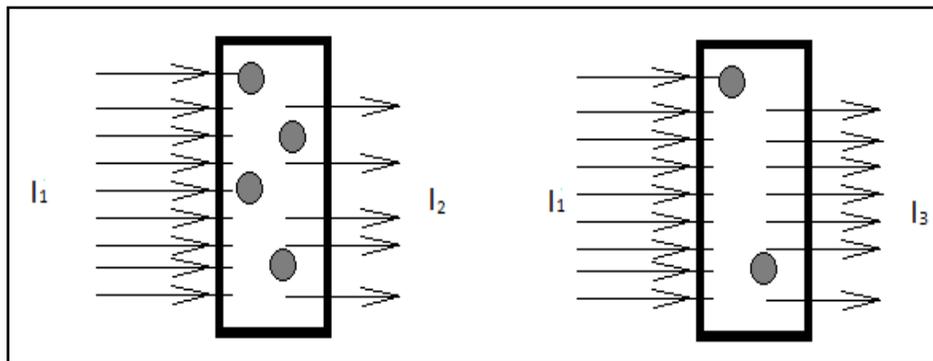


Fuente: elaboración propia.

La intensidad del rayo luminoso también se ve afectada por las partículas existentes en el líquido que atraviesa el rayo. La intensidad de la luz se

disminuye debido a que no todos los rayos logran pasar por el líquido por chocar y reflejarse, esto ocasiona que la intensidad sea menor en el lado opuesto a donde incide el rayo luminoso, por lo que la cantidad de intensidad puede servir para conocer si el líquido tiene partículas muy dispersas o si están concentradas. Si se mide la intensidad del rayo incidente y la intensidad del rayo saliente, y comparándose estas, se puede establecer si el líquido tiene sus ingredientes bien mezclados o no.

Figura 9. **Comparación de intensidades entrantes y salientes**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 9 se representa la intensidad del rayo luminoso que incide en un líquido que posee sus partículas poco dispersas, por lo que la intensidad del rayo incidente  $I_1$  es grande y la intensidad del rayo refractado  $I_2$  es menor, pero si se ve la intensidad del rayo refractado  $I_3$  en otro líquido en que sus partículas están mucho más dispersas, la intensidad  $I_3$  sería mucho mayor a  $I_2$ . Por lo cual también es una buena forma de medir la concentración de los ingredientes que forman la mezcla.

La cantidad de luz absorbida por un material depende de la cantidad de las partículas existentes en el material, a esto se le conoce como Ley de Beer. La cantidad de luz absorbida por un material depende de la distancia recorrida por la luz en dicho material, a esto se le conoce como la Ley de Lambert. Con esto se establece una relación de la intensidad de la luz entrante a un material y

la intensidad de la luz saliente del material, después de que se produce una absorción, lo cual se conoce como la Ley de Lambert-Beer, también conocida como la Ley de la Espectrofotometría, representada por  $\frac{I_t}{I_o} = 10^{-\epsilon bc}$ , en donde  $\epsilon$  es el coeficiente de absorción molar,  $b$  es la longitud de la trayectoria del haz de luz,  $c$  es la velocidad de la luz,  $I_t$  es la intensidad obtenida al traspasar el material y  $I_o$  es la intensidad del rayo incidente.

Entre las aplicaciones que tienen los sensores de concentración por refracción se encuentra la medición del tamaño de partículas cercanas a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro en líquidos, pero requiere mucho cuidado cuando se miden partículas transparentes porque la refracción no puede medirse bien, por lo que debe recurrirse a medir la difracción de la luz. Estos sensores son realmente aparatos potentes, tales como los equipos Master Sizer, Sistemas Insitec o SprayTec.

Estos equipos son un analizador de tamaño de partículas que utiliza tecnología de refracción y difracción láser, con el fin de determinar el cambio de dirección del láser y así concluir el tamaño de las partículas en líquidos esparcidos o entornos secos como la medición de las partículas de polvo.

Figura10. **Instrumentos con sensores para concentración**

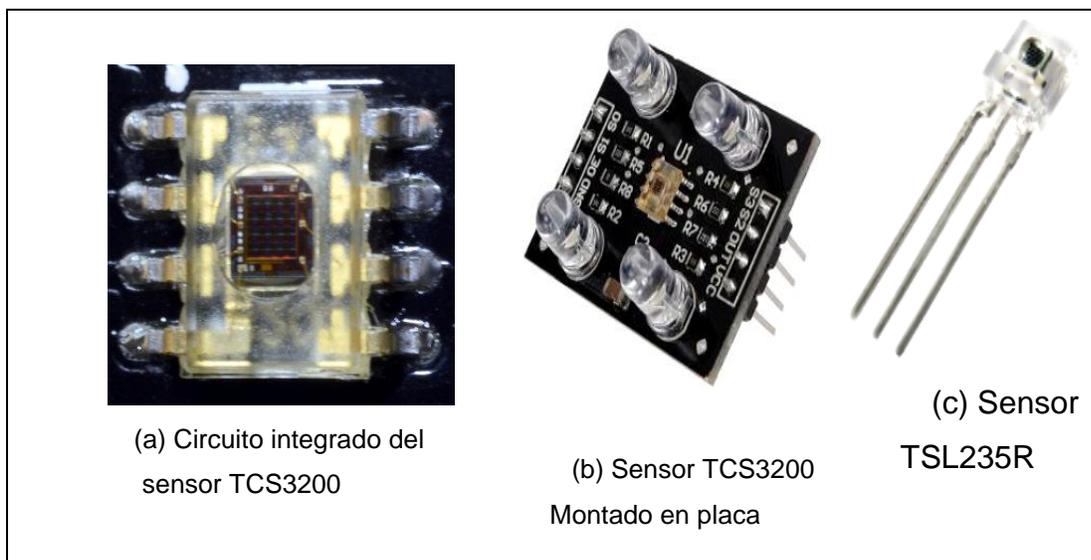


Fuente: *Sensores para concentración*.<http://www.iesmat.com/Productos-MI-ATP-Sprays.htm>. Consulta: 28 de julio de 2017.

### 2.5.5. Sensor de espectro de la luz

El espectro de la luz visible puede utilizarse para conocer ciertas propiedades de mezclas, líquidos, mezclas transparentes y gases. Estos sensores están diseñados para convertir la intensidad de luz en frecuencia y consisten en matrices de fotodiodos dispuestos con un filtro para el color rojo conectado a dieciséis de estos fotodiodos, otros dieciséis conectados a otro filtro para el color verde, otros dieciséis con un filtro azul y los últimos dieciséis fotodiodos sin filtrar. Los sesenta y cuatro fotodiodos no funcionan todos a la vez y para activarlos se dispone de dos conexiones (S2 y S3) con las que se activan en secuencia, 00 activa el rojo, 01 activa el verde, 10 el azul y 11 no se filtra.

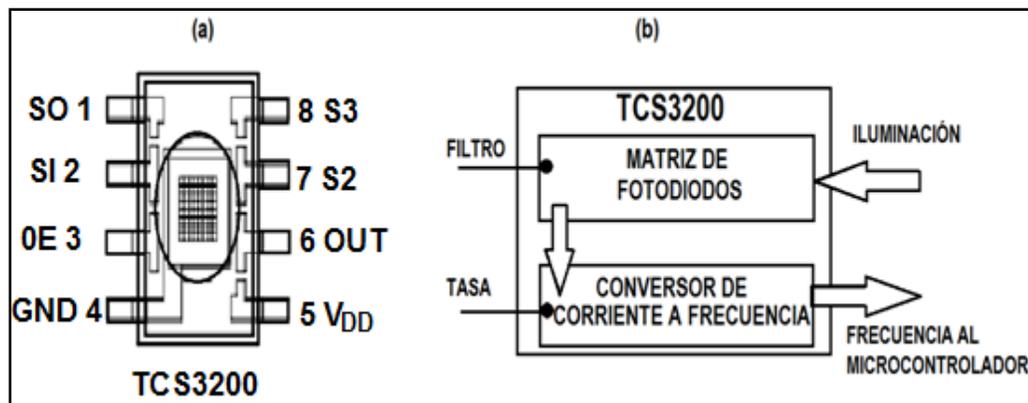
Figura 11. Sensor de espectro de luz



Fuente: *Sensor de espectro de luz*. <https://polaridad.es/sensor-color-tcs3200-frecuencia-arduino>. Consulta: 2 de agosto de 2017.

Una vez tomada la iluminación en forma de corriente, esta se convierte a frecuencia con forma de pulso cuadrado y se envía a un microcontrolador, evitando que se cree interferencia y el sensor se hace más estable. La velocidad del pulso puede controlarse mediante tres niveles, el 2%, 20% y 100%, mediante las conexiones S0 y S1.

Figura 12. (a) Integrado TCS3200 (b) Diagrama del TCS3200



Fuente: elaboración propia.

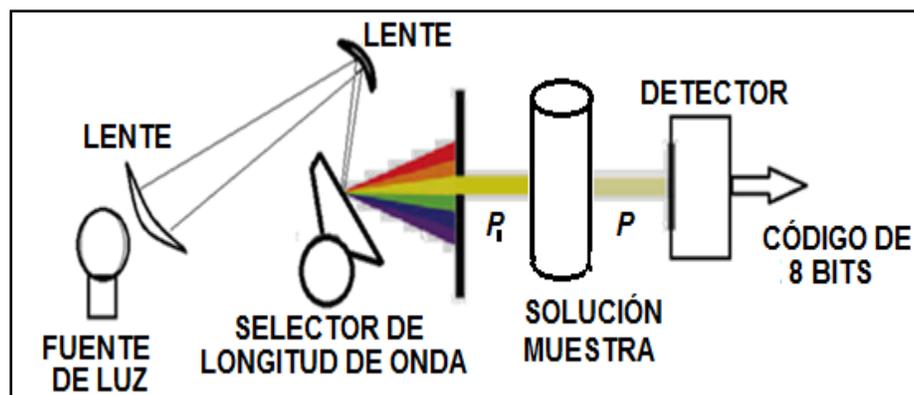
También se puede citar al TSL235R (figura 10 c), que es un convertidor de luz a frecuencia compuesto por un fotodiodo al silicio y un convertidor de corriente a frecuencia puestos en un solo circuito integrado CMOS, con la señal de salida de forma cuadrada con frecuencia que es directamente proporcional a la iluminación recibida.

Se pueden encontrar aparatos de medición de espectro en donde se aplican estos sensores, conocidos como espectrómetros, que consisten en la descomposición de la luz, y analizar el espectro producido al incidir sobre la

muestra, registrando la ausencia de colores o disminución de su intensidad, con los cuales se crea un código que se utiliza para identificar la mezcla o compararse con una mezcla patrón.

Un espectrómetro cuenta con una fuente de luz, una rejilla controlable con la cual se determina la longitud de onda a utilizar, o bien la franja del espectro de la luz, unas lentes que aumentan el espectro, el contenedor de la mezcla a medir y el detector del espectro generado. Este detector captura la imagen del espectro mediante un sensor de espectro y devuelve un código que representa al espectro de la mezcla medida. Esto se ejemplifica con la figura 13.

Figura 13. **Esquema de un espectrómetro**



Fuente: elaboración propia.

Los espectrómetros conocidos en la industria pueden variar desde los de tipo portátil hasta los utilizados en laboratorios experimentales, algunos se presentan en la figura siguiente.

Figura 14. **Espectrómetros de aplicación**



Fuente: *Espectrómetros de aplicación*.//[www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/espectrometro-kat\\_156870\\_1.htm](http://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/espectrometro-kat_156870_1.htm). Consulta: 7 de agosto de 2017.

## 2.6. Raspberry Pi

Es una computadora con una placa de tamaño muy reducido que posee bajo costo, su objetivo de construcción fue la estimulación de la enseñanza de la computación, programación y la robótica, logrando tener a la mano alta tecnología. Su diseño posee un chip que contiene un procesador ARM que corre a 700 Mhz, un procesador gráfico VideoCore IV con una memoria de 512 MB, su sistema operativo se carga en una memoria SD. El sistema operativo puede ser instalado según el uso que se le de a la Raspberry Pi, pero puede encontrarse Raspbian, OSMC, Ubuntu SnappyCore, Minibian, PIDORA, Inferno OS y Windows 10, en donde este último solo está diseñado para la Raspberry Pi 2, que es uno de los modelos más recientes. Está diseñado en dos modelos básicos, identificados como modelo A y modelo B. El modelo A es menos completo porque posee una memoria RAM de 256MB aunque su producción se ha detenido. El modelo B es recomendado para diseños de ingeniería, ya que se adapta a proyectos web con facilidad. Los modelos A solo existen en serie 1 y los modelos B pueden clasificarse en 1, 1 B+, 2 ó 3. Esto se muestra en la tabla 3 que se presenta a continuación.

Tabla III. Modelos y características de Raspberry Pi

Características	Raspberry Pi 1 Modelo A	Raspberry Pi 1 Modelo B	Raspberry Pi 1 Modelo B+	Raspberry Pi 2 Modelo B	Raspberry Pi 3 Modelo B
SoC:	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM + puerto USB)			Broadcom BCM2836 (CPU + GPU + DSP + SDRAM + Puerto USB)	Broadcom BCM2837 (CPU + GPU + DSP + SDRAM + Puerto USB)
CPU:	1176JZF-S a 700 MHz (familia ARM11)			900 MHz quad-core ARM Cortex A7	1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8
Juego de instrucciones:	RISC de 32 bits				
GPU:	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, MPEG-2 y VC-1 (con licencia), 1080p30 H.264/MPEG-4 AVC				
Memoria (SDRAM):	256 MiB (compartidos con la GPU)	512 MB (compartidos con la GPU) desde el 15 de octubre de 2012		1 GB (compartidos con la GPU)	
Puertos USB2.0:	1	2 (vía hub USB integrado)	4		
Entradas de vídeo:	Conector MIPI CSI que permite instalar un módulo de cámara desarrollado por la RPF				
Salidas de vídeo:	Conector RCA (PAL y NTSC), HDMI (rev1.3 y 1.4), Interfaz DSI para panel LCD				
Salidas de audio:	Conector de 3.5 mm, HDMI				
Almacenamiento integrado:	SD / MMC / ranura para SDIO		MicroSD		
Conectividad de red:	Ninguna	10/100 Ethernet (RJ-45) via hub USB			10/100 Ethernet (RJ-45) via hub USB, Wifi 802.11n, Bluetooth 4.1
Periféricos de bajo nivel:	8 x GPIO, SPI, I <sup>2</sup> C,			17 x GPIO y un bus HAT ID	
Reloj en tiempo real:	Ninguno				
Consumo energético:	500 mA, (2.5 W)	700 mA, (3.5 W)	600 mA, (3.0 W)	800 mA, (4.0 W)	
Fuente de alimentación:	5 V vía Micro USB o GPIO				
Dimensiones:	85.60mm x 53.98mm(3.370 x 2.125 pulgadas)				
Sistemas operativos	GNU/Linux: Raspbian, Pidora, Arch Linux , Slackware Linux, SUSE Linux Enterprise Server for ARM. RISC OS				

Fuente: elaboración propia.

### **2.6.1. Raspberry Pi Modelo B+**

Este modelo cambia, respecto a los modelos anteriores, en que posee 4 puertos USB, utiliza MicroSD, posee un mejor y bajo consumo de 600mA a 3.0 W, RAM de 512MB, un conector Ethernet RJ45, el sistema operativo utiliza rutinas para conexión Wifi, ya no posee el conector RCA y sobre todo el costo monetario se mantiene bajo. Existe alto soporte gratuito en las rutinas del sistema operativo a instalarse, además de documentación que facilita el diseño de proyectos.

## **2.7 Placas de control para motores**

Conectar una Raspberry Pi para controlar un motor por el cual puede circular cerca de 1 amperio o más es un tema que requiere mucho cuidado, ya que de conectarse sin protección alguna, esta corriente puede quemar completamente la placa Raspberry, esto es debido a que una Raspberry no está diseñada para operar elementos de alta potencia.

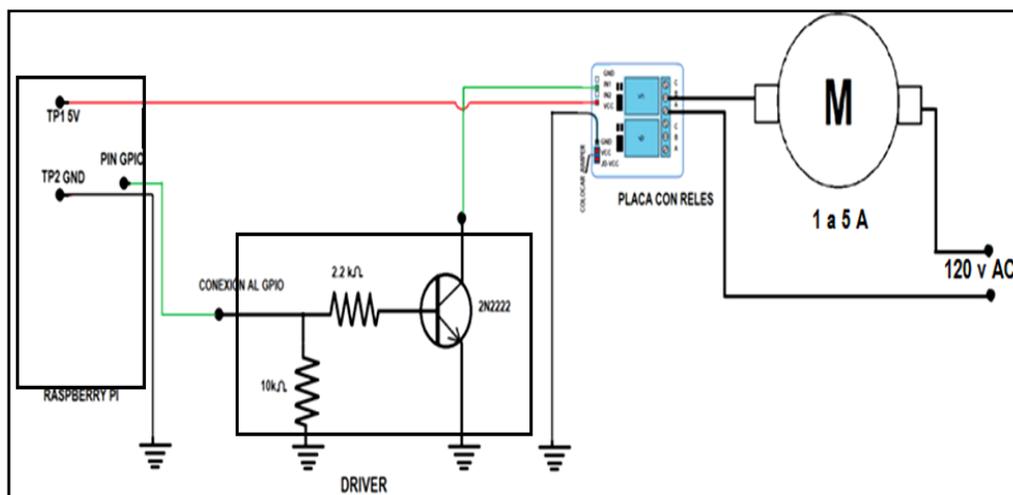
Cuando se desea operar elementos que pueden consumir cerca de 1 o más amperios, es necesario utilizar un sistema de protección que active o desactive el circuito de alta potencia. Estos sistemas poseen un optoacoplador, el cual separa eléctricamente la placa que se desea proteger y el circuito de alta corriente, un relé o un conjunto de transistores configurados para trabajar en corte y saturación con los cuales se controlará la alta corriente, otros elementos de conexión para la alimentación del sistema con su carga y pines de conexión para el circuito de baja potencia.

Existen diversas configuraciones de estos sistemas de protección que poseen integrados todos sus elementos en una pequeña placa de bajo costo.

Algunas utilizan relés que pueden operar de 50v o más y a 10 amperios y otras configuraciones con circuitos integrados para manejar un máximo de 50 voltios en la carga, generalmente necesitan pulsos de 4.5 a 6 voltios para activar o desactivar su carga de corriente alta.

En el caso de una Raspberry Pi no podría controlar directamente la activación y desactivación de estos pequeños sistemas de protección, debido a que en sus pines GPIO el voltaje de pulso alto es de 3.3 voltios y no son suficientes. Este problema puede ser corregido instalando un circuito Driver al pin deseado para que pueda activarse con 3.3 voltios y enviar en su salida los 5 voltios deseados para controlar el sistema de protección.

Figura 15. **Conexión de motor a una Raspberry Pi**



Fuente: elaboración propia.

Las placas de control con relés al accionarse crean transitorios en la red eléctrica, presentan desgaste físico de los contactos del relé y retrasos en su accionamiento. Por estas razones la placa que controla al motor no es recomendable que se base en relés, para ello es mejor utilizar una placa que esté basada en semiconductores de potencia.

Entre los semiconductores de potencia que pueden operar a un motor se encuentran: Triac, Mosfet o hasta un IGBT, pero si se desean utilizar en una placa Raspberry Pi que active a estos semiconductores, es importante recordar que los GPIO de una Raspberry Pi no pueden llegar a proporcionar más de 3.3 voltios, por lo que siempre es necesario el Driver para lograr el pulso de activación de estos semiconductores.

En estos semiconductores de potencia, cualquiera que se utilice, debe colocarse entre el Driver y estos un optoacoplador. El optoacoplador es un dispositivo formado por un diodo emisor de infrarrojo y un fototransistor, cuando se da un pulso, comprendido de 3 a 6 v, el diodo emite luz que es captada por el fototransistor y este hará que se obtenga un voltaje deseado para activar cualquier otro dispositivo que requiera un voltaje mayor a 5 v, dependiendo de la configuración deseada.

Con el optoacoplador se logra que la etapa de control de baja potencia esté aislada de la etapa de alta potencia, utilizando como medio de conexión un pulso de luz. Existen placas diseñadas de tal forma que ya incluyen su optoacoplador y su semiconductor de alta potencia. Por ejemplo, puede utilizarse el optoacoplador y un Mosfet montados en una placa para controlar una carga que consuma más de 3 amperios, la cual puede ser conectada a algún pin GPIO de una RaspBerry Pi. También puede ser un optoacoplador y un Triac cuando se desee manipular la corriente alterna.

Existen transistores de nivel lógico Mosfet que pueden ser activados con cerca de 5 voltios y controlar altas corrientes, tal es el caso de los IRL520, IRL530 o el IRL540, los cuales se saturan cerca de los 5 voltios y pueden utilizar una corriente de drenaje de 9, 15 y 28 amperios respectivamente.

Los Triac activados por nivel lógico pueden utilizarse a T810T o el T1610T, que pueden controlar una corriente de 8 y 16 amperios respectivamente y son activados con un voltaje de 2 a 3 v.

Las placas de control para cargas de más de 1 amperio pueden utilizar Mosfet o Triac, según el caso de corriente directa o alterna. Existe un gran número de Triac que pueden utilizarse según la corriente que se desee controlar. La mayoría necesita un pequeño voltaje para activarse, entre los 2 y 5 voltios, siendo aptos para microcontroladores, o bien, para ser activados mediante la Raspberry Pi. Por ejemplo, en la tabla 4 se aprecia un listado de estos semiconductores:

Tabla IV. **Modelos de Triacs**

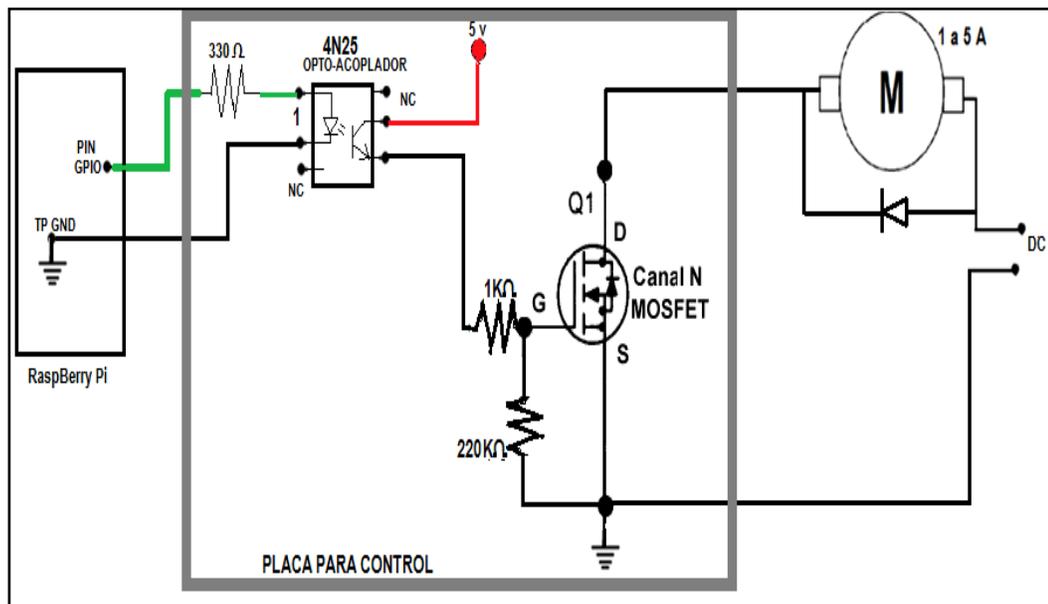
SERIE, AMPERAJE Y VOLTAJE	SERIE, AMPERAJE Y VOLTAJE
BT137800 TRIAC BT137-800 8A 800V	BTA20600 TRIAC BTA20-600CW 20A 600V
BT139600 TRIAC BT139-600 16A 600V	BTA140800 TRIAC BTA140-800B 25A 800V
BTA08600 TRIAC BTA08-600B 8A 600V	TIC246 TRIAC TIC246 16A 600V
BTA12600 TRIAC BTA12-600B 12A 600V	T1610T TRIAC 16A 800V MAX
BTA16600 TRIAC BTA16-600B 16A 600V	T810T TRIAC 8A 220V MAX
BTA16700 TRIAC BTA16-700B 16A 700V	Z01030 TRIAC Z0103MA 3MA 600V

Fuente: elaboración propia.

## 2.7.1 Control para motor DC

Los Mosfet son transistores que pueden controlar corriente mayor a 1 amperio utilizando un voltaje de puerta bajo, entre los 3 y 6 voltios. Cuando son Mosfet de nivel lógico pueden activarse o desactivarse cerca de los 3 voltios y controlar corrientes mayores a 1 amperio, esto los hace manejables mediante una Raspberry Pi. Por ejemplo el IRL520 puede activarse con los 3.3 voltios y controlar hasta cerca de los 9 amperios. Este semiconductor es adecuado para la elaboración de una tarjeta para controlar un motor DC. El control se muestra en la figura 16:

Figura 16. Conexión de motor DC a una Raspberry Pi con IRL520



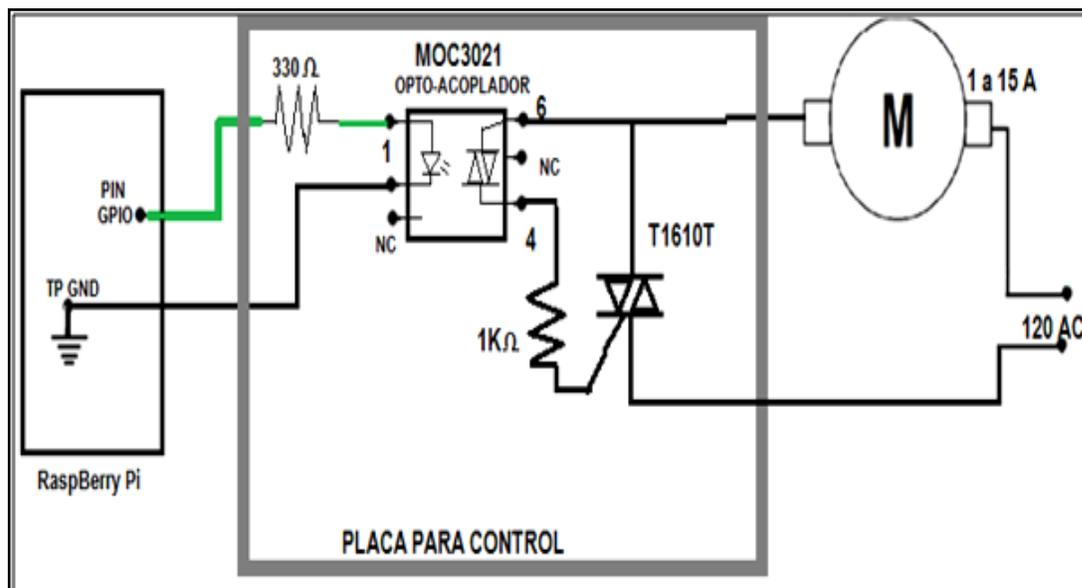
Fuente: elaboración propia.

## 2.7.2. Control para motor AC

Cuando la carga a controlar requiere corriente alterna, el semiconductor apropiado es un Triac, por lo que es necesario utilizar un Triac también de nivel lógico y siempre un optoacoplador para asegurar el aislamiento entre las etapas de baja y alta potencia.

El opto-acoplador sería uno de tal forma que pueda activar y desactivar el Triac. El integrado MOC3021 es un dispositivo que posee las características adecuadas para accionar el Triac T1610T. Pueden utilizarse otras configuraciones según el Triac deseado. Si se requiere controlar más corriente entonces puede utilizarse el BTA25, que está diseñado hasta para 25 amperios y son Triac de nivel lógico. La tarjeta podría tener el diseño mostrado en la figura siguiente:

Figura 17. Conexión de motor AC a una Raspberry PI con T1610T



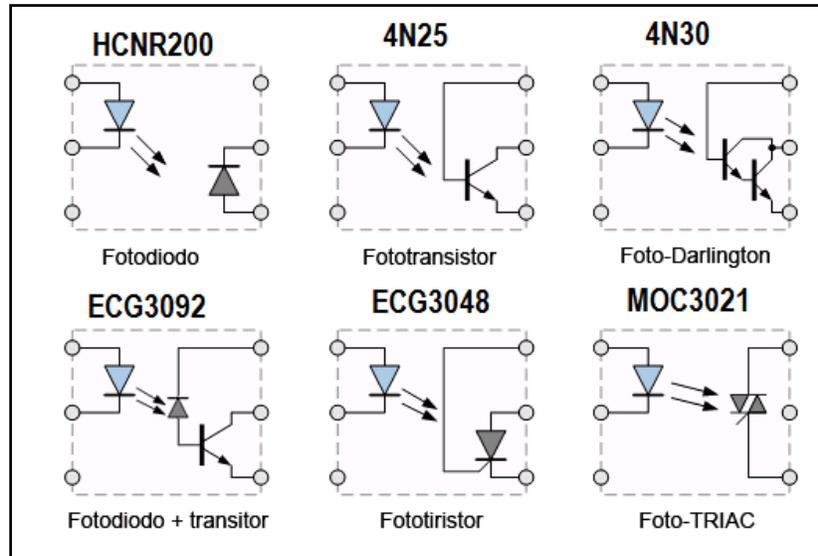
Fuente: elaboración propia.

## 2.8. Optoacopladores

Existe una gran variedad de optoacopladores, poseen un encapsulado de dos hileras de pines conocido como DIL, por sus siglas en inglés (*dual in-linepackage*) o también llamados encapsulados DIP. Pueden contener arreglos de 1, 2 o 4 optoacopladores. Su utilidad común es dividir circuitos y reducir el ruido en el punto de acople. Pasan una señal de un circuito a otro sin conexión física pero sí mediante un haz de luz infrarroja.

Un tipo de optoacoplador es el ranurado, que se puede utilizar para detectar el final de una carrera o final de una pieza. Otro tipo es el reflexivo, que simplemente es el sensor utilizado mucho en robótica para detectar superficies cercanas, por ejemplo el CNY70. También se pueden listar al fototransistor, el cual se compone de una etapa de salida formada por transistor BJT; el fototriac, que se compone en su etapa de salida por un Triac, y el fototiristor, que se diseña para aplicaciones donde se requiera de un aislamiento entre una señal lógica y una señal de red. Una señal lógica se refiere a una señal analógica o que sea continua durante el tiempo. En cambio, una señal de red consiste en una señal digital o serie de pulsos altos o bajos durante un tiempo que interese. Algunos optoacopladores y uno de sus códigos para conocer la hoja de datos se muestran en la figura 18:

Figura 18. **Diagramas internos de optoacopladores**



Fuente: *Diagramas de optoacopladores*. <https://www.luisllamas.es/arduino-optoacoplador/>.

Consulta: 12 de agosto de 2017.

## 2.9. Comunicación SPI

Uno de los protocolos de comunicación muy utilizados en dispositivos electrónicos es el SPI, cuyas siglas corresponden a Serial Peripheral Interface o bien a la interface serie de periféricos. Este protocolo se caracteriza por enviar y recibir bits en serie, posee una alta velocidad en su transmisión pero a cortas distancias, su velocidad depende del reloj. Si se aumenta la distancia a menos de 50 metros de las líneas de comunicación, entonces se debe bajar la velocidad del reloj porque de no hacerlo entonces se crea ruido y es mejor si las líneas se trenzan. Debido a lo anterior el protocolo SPI es ideal para distancias cortas, así se puede operar a velocidades en el rango de los 10 kilohertz a 100 megahertz, pero los valores más utilizados son el de 256 kilohertz, entre los más bajos, y 16 megahertz entre los más altos.

Fue diseñado especialmente para la comunicación *full dúplex* de un microcontrolador con varios dispositivos periféricos. Utiliza una línea para la sincronización, una línea para la transmisión de los datos del dispositivo principal o maestro hacia el dispositivo esclavo, una tercera línea para los datos que provienen del esclavo hacia el maestro y una cuarta línea utilizada para la selección del esclavo con el que se establecerá la comunicación con el dispositivo maestro. Cada línea se identifica por las siglas siguientes:

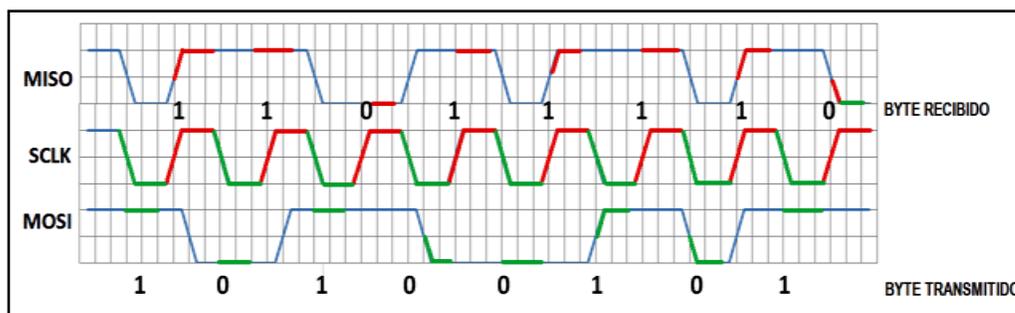
- SCLK :representa la señal de reloj o conocida como *signal clock*.
- MISO: es la línea dedicada a los datos que entran al dispositivo maestro que a su vez son los datos que salen del dispositivo esclavo. Se conoce como Master Input Slave Output.
- MOSI: línea utilizada para los datos que entran al dispositivo esclavo que a su vez son los datos que salen del dispositivo maestro. Sus siglas provienen de Master Output Slave Input.
- CS o SS: la cual es una línea utilizada para la selección del dispositivo esclavo. Sus siglas provienen de Chip Select o bien Slave Select.

Como es recomendable para pequeñas distancias, este protocolo es utilizado en placas en donde se monta el microcontrolador junto a sus dispositivos periféricos, como el caso de los sistemas embebidos o empotrados, los cuales consisten en tarjetas con circuitos integrados que permiten hacer funciones dedicadas que manipulan datos en tiempo real.

La forma en que se realiza la comunicación SPI generalmente ocurre seleccionando con un bit bajo el dispositivo esclavo deseado, la secuencia del reloj permanece en alto cuando no se envían datos y cuando se desea iniciar los datos entonces el reloj inicia con un bit en bajo y comienza el conjunto de bits que forman el dato. Cada bit del dato es capturado cuando el ciclo de reloj sube

a valor alto. Cuando deja de transmitirse los bits de datos es debido a que el ciclo de reloj permanece en alto, aunque la forma de capturar los bits que forman el dato depende de la polaridad del reloj y de su fase. Si la polaridad del reloj y su fase toman el valor de 0 entonces el bit de los datos recibidos se captura en el flanco de subida del reloj y los bits de los datos a enviar se transmiten en el flanco de bajada de este. Ahora, si el valor de la polaridad del reloj es 1 y su fase es 1, entonces el bit de los datos recibidos se captura en el flanco de bajada del reloj y los bits de los datos a enviar se transmiten en el flanco de subida del reloj. Lo más común es que la polaridad y la fase del reloj se manejen con el valor de cero.

Figura 19. **Diagrama de datos de entrada y salida en SPI**



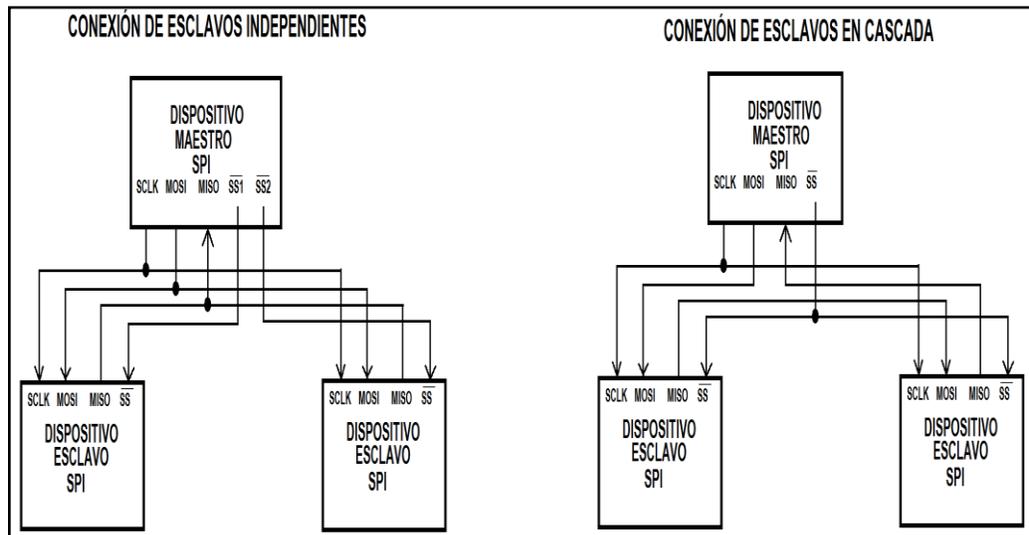
Fuente: elaboración propia.

La imagen anterior muestra los bytes recibidos y transmitidos sincronizados con la señal del reloj. El byte recibido se hace aprovechando los flancos positivos de la señal de reloj y los transmitidos aprovechan los flancos de bajada o negativos de la señal de este.

Los dispositivos esclavos al dispositivo maestro se pueden conectar en dos formas. La primera es la conexión de esclavos independientes pero requiere de una línea Chip Select para cada esclavo y que el software decida con cuál se conectará, esto implica más recurso físico. La segunda forma de conexión es la

de cascada, en donde los datos se transmiten del maestro hacia un primer esclavo, luego el primer esclavo los transmite hacia un segundo esclavo, este a su vez los transmite al siguiente esclavo, por último los datos que trasmite el esclavo final los hará llegar al maestro. En resumen, la imagen siguiente representa a las dos formas de conexión SPI:

Figura 20. Configuraciones para SPI



Fuente: elaboración propia.

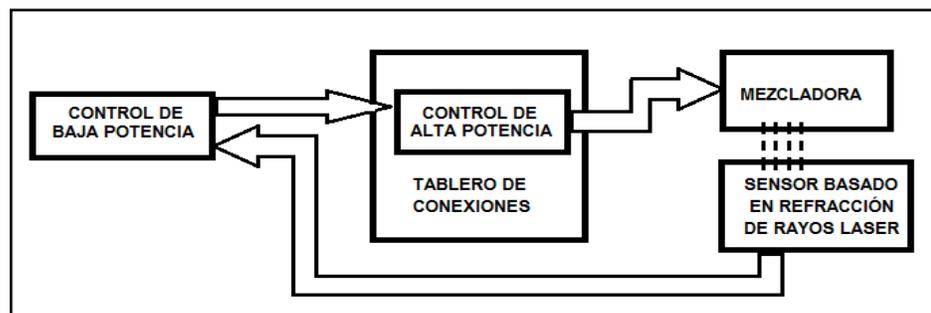


### 3. CONTROL PARA EL MOTOR AC

#### 3.1. Consideraciones del motor

El dispositivo que estará directamente conectado al motor de la mezcladora (control de alta potencia) está formado por un Triac T1610T, un optoacoplador MOC3021, resistencias y un fusible de protección de 16 amperios; se ha elegido este fusible debido a que no se espera que el motor opere a más de 16 amperios. Además lo forman las clavijas para conexión de la Raspberry Pi (control de baja potencia), la cual estará conectada a 4 metros de distancia del tablero de conexiones de la mezcladora, y otras clavijas para la línea de alimentación del motor de la mezcladora. En el tablero de conexiones se colocará el control de alta potencia. El tablero posee botones de apagado y encendido manual, los cuales se quedarán disponibles como un recurso extra. Se espera que la probabilidad de uso de estos botones sea baja, porque el sistema será apagado mediante la señal en el rango aceptable del sensor y el encendido será determinado por la interactividad del usuario de la interfaz web que se ejecute dentro de la Raspberry Pi.

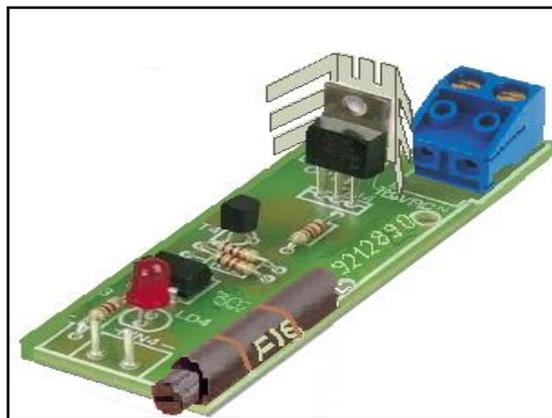
Figura 21. Diagrama de bloques



Fuente: elaboración propia.

La placa que divide las etapas de alta y baja potencia puede estar montada en el tablero de conexiones de la mezcladora y con un cable prolongado se conecta la Raspberry Pi. Del tablero se colocan las conexiones hasta el motor de la mezcladora. Se utiliza un portafusible que facilite su mantenimiento, además de un indicador LED que servirá para mostrar cuando esté enviando el pulso de conexión y desconexión del motor.

Figura 22. **Tarjeta para control**



Fuente: elaboración propia.

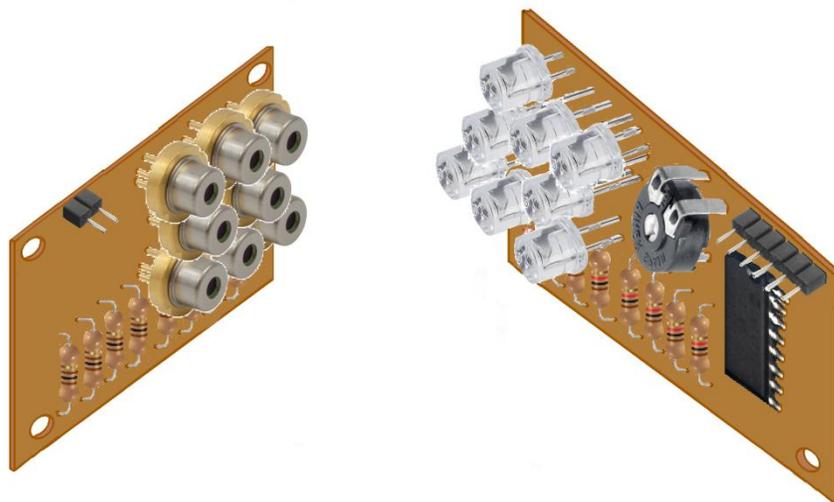
### 3.2. **Sensor de concentración de la mezcla**

El sensor está formado por un arreglo de diodo de luz láser, los cuales se encienden todos en el mismo momento y producen ocho rayos que son recibidos en otro arreglo de ocho fotoleds. Cuando el camino de cada rayo no se interrumpe, únicamente por las películas protectoras de las placas, la intensidad de cada rayo es tal que produce valores que representan que no hay muestra colocada para medir, o bien es un líquido totalmente transparente. El valor asignado se considera como máximo valor medible de intensidad.

Al existir alguna muestra líquida no transparente a medir, entonces los valores de intensidad de cada rayo cambian y son representados por valores menores a la máxima intensidad. Los ocho valores de intensidad son capturados mediante la comunicación SPI de la Raspberry y en ella se almacenan en una variable estructurada, para luego ser promediada y utilizarse como un valor representativo de la muestra.

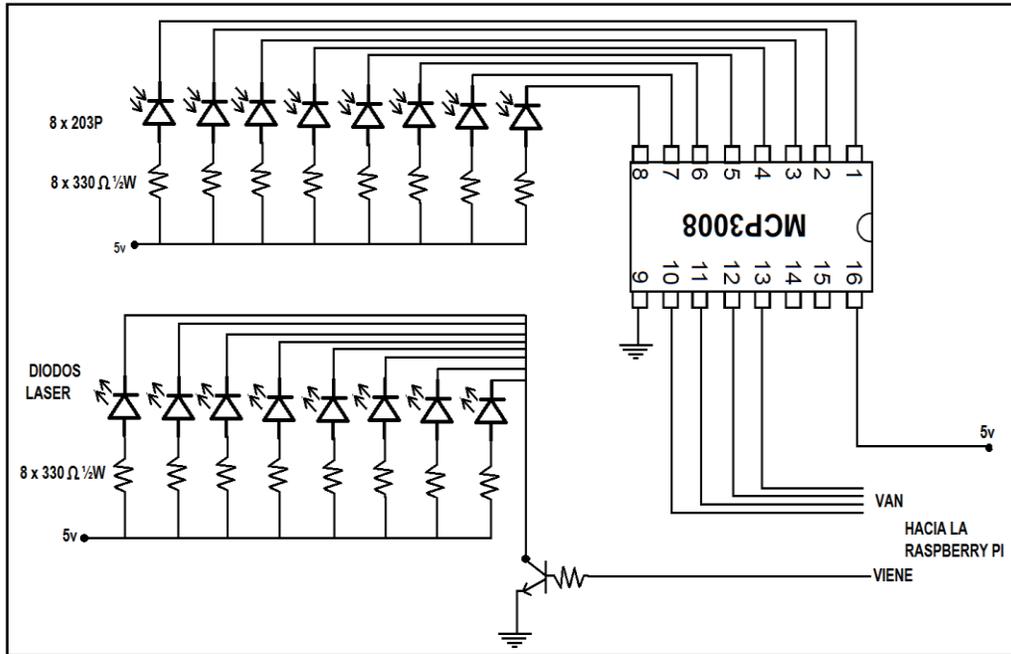
Los diodos láser corresponden a la serie de 650 nanómetros de 50 miliwatt, de rayo rojo, y los fotodiodos son de serie 203P. Estos están dispuestos en arreglos que cubren una pequeña área del líquido a medir. El arreglo emisor está distanciado unos 2 centímetros del arreglo receptor. Esta distancia es tal que en ella se coloca el recipiente que contiene la muestra del líquido. El recipiente posee un grosor de medio milímetro y es de vidrio templado.

Figura 23. **Placas del sensor**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Circuito del sensor



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Mediciones experimentales en el sensor

Pruebas realizadas en el sensor han mostrado que los valores de las muestras de jabón líquido se clasifican en rangos aceptados y rangos no aceptados, dependiendo de la muestra patrón que se utilice al momento de realizar algún tipo de mezcla. Por ejemplo: si las variedades de jabón líquido producidas son clasificadas como tipo A, tipo B y tipo C, con porcentajes de concentración dados como: de 79% a 81%, de 68% a 70% y de 53% a 55%, respectivamente, entonces son los rangos considerados parámetros con los cuales se comparará la muestra que se esté mezclando. El porcentaje representa la cantidad media de la intensidad de luz obtenida en el receptor al momento de activarse. Si existe un valor cercano al 100% indica que la cantidad de intensidad de luz es máxima y no existe partícula alguna en la mezcla.

Cuando se realiza la mezcla de los compuestos y se forma un tipo de jabón líquido, la mezcla posee cierto color, lo cual hace que la máxima intensidad de luz no ocurra. Además, si la mezcla presenta muchas pequeñas burbujas o aglomeraciones, entonces el valor en porcentaje está muy por debajo del 20%. Lo anterior es para concluir que la mezcla no es adecuada. En las pruebas experimentales del sensor se realizaron mezclas para lograr los tipos de jabón líquido anteriormente citados y se lograron los resultados que en la tabla 5 se muestran.

Tabla V. **Mediciones experimentales, jabón líquido Tipo A**

Número de prueba	Valor en porcentaje interpretado en la Raspberry, tomado del sensor	Conclusión
1	79,3	Aceptada
2	79,4	Aceptada
3	79,0	Aceptada
4	79,9	Aceptada
5	78,9	Aceptada
6	78,6	No Aceptada
7	80,5	Aceptada
8	80,6	Aceptada
9	81,2	No Aceptada
10	81,4	No Aceptada

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se aprecia que, de diez muestras experimentadas, solo tres no fueron aceptadas, lo que implica una probabilidad de 70% de que el sensor pueda detectar el tipo A de jabón líquido. La conclusión de la tabla anterior consistió en que el valor del sensor estuviese en el rango adecuado y

que la mezcla obtenida en la muestra fuese aceptada por el experto a quien el sistema pretende reemplazar. Los valores obtenidos en las muestras seis, nueve y diez aproximadamente están dentro del intervalo y, al momento de ser estas examinadas por el experto, se concluyó que la mezcla tenía cierta diferencia con la deseada. Con los resultado de la tabla 4 se puede establecer el valor del 80% como representativo de jabón líquido tipo A.

**Tabla VI. Mediciones experimentales**

Jabón Líquido TIPO B			Jabón Líquido TIPO C	
Número de prueba	Valor en porcentaje interpretado en la Raspberry, tomado del sensor	Conclusión	Valor en porcentaje interpretado en la Raspberry, tomado del sensor	Conclusión
1	68,5	Aceptada	53,0	Aceptada
2	70,2	No Aceptada	53,4	Aceptada
3	69,1	Aceptada	53,6	Aceptada
4	69,3	Aceptada	53,4	Aceptada
5	69,4	Aceptada	53,6	Aceptada
6	67,6	No Aceptada	54,2	Aceptada
7	70,0	Aceptada	54,5	Aceptada
8	69,0	Aceptada	54,0	Aceptada
9	69,1	Aceptada	55,2	No Aceptada
10	69,2	Aceptada	54,3	Aceptada

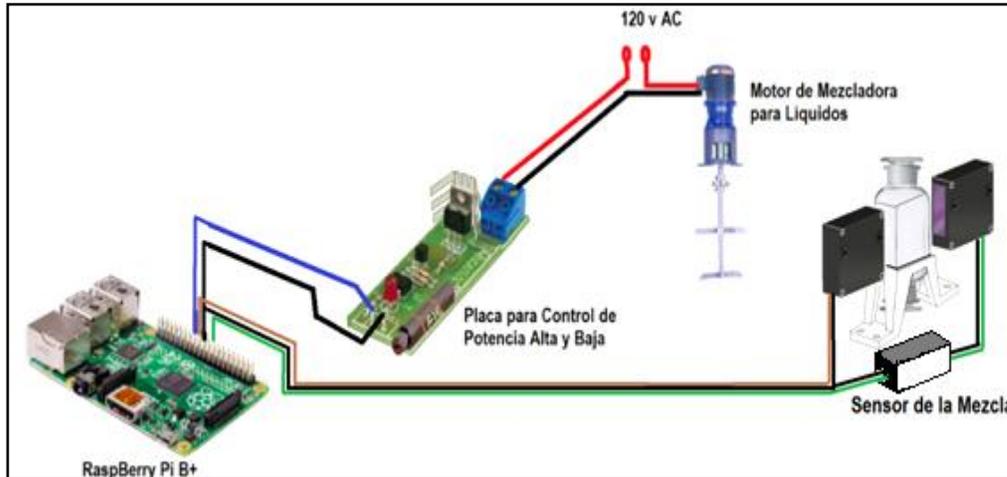
Fuente: elaboración propia.

### **3.4. Interfaz para control de mezcladora**

La activación del motor dependerá del usuario de la interfaz web y de la señal del sensor, la cual será tomada cada 20 minutos de mezcla, debido a que según muestras manuales tomadas en la experiencia, la mezcla puede ser revisada después de cumplir ese tiempo. El software cargado en la Raspberry Pi estará activando el sensor y medirá la mezcla, verificará el valor medido y, si está en el rango adecuado, desactivará el motor de la mezcladora, creando un reporte que muestre el valor calculado, los límites establecidos para el tipo de la mezcla que se estableció o intervalo de calibración y la fecha. Esto será registrado en un archivo.

El encendido de la mezcladora debe hacerse luego de calibrar el sensor. Al momento de iniciar el sistema el software presenta un aviso de calibrar, lo cual consiste en que, en el recipiente donde se mide la mezcla, se coloca la mezcla patrón y el usuario inicia la calibración, donde se obtiene, en menos de 30 segundos, el valor de la mezcla deseada. El sistema calcula entonces un intervalo de confianza del 95% y se obtienen los límites de control de la mezcla. Luego el sistema muestra la interfaz web, en donde se permitirá al usuario iniciar el proceso de mezclado.

Figura 25. **Montaje de la interfaz**



Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1. Configuración de Raspberry Pi

Lo primero que se requiere es cargarle un sistema operativo a la Raspberry Pi modelo B+. Uno de los recomendables es Raspbian, la más actualizada que se encuentra disponible en forma gratuita en Internet, para ello puede utilizarse la página: <http://www.raspberrypi.org/downloads/>. En esta se procede a descargar un archivo comprimido con el nombre de NOOBS\_v1\_3\_12.zip, el cual deberá abrirse, liberarse o descomprimirse, y todo su contenido copiarse dentro de su tarjeta SD, que previamente debe estar formateada en forma FAT32, que es el tipo de formato que reconoce la Raspberry Pi modelo B+.

La tarjeta SD debe ser como mínimo de 8 gigabytes pero de preferencia de más capacidad, para que pueda almacenar las últimas actualizaciones y demás programas que requiera el sistema web que controlará la mezcladora.

Una vez cargado el sistema operativo en la tarjeta SD se debe colocar en la ranura lectora de la Raspberry Pi modelo B+, conectarle un monitor, teclado, ratón, la alimentación, y así el sistema se iniciará. Al estar completamente cargado el sistema operativo aparecerá el prompt del sistema, el cual estará en un terminal o consola. Se deben ejecutar las actualizaciones mediante las órdenes que se detallan en la tabla VI. Es importante que la Raspberry Pi modelo B+ esté conectada a Internet, ya sea mediante cable de red o en forma inalámbrica. La versión de Raspbian ya incluye los archivos que permiten reconocer la conexión de red en forma automática.

Tabla VII. **Órdenes para actualizar Raspbian**

ORDEN	FUNCIÓN
<code>sudo apt-get -y update</code>	Con su ejecución el sistema operativo tendrá un listado de todos los lugares o direcciones en donde estén almacenados los archivos más actualizados y que sean adecuados para el sistema. A esto se le conoce como actualizar Repositorios
<code>sudo apt-get -y upgrade</code>	Permite actualizar todos los programas del sistema.
<code>uname -r</code>	Utilizada para identificar la versión del núcleo del sistema operativo, conocido como Kernel.
<code>sudo rpi-update</code>	Actualiza el Kernel

Fuente: elaboración propia.

Otra configuración necesaria para la Raspberry Pi modelo B+ es la de trabajar como servidor web, lo cual puede realizarse mediante las órdenes dadas siempre desde un terminal para Raspbian. Estas órdenes se detallan a continuación:

- Para asignarle una IP a la Raspberry Pi, la cual está conectada al enrutador principal de la red mediante un cable de red Ethernet, se utilizan los comandos siguientes:

```
sudo nano /etc/network/interfaces
auto eth0
iface eth0 inet static
address 192.168.0.2
netmask 255.255.255.0
gateway192.168.0.1
```

- Continuar con la instalación del servidor web desde los repositorios actualizados con las órdenes dadas a continuación:

```
sudogroupadd www-data
sudousermod -a -G www-data www-data
sudo apt-get install apache2
```

- Luego del servidor se instala PHP en su mejor versión para que se pueda ejecutar contenido dinámico en el sistema.

```
sudo apt-get install php5
sudo apt-get install libapache2-mod-php5 libapache2-mod-perl2
sudo apt-get install php5php5-cli php5-commonphp5-curl php5-
devphp5-gd
sudo apt-get install php5-imap php5-ldap php5-mhash php5-mysql
php5-odbc
```

- Se procede a reiniciar el sistema de Raspbian para que lo instalado tenga efecto en el sistema, mediante la orden siguiente:

```
sudo reboot
```

### **3.4.2. Programa de control de mezcladora**

Para activar y desactivar la mezcladora es necesario un conjunto de órdenes que se utilicen para verificar si al momento de iniciar el mezclado se ha realizado la calibración del sensor, de ser así entonces que se verifique que el recipiente contenedor del líquido está en su nivel aceptable para su encendido. Además las órdenes, cada veinte minutos, deben activar el sensor con el fin de medir la concentración en la muestra de la mezcla y que verifiquen si se ha logrado el rango de concentración establecido en la calibración para poder apagar la mezcladora.

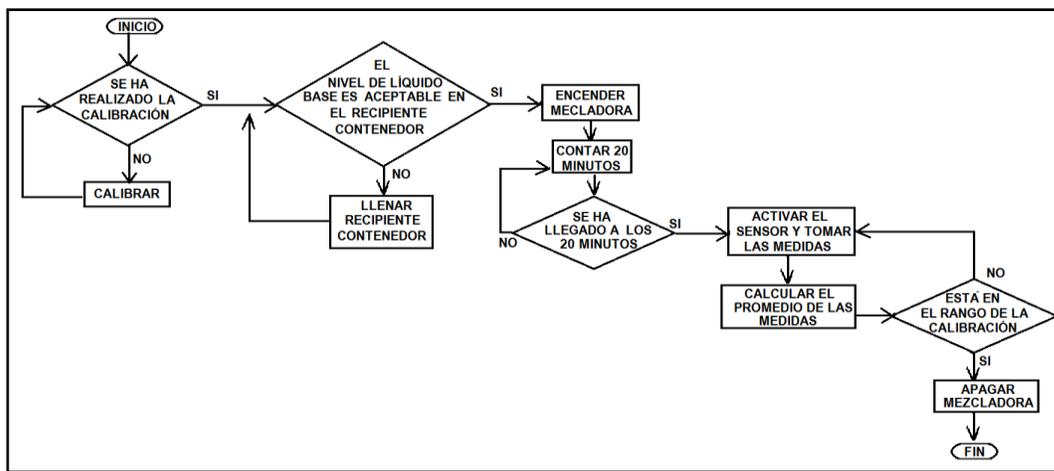
Cuando no se logren las verificaciones anteriores es necesario avisos en el sistema para que el usuario esté enterado de las acciones no aceptadas y realice las actividades adecuadas para el buen funcionamiento del mismo.

El programa está basado lenguaje en Python, que es un lenguaje de alto nivel, interpretado, puede utilizarse con facilidad en la Raspberry Pi, además hoy en día posee mucha documentación en línea y es de código abierto, lo que reduce costo en la implementación de programas que lo utilicen.

La órdenes que forman el programa activan los pines GPIO de la Raspberry Pi, al momento que las verificaciones sean ciertas. El programa se

ejecuta según la interactividad del usuario en una página web, la cual será la interfaz que el usuario ve todo el tiempo. La figura veinticinco resume el conjunto de órdenes que controlan la mezcladora pero mediante un diagrama de flujo.

Figura 26. Diagrama del programa para la mezcladora



Fuente: elaboración propia.

Cada verificación anterior espera que un proceso sea cumplido, con el fin de pasar a la verificación del siguiente proceso. Por ejemplo, la calibración es un proceso que, al ser seleccionado de la interfaz web se activará otro módulo del programa que simplemente verificará si existe un valor calculado en el intervalo de valores que servirán para la comparación al momento que el sensor sea activado. Si estos valores del intervalo se mantienen con un valor de cero entonces será la razón por la que la calibración no sea realizada. El intervalo se calcula mediante la activación del sensor siempre y cuando exista una muestra de la mezcla en donde está ubicado este. Al existir la muestra se procede a medir la mezcla, considerada como patrón, y a calcular el intervalo correspondiente.

Al activar el sensor, para la mezcla patrón, se medirá una serie de valores que se promediarán tomando la teoría estadística que sugiere que, al tener una pequeña muestra de ocho valores, utilizando intervalos de confianza para muestras, se recurre al uso de la distribución t de Student y se calcula en el programa los extremos del intervalo, dados como:

$$V1 = \bar{X} - t \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{y} \quad V2 = \bar{X} + t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde:

V1 es el valor inferior del intervalo.

V2 es el valor superior del intervalo.

$\bar{X}$  es el promedio de los quince valores proporcionados por el sensor.

t es una medida estadística, que al utilizar un 95% de confianza y 7 grados de libertad, tiene un valor de 2,365.

S es la desviación estándar de los ocho valores dados por el sensor.

n es la cantidad de datos proporcionados por el sensor que tendrá un valor de 8.

Una vez se tienen valores V1 y V2 diferentes a cero, esta será la forma de validar la calibración y proceder a la siguiente verificación, la cual consiste en el nivel del líquido base, que simplemente es lograr un valor 1 en el sensor de nivel colocado en el recipiente contenedor. Si el valor de este otro simple sensor es cero entonces se debe seguir llenando el recipiente contenedor con el líquido base.

Cuando el nivel de líquido base se logre, entonces se procede a encender la mezcladora e iniciar un conteo de 20 minutos que servirán para que se tome la medición de la nueva mezcla. Al verificarse la concentración de la nueva

mezcla, la cual consiste en un simple promedio de los ocho valores proporcionados por el sensor, este promedio se comparará con el intervalo patrón y, si se localiza entre sus extremos, se concluirá que la mezcla se ha alcanzado y entonces se procederá a apagar la mezcladora y a crear el reporte que se utilice para análisis posteriores.

En el momento que el sensor es activado desde la Raspberry Pi, se establece una comunicación SPI, la cual es un estándar para controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital que acepte un flujo de bits serie regulados por un reloj, o bien un flujo de bits regulado por comunicación sincrónica, activando un MCP3008 y el primer canal, con el fin de tomar la primer medida, luego se activa el segundo canal y se toma la segunda medida. Esto se repite hasta lograr las ocho mediciones. Si se desea aumentar el tamaño de la muestra de valores es necesario otro integrado MCP3008, pero esto implicaría que la Raspberry Pi pueda activar un circuito que controle la secuencia del MCP3008 que se desee activar. Por ejemplo, si fuesen dos integrados MCP3008 la activación de los canales deberá continuar y lograr otros ocho valores y tener una muestra de dieciséis datos para promediar la concentración. Con esto se lograría más resolución en la captura de la concentración en el sensor, pero se eleva el costo del programa en la Raspberry Pi y el costo del sensor debido a que requiere más circuitos de control.

Al terminar con los ocho canales, el programa desactiva el MCP3008 e inicia el cálculo del promedio de las mediciones y obtiene así un valor representativo de la concentración de la mezcla.

### **3.5. Interfaz web de gestión**

El operador del sistema de control del mezclado puede utilizar la computadora, que se localiza en el área en donde está la máquina mezcladora o cualquier dispositivo móvil que se conecte a la red local de la empresa. Esto es posible si existe una interfaz web que pueda controlar el proceso de la máquina mezcladora.

En la interfaz web puede realizarse la calibración, el mezclado y la creación de reportes en que se muestre el valor de la calibración, fechas, datos del operador, valor de la concentración de las mezclas realizadas y el tiempo para alcanzar la mezcla con la concentración adecuada. Con todo esto puede gestionarse el proceso completo del sistema para el mezclado.

Esta interfaz puede realizarse utilizando el lenguaje PHP (Hypertext Preprocessor), que es un lenguaje muy potente, de código abierto, que se interpreta del lado del servidor y es utilizado para construir páginas web dinámicas o bien páginas web con contenido variable que utilizan bases de datos, las cuales se encuentran en cierto servidor, con accesos restringidos, permitiendo seguridad en los sistemas que se construyan.

Para lograr una interfaz web funcional en cualquier dispositivo móvil es necesario que pueda ejecutarse en cualquier navegador, por lo que el lenguaje PHP es uno de los más utilizados debido a que es una combinación de versiones de lenguaje C y el código HTML que juntos logran las web dinámicas. También es importante la seguridad para el acceso al sistema, lo cual requiere que el operador tenga un usuario y clave registrada en el servidor. Si es permitido el usuario entonces se procede a trabajar con la interfaz web.

Figura 27. Interfaz web



Fuente: elaboración propia.

La figura veintiséis presenta la interfaz web que ejecuta el programa para controlar la mezcladora, una vez que el operador posea un registro y permiso en el servidor. De no tenerlo, entonces la interfaz web le proporcionará un mensaje en que explique el motivo del acceso restringido. Al aceptarse el acceso entonces el operador podrá interactuar con el programa e iniciar con el proceso que desee.

El operador de la interfaz podrá utilizar cualquier móvil o computadora que esté conectada a la red local, pero si un operador ya está utilizando la interfaz web, el acceso permitido implicará no aceptar a otro operador, debido a que es parte de la seguridad del sistema que solo un operador esté utilizando la mezcladora. De esta manera se podrá crear reportes representativos del operador.

Activar la opción de reporte permitirá que se genere una lista del nombre del operador, la fecha de uso, el intervalo de la calibración, la cantidad de veces que finalizó una mezcla aceptable, el tiempo utilizado por cada mezcla aceptable y el valor de la concentración aceptada. Esto es archivado automáticamente en

el servidor para su posterior análisis y la aplicación puede cerrarse únicamente cuando el proceso de mezclado no esté realizándose. El reporte es dinámico y generado automáticamente en la pantalla del navegador al momento que el operador lo requiera. En la interfaz web no está contemplada la generación física del reporte o, dicho de otra forma, el reporte no puede imprimirse, ya que hoy en día es suficiente una pantalla que visualice, en el navegador, el reporte de interés.

### **3.5.1. Detalles de la interfaz web**

El primer bloque del conjunto de instrucciones que se utilizan para que el servidor interprete y muestre la interfaz web consiste en un código HTML que se encarga de mostrar, en la ventana del navegador, la página de validación del operador que utilizará la mezcladora.

Lo anterior ocurre al momento de direccionar el navegador a la dirección IP, que se ha configurado en el enrutador, en donde se ha conectado la Raspberry Pi para utilizarse como servidor. El bloque de código es el que se muestra en la página siguiente, el cual representa la página principal que utiliza el operador o usuario.

Figura 28. **Primer bloque, código para la interfaz**

```
<html>
<title> ACCESO A MEZCLADORA 2017</title>
<body><center>
<form method="post" action="mezcladora.php" >
<p style="font-family: arial black; font-size:40pt; font-style:bold">
GESTIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO</p><hr>
<p style="font-family: arial; font-size:20pt; font-style:bold">
OPERADOR:<input type="text" name=a style="font-family: Arial;
font-size: 20pt;"><br>
CLAVE DE ACCESO: <input type="password" name =b style="font-family:
Arial; font-size:
20pt;" ><hr>
<input type="submit" name =c value="ACCEDER" style="font-family: Arial;
font-size: 20pt;" >
</p>
</center></form>
</body>
</html>
```

Fuente: elaboración propia.

La segunda parte del conjunto de órdenes se aprecia en la figura veintinueve y son para visualizar los distintos procesos con los que se permita interactuar al operador, por lo que se presenta una ventana con los botones para calibrar con una muestra patrón, el botón para encender la mezcladora y otro botón para crear un reporte con la medición realizada.

El reporte consiste en el registro del valor del porcentaje de la concentración que se logró medir, los valores límites del intervalo de la calibración y el tiempo utilizado para la medición en la mezcla.

Figura 29. Segundo bloque, código de la interfaz

```
#Iniciando la ventana principal
v=Tk()
concentracion=StringVar() #Esta es una variable global
#v.geometry('300x100+40+40')
v.title("GESTIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO por OSWALDO O. –
PACHECO MAZARIEGOS")
b1=Button(v,text="CALIBRAR",command = TomarCalibracion).-
grid(row=1,column=1)
b1=Button(v,text="INICIAR MEZCLADORA",command = TomarDatSen).-
grid(row=2,column=1)
b1=Button(v,text="REPORTE",command = TomarReporte(calibra,porcentaje)).-
grid(row=3,column=1)
#b1.pack()
res1= StringVar()
CalibX1=StringVar()
CalibX2=StringVar()
Tiempo=StringVar()
res1.set("CONCENTRACIÓN REQUERIDA:")
m1=Label(v,textvariable=res1).grid(row=1,column=2)
CalibX1.set("Mínima:")
m2=Label(v,textvariable=CalibX1).grid(row=2,column=2)
CalibX2.set("Máxima:")
m3=Label(v,textvariable=CalibX2).grid(row=2,column=3)
Tiempo.set("TIEMPO DE MEZCLA:")
m3=Label(v,textvariable=Tiempo).grid(row=3,column=2)
v.mainloop()
```

Fuente: elaboración propia.

Cuando el proceso de calibración se selecciona el bloque de órdenes mostrado en la figura treinta, el cual está escrito en lenguaje Python, es

ejecutado con el fin de almacenar un valor en los límites del intervalo de calibración con los que se comparará la muestra de la mezcla a realizar.

Las órdenes primero realizan la comunicación SPI activando el canal cero de un CMP3008 de la placa del sensor y recibiendo un dato que representa el valor del primer fotodiodo del sensor, luego se activa el segundo canal y se toma un segundo dato y así el ciclo repite la activación de los ocho canales del CMP3008. Cada dato es interpretado como un valor de intensidad que se almacena en un arreglo de valores enteros.

Cuando se selecciona el botón de iniciar mezcladora se verifica que existan valores distintos de cero en los límites de calibración y luego se procede a enviar un pulso para que la tarjeta de potencia del motor encienda la mezcladora, y también se da inicio a un contador para 20 minutos de mezclado. Al cumplirse el contador se invoca la función que lee un valor en el sensor, mostrado en la figura treinta y uno. Luego se compara este dato con los límites de la calibración y, si se encuentran dentro del intervalo adecuado, entonces se procede a apagar la mezcladora.

Figura 30. **Módulo para captura de datos por el sensor**

```
#abriendo bus SPI
spi = spidev.SpiDev()
spi.open(0,0)
#Funcion para leer datos SPI desde el chip MCP3008
#El canal debe estar de 0 a 7 y ser entero
defLeerCanal(canal):
    adc = spi.xfer2([1,(8+canal) << 4,0])
    dato = ((adc[1]&3) << 8) + adc[2]
    return dato
#Funcion para convertir el dato en porcentaje de Concentración
defConverPorcentaje(dato, decimales):
    porcen = (dato * 100.00) / float(1023)
    porcen = round(porcen, decimales)
    returnporcen
#Función que activa los ocho canales mcp3008 del sensor
defTomarCalibracion():
    su=0
    a=[ ]
    for k in range (0,7):
        a[k]=LeerCanal(k)
        su=su + a[k]
    pro=su/8
    su=0
    for k in range (0,7):
        su=su+ a[k] * a[k]
    desv=sqrt(su/7)
    v1=pro - 2.365*desv/sqrt(8)
    v2=pro + 2.365*desv/sqrt(8)
    por1=ConverPorcen(v1,2)
    por2=ConverPorcen(v2,2)
    dato=str("Mínima:" +por1.get()+"Máxima: "+por2.get())
    m3=Label(v,textvariable=dato).grid(row=3,column=2)
    calibra[ ]
    calibra[0]=por1
    calibra[1]=por2
    return calibra
```

Fuente: elaboración propia.

**Figura 31. Módulo para activar el sensor**

```
#Función que activa el sensor
defTomarDatSen():
    su=0
    a=[ ]
    pordato=0
    for k in range (0,7):
        a[k]=LeerCanal(k)
        su=su + a[k]
    pro=su/8
    pordato=ConverPorcen(pro,2)
    returnpordato
```

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. La Raspberry Pi puede utilizarse como elemento principal de gestión para el control de una mezcladora de jabón líquido.
2. Una Raspberry Pi no puede conectarse directamente a un motor AC, pero con los dispositivos externos adecuados puede funcionar como elemento principal de gestión.
3. Algunos sensores ópticos pueden utilizarse, con ciertas modificaciones, para lograr medir la concentración de una mezcla viscosa.
4. Una Raspberry Pi, mediante software, puede utilizarse para apagar y encender un motor AC.
5. La interfaz web puede accederse desde cualquier dispositivo móvil que se conecte a la red local en donde esté conectada como servidor una Raspberry Pi.



## RECOMENDACIONES

1. El acceso al sistema de gestión debe ser restringido mediante el uso de claves de seguridad. Esto debe realizarse con el fin de evitar que cualquier persona utilice la interfaz de control de la mezcladora. De no restringirse el uso a muchas personas, haría que el sistema responda lentamente a las peticiones del usuario.
2. El sensor óptico puede utilizarse para diferenciar mezclas viscosas pero solo diferencia comparando un valor medido en un rango calculado con una muestra patrón. En las mezclas de jabón líquido experimentadas se establecieron pocos tipos, por lo que el sensor fue funcional a dichos tipos únicamente.
3. La muestra utilizada para comparar las mediciones del sensor debe ser verificada por el experto por lo menos una vez.
4. El recipiente utilizado para la toma de las muestras debe estar libre de impurezas.
5. El sistema operativo de la Raspberry debe ser actualizado para que las rutinas, procesos, funciones y procedimientos sean ejecutados adecuadamente y asegurar así el funcionamiento de la interfaz web.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BOLTON, William. *Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. 6a Edición, Alfaomega, 664 p.
2. BRIOZZO, César. ECHINOPE, Virginia. *Dispositivos semiconductores para electrónica de potencia*. [en línea] <[https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/66648/mod\\_resource/content/1/Capitulos\\_1\\_a\\_8\\_-\\_mayo\\_09.pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/66648/mod_resource/content/1/Capitulos_1_a_8_-_mayo_09.pdf)>. [Consulta: 12 de abril de 2018].217 p
3. CLEMENT, Patrice. *Python y Raspberry Pi. Aprenda a desarrollar en su nano-ordenador*. Ed. ENI. 323 p.
4. BARNET, Jason. *Control de motores con Raspberry utilizando Python*. [en línea]<<https://robologs.net/2017/05/14/como-controlar-un-motor-con-raspberry-pi-y-l293d-en-python/>> [Consulta: 20 de abril de 2018].
5. Mariagranblog. *Características de los modelos de Raspberry Pi*. [en línea] <<https://mariagranblog.wordpress.com/2017/02/06/los-distintos-tipos-de-raspberry-pi/>>. [Consulta: 15 de abril 2018].
6. RASHID, Muhammad H. *Electrónica de potencia*. Tercera edición, Pearson. 904 p.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Últimos modelos de Raspberry PI

Hasta la fecha se tienen otros modelos de Raspberry que pueden ser utilizados. Entre estos:

- 1) La Raspberry Pi 3 B, la cual presenta mayor conectividad tanto en BlueTooth como en Wifi, la potencia es más amplia, porque se ha mejorado su SOC Broadcom BCM287 y su procesador ARM ha cambiado a 8 núcleos y a una velocidad de 1.2 Ghz utilizando 64 bits. Con esto se mejora el sistema operativo que pueda cargarse en su memoria, mejorando de gran forma las imágenes y videos.



- 2) Raspberry Pi Zero: es una familia de tarjetas, en la que ha sido reducido tanto el tamaño como su costo. Su potencia es la misma que la de los modelos 1 B pero su tamaño físico es menor y para disminuir sus dimensiones ya no presenta el puerto Ethernet y su conector DSI conserva los mismos puertos GPIO del modelo 1 B.



FUENTE: elaboración propia



## ANEXO

### Anexo 1. Programa de lectura analógica en Raspberry Pi

Programa que lee un puerto GPIO en la Raspberry Pi, captura todo lo que ocurre en un canal de un *chip* MCP3008, fue extraído de la página pública de Adafruit Industries y modificado para la elaboración del programa que utiliza este proyecto de tesis.

```
#!/usr/bin/env python
import time
import os
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
DEBUG = 1
# Lee el SPI los datos en el chip MCP3008.
def readadc(adcnnum, clockpin, mosipin, misopin, cspin):
    if ((adcnnum > 7) or (adcnnum < 0)):
        return -1
    GPIO.output(cspin, True)
    GPIO.output(clockpin, False) # Inicia flanco bajo en el CLK
    GPIO.output(cspin, False) # Atrapa un Bajo en el CS
    commandout = adcnnum
    commandout |= 0x18 # Coloca + en el inicio y - para finalizar
    commandout <<= 3 # Se requieren solo cinco bits
    for i in range(5):
        if (commandout & 0x80):
            GPIO.output(mosipin, True)
        else:
            GPIO.output(mosipin, False)
        commandout <<= 1
        GPIO.output(clockpin, True)
    GPIO.output(clockpin, False)
    adcout = 0
```

Continuación del anexo 1:

```
for i in range(12):
    GPIO.output(clockpin, True)
    GPIO.output(clockpin, False)
    adcout<<= 1
    if (GPIO.input(misopin)):
        adcout |= 0x1
        GPIO.output(cspin, True)
    adcout>>= 1    # first bit is 'null' so drop it
returnadcout

SPICLK = 18
SPIMISO = 23
SPIMOSI = 24
SPICS = 25

# Fija los pines para el SPI
GPIO.setup(SPIMOSI, GPIO.OUT)
GPIO.setup(SPIMISO, GPIO.IN)
GPIO.setup(SPICLK, GPIO.OUT)
GPIO.setup(SPICS, GPIO.OUT)

# El potenciómetro de 10K se conecta al ADC 0
potentiometer_adc = 0;
last_read = 0
tolerance = 5
```

## Continuación del anexo 1

```
while True:
    trim_pot_changed = False
    # Lee el pin análogo
    trim_pot = readadc(potentiometer_adc, SPICLK, SPIMOSI, SPIMISO, SPICS)
    pot_adjust = abs(trim_pot - last_read)
    if DEBUG:
        print "trim_pot:", trim_pot
        print "pot_adjust:", pot_adjust
        print "last_read", last_read
        if ( pot_adjust > tolerance ):
            trim_pot_changed = True
            if DEBUG:
                print "trim_pot_changed", trim_pot_changed
                if ( trim_pot_changed ):
                    set_volume = trim_pot / 10.24 #Convierte 10 bits adc a una escala de 0 a-
                    1024 para representar un nivel de volumen de 0 a 100%
                    set_volume = round(set_volume) # redondea los decimales
                    set_volume = int(set_volume) # Utiliza un valor entero
                    print 'Volume = {volume}%' .format(volume = set_volume)
                    set_vol_cmd = 'sudoamixer csetnumid=1 -- {volume}%> /dev/null' .format(volume =
                    = set_volume)
                    os.system(set_vol_cmd) # set volume
                    if DEBUG:
                        print "set_volume", set_volume
                        print "tri_pot_changed", set_volume
                    last_read = trim_pot
                    # Lo mantiene casi el medio segundo
                    time.sleep(0.5)
```

FUENTE: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/reading-a-analog.pdf>.

CONSULTA: 15/12/2018

