



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA AUTOMÁTICA EXPENDEDORA DE SHOTS**

**INFORME TÉCNICO**

**AUTOR:**

Marcelo David Muñoz

**DIRECTOR:**

Ing. Fernando Valencia

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

# “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA AUTOMÁTICA EXPENDEDORA DE SHOTS”

Marcelo David Muñoz Checa  
Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Técnica del Norte  
Ibarra, Ecuador

[marcelomcheca@outlook.com](mailto:marcelomcheca@outlook.com)

**Resumen.** El presente trabajo es la descripción de la construcción de una máquina automática expendedora de shots, realizado con la finalidad de entregar un producto de calidad, basándose en los estándares de higiene y con un control en la dosificación de los ingredientes, para los usuarios

El objetivo de este trabajo es construir una máquina automática expendedora de diferentes tipos de shots

El trabajo principal fue la construcción de la carcasa y el diseño del programa de dosificación y visualización del sistema de control, utilizando el microcontrolador Atmega 164P el cual controla el sistema de dosificación como son las electroválvulas, sensor de nivel, además el sistema de batido en el cual interviene un servomotor y el sistema de visualización que son los botones y la pantalla touch. La capacidad de ingredientes son 6 botellas de 750 ml, las cuales pueden producir 75 shots de 60 ml.

## 1. INTRODUCCIÓN

Ibarra es una ciudad de cultura y tradiciones, lo que hace de ella un destino turístico. Frecuentemente turistas de diferentes lugares visitan la ciudad con motivo de descanso y para disfrutar de sus actividades nocturnas en las cuales se ofrece el consumo de diversos tipos de shots.

En la actualidad pocos bares de la ciudad ofrecen dichas bebidas, estas son preparadas por una persona especializada (barman). Muchos de los cuales lo elaboran con recipientes que no proporcionan precisión en las medidas de los shots, esto permite que cambie el sabor y la dosis de la mezcla, y a su vez se ha podido observar que la demanda de dichas bebidas han ido aumentando en los bares que las expenden; ocasionado la necesidad de personas que preparan estas mezclas (barman).

Debido al aumento de venta en la ciudad se ha podido observar los siguientes aspectos:

- Falta de higiene en la manipulación de los ingredientes.
- Falta de control en el nivel de cada ingrediente ya que se lo realiza en forma empírica.
- Falta de control en el batido de las mezclas.
- Perdida de sabor en las dosis ya que como los niveles se la realiza de forma empírica tienden a tomar otro sabor.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La máquina está compuesta por varias partes las que se encargan de realizar correctamente el proceso de cobro, dosificación, batido, racionamiento y limpieza estas son: verificador de monedas, electroválvulas, servomotor, sensor de nivel, pulsador, switch.

## 2.1. SISTEMA DE COBRO

Para el sistema de cobro es el que da inicio el proceso del sistema de dosificación y mezclado, el mismo se lo realiza por medio de un verificador de monedas el cual funciona como un comparador, comprara la moneda base que es en nuestro caso de un dólar americano, con la moneda que va a ingresar el cliente En la Figura 1 se puede apreciar dicho verificador.

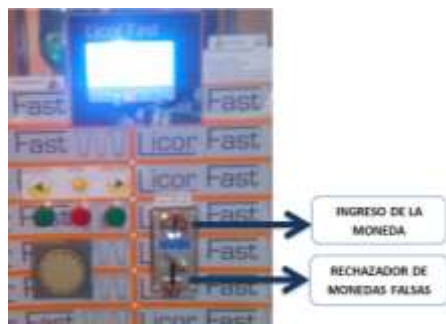


Figura 1 Verificador de monedas

Cuando el cliente ingresa la moneda de un dólar americano da inicio el proceso de selección de shots que se puede apreciar en la pantalla, cuando el cliente ingresa una moneda falsa esta es rechazada en la ranura que se puede apreciar en la figura 1.

## 2.2. SISTEMA DE SELECCIÓN

Al ingresar la moneda correcta el verificador envía un dato el cual hace que inmediatamente la pantalla ofrezca la lista de shots que puede realizar y a la vez para que el cliente seleccione por medio de la pantalla táctil o por medio de los botones, los mismos que previamente antes de ingresar pueden ser activados por medio de un switch.



Figura 2 Sistema de Selección

Al mismo tiempo la pantalla informa sobre el cada proceso que va realizando la máquina y establece una interacción con el cliente, además alerta cuando el cliente debe ingresar el vaso para arrojar el shots terminado y a la vez alerta cuando debe retirar el mismo.

## 2.3. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Una vez que el cliente haya seleccionado el shots la maquina procede a dosificar en esta etapa, el microcontrolador abre una electroválvula a la vez en donde se hayan contenido los ingredientes que necesita el shots, para que el sensor de nivel sense el nivel de líquido que necesita cada shots, en la figura 3 se muestra las electroválvulas, el vaso de nivel en donde en la parte superior se encuentra el sensor de nivel.

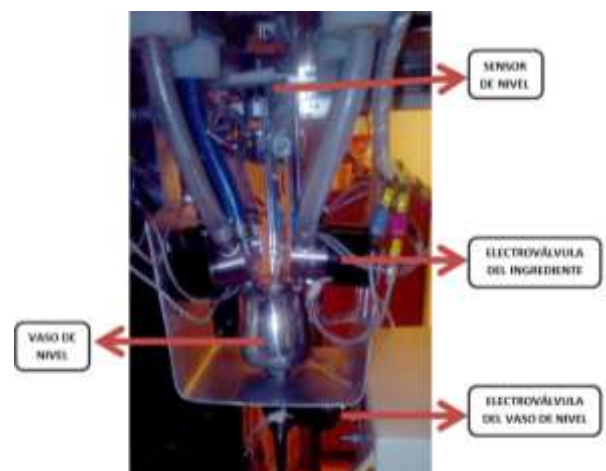


Figura 3 Sistema de Dosificación

Una vez que ya se obtuvo el nivel requerido del ingrediente se activa la electroválvula del vaso la cual se encuentra en la parte inferior del vaso.

#### 2.4. SISTEMA DE BATIDO

Una vez que se eligió el shots el microcontrolador abre la electroválvula del shaker y envía un pulso al servomotor el cual hace posicionar al mismo en 155° para que el contenido caiga directo a un acople que hace que caiga el contenido de una forma adecuada al shaker para que este empiece a mezclar todos los ingredientes. En la figura 4 se aprecia el servomotor acoplado al shaker y la pequeña tobera con la electroválvula del shaker.

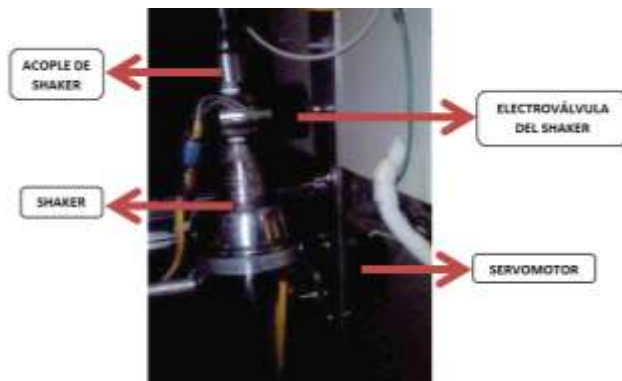


Figura 4 Sistema de Batido

Una vez que ingreso todo el contenido en el shaker el sistema cierra la electroválvula del mismo y procede a dar 5 vueltas hacia la derecha y 5 vueltas hacia la izquierda en un tiempo de 5 segundos, para que se mezclen todos los ingredientes.

#### 2.5. SISTEMA DE RACIONAMIENTO

Una vez que ya se mezcló todos los ingredientes el servomotor se ubica en la posición de 360° para arrojar el contenido en el recipiente de caída del líquido, y envía una señal de alarma para que el cliente ingrese el vaso, la señal se la realiza a través de una bocina y por medio de la pantalla en

la cual el cliente puede ver y oír la señal para cuando ingrese el vaso y a la vez retire el vaso.

En la figura 5 se puede ver el lugar en donde el cliente puede ingresar el vaso y en donde el servomotor va a arrojar el contenido hacia el vaso.



Figura 5 Sistema de Racionamiento del Shots

Cuando el cliente ingresa el vaso en su posición el sistema abre la electroválvula del shaker para arrojar el contenido en el recipiente para la caída del líquido.

#### 2.6. SISTEMA DE LIMPIEZA

En esta etapa la maquina por si sola se limpia, esta etapa inicia una vez que el cliente haya retirado el vaso ya con contenido, el sistema activa las electroválvulas del agua, y del shaker, al mismo tiempo enciende un pequeña bomba, el sensor de nivel sensa la cantidad de líquido que necesita para limpiar la máquina y apaga la electroválvula y la bomba, al mismo tiempo enciende la electroválvula del vaso de nivel y arroja todo el agua hacia el shaker este espera que toda el agua caiga y cierra la electroválvula del shaker y apaga la electroválvula del vaso de nivel, para posteriormente empezar a batir todo el contenido y arrojar en el depósito para el agua sucia.

En la figura 6 se pude apreciar la bomba, la electroválvula, los recipientes para el agua limpia y para el agua sucia.



Figura 6 Sistema de Limpieza Automático

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

#### 3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA CARCASA

Para la construcción de la carcasa, me he basado en que es una máquina expendedora, esto nos quiere decir que la maquina va a vender el producto, para lo cual debe estar a la altura del cliente y debe tener las condiciones ergonómicas para una óptima producción y una buena salud.

Al mismo tiempo debe tener un material adecuado el mismo que la norma ISO 22000 menciona que sea de acero inoxidable con numero de seria 304 o 316 los cuales son aptos para productos o bebida de consumo humano se utilice el acero inoxidable, y además debido a que este material no se oxida, es de fácil lavado, y sobre todo higiénico.

##### 3.1.1. Cálculo del espesor de la plancha que soporta el peso de las botellas y el sistema de dosificación.

La plancha soporta el peso de las seis botellas que se tiene como ingrediente y a la vez soporta el peso de todo el sistema de dosificación ya que está sujeto a la plancha, por ende va a soportar el peso de todo el sistema que es de 20 Kg.

En la tabla 1 se muestran los pesos del sistema de dosificación.

Cant.	Detalle	Peso (kg)
8	Electroválvulas	2,905
1	Vaso de nivel	0,153
1	Plancha de sostén	1
6	Tubería	0,3
2	Aditamentos	0,247
1	Servomotor	0,145
6	Botellas	9
1	Soporte para las electroválvulas	3
Peso total		16,75

Tabla 1 Datos de peso

A continuación se realiza el diagrama de fuerzas en la viga CF AB y los cálculos para determinar el espesor de la plancha de acero necesario para soportar esta fuerza flexionante de 20 Kg.

En la figura 7 se muestra el diagrama de fuerzas.

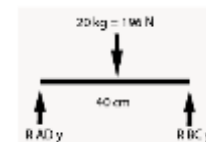


Figura 7 Diagrama de fuerzas

Por medio del programa MD Solid que se aprecia en la figura 8, se establece un momento máximo de 196 Nm pero por seguridad se lo realiza con un valor de 200.

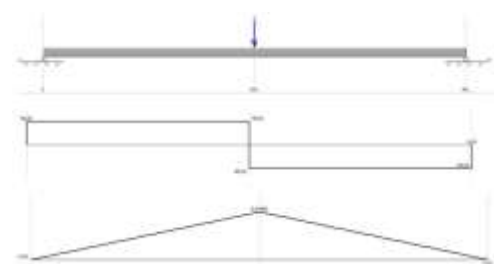


Figura 8 Diagramas de Corte de y momentos de la viga CF AB

Fuente: Simulación Software MD solid

Por medio de la Ecuación 1 del módulo de sección transversal se tiene:

##### Ecuación 1 Módulo de Sección Transversal

$$S = \frac{th^2}{6}$$

Fuente Mott. R.L.(2006)

En donde:

t = largo de la viga

h = espesor de la viga

Despejando h se tiene:

$$h = \sqrt{\frac{6S}{t}}$$

Y reemplazando los valores se tiene:

$$h = \sqrt{\frac{6 * 0.04cm^3}{40 cm}}$$

Entonces h es:

$$h = 0,077 cm$$

Se tiene entonces un espesor de 0,7 mm

### 3.1.2. SELECCIÓN DEL SERVOMOTOR

Para seleccionar el servomotor se debe tomar en cuenta que:

- Peso del shaker
- Peso total de cada mezcla
- Peso de una electroválvula
- El torque que vamos va a soportar

En la tabla 2 se muestran los pesos de las piezas que va a soportar el servomotor, y que ayudaran para calcular el torque que necesita el servomotor.

Detalle	Peso(Kg)
electroválvula	0,365
shaker	0,417
servomotor	0,145
acoplador	0,102
<b>Total</b>	<b>1,029</b>

Tabla 2 Pesos que soporta el servomotor

Una vez obtenido el peso se procede a calcular el torque:

$$T = F \cdot d \quad \text{Ecuación 2 Calculo del Torque}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$T = 10 Kg * 0.1m$$

$$T = 9.8 N.m.$$

Con un tiempo de 0,5 segundos por el pulso se tiene que la potencia del servomotor es:

### Ecuación 3 Calculo de la Potencia

$$P = \frac{T}{t} \quad (\text{Yanchapaxi, 2008, pág. 58})$$

Reemplazado los valores se tiene que la potencia es de:

$$P = 19,6 W$$

Para la cual se procedió a escoger el servomotor modelo VSD-11AYMB que posee las siguientes características que se muestran en la tabla 3.

MARCA	VIGOR
TIPO	HIGH TORQUE SERVO
MODELO	VSD-11AYMB
ÁNGULO	≥2160°(6 ciclos)
CONTROL	1500µs
TORQUE	≥26kgf.cm(361.1oz/in)
	≥35kgf.cm(486.1 oz/in)
VOLTAJE	6.0V~7.2V (DC)
VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO	0.92sec / 360 ° con carga
	0.75sec / 360 ° sin carga
COSTO	\$ 35,50

Tabla 3 Características del servomotor

### 3.2. SISTEMA DE CONTROL

Para el sistema de control se utilizó un control en lazo cerrado, el cual cuenta con un sistema continuo, y a la vez tiene un conjunto de procesos ordenados muy confiables, para este sistema se utilizó cierto microcontrolador, sensores, verificador de monedas, servomotor y switches.

#### 3.2.1. MICROCONTROLADOR

El micro procesador es un ATMEGA 164P ya que es un microprocesador de tipo MegaAVRs, es robusto, y con el número apropiado de pines.

En la figura 9 se muestra la configuración de pines del microcontrolador.

PIN		
PCINT0&AC0B7T0	PR0	1
PCINT0&AC0B7T1	PR1	2
PCINT0&AC0B7T2	PR2	3
PCINT0&AC0B7T3	PR3	4
PCINT0&AC0B7T4	PR4	5
PCINT0&AC0B7T5	PR5	6
PCINT0&AC0B7T6	PR6	7
PCINT0&AC0B7T7	PR7	8
RESET	RST	9
VCC	VCC	10
GND	GND	11
ADSC	ADSC	12
ADIF	ADIF	13
ADFR	ADFR	14
ADADSC	ADADSC	15
PCINT0&AC0B7T0	PD0	16
PCINT0&AC0B7T1	PD1	17
PCINT0&AC0B7T2	PD2	18
PCINT0&AC0B7T3	PD3	19
PCINT0&AC0B7T4	PD4	20
PCINT0&AC0B7T5	PD5	21
PCINT0&AC0B7T6	PD6	22
PCINT0&AC0B7T7	PD7	23
TOSC1	TOSC1	24
TOSC2	TOSC2	25
TOSC3	TOSC3	26
TOSC4	TOSC4	27
TOSC5	TOSC5	28
TOSC6	TOSC6	29
TOSC7	TOSC7	30
TOSC8	TOSC8	31

**Figura 9 Configuración de pines del microcontrolador Atmega 164P**

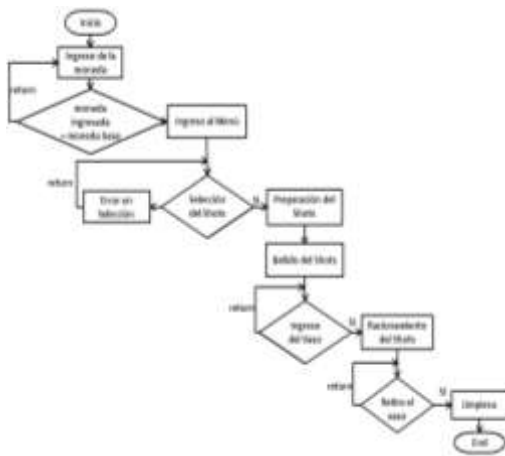
Fuente: Hoja de datos del Microcontrolador Atmega 164p



**Diagrama 3 Diagrama de flujo para el control de la preparación del Shots**

En las siguientes diagramas se muestran los flujo para cada sección del sistema.

En el diagrama 3, se puede apreciar el control en el batido de cada shots, el número de vueltas va a estar controlado por medio de la frecuencia del servomotor.



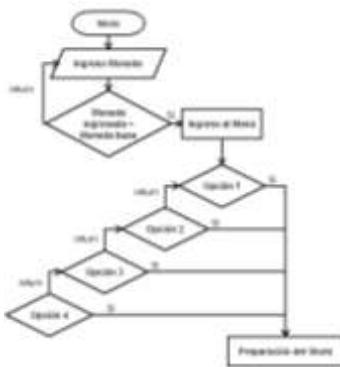
**Diagrama 1 Flujo del Programa Principal**

A través de este proceso se puede conocer cómo prepara en realidad la máquina, el shots seleccionado.

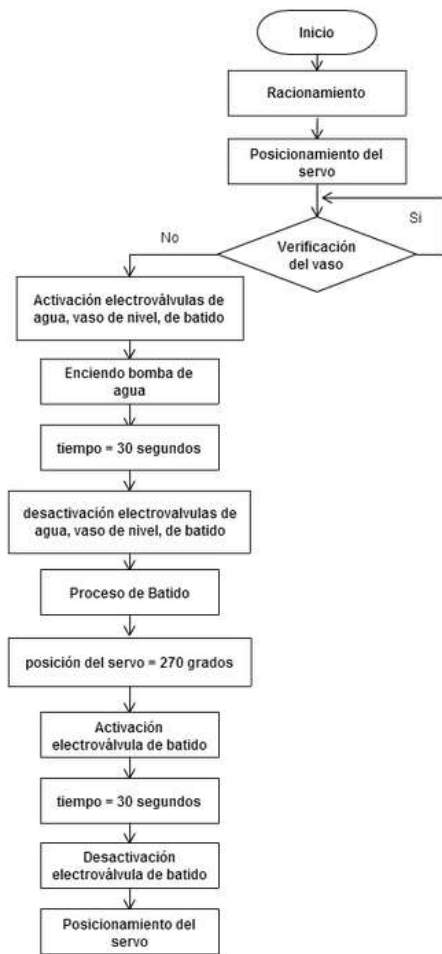


**Diagrama 4 Diagrama de flujo para el control del batido de los shots**

En el diagrama 4 se aprecia como la maquina por si sola realiza el sistema de limpieza para después de cada preparación de cada shots se limpie.

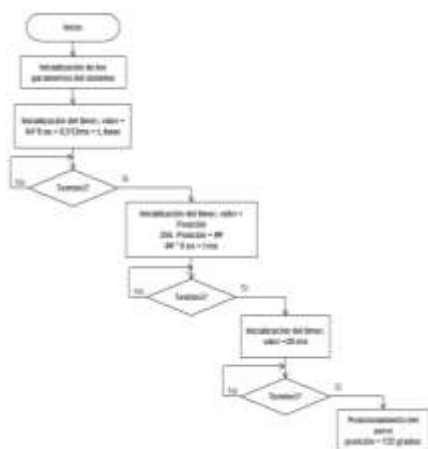


**Diagrama 2 Diagrama de flujo para el control del proceso de selección del shots.**



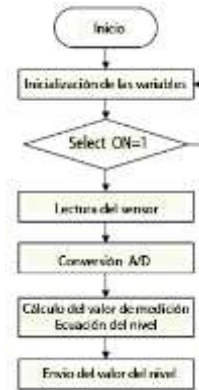
**Diagrama 5 Diagrama de flujo para el control de la limpieza del sistema**

En el Diagrama 5 se puede ver, la forma como el servomotor trabaja, de acuerdo a cada parámetro que se necesita, en nuestro caso para realizar el proceso de batido y racionamiento del shots.



**Diagrama 6 Diagrama de flujo de control del servomotor**

El Diagrama 6 nos indica el proceso que realiza el servomotor para posicionarse en los ángulos establecidos y a la vez para el sistema de mezclado.



**Diagrama 7 Diagrama de Flujo para el control del sensor ultrasónico EZ4**

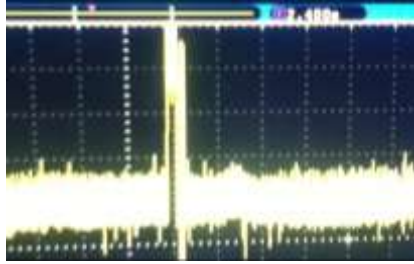
El diagrama 7 muestra el proceso que realiza el sensor de nivel para establecer que los ingredientes no se desperdicien.

### 3.2.2. VERIFICADOR DE MONEDAS

Este verificador de monedas modelo HI – 06CS, es un comparador el cual compara el espesor, las circunferencia y el peso de la moneda base con la moneda que ingresa, si la moneda es igual deja pasar y a la vez envía un tren de pulsos, caso contrario la rebota. El tren de pulsos que envía el verificador pasa a un Schmitt Disparador Inversores HD 74LS14, el cual convierte al tren de pulsos en un pulso de onda cuadrada negativo por lo cual se invierte nuevamente para obtener un pulso positivo y así poder ingresar al microcontrolador y empezar la interrupción del microcontrolador para iniciar el proceso de selección, dosificación, batido y racionamiento.

En la figura 7 se muestra el tren de pulsos que envía el verificador de monedas cuando entra una moneda igual a la moneda base.





**Figura 10 Salida del pulso tomada desde el osciloscopio**  
Fuente: Autor

En la figura 8 se indica como la señal se transforma después de ingresar al Schmitt Trigger a una señal cuadrada negativa y luego a una positiva la cual va ser ingresada al microcontrolador.



**Figura 11 Salidas del pulso con dos Schmitt Trigger Disparador Inversores HD 74LS14**

### 3.2.3.SENSOR DE NIVEL

Para medir el nivel de nuestro sistema de dosificación he optado por colocar un sensor ultrasónico modelo XL-MaxSonar EZ4, ya que con el método de retorno del pulso emitido por el sensor es la medida de la altura de la sección vacía del tanque, y si a esta distancia se resta de la altura total del tanque entonces, se tendrá el nivel del líquido.

En la figura 12 se muestra el sensor con cada uno de sus pines.



**Figura 12 Conexión de los terminales**  
Fuente: Hoja de datos del sensor XL-MaxSonar EZ4 , 2005

De acuerdo a pruebas de nivel realizadas se procedió a establecer la ecuación 4 para el sensor.

**Ecuación 4 Liberalización del sensor de EZ4**  
$$nivel = valor\ de\ entrada * 1020$$

### 3.2.4.ELECTROVÁLVULAS

Las válvulas son los actuadores encargados del ingreso y drenaje de agua, de acuerdo a las señales entregadas por los sensores de nivel bajo y alto de agua.

Para esta aplicación, se ha seleccionado válvulas con accionamiento electromagnético de 12 VDC. Las razones para su selección fueron su costo y facilidad de instalación.

En la figura 13 se muestra las electroválvulas que se usaron, y en la figura 14 se indica las características de las mismas.



**Figura 13 Electroválvula a utilizar**

Place of origin:	Xiamen China	Name:	Stainless Steel Solenoid Valve
Model:	2S-025-08	Fluid:	Air, Water, Oil, Gas
Operation:	Direct Drive Type	Type:	Normal Close Type
Aperture of flow rate:	18	Cv value:	0.23
Port size:	PT1/4	Operation fluid viscosity:	20 CST Below
Operation pressure:	0 - 1MPa	Max.Proof pressure:	1.05MPa
Operation temperature:	-6 - +80C	Voltage:	DC12V

**Figura 14 Características de las electroválvulas**  
Fuente: Hoja de Datos de las Electroválvulas 2S-025-08

### 3.2.5.SERVOMOTOR

Se va a emplear un servomotor de 50kg ya que en base a la selección del servomotor, expuesto

anterior y para garantizar ninguna falla en el sistema se requiere del mismo.

Se tiene para el cálculo de la posición los siguientes datos:

Mínima posición =372

Máxima posición =1112

**Ecuación 5** Calculo del ángulo del servomotor

Factor = máxima posición – mínima posición

Acumulador= factor\* posición

Acumulador + = mínima posición

### 3.3. TABLERO DE CONTROL

Contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro del sistema eléctrico.

En la figura 15 se muestra el montaje del tablero de control.



**Figura 15** Montaje Tablero de Control

Como se puede apreciar en la figura 15 se utilizaron para la etapa de potencia debido a que las electroválvulas funcionan a 12 voltios, unos relay que permiten aumentar el voltaje, en la figura 16 se muestra la placa de la etapa de potencia con sus respectivas partes.



**Figura 16** Tarjeta de potencia

En la figura 17 se muestra el control manual que posee la máquina y también la tarjeta madre en la que esta nuestro cerebro principal de toda la máquina.



**Figura 17** Control Manual y Tarjeta Principal

## 4. CONCLUSIONES

- 1.-Se establece una alta calidad debido a que la maquina está diseñada en base a las normas ISO 22000, la cual nos dice que el material a utilizar sea el acero inoxidable 304 o 316.
- 2.- Se tiene un sensor de nivel Max Sonar EZ4 el cual hace que no se desperdicie los ingredientes ya mide el nivel que se necesita para cada mezcla y de esa forma se pueda consumir todo de los mismos y no tener grandes pérdidas.
- 3.- La máquina tiene un margen de error en el tiempo menor al 1% y hace que el sistema de dosificación sea muy rápido al igual que el sistema de batido se demora un tiempo de 5 segundos haciendo que todo el proceso de dosificado y mezclado

de cada shots sea adecuado y acorde a los estándares de calidad.

- 4.- El tiempo que se demora la maquina en mezclar cada shots depende de que tantos ingredientes posea el shots, se estima que el mismo sea de 50 segundos aproximadamente ya que el margen de error en el tiempo es del 0.99%, en base a esto se puede decir que la maquina eficiente ya que entrega un producto de calidad a un tiempo corto.
- 5.- La máquina tiene un sistema de control simple de manejar ya que tiene un control por medio de botones de selección como son: adelante, atrás y selección, además tiene la pantalla touch la cual permite interactuar con las personas, y por medio de estas dos opciones el cliente puede seleccionar de una forma adecuada el shots que la persona desea.

## 5. RECOMENDACIONES

2. Debido al costo no se pudo utilizar PLC pero se recomienda que se utilice un PLC con 12 salidas para así poder garantizar que todo el sistema funcione de una manera aún más eficiente ya que debido a que los microcontroladores tienden a tener ciertas fallas en su diseño.
3. Se recomienda para una mayor efectividad en la alarma de vaciado en las botellas utilizar un sensor de caudal para cada ingrediente, ya que este tipo de alarma está dado por medio de software y mas no a través de un sensor, por motivos de costos de implementación.
4. Al momento de ubicar las botellas asegure antes de haber puesto el dosificador y los empaques pertinentes en cada botella, y a la

vez ubicar de una manera rápida la botella en los soportes de las mismas y así evitar desperdiciar el producto.

5. Fijar la maquina con pernos en un lugar seguro y apropiado para la misma, para evitar ciertos daños en la misma.
6. Para el mejoramiento del sistema de cobro que se lo hace a través del verificador de monedas se puede utilizar otro tipo de sensores como son: tarjetas magnéticas, huella digital, por visión artificial, etc.
7. Para optimizar aún más el sistema de batido se recomienda utilizar un opto acoplador para fijar más el servomotor, además de tener un filtro para el ruido del servomotor.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Sexta Edición.
- [2] Northon, R. L. (2004). Diseño de Maquinaria. Cuarta Edición, Mc Graw Hill.
- [3]. Ogata, K. (n.d.). Ingeniería de control moderna 3 EDICIÓN. In K. Ogata, INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA. MEXICO: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- [4] W.Bolton. (2011). MECATRÓNICA Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V
- [5] (n.d.). COCKTAILS. In COCKTAILS.
- [6] Budinas R., N. J. (2008). Diseño en ingeniería Mecánica de Shigley. México: McGraw-Hill/Interamericana

## **BIOGRAFÍA DEL AUTOR**

### **Marcelo David Muñoz Checa**



Nace en la ciudad de Ibarra perteneciente a Ecuador, el 5 de Diciembre de 1990. Realizó sus estudios primarios en la escuela Víctor Manuel Peñaherrera. Sus estudios secundarios los curso en la Unidad Educativa Experimental Teodoro Gómez de la Torre en la especialidad de Físico Matemático en donde participó en el VIII Concurso Intercolegial de Matemáticas en el año 2005, realizado en la ciudad de Ibarra en el cual obtuvo el segundo lugar, fue campeón desde 2003 hasta el 2008, seis años seguidos en el concurso Intercolegial de Ajedrez. Participo en logística del Concurso Ecuatoriano de Robótica CER 2009 y participo en Simulación de Batalla de Robots en el Concurso Ecuatoriano de Robótica CER 2010 realizado en la ciudad de Guayaquil. Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del Norte de Ibarra-Imbabura en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014. Área de interés: Diseño mecánico, automatización de procesos y Control.