

Universidad ORT Uruguay
Facultad de Ingeniería

Obligatorio 02 (VHDL)

Electrónica Digital

Diego Sáez
Gonzalo Costa
Sebastián Miller

2015

Índice

Índice de figuras	2
1. Introducción	3
2. Implementación	7
3. Formato de la Entrega	9
4. Datos Administrativos, Entrega y Defensa	10
Anexo A. Programas de la mezcladora	11
A.1. Programa 1	11
A.2. Programa 2	11
A.3. Programa 3	12
A.4. Programa 4	12
A.5. Programa 5	12
A.6. Programa 6	13
A.7. Programa 7	13
A.8. Programa 8	14
Anexo B. Animaciones Display	14
B.1. Animación de llenado	15
B.2. Animación de mezcla horaria	16
B.3. Animación de mezcla antihoraria	17
B.4. Animación de Compresión	18

Índice de figuras

1. Dibujo esquemático de una mezcladora	3
2. Sistema de 4 mezcladoras conectadas a la línea de transmisión serial	4
3. Animación de llenado	15
4. Animación de giro horario	16
5. Animación de giro antihorario	17
6. Animación de compresión	18

1. Introducción

Se pide diseñar un controlador digital para un sistema de 4 mezcladoras industriales en VHDL. El concepto de mezcladora se muestra en la Figura 1.

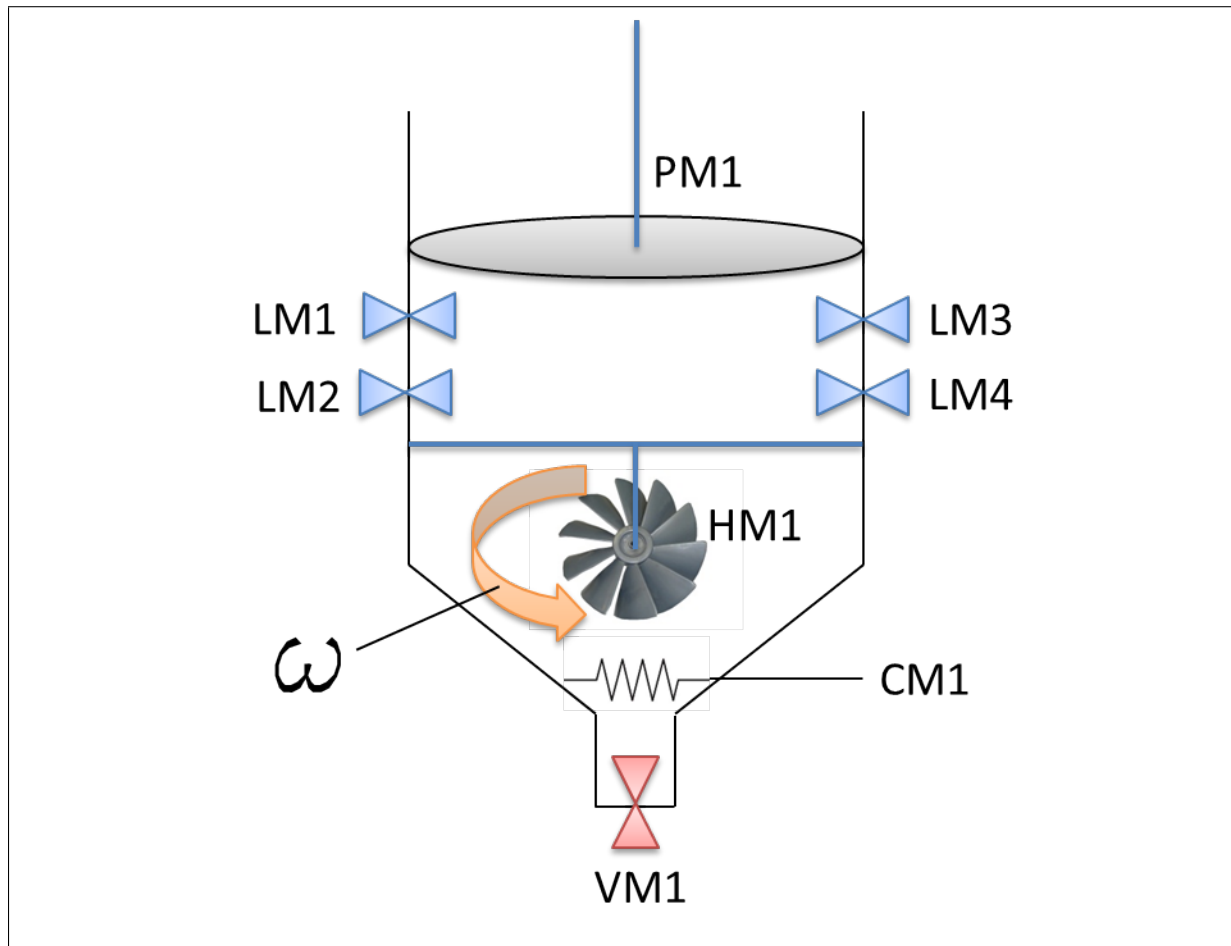


Figura 1: Dibujo esquemático de una mezcladora

Una mezcladora se compone por los siguientes elementos:

- 4 válvulas de entrada de 4 líquidos denominadas LM1, LM2, LM3, LM4. Cada válvula se activa con $LM_i=1$ y se desactiva con $LM_i=0$ para $i=1, 2, 3, 4$.
- Un pistón de compresión PM1. Se activa con $PM1=1$ y se desactiva con $PM1=0$.
- Una hélice de mezclado que puede funcionar en sentido horario o antihorario a una velocidad angular ω . La hélice es controlada por 2 bits, tal que $HM1=00$ significa

hélice apagada, HM1=01 girar en sentido horario a velocidad angular ω , HM1=10 girar en sentido antihorario a velocidad angular $-\omega$. El estado HM1=11 es no utilizado. La velocidad angular ω se representa por 8 bits sin signo.

- Un resistencia CM1, que proporciona calor a la mezcla. Se activa con CM1=1 y se desactiva con CM1=0.
- Una válvula de vaciado del tanque denominada VM1. Se activa con VM1=1 y se desactiva con VM1=0.

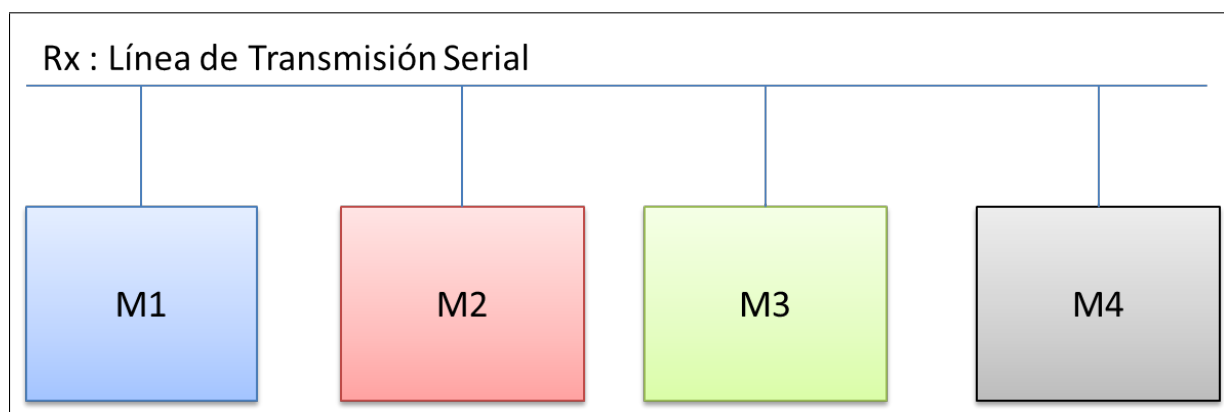


Figura 2: Sistema de 4 mezcladoras conectadas a la línea de transmisión serial

El conjunto de las 4 mezcladoras recibe datos de una línea de transmisión serial conectada a una PC mediante el protocolo RS-232. El formato de una trama es el siguiente:

- Primer byte recibido representa el direccionamiento.
- Segundo byte recibido representa un comando.
- Tercer byte recibido representa datos asociados al comando anterior.

Recordar que 1 byte es un conjunto de 8 bits. La línea de transmisión serial funciona a 115200bps, formato 8n1: 1 bit de start, 8 bits efectivos de datos y 1 bit de stop.

El tiempo entre tramas consecutivas es como mínimo 1ms.

Internamente, cada mezcladora tiene asociado un identificador único o dirección de 2 bits: 00-Mezcladora 1, 01-Mezcladora 2, 10-Mezcladora 3, 11-Mezcladora 4.

Es posible dirigirse a las 4 mezcladoras al mismo tiempo como un bloque (broadcast), así como también armar grupos de mezcladoras como por ejemplo que las mezcladoras M1 y M4 conforman un grupo 1 y dirigirse al grupo, o bien dirigirse individualmente a cada mezcladora por separado.

El byte de direccionamiento tiene el siguiente formato:

bit 0: bit de dirección individual 0

bit 1: bit de dirección individual 1

bit 2: bit de dirección de grupo 0

bit 3: bit de dirección de grupo 1

bit 4: bit de comando de grupo. Vale 1 en caso de que el comando se dirija a un grupo o 0 en caso de direccionamiento individual.

bit 5: bit de direccionamiento por broadcast, es decir dirigido a todas las mezcladoras. Vale 1 en caso de broadcast o 0 en caso de direccionamiento de grupo o individual.

bit 6: no utilizado vale 0.

bit 7: no utilizado vale 0.

Notar que como hay 2 bits de dirección de grupo (bit3, bit2) se puede formar hasta 4 grupos. Cada mezcladora puede pertenecer a más de un grupo simultáneamente y deberá tener memoria de la configuración de cada uno de los 4 grupos

Los comandos se detallan a continuación. Recordar que se especifican como un número de 8 bits sin signo en el byte de comando:

Comando 1: configurar un programa. El subsiguiente byte de datos puede tomar los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, representando cada uno un programa distinto. Un programa es un proceso que ocurre en una mezcladora de llenado, mezcla, compresión, calor y vaciado en un orden determinado. Los programas se detallan en el Anexo A.

Comando 2: configurar la velocidad angular de una mezcladora. La velocidad se especifica en el subsiguiente byte de datos y es el producto de 2 números de 4 bits, parte alta y baja del byte de datos respectivamente. Esto es $\omega = (d7, d6, d5, d4) \times (d3, d2, d1, d0)$ donde (d7, d6, d5, d4, d3, d2, d1, d0) es el byte de datos. Se debe desarrollar la multiplicación a nivel de **hardware** presentando un circuito que resuelva la operación.

Comando 3: Configurar grupo 1. El subsiguiente byte de datos vale 1 en caso de que la mezcladora seleccionada pertenezca al grupo, o 0 en caso contrario.

Comando 4: Configurar grupo 2. El subsiguiente byte de datos vale 1 en caso de que la mezcladora seleccionada pertenezca al grupo, o 0 en caso contrario.

Comando 5: Configurar grupo 3. El subsiguiente byte de datos vale 1 en caso de que la mezcladora seleccionada pertenezca al grupo, o 0 en caso contrario.

Comando 6: Configurar grupo 4. El subsiguiente byte de datos vale 1 en caso de que la mezcladora seleccionada pertenezca al grupo, o 0 en caso contrario.

Comando 7: Configurar la temperatura de la mezcla. La temperatura se especifica con un número de 8 bits en el subsiguiente byte de datos.

Comando 8: Valor de sensor de temperatura. En el subsiguiente byte de datos se indica el valor de un sensor de temperatura asociado a la mezcladora seleccionada. Si la temperatura es mayor a la temperatura configurada en el programa, implica un error grave. Se debe detener el proceso e indicar error.

Comando 9: Empezar un programa. La mezcladora seleccionada debe iniciar el programa anteriormente configurado. El subsiguiente byte de datos vale 0.

Comando 10: Parada de emergencia. La mezcladora seleccionada debe frenar el programa en curso e indicar error. El subsiguiente byte de datos vale 0.

La configuración de un programa debe seguir los siguientes pasos:

- Se especifica el número de programa.
- Se especifica la velocidad angular.
- Se especifica la temperatura.

Ejemplos:

- Configurar el programa 8 en mezcladora 1. byte dirección = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0); byte comando = 1; byte de datos = 8.
- Agregar la mezcladora 2 al grupo 3. byte dirección = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1); byte comando = 5; byte de datos = 1.
- Remover la mezcladora 2 del grupo 3. byte dirección = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1); byte comando = 5; byte de datos = 0.
- Configurar temperatura de mezcla de 198°C en la mezcladora 4. byte dirección = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1); byte de comando = 7; byte de datos = 198.
- Configurar velocidad angular de 20 rad/seg en la mezcladora 3. Notar que $20 = 5 \times 4$. byte dirección = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1); byte de comando = 2; byte de datos = (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0).
- Suponiendo que las mezcladoras 1 y 4 pertenecen al grupo 2. Empezar los programas configurados en las mismas. byte dirección = (0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0); byte de comando = 9; byte de datos = 0;
- Se detectó un error grave en la planta industrial. Se solicita parada de emergencia por broadcast. byte de dirección = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0); byte de comando = 10; byte de datos = 0;

2. Implementación

El diseño debe ser implementado en VHDL en la placa de desarrollo Altera DE0. La información de cada mezcladora deberá ser multiplexada en los display 7 segmentos y en los led's de uso general según se indica a continuación:

El switch SW0, selecciona entre display general de las 4 mezcladoras o mostrar información de una mezcladora en particular.

El conjunto de switch SW2, SW1, SW0, seleccionan la información relevante a cada mezcladora que se muestra en los display. Cuando SW0=1, el conjunto (SW2, SW1) selecciona mostrar información de la mezcladora 1 (0,0); mezcladora 2 (0,1); mezcladora 3 (1,0); mezcladora 4 (1,1).

Cuando se selecciona mostrar información de una mezcladora, los switch SW9 y SW8, seleccionan entre 4 “pantallas” de los display:

Pantalla 1 (0,0): Se debe mostrar en HEX3 el proceso actual de la mezcladora referente a giro, llenado, compresión o reposo. HEX2, HEX1 y HEX0 muestran el avance del tiempo para la mezcladora seleccionada en segundos con precisión de décimas de segundo. Esto es, HEX0 debe mostrar las décimas de segundo. HEX2 y HEX1 muestran los segundos. Se deberá prender el punto decimal entre HEX1 y HEX0.

Pantalla 2 (0,1): Velocidad angular. Se debe mostrar la velocidad angular en los display HEX2, HEX1 y HEX0. HEX3 debe mostrar el signo “-” en caso de sentido antihorario. Si el sentido es horario permanece apagado.

Pantalla 3 (1,0): Temperatura de la mezcla representada en HEX2, HEX1 y HEX0.

Pantalla 4 (1,1): Se debe alternar cada 2 segundos el líquido y su correspondiente nivel para dicho momento en el programa seleccionado. Ejemplo: L125 indica 25 % del líquido 1, dos segundos después el display cambia a L200, indicando 0 % del líquido 2 y así continúa hasta el líquido 4, empezando nuevamente con el líquido 1.

Seleccionada una mezcladora con SW0, SW1 y SW2, si se presiona el botón sin retención “botón 2” debe mostrarse durante el tiempo que permanece presionado el programa configurado para esa mezcladora. Ejemplo: “01P8” significa que está configurado el programa 8 en la mezcladora 1.

El botón sin retención 1 es el reset general de todo el sistema y debe llevar a las 4 mezcladoras a la configuración nula: ningún programa configurado, ninguna temperatura, ninguna velocidad angular y no debe pertenecer a ningún grupo.

El botón sin retención 0 es una parada de emergencia de todo el sistema, terminando los programas activos en las 4 mezcladoras.

Para cada pantalla, en los leds debe mostrarse en todo momento los líquidos que pertenecen a la mezcla en dicho momento, si la hélice está prendida/apagada, pistón activo/inactivo, resistencia de calor prendida/apagada, válvula de vaciado activa/inactiva. Un led para indicar error de emergencia y otro led para indicar error del sensor de temperatura.

Configuración de leds:

- LED9, LED8, LED7, LED6 = LM1, LM2, LM3, LM4
- LED5 = HM1
- LED4 = PM1
- LED3 = CM1
- LED2 = VM1
- LED1 = Error de temperatura
- LED0 = Error de emergencia

Cuando SW0=0 se muestra en los display información general de las 4 mezcladoras. Concretamente debe mostrarse el estado del proceso, llenado, mezcla horaria/antihoraria, compresión, vaciado. Los display deberán destellar en una secuencia determinada para cada estado del proceso. Ver Anexo B.

Los switches SW3, SW4, SW5 y SW6 deben permitir iniciar el programa configurado en la correspondiente mezcladora manualmente. SW3 está asociado a la mezcladora 1, SW4 está asociado a la mezcladora 2, SW5 está asociado a la mezcladora 3 y SW6 está asociado a la mezcladora 4.

El switch SW7 debe permitir realizar una pausa en el sistema global. Esto significa que el tiempo de un programa se congela mientras que el switch está activo en 1. Cuando el switch retorna a 0, continúa corriendo el tiempo normalmente. Tener presente que sólo se congela el tiempo de programa y no las animaciones de los display y leds. Así, si en el momento de pausa una mezcladora se encontraba en giro horario, su correspondiente display deberá mostrar la animación de giro horario.

Cualquier error en una mezcladora, deberá ser representado por la letra E en la pantalla general del display, asociado a dicha mezcladora. La letra E deberá destellar 2 veces por segundo.

En caso de error grave en una o más mezcladoras, tal error desaparece cuando el usuario inicia una nueva programación de las mezcladoras en falta.

La letra es abierta y hay puntos de diseño no especificados que quedan a criterio de cada grupo de trabajo de obligatorio.

3. Formato de la Entrega

Se debe presentar la documentación en formato pdf en un medio óptico. Incluir material adicional fotos de los dibujos realizados y diagrama de circuitos.

La documentación debe tener el siguiente formato:

- Planteamiento del problema y objetivo de la solución. (Introducción)
- Presentación de la solución en diagrama de bloques funcionales: contadores, multiplexores, decodificadores, compuertas lógicas, FSM, etc. Indicar claramente todas las entradas y salidas.
- Descripción general del diagrama de bloques presentado. Interacción entre bloques y funcionalidades.
- Análisis de cada bloque por tabla de verdad y/o tabla de transiciones de estado según corresponda. Incluir diagrama de tiempos de las principales señales. Si existen FSM presentar diagrama de transiciones de estado completo.
- Resolución de cada bloque ya sea combinacional o secuencial por las técnicas vistas en el curso. Justificar la técnica utilizada para resolver las funciones lógicas según corresponda: suma de productos vs producto de sumas vs multiplexor vs decodificador.
- La entidad principal del diseño debe tener arquitectura estructural o en el entorno gráfico, un esquemático con las interconexiones de todos los bloques.
- Concluir la presentación del diseño con casos de prueba incluyendo fotos y videos demostrativos.

Se debe presentar carátula, índice completo, palabras clave y bibliografía según documento FI-302. Indicar los nombres de los docentes en vez de “tutor”. Omitir “Entregado como requisito para. . .”. Todas las tablas y fotos de la documentación deben estar numeradas con un identificador único. Las referencias a tales tablas y fotos deben ser realizadas mediante el identificador antedicho. De igual forma, se debe comentar en la documentación el objetivo de cada video realizado. Los videos deben poder ser identificados de forma única.

4. Datos Administrativos, Entrega y Defensa

Entrega Obligatorio 2: Martes 24 de noviembre de 2015, en Bedelía Facultad de Ingeniería. Se debe entregar un sobre A4 u oficio con carátula de la documentación engrapada en la parte exterior del sobre. Dentro del sobre incluir 2 CD con la misma documentación, fotos y videos. Cada CD debe estar identificado con nombre de la asignatura, nombre completo y número de estudiante, apellidos de los docentes. (Ejemplo: Sáez – Costa). Los obligatorios se realizan en grupos de 2 estudiantes como máximo. El horario de entrega en bedelía es hasta las 20h.

Defensa: Jueves 26 de noviembre de 2015 en el laboratorio 211 de Electrónica Digital. Se agradece puntualidad.

Puntaje: total 35 puntos. 60 % (21 puntos) de funcionalidad en la placa, prolijidad de la descripción VHDL y calidad del diseño. 40 % (14 puntos) de documentación, desarrollo de la solución y pruebas realizadas mediante videos y fotos demostrativos.

A. Programas de la mezcladora

En este anexo se presentan los 8 programas que hay que implementar en cada mezcladora.

A.1. Programa 1

- 0 - 5 seg: Llenado 53 % con líquido L3.
- 6 - 10 seg: Llenado 10 % con líquido L4.
- 11 - 20 seg: Mezcla en sentido horario a velocidad angular positiva ω .
- 21 - 25 seg: Llenado 25 % con líquido L2.
- 26 - 30 seg: Compresión con el pistón.
- 31 - 40 seg: Mezcla antihoraria con velocidad angular $-\omega$ y calor a la temperatura configurada.
- 41 - 45 seg: Llenado 12 % con líquido L1.
- 46 - 55 seg: Mezcla horaria a velocidad angular ω .
- 56 - 60 seg: Vaciado por válvula VM1.

A.2. Programa 2

- 0 - 5 seg: Llenado 5 % con líquido L1 y 15 % con líquido L2.
- 6 - 15 seg: Mezcla horaria a velocidad angular ω y calor a la temperatura configurada.
- 16 - 20 seg: Llenado 30 % con líquido L3.
- 21 - 30 seg: Mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$, calor a temperatura configurada y compresión del pistón.
- 31 - 40 seg: Llenado 50 % con líquido L4.
- 41 - 50 seg: Mezcla horaria a velocidad angular ω .
- 51 - 55 seg: Vaciado por válvula VM1.

A.3. Programa 3

- 0 - 10 seg: Llenado con 25 % líquido L2 y 25 % con líquido L3.
- 11 - 20 seg: Mezcla horaria a velocidad angular ω y calor a temperatura configurada.
- 21 - 25 seg: Llenado 25 % con líquido L4.
- 26 - 35 seg: compresión con pistón y mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y calor a temperatura configurada.
- 36 - 40 seg: Llenado 25 % con líquido L1.
- 41 - 50 seg: Mezcla horaria a velocidad angular ω .
- 51 - 57 seg: Reposo.
- 58 - 60 seg: Vaciado por válvula VM1.

A.4. Programa 4

- 0 - 5 seg: Llenado 80 % con líquido L1.
- 6 - 10 seg: compresión con pistón y calor a temperatura configurada.
- 11 - 20 seg: Llenado 7 % con líquido L2 y giro horario a velocidad angular ω .
- 21 - 25 seg: Llenado 13 % con líquido L3 y calor.
- 26 - 40 seg: calor y giro antihorario a velocidad angular $-\omega$ y compresión con pistón.
- 41 - 45 seg: giro horario a velocidad angular ω .
- 46 - 50 seg: reposo.
- 51 - 56 seg: vaciado por válvula VM1.

A.5. Programa 5

- 0 - 5 seg: Llenado 25 % con líquido L3.
- 6 - 15 seg: Giro horario a velocidad angular ω y calor a temperatura configurada.
- 16 - 20 seg: Llenado 50 % con líquido L4.
- 21 - 30 seg: mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y calor a temperatura configurada y compresión con pistón.

31 - 40 seg: mezcla horaria a velocidad angular ω .

41 - 49 seg: reposo.

50 - 55 seg: vaciado por válvula VM1.

A.6. Programa 6

0 - 10 seg: Llenado 40 % con líquido L4.

11 - 17 seg: Llenado 30 % con líquido L3.

18 - 25 seg: mezcla horaria a velocidad angular ω y calor a temperatura configurada.

26 - 30 seg: Llenado 20 % con líquido L1.

31 - 38 seg: mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$, compresión del pistón y calor a temperatura configurada.

39 - 45 seg: Llenado 10 % con líquido L2.

46 - 55 seg: mezcla horaria a velocidad angular ω y compresión del pistón.

56 - 60 seg: Vaciada por válvula VM1.

A.7. Programa 7

0 - 3 seg: Llenado 5 % con líquido L4.

4 - 10 seg: mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y calor a temperatura configurada.

11 - 20 seg: Llenado 27 % con líquido L2 y 5 % con líquido L1.

21 - 30 seg: mezcla horaria a velocidad angular ω y calor a temperatura configurada y compresión del pistón.

31 - 35 seg: Llenado 8 % con líquido L3.

36 - 49 seg: Mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y compresión del pistón.

50 - 53 seg: Reposo.

54 - 60 seg: Vaciado por válvula VM1.

A.8. Programa 8

0 - 10 seg: Llenado 33 % con líquido L1 y 4 % con líquido L2.

11 - 18 seg: mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y calor a temperatura configurada.

19 - 23 seg: Llenado 33 % con líquido L3.

24 - 30 seg: mezcla horaria a velocidad angular ω y calor a temperatura configurada y compresión del pistón.

31 - 37 seg: Llenado 30 % con líquido L4.

38 - 47 seg: mezcla antihoraria a velocidad angular $-\omega$ y compresión del pistón.

48 - 55 seg: reposo.

56 - 60 seg: Vaciado por válvula VM1.

B. Animaciones Display

En esta sección se presentan las animaciones que deben tener los display durante los procesos de llenado, mezcla horaria/antihoraria y compresión.

B.1. Animación de llenado

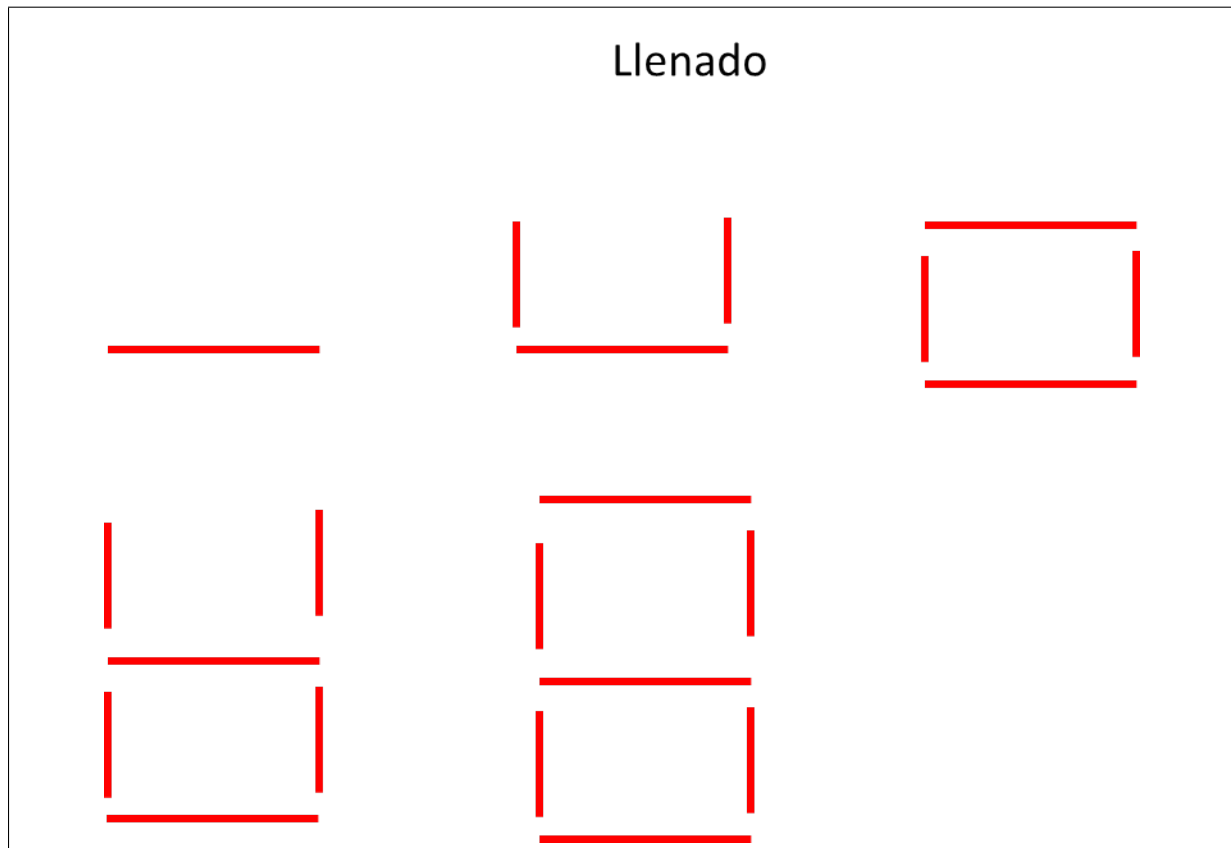


Figura 3: Animación de llenado

B.2. Animación de mezcla horaria

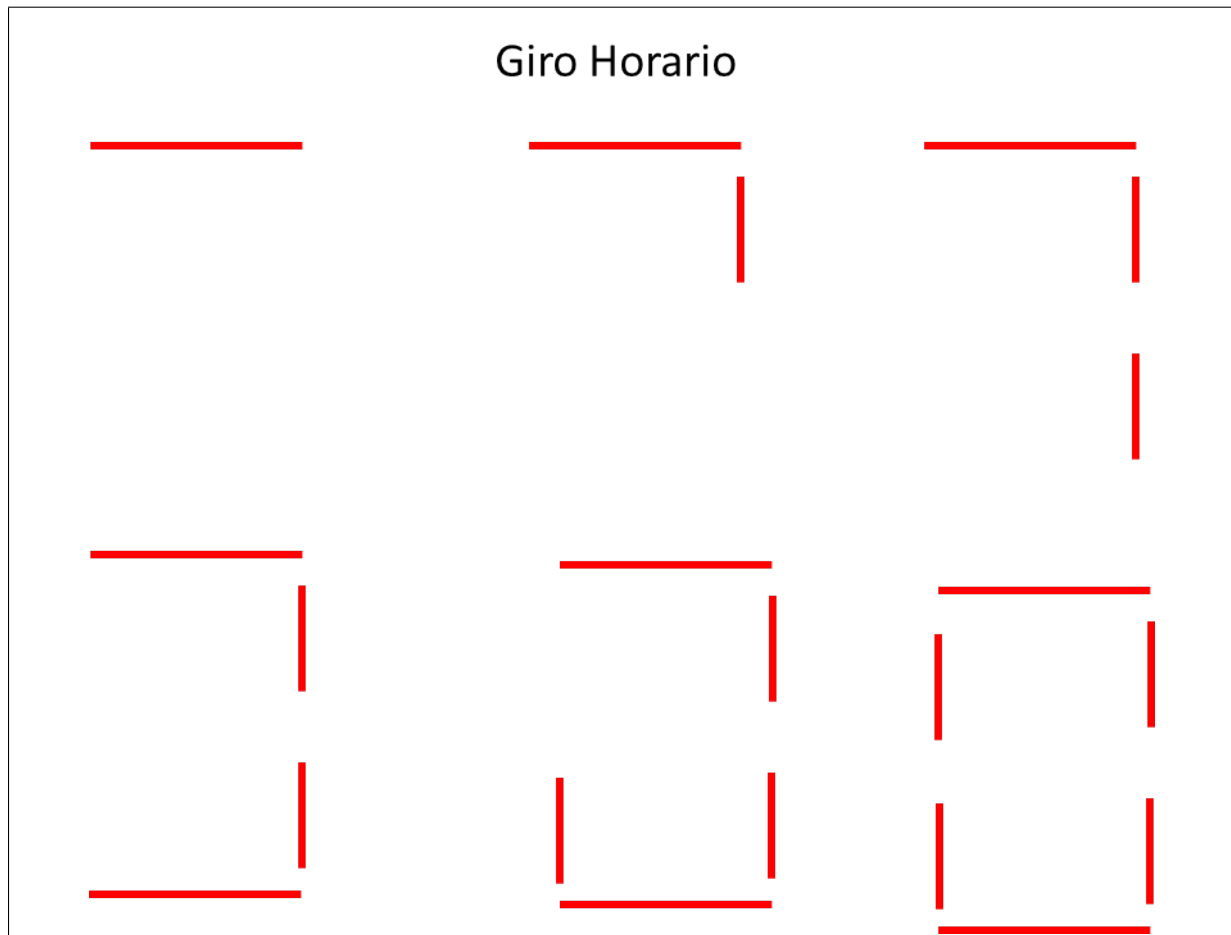


Figura 4: Animación de giro horario

B.3. Animación de mezcla antihoraria

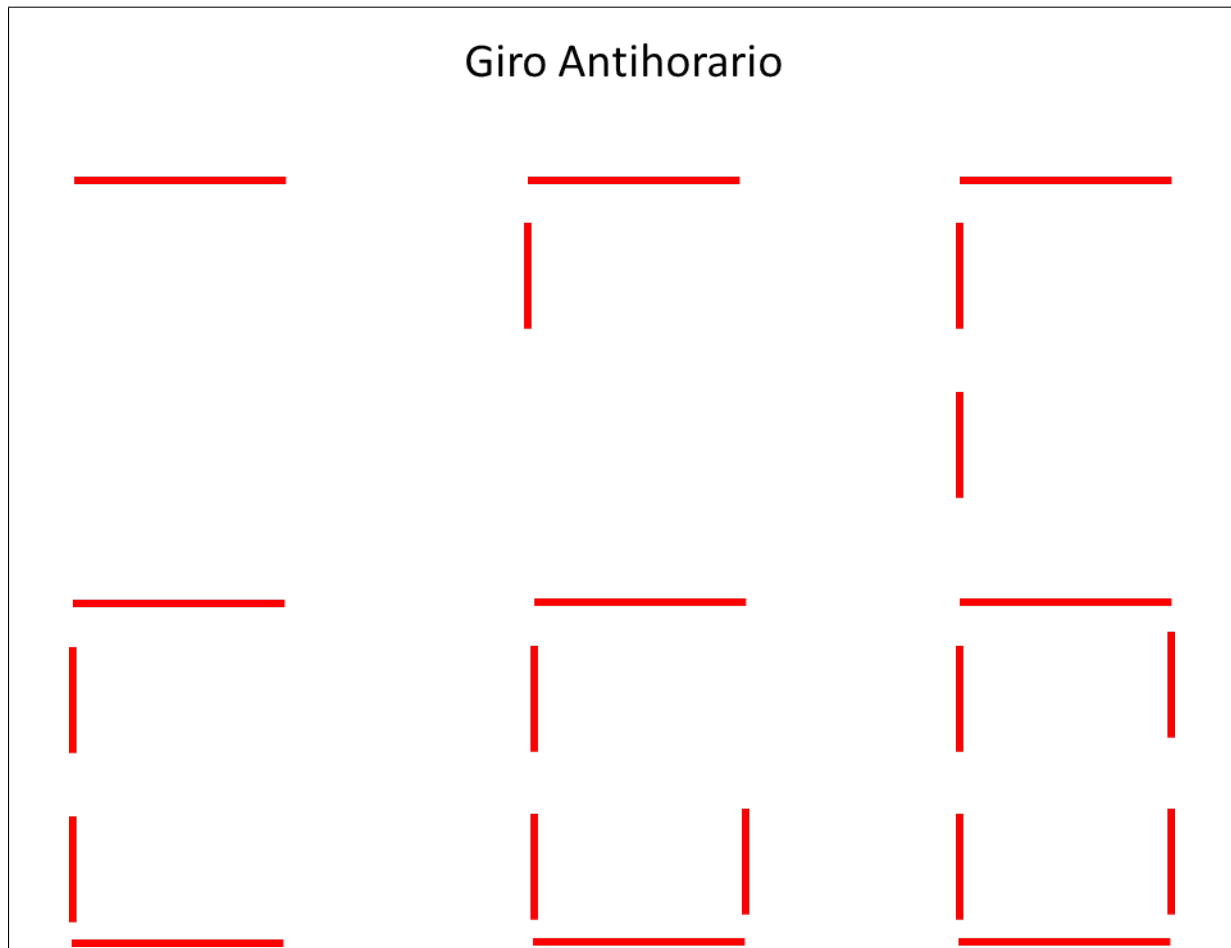


Figura 5: Animación de giro antihorario

B.4. Animación de Compresión

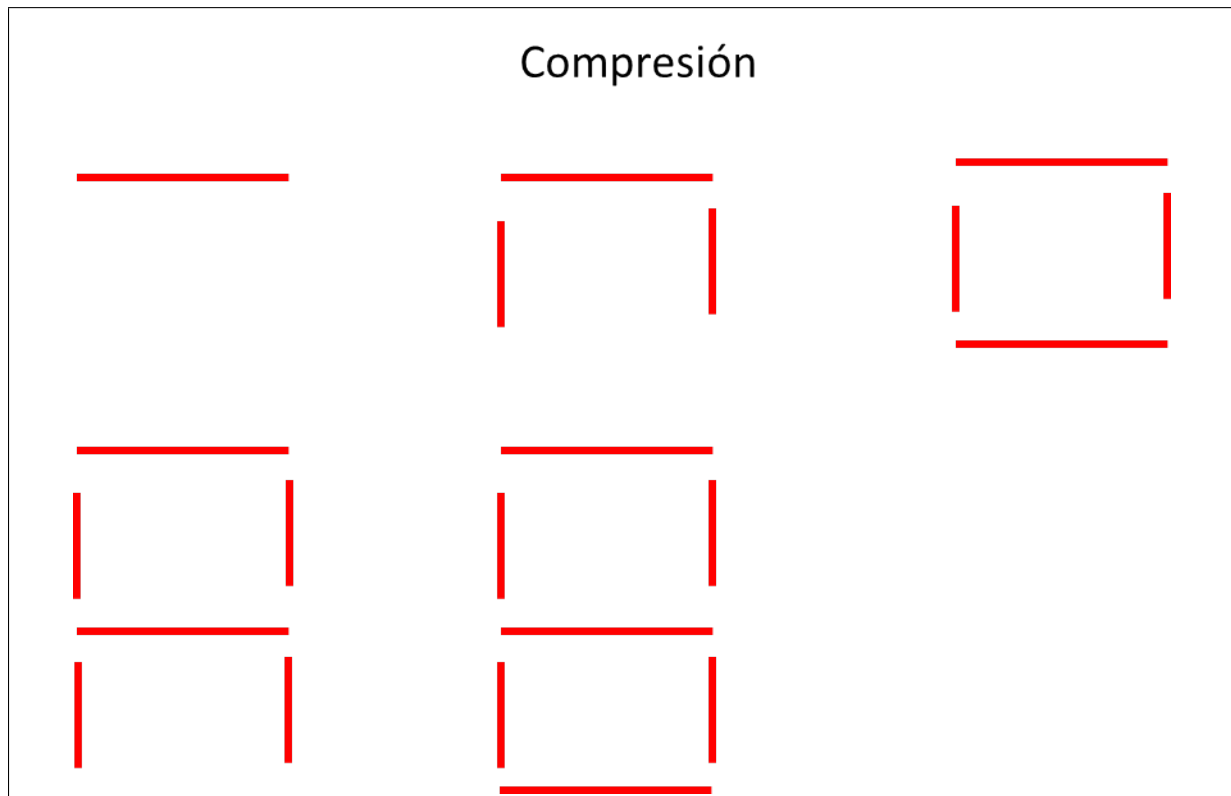


Figura 6: Animación de compresión