**TAREAS Y TECNICAS DE LA MINERIA DE DATOS**

**Integrantes:**

Fredy Ricardo Cortés Ramírez  
1193443881

Karen Lisbeth Gelvez Lesmes  
1090526367

**Universidad de Pamplona.**

**Facultad de ingenierías y arquitectura.**

**Programa de ingeniería de sistemas.**

**Electiva de Ingeniería I**

**Villa del Rosario.**

**2019-1**

**TAREAS Y TECNICAS DE LA MINERIA DE DATOS**

**Integrantes:**

Fredy Ricardo Cortés Ramírez  
1193443881

Karen Lisbeth Gelvez Lesmes  
1090526367

**Universidad de Pamplona.**

**Facultad de ingenierías y arquitectura.**

**Programa de ingeniería de sistemas.**

**Electiva de Ingeniería I**

**Villa del Rosario.**

**2019-1**

**Contenido**

[INTRODUCCIÓN 5](#_Toc12430197)

[PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6](#_Toc12430198)

[JUSTIFICACIÓN 7](#_Toc12430199)

[OBJETIVOS 8](#_Toc12430200)

[Objetivo General 8](#_Toc12430201)

[Objetivos Específicos 8](#_Toc12430202)

[MARCO TEÓRICO 9](#_Toc12430203)

[METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 17](#_Toc12430204)

[MODELADO DEL BRAZO ROBÓTICO 19](#_Toc12430205)

[Subsistemas del Brazo Robótico 20](#_Toc12430206)

[Botón de Emergencia 20](#_Toc12430207)

[Protección del Sistema 22](#_Toc12430208)

[Arranque del motor 24](#_Toc12430209)

[Presurizar Sistema 26](#_Toc12430210)

[Selección Modo de Operación 28](#_Toc12430211)

[Movimiento del Cilindro D 33](#_Toc12430212)

[Movimiento del Cilindro A 35](#_Toc12430213)

[Modelado Final del Autómata del Brazo Robótico 37](#_Toc12430214)

[Composición Paralela de los Movimientos de los Cilindros A y D del Brazo Robótico 39](#_Toc12430215)

[Simulación en Stateflow del Brazo Robótico 43](#_Toc12430216)

[CONCLUSIONES 45](#_Toc12430217)

[REFERENCIAS 46](#_Toc12430218)

Índice de Figuras

[Figura 1. Brazo robótico del Laboratorio 19](#_Toc12430230)

[Figura 2. Botón de Emergencia 21](#_Toc12430231)

[Figura 3. Autómata del Botón de Emergencia 21](#_Toc12430232)

[Figura 4. Switch de la Protección del Sistema 22](#_Toc12430233)

[Figura 5. Autómata del switch de la Protección del Sistema 23](#_Toc12430234)

[Figura 6. Arranque de Motor 24](#_Toc12430235)

[Figura 7. Autómata del Arranque del Sistema 25](#_Toc12430236)

[Figura 8. Presurizar Sistema 27](#_Toc12430237)

[Figura 9. Autómata de Presurizar Sistema 27](#_Toc12430238)

[Figura 10. Sección Modo de Operación 29](#_Toc12430239)

[Figura 11. Panel de Control 30](#_Toc12430240)

[Figura 12. Circuito de Cilindros B y C 31](#_Toc12430241)

[Figura 13. Autómata del Modo de Lógica Cableada 32](#_Toc12430242)

[Figura 14. Autómata del movimiento del Cilindro D 33](#_Toc12430243)

[Figura 15. Autómata del movimiento del Cilindro A 35](#_Toc12430244)

[Figura 16. Autómata del Brazo Robótico 37](#_Toc12430245)

[Figura 17. Tabla de estados de transiciones de la figura 16 39](#_Toc12430246)

[Figura 18. Autómata de la Composición Paralela de los Cilindros A y D 40](#_Toc12430247)

[Figura 19. Transiciones del Autómata de Composición Paralela de la Figura 18 42](#_Toc12430248)

[Figura 20. Simulación en Stateflow 43](#_Toc12430249)

[Figura 21. Simulación en StateFlow del encendido del brazo robótico 43](#_Toc12430250)

[Figura 22. Simulación en StateFlow de la lógica cableada del brazo robótico 44](#_Toc12430251)

[Figura 23. Simulación en StateFlow de los clilindros C y D del brazo robótico 44](#_Toc12430252)

# 

# INTRODUCCIÓN

Se realizará la simulación de un brazo robótico que se encuentra en el Laboratorio de Mantenimiento, Control y Automatización de Procesos Industriales, del bloque GM de la Sede Villa del Rosario de la Universidad de Pamplona a través de autómatas con ayuda del software Desuma y la herramienta de Matlab para el modelado, con el uso de Toolbox, STATEFLOW.

El modelado de un proceso robótico, consiste en la caracterización de los movimientos que se puedan presentar, en esta ocasión se modelarán los movimientos de dos cilindros (A y D) de los 6 que posee (A, B, C, D, E, F) el brazo robótico, además del encendido y apagado del mismo.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Universidad de Pamplona existe desde el 2010 el Laboratorio de Mantenimiento, Control y Automatización de Procesos Industriales, en donde se encuentra el brazo robótico, pero existe poca información del modelado del sistema de eventos discretos, también se desconoce el funcionamiento y las restricciones en el manejo y uso.

# JUSTIFICACIÓN

El modelado y la simulación ayuda aclarar como operar este dispositivo para que los estudiantes ya sean de las técnicas o de las distintas carreras de ingeniería, puedan estar más familiarizados al momento de manejar el brazo robótico al conocer las restricciones y los posibles movimientos que se pueden programar, con la idea de minimizar cualquier daño que se pueda presentar por la mala operación.

# 

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Simular el funcionamiento del brazo robótico en STATEFLOW por medio del modelado del sistema de eventos discretos para la simulación del proceso de inicio, los movimientos de dos cilindros (A y D), mano y codo respectivamente y el apagado.

## Objetivos Específicos

* Identificar la secuencia y las conexiones que hay desde el encendido del brazo robótico, hasta el movimiento de los dos cilindros por medio de la lógica cableada.
* Modelar el SED por medio de un autómata finito no determinístico que facilite la interpretación de los eventos que ocurren en los movimientos del brazo robótico.
* Implementar el modelado del brazo robótico en un diagrama de transición de estados.
* Validar el modelado y la simulación con los procesos del brazo robótico real.

# MARCO TEÓRICO

**Brazo robótico**es un tipo de brazo mecánico, normalmente programable, con funciones parecidas a las de un brazo humano; este puede ser la suma total del mecanismo o puede ser parte de un robot más complejo. Las partes de estos manipuladores o brazos son interconectadas a través de articulaciones que permiten tanto un movimiento rotacional (tales como los de un robot articulado), como un movimiento traslacional o desplazamiento lineal. Los brazos robóticos en las líneas de ensamblado de la industria automovilística realizan una variedad de tareas tales como soldar y colocar las distintas partes durante el ensamblaje. En algunas circunstancias, lo que se busca es una simulación de la mano humana, como en los robots usados en tareas de desactivación de explosivos.

**Lógica cableada** es una forma de realizar controles, en la que el tratamiento de datos (botonería, fines de carrera, sensores, presóstatos, etc.), se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares, frecuentemente asociados a temporizadores y contadores. Consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ello contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, válvulas óleo-hidráulicas y neumáticas, así como demás elementos según las necesidades demandadas por el cliente. Los circuitos cableados incluyen funciones de mando y control, de señalización, de protección y de potencia. Sin olvidar la correspondiente protección de la instalación mediante sus correspondientes elementos de protección, magnetotérmicos, guardamotores, variadores de frecuencia, fuentes de potencia y diferenciales. Cualquier cambio en la programación de la instalación, pasará por modificar el cableado y los elementos de forma que cumplan las nuevas funciones de mando, protección y potencia. Los automatismos de lógica cableada se suelen emplear en instalaciones pequeñas y en lugares críticos donde la seguridad de personas y máquinas no puede depender de la lógica programada. Aunque hay que señalar que hoy en día, se ha avanzado mucho en este terreno de la seguridad y existen detectores y autómatas programables especialmente diseñados para controlar la seguridad de las personas.

**Autómata** es un modelo matemático para una máquina de estado finito, en el que dada una entrada de símbolos, “salta” mediante una serie de estados de acuerdo a una función de transición (que puede ser expresada como una tabla). Esta función de transición indica a qué estado cambiar dados el estado actual y el símbolo leído.

Definición formal de un autómata: un autómata de estado finito es una quíntupla de elementos:

**G = ()** donde

* es un alfabeto finito.
* es el conjunto de estados finitos.
* es la función de transición
* es el estado inicial
* es el conjunto de estados marcados

Cuando se construye la tabla de transición:

**δ (E,a) = R** significa que si se está en un estado **E** y se lee un símbolo **a** cambia al estado **R**.

**Autómata finito determinista** (AFD) Es un autómata finito que además es un sistema determinista; es decir, para cada estado en que se encuentre el autómata, y con cualquier símbolo del alfabeto leído, existe siempre no más de una transición posible desde ese estado y con ese símbolo.

**Autómata finito no determinista** (AFND) Es un autómata finito que, a diferencia de los autómatas finitos deterministas, posee al menos un estado, en el que para un símbolo del alfabeto, existe más de una transición posible.

* **Estados**: Los estados del autómata son representados por círculo. Los nombres de los estados están escritos dentro de esos círculos.
* **Estado inicial**: Estado en el cual el autómata inicia. El estado inicial tiene una flecha apuntando hacia él.
* **Estados Intermedios**: Todos los estados intermedios tienen al menos 2 flechas; una apuntando hacia el estado y otra apuntando hacia otro estado.
* **Estado Final**: Si una cadena es parseada exitosamente, se espera que el autómata quede en este estado. Se representa con un círculo doble. Puede tener una cantidad impar de flechas apuntando hacia él y una cantidad par de flechas apuntando hacia otros estados. El número de flechas impares es siempre uno más que el de flechas pares.
* **Transición**: La transición de un estado a otro ocurre cuando un símbolo deseado es encontrado en la cadena de entrada. Después de una transición, un autómata se puede mover al siguiente estado, o quedarse en el mismo estado. El movimiento de un estado a otro es representado por una flecha dirigida, esta flecha apunta al estado de destino. si el autómata se queda en el mismo estado se dibuja una flecha que apuntara hacia el mismo.

**MATLAB** (abreviatura de matrix laboratory, "laboratorio de matrices") es un sistema algebraico computacional que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux.

**SIMULINK** es una toolbox especial de MATLAB que sirve para simular el comportamiento de los sistemas dinámicos. Puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y sistemas híbridos de todos los anteriores.

**STATEFLOW** permite diseñar y desarrollar control de supervisión, planificación de tareas, gestión de fallos, protocolos de comunicación, interfaces de usuario y sistemas híbridos. Con Stateflow, podrá simular lógica de decisión combinatoria y secuencial que se puede simular como un bloque dentro de un modelo de Simulink o se puede ejecutar como un objeto en MATLAB. La animación gráfica permite analizar y depurar la lógica durante la ejecución. Las comprobaciones en tiempo de edición y en tiempo de ejecución garantizan que el diseño sea coherente y esté completo antes de la implementación.

**Simulación** consiste en imitar o fingir que se está realizando una acción cuando en realidad no se está llevando a cabo. Recientes avances en las metodologías de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas. A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema. Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.

**Modelado** Es aquello que sirve para representar o describir otra cosa es decir crea prototipos (1° diseño), el modelo puede tener una forma semejante o ser totalmente distinto del objeto real.

**Modelo** representación simplificada de un sistema real, un proceso o una teoría, con el que se pretende aumentar su comprensión hacer predicciones y posiblemente ayudar a controlar el sistema.

**Sistemas de Eventos Discretos** también conocidos como DES, son sistemas compuestos por un espacio de estados discretos y conducidos por eventos, en los cuales la evolución de los estados depende únicamente de la ocurrencia de eventos discretos que ocurren en espacios de tiempo asíncronos. Al establecer que los DES poseen estados discretos, significa que el espacio de estados del sistema está descrito por un conjunto discreto. Ejemplo: {0, 1, 2,..}, {vacío, lleno, llenando}, {desocupado, ocupado}, {encendido, operando, apagado}.

El otro componente de los Des son las transiciones, que son observadas en puntos discretos de tiempo. Las transiciones se asocian con eventos y son los encargados de conducir el sistema de une estado a otro. Dichos eventos pueden ser vistos como una ocurrencia instantánea de un suceso que ocasiona transiciones desde un estado a otro. Así un evento puede ser identificado con una acción determinada, ejemplo: alguien presiona un interruptor. También son vistos como una ocurrencia espontánea dictada por la naturaleza, ejemplo: un corte de energía eléctrica, o puede ser el resultado de un conjunto de acciones, ejemplo: el nivel del tanque llega a un valor determinado y la temperatura de un salón es la indicada.

# METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se llevó a cabo una investigación exploratoria, ya que son pocas las investigaciones que se encuentran acerca del modelado de sistemas de eventos discretos por medio de autómatas con simulación de diagramas de estados de transición en STATEFLOW. Para entender un poco más el funcionamiento del brazo robótico, conocer sus articulaciones, movimientos y formas de operar o manipular, se visitó el Laboratorio de Mantenimiento, Control y Automatización de Procesos Industriales que es donde se encuentra dicho dispositivo.

Luego, ya con datos obtenidos después de la visita al laboratorio, se procede a iniciar con el modelado del autómata finito no determinístico que describa la secuencia qu ese lleva a cabo desde el momento en que se enciende, hasta los movimientos del brazo, con el fin de simularlo en STATEFLOW.

Etapa 1:

Planteamiento del Problema

Etapa 2:

Elaboración del Marco Teórico

Etapa 5:

Recolección de Datos: Material digital proporcionado por el Laboratorio

Etapa 4:

Selección muestra:

Brazo robótico ubicado en el Laboratorio de Mantenimiento, Control y Automatización de Procesos Industriales

Etapa 7:

Reporte final: Modelado y Simulación del Brazo Robótico

Etapa 3:

Tipo de Investigación: Exploratoria

Etapa 6:

Análisis de Datos: Conocimiento de los procedimientos y restricciones del dispositivo

# MODELADO DEL BRAZO ROBÓTICO



Cilindro D

Cilindro A

Figura 1. Brazo robótico del Laboratorio

El brazo que se encuentra en la Laboratorio lo podemos observar en la Figura 1. Ya conociendo un poco más el funcionamiento del brazo robótico, se procede a modelarlo por medio de un autómata finito no determinístico, para así poder simularlo.

## Subsistemas del Brazo Robótico

Se iniciará modelando parte por parte o por los subsistemas, para un mejor entendimiento y finalmente se unirán todas las partes o secciones para formar el autómata final. Dichos autómatas, tendrán su definición formal y una nomenclatura que describe el significado de los estados y procesos para facilitar su comprensión.

Existe una serie de pasos para la manipulación y el buen funcionamiento que es el siguiente:

### **Botón de Emergencia**

Inicialmente este botón se encuentra desactivado como se observa en la Figura 1. Al momento en que se quiere manipular el brazo, éste se debe activar, esto se hace girando el botón hacia la derecha, y ya estará activado. Para cualquier suceso inesperado al momento de estar en funcionamiento el brazo, para activar la emergencia y esto apagara de forma inmediata todo el sistema del brazo robótico o al momento de apagar se debe presionar el botón.



Figura 2. Botón de Emergencia

En la Figura 3 se observa el modelado del autómata que representa el botón de la Figura 2:

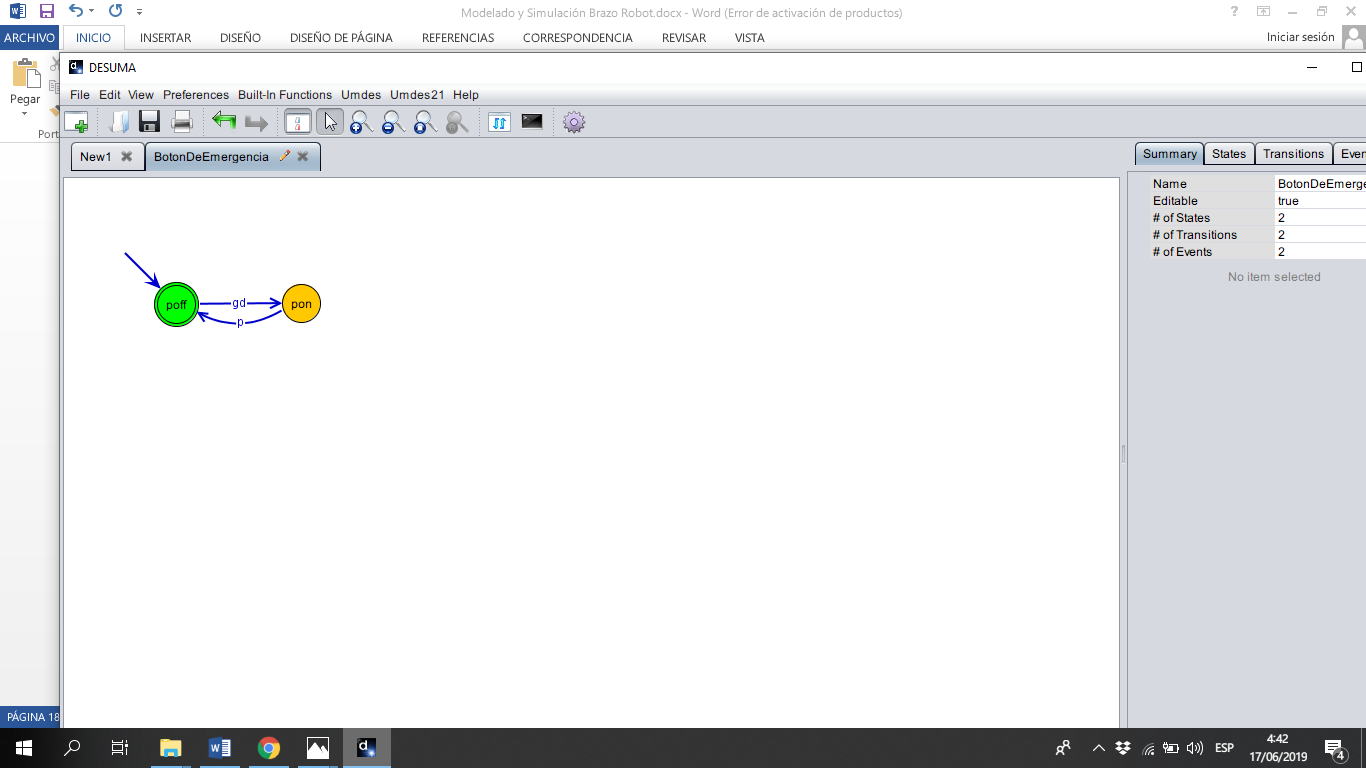


Figura 3. Autómata del Botón de Emergencia

Nomenclatura

poff → perilla off  
pon → perilla on  
gd → girar a la derecha

p → presionar

**G = ()** donde

* = {gd, p}
* = {poff, pon}
* = {δ(poff, gd) = pon, δ(pon, p) = poff  }
* = {poff}
* = {poff}

### **Protección del Sistema**

Es un switch como se ve en la Figura 4 que protege al sistema de un apagón repentino en el laboratorio, para que no afecte internamente los circuitos. Para activarlo hay que girarlo a la derecha y al momento de apagar, se gira a la izquierda.



Figura 4. Switch de la Protección del Sistema

En la Figura 5 se observa el modelado del autómata que representa el switch de la Figura 4:

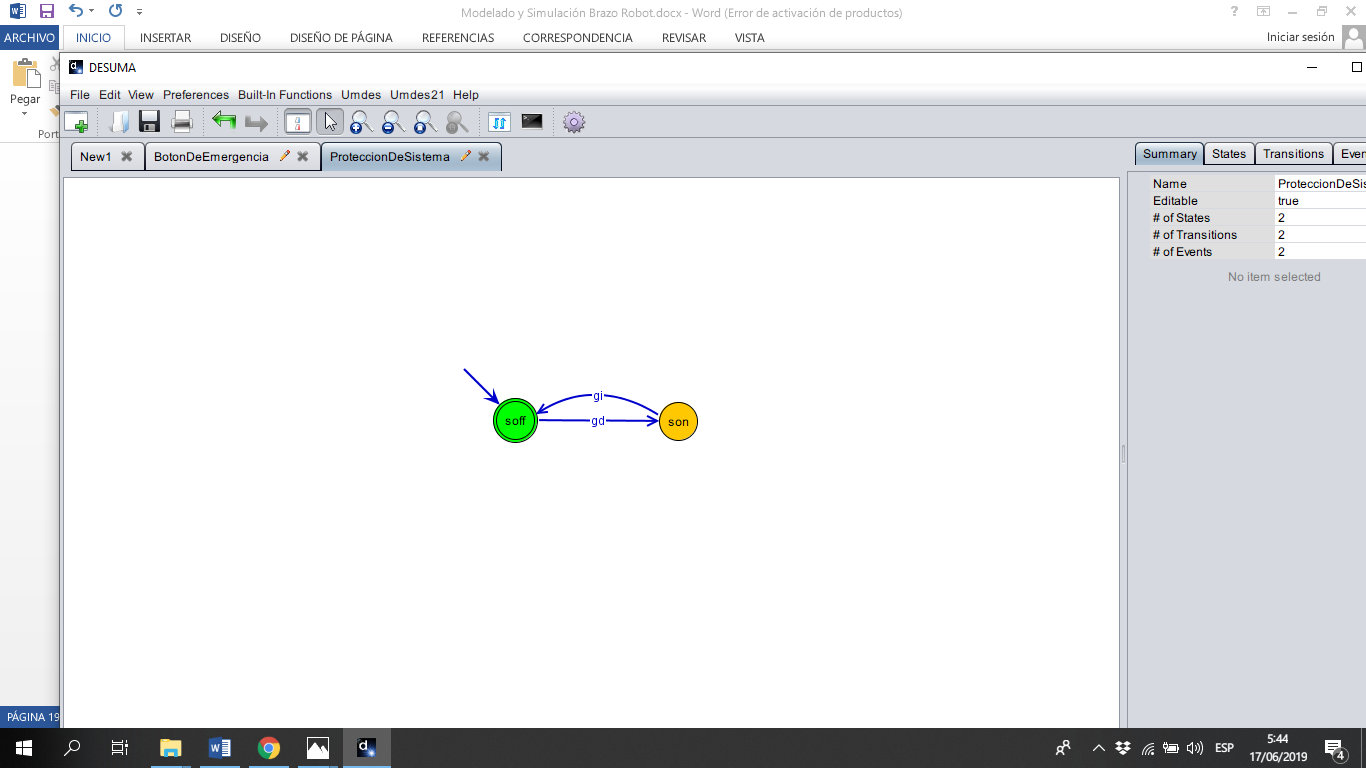


Figura 5. Autómata del switch de la Protección del Sistema

Nomenclatura

soff → switch off  
son → switch on  
gd → girar a la derecha

gi → girar a la izquierda

**G = ()** donde

* = {gd, p}
* = {soff, son}
* = {δ(soff, gd) = son, δ(son, p) = soff  }
* = {soff}
* = {soff}

### **Arranque del motor**

El arranque del motor o el sistema de arranque está constituido por el motor y una bomba, que juntos permiten el paso de corriente para el sistema. Este arranque está conformado por una llave y dos botones como se observa en la *Figura 6*. Al momento de arrancar, primero se debe girar la llave hacia la derecha y segundo presionar el botón verde para completar el arranque. Cuando se está en el proceso de apagado, primero se debe presionar el botón rojo y luego, se gira la llave hacia la izquierda.



Figura 6. Arranque de Motor

En la Figura 7 se observa el modelado del autómata que representa el arranque del sistema de la Figura 6:

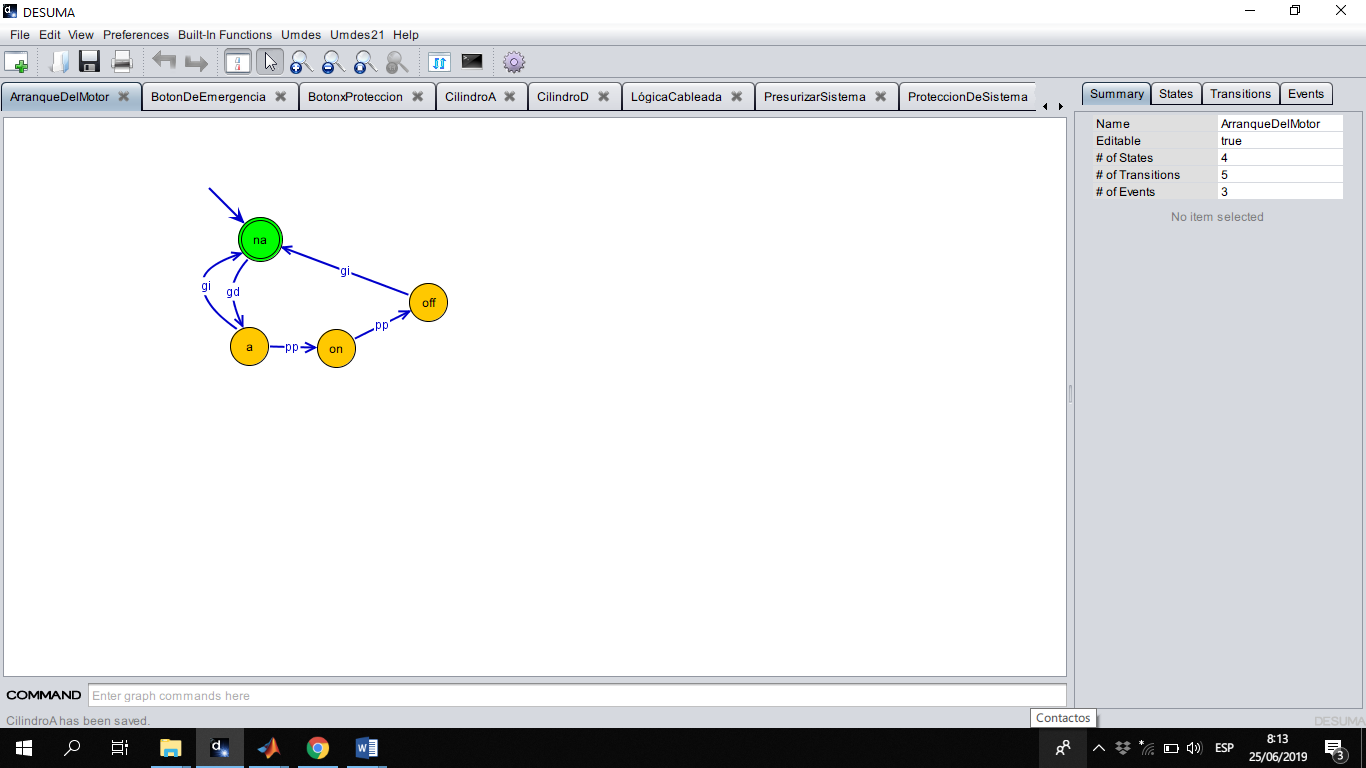


Figura 7. Autómata del Arranque del Sistema

Nomenclatura

na → no alimentado   
a → alimentado  
on → encendido

off → apagado

pp → presionar pulsador

gd → girar a la derecha

gi → girar a la izquierda

**G = ()** donde

* = {pp, gd, gi}
* = {na, a, on, off}
* = {δ(na, gd) = a, δ(a, gi) =, δ(a, pp) = on, δ(on, pp) = off, δ(off, gi) = na }
* = {na}
* = {na}

### **Presurizar Sistema**

Cuando se presuriza el sistema, en este caso se hace por medio de una pulsador de color verde, al presionarlo, se envía aceite a las mangueras que se conectan con los cilindros del brazo, para prepararlos a los movimientos que próximamente se realizarán, cuando se despresuriza que presionando el pulsador de color rojo, se retira el aceite que ahí allí. En la Figura 11 se observa la sección que ocasiona este evento.



Figura 8. Presurizar Sistema

En la Figura 9 se observa el modelado del autómata que representa presurizar el sistema de la Figura 8:

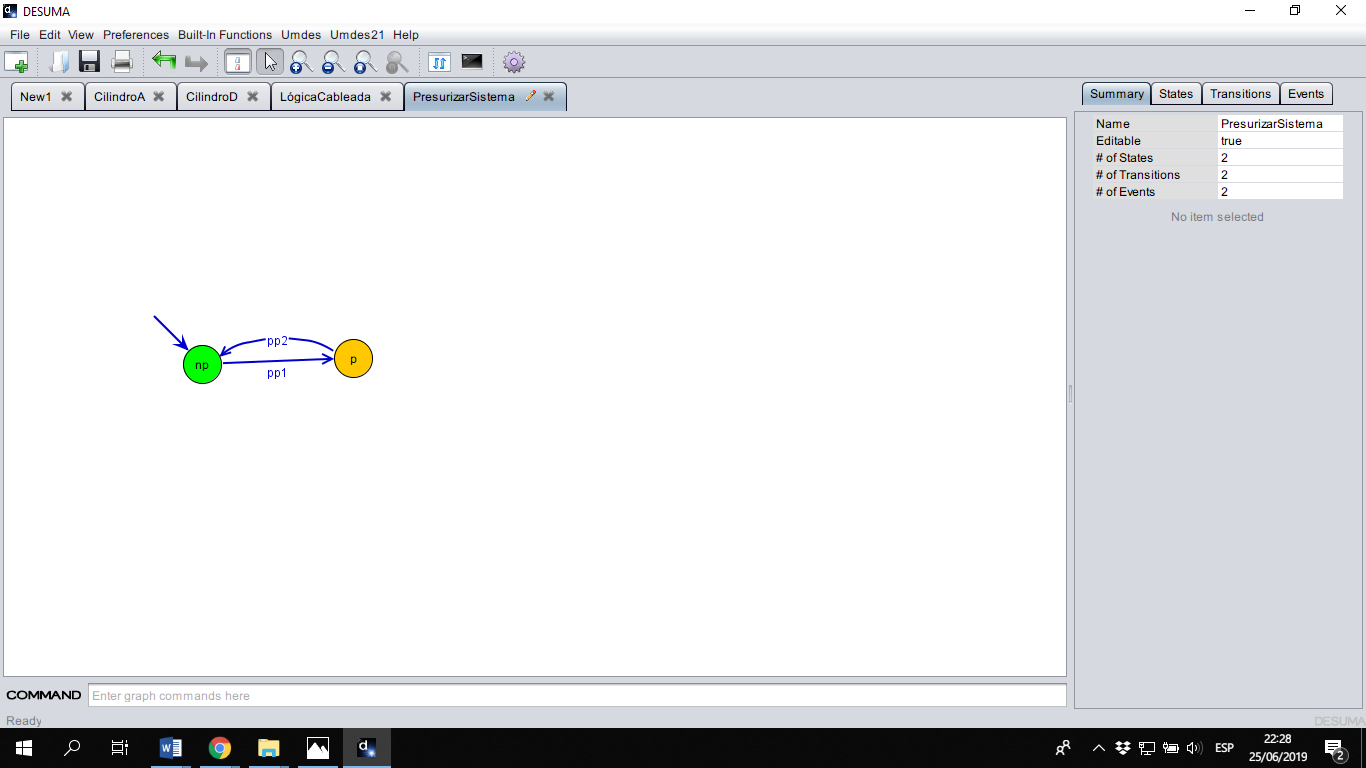


Figura 9. Autómata de Presurizar Sistema

Nomenclatura

pp1 → presionar pulsador verde  
pp2 → presionar pulsador rojo

pp → presurizado  
no → no presurizado

**G = ()** donde

* = {pp1, pp2}
* = {np, p}
* = {δ(np, pp1) = p, δ(p, pp2) = np  }
* = {np}
* = {np}

### **Selección Modo de Operación**

Este dispositivo cuenta con tres Modos de Pperación, solo se puede escoger un Modo a la vez para evitar cortos eléctricos. En esta sección se encuentran tres perillas como se ve en la Figura 10, que corresponden a los siguientes Modos de Operación respectivamente:

* Lógica Cableada
* Joy Stick
* PLC



Operación por Lógica Cableada

Operación por Joy Stick

Operación por PLC

Figura 10. Sección Modo de Operación

En esta ocasión se trabajó en el Modo de “Lógica Cableada”, ya que al momento de asistir al laboratorio el Modo de “Joy Stick” estaba fuera de servicio y Modo de “PLC” no se observó.

La lógica cableada permite al estudiante u operario, establecer un control cableado eléctrico sobre el movimiento que quiere efectuar en el brazo robótico. Antes de girar la perilla para comenzar con el funcionamiento del brazo, se debe realizar un pequeño circuito en el panel que se observa en la Figura 11, para la conexión de válvulas de control direccional, carreras finales, y potenciómetros para el control de posición de las secciones de los brazos, o movimientos que queremos realizar en el brazo.

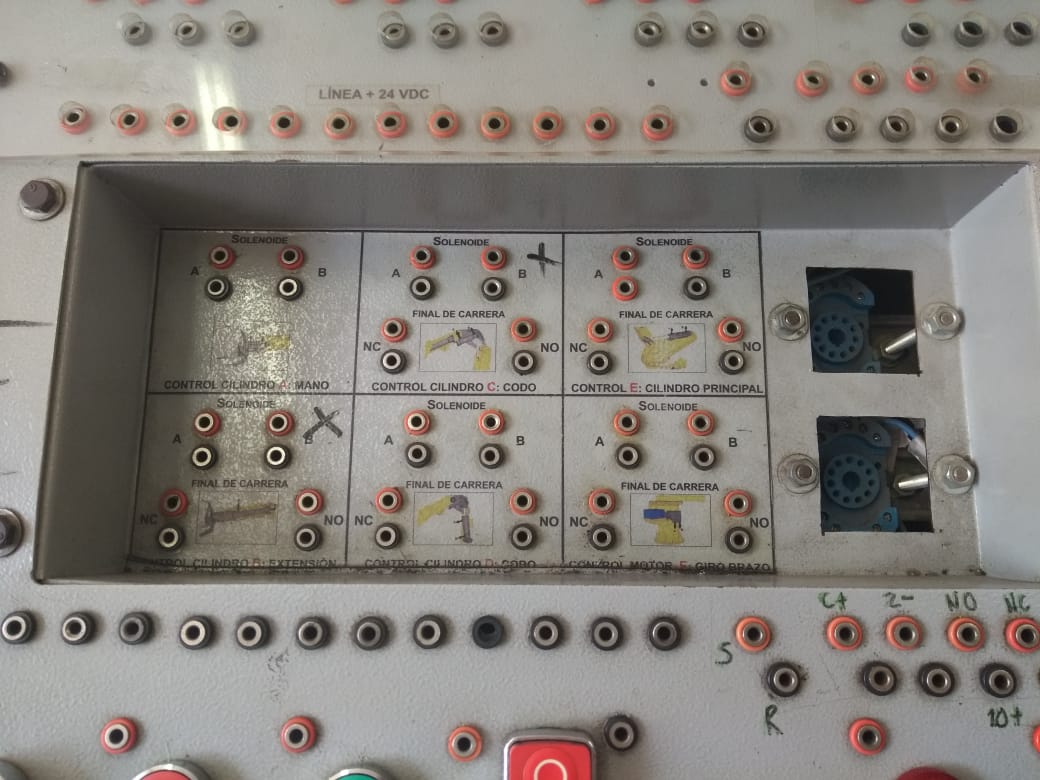
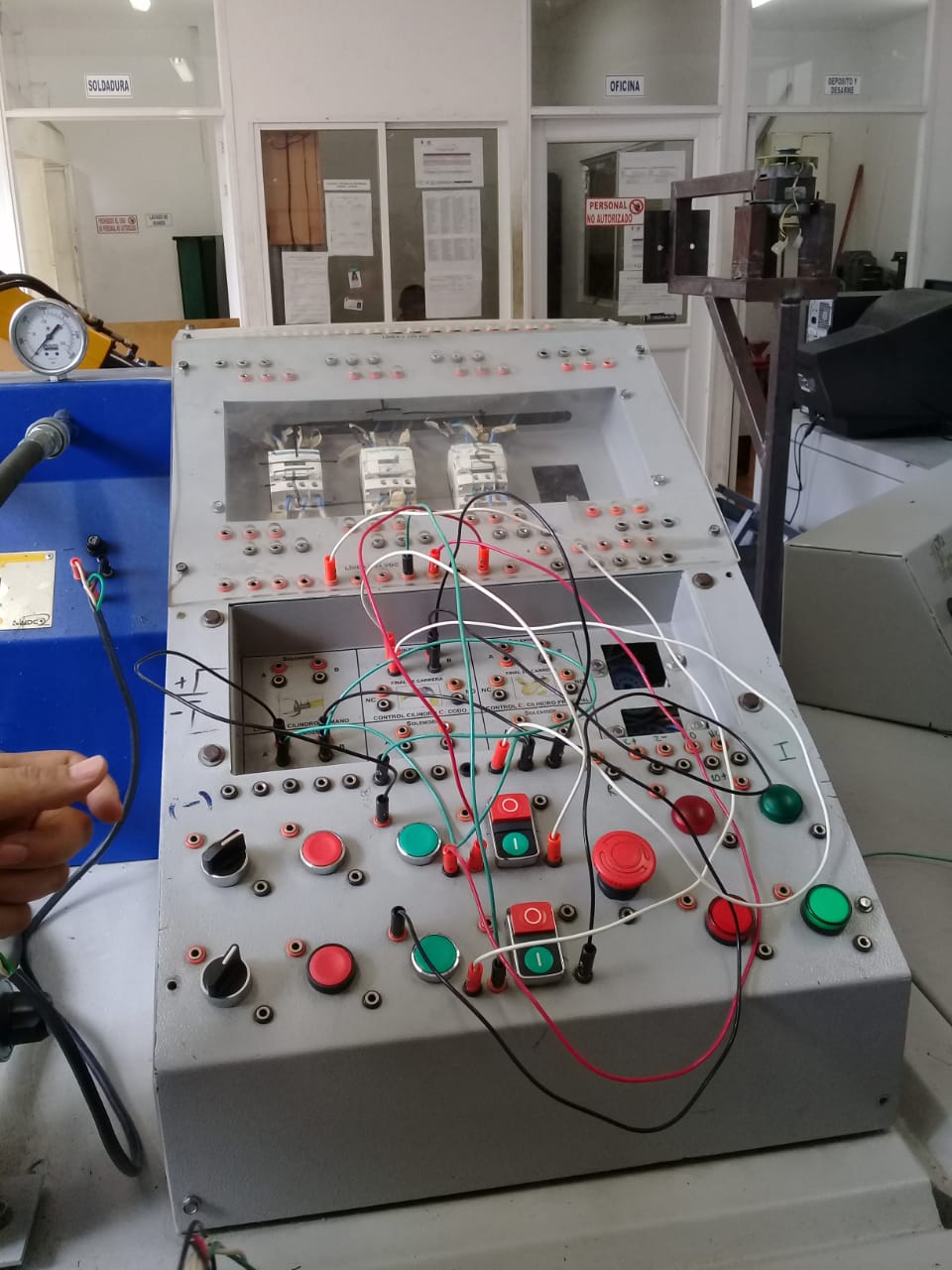


Figura 11. Panel de Control

Cada movimiento necesita dos pulsadores, entonces, para comenzar hacer le circuito se debe conectar un extremo del pulsador con la línea de 24V (roja), el otro extremo del pulsador se conecta con un extremo del solenoide, y el otro extremo del solenoide se conecta con la línea negativa (negra), y así sucesivamente con los movimientos que queremos efectuar en el brazo. En la Figura 12 se observa un ejemplo del circuito formado para los cilindro B y C.



Solenoides

Línea 24V

Línea Negativa

Extremo de Pulsadores

Figura 12. Circuito de Cilindros B y C

Una vez esté listo el circuito, se procede a girar la perilla que da el paso al Modo de Lógica cableada, para posteriormente ver en funcionamiento los movimientos de los cilindros relacionados en el circuito.

En la Figura 13 se observa el modelado del autómata que representa selección del modo de la lógica cableada de la Figura 10:

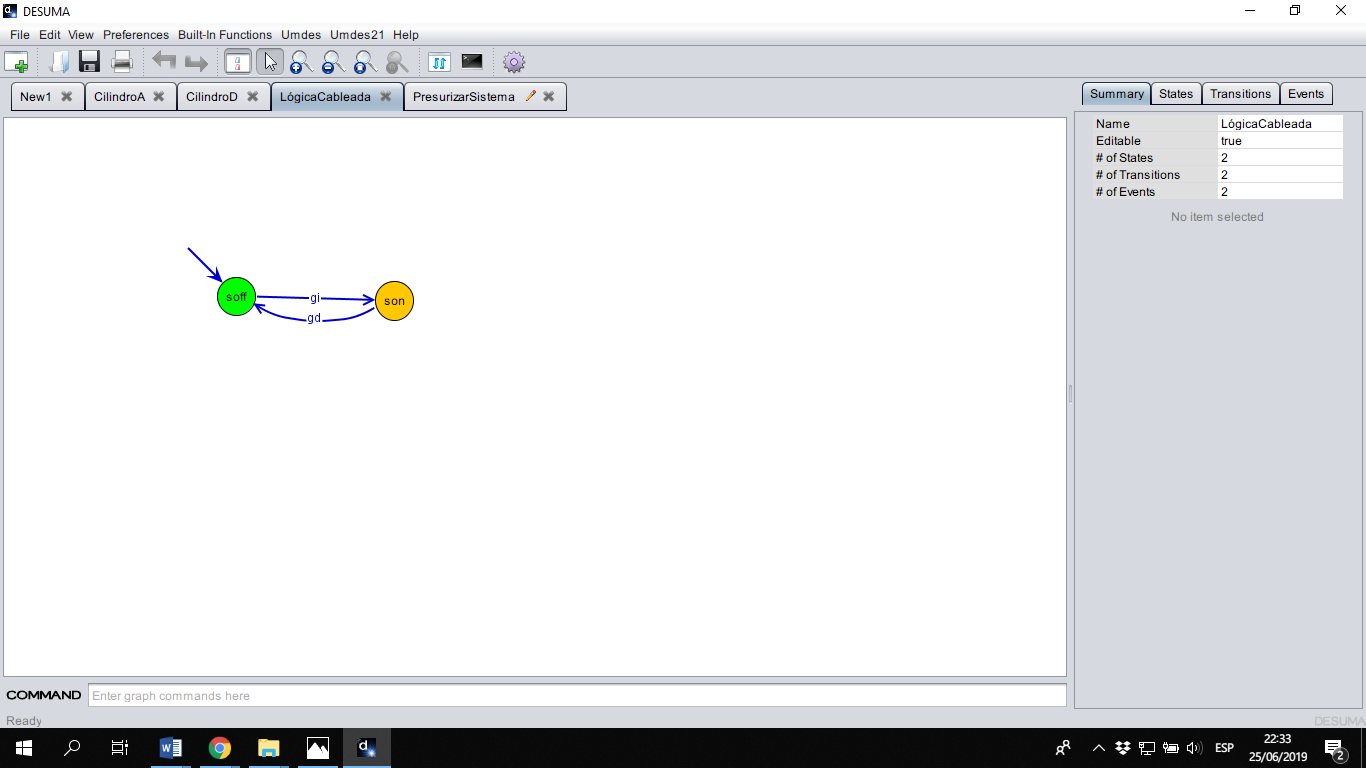


Figura 13. Autómata del Modo de Lógica Cableada

Nomenclatura

soff → switch off  
son → switch on  
gd → girar a la derecha

gi → girar a la izquierda

**G = ()** donde

* = {gd, gi}
* = {soff, son}
* = {δ(soff, gd) = son, δ(son, gi) = soff  }
* = {soff}
* = {soff}

### **Movimiento del Cilindro D**

El cilindro D efectúa el movimiento del codo D en el brazo robótico, haciendo que el codo llegue a una apertura de un 90%, ya que si se sigue intentando subir hasta llegar a un 100%, pueden haber daños en la infraestructura del Laboratorio de Mantenimiento, Control y Automatización de Procesos Industriales porque chocaría con el techo de dicho laboratorio. Este movimiento se realiza por medio de dos pulsadores que anteriormente fueron conectados en el circuito, uno que realiza la acción y otro la contracción. Este codo se puede observar en la Figura 1.

En la Figura 14 se observa el modelado del autómata que representa el movimiento del cilindro D del brazo en la Figura 1:

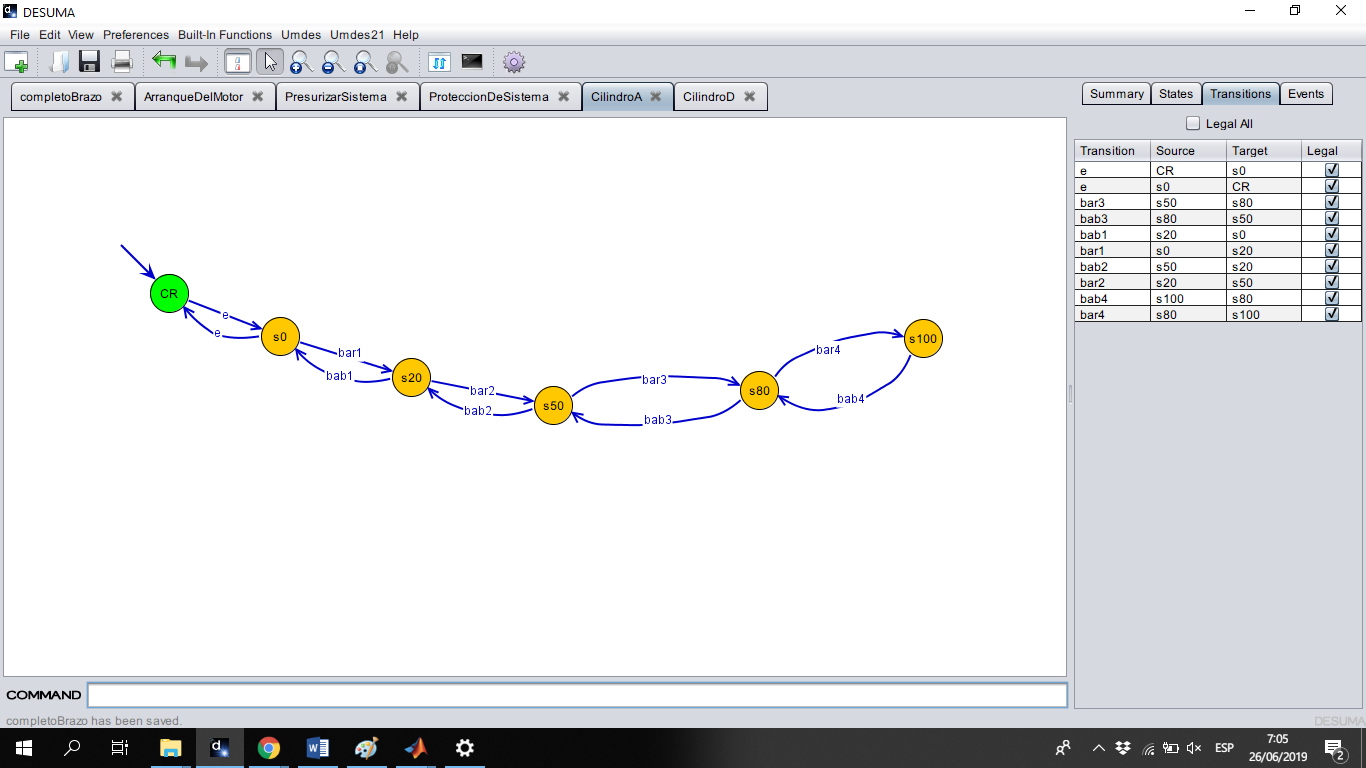


Figura 14. Autómata del movimiento del Cilindro D

Nomenclatura

CR → circuito listo  
s0 → elevado 0%  
s20 → elevado 20%

s50 → elevado 50%  
s80 → elevado 80%  
s100 → elevado 100%

bar1 → botón para elevar 20%

bar2 → botón para elevar 30%

bar3 → botón para elevar 30%

ba4r → botón para elevar 20%  
bab1→ botón para bajar 20%

bab2→ botón para bajar 30%

bab3→ botón para bajar 30%

bab4→ botón para bajar 20%

**G = ()** donde

* = {bar1, bar2, bar3, bar4, bab1, bab2, bab3, bab4 }
* = {CR, s0, s20, s50, s80, s100}
* = { δ(CR, e) = s0,δ(s0, bar1) = s20, δ(s20, bar2) = s50, δ(s50, bar3) = s80, δ(s80, bar4) = s100, δ(s100, bab4) = s80, δ(s80, bab3) = s50, δ(s50, bab2) = s20, δ(s20, bar1) = s0 }
* = {CR}
* = {CR}

### **Movimiento del Cilindro A**

El cilindro A efectúa el movimiento de la mano en el brazo robótico, haciendo que el codo llegue a una apertura de un 100%. Este movimiento se realiza por medio de dos pulsadores que anteriormente fueron conectados en el circuito, uno que realiza la acción y otro la contracción. Este codo se puede observar en la Figura 1.

En la Figura 15 se observa el modelado del autómata que representa el movimiento del cilindro D del brazo en la Figura 1:

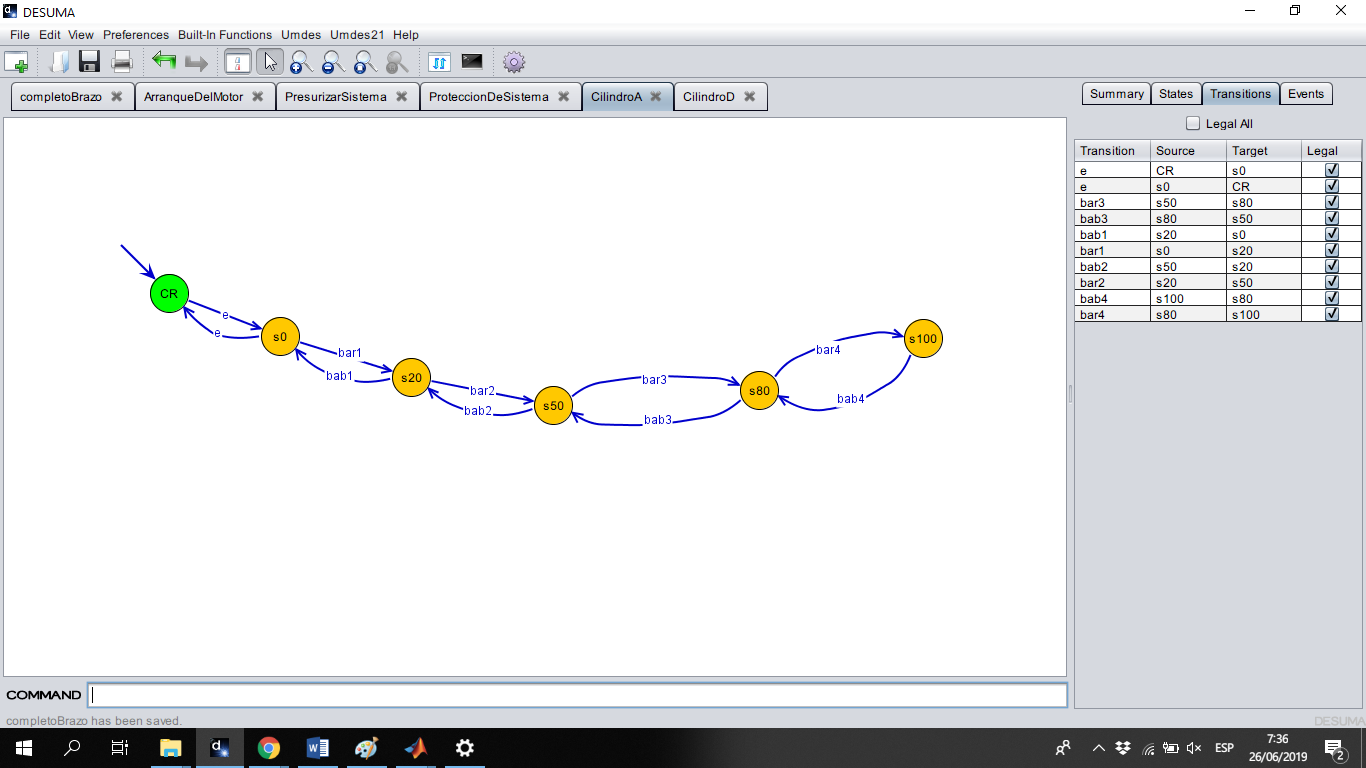


Figura 15. Autómata del movimiento del Cilindro A

Nomenclatura

CR → circuito listo  
a0 → abierto 0%  
a20 → abierto 20%

a50 → abierto 50%  
a80 → abierto 80%  
a100 → abierto 100%

ba1 → botón para abrir 20%

ba2 → botón para abrir 30%

ba3 → botón para abrir 30%

ba4→ botón para abrir 20%  
bc1→ botón para cerrar 20%

bc2→ botón para cerrar 30%

bc3→ botón para cerrar 30%

bc4→ botón para cerrar 20%

**G = ()** donde

* = {ba1, ba2, ba3, ba4, bc1, bc2, bc3, bc4 }
* = {CR, a0, a20, a50, a80, a100}
* = { δ(CR, e) = s0,δ(a0, ba1) = a20, δ(a20, ba2) = a50, δ(a50, ba3) = a80, δ(a80, ba4) = a100, δ(a100, bc4) =a80, δ(a80, bc3) = a50, δ(a50, bc2) = a20, δ(a20, bc1) = a0 }
* = {CR}
* = {CR}

### **Modelado Final del Autómata del Brazo Robótico**

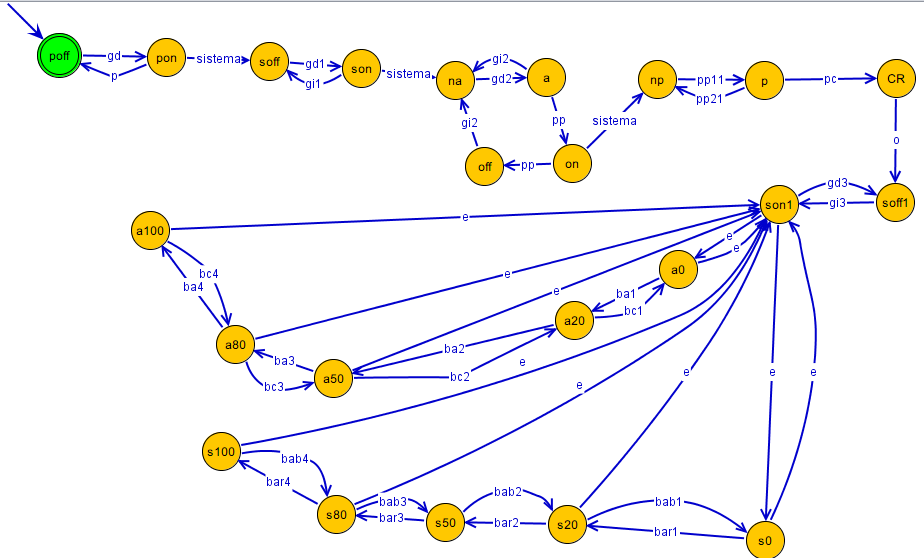


Figura 16. Autómata del Brazo Robótico

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Estado Presente | Transición | Estado Destino |
| poff | gd | pon |
| pon | p | poff |
| soff | gd1 | son |
| son | gi1 | soff |
| pon | sistema | soff |
| na | gd2 | a |
| a | gi2 | na |
| a | pp | on |
| on | pp | off |
| off | gi2 | na |
| son | sistema | na |
| np | pp11 | p |
| p | pp21 | np |
| on | sistema | np |
| p | pc | CR |
| soff1 | gi3 | son1 |
| son1 | gd3 | soff1 |
| CR | o | soff1 |
| s0 | e | son1 |
| a0 | ba1 | a20 |
| son1 | e | a0 |
| a20 | ba2 | a50 |
| a50 | ba3 | a80 |
| s50 | bab2 | s20 |
| s80 | bab3 | s50 |
| s100 | bab4 | s80 |
| a80 | ba4 | a100 |
| a100 | bc4 | a80 |
| a80 | bc3 | a50 |
| a50 | bc2 | a20 |
| a20 | bc1 | a0 |
| s20 | bab1 | s0 |
| s0 | bar1 | s20 |
| s20 | bar2 | s50 |
| s50 | bar3 | s80 |
| a0 | e | son1 |
| s100 | e | son1 |
| s80 | e | son1 |
| s20 | e | son1 |
| s80 | bar4 | s100 |
| a50 | e | son1 |
| a100 | e | son1 |
| a80 | e | son1 |
| son1 | e | s0 |

Figura 17. Tabla de estados de transiciones de la figura 16

### **Composición Paralela de los Movimientos de los Cilindros A y D del Brazo Robótico**

Se eligió esta composición ya que no se pueden efectuar dos movimientos al mismo tiempo o síncronamente, por ende, no tiene eventos o transiciones similares, a los cuales se les pueda aplicar una composición de Producto. La composición paralela resultante se puede observar en la Figura 18.

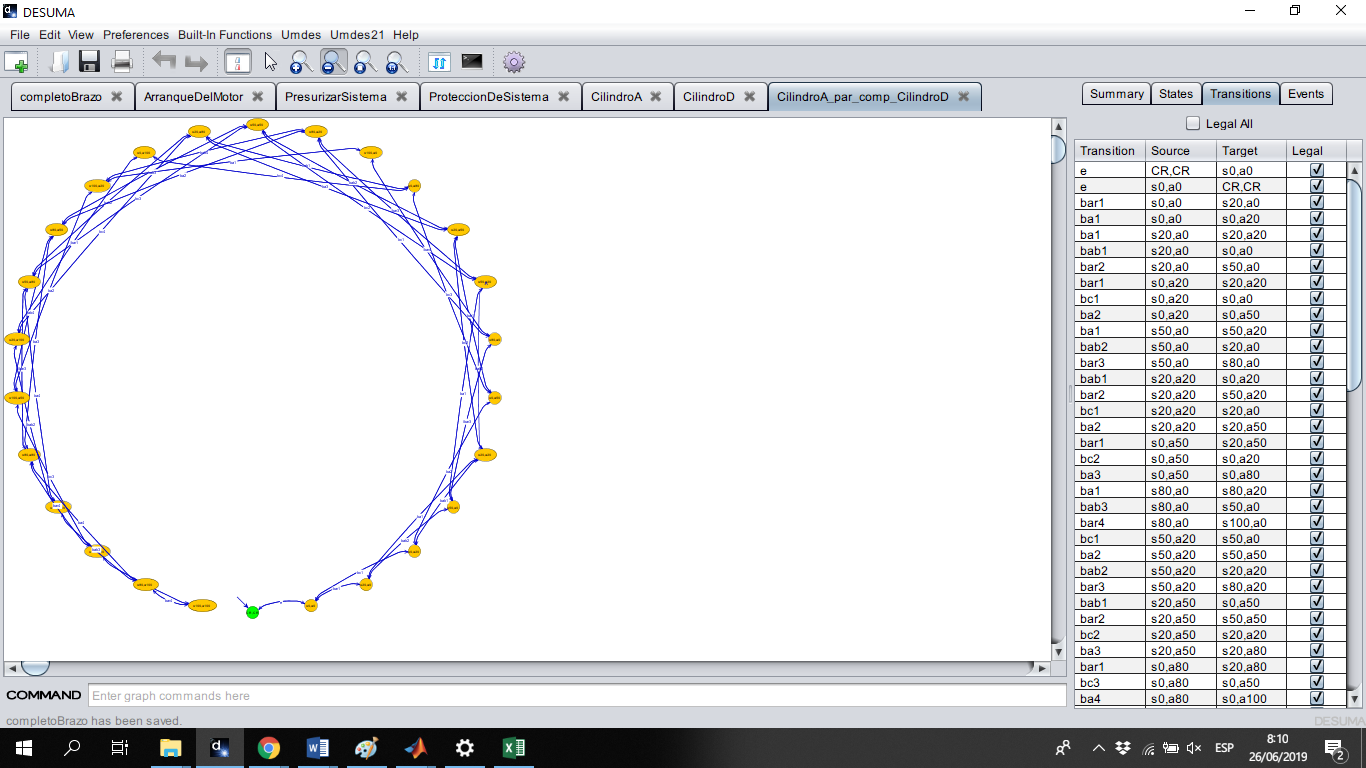
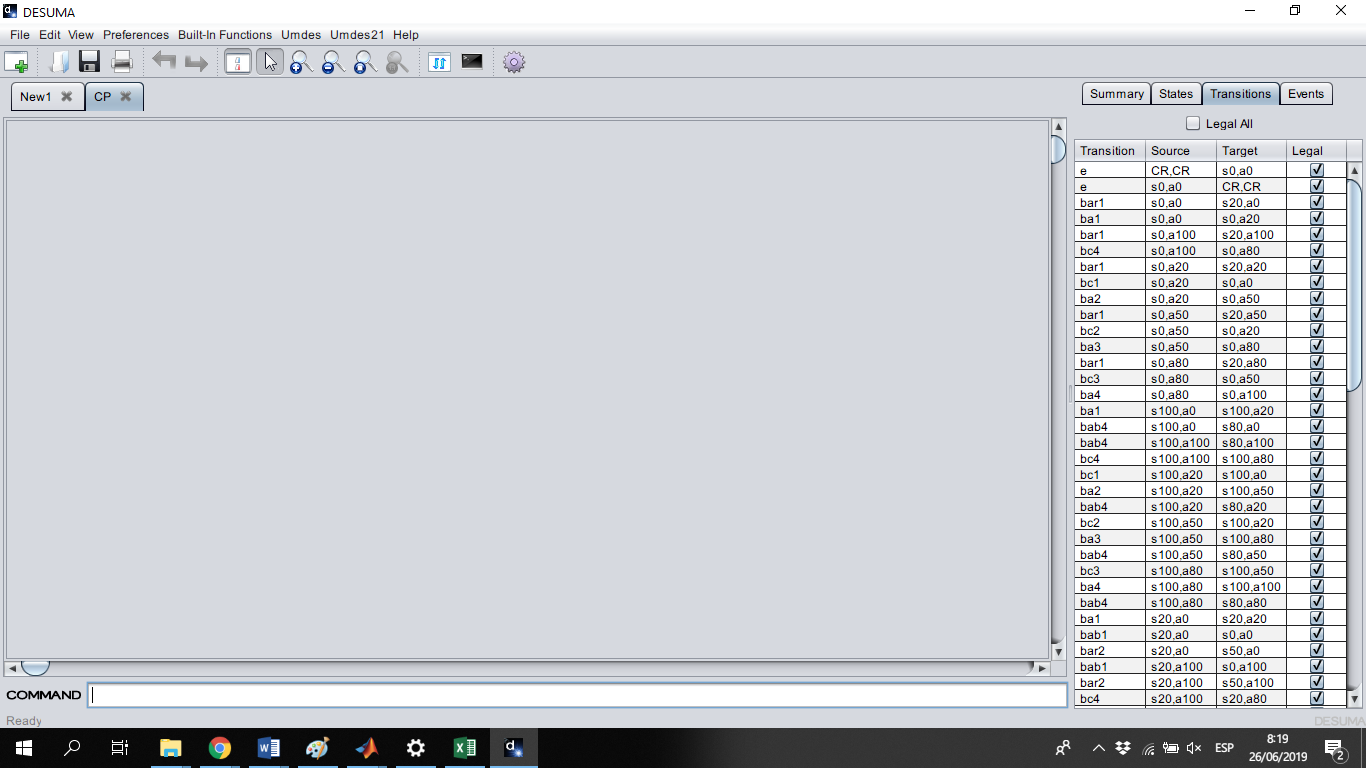


Figura 18. Autómata de la Composición Paralela de los Cilindros A y D

(Transición| Estado Presente|Estado Destino)  


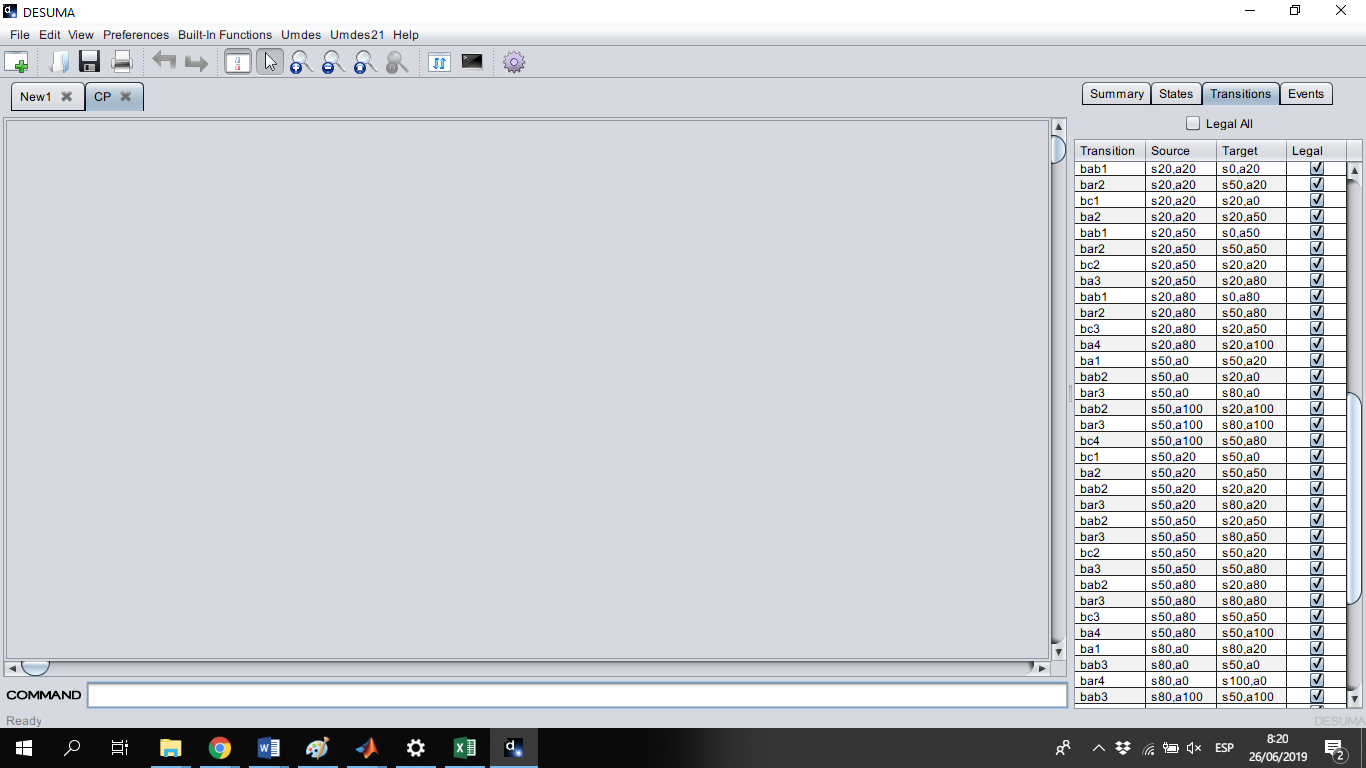
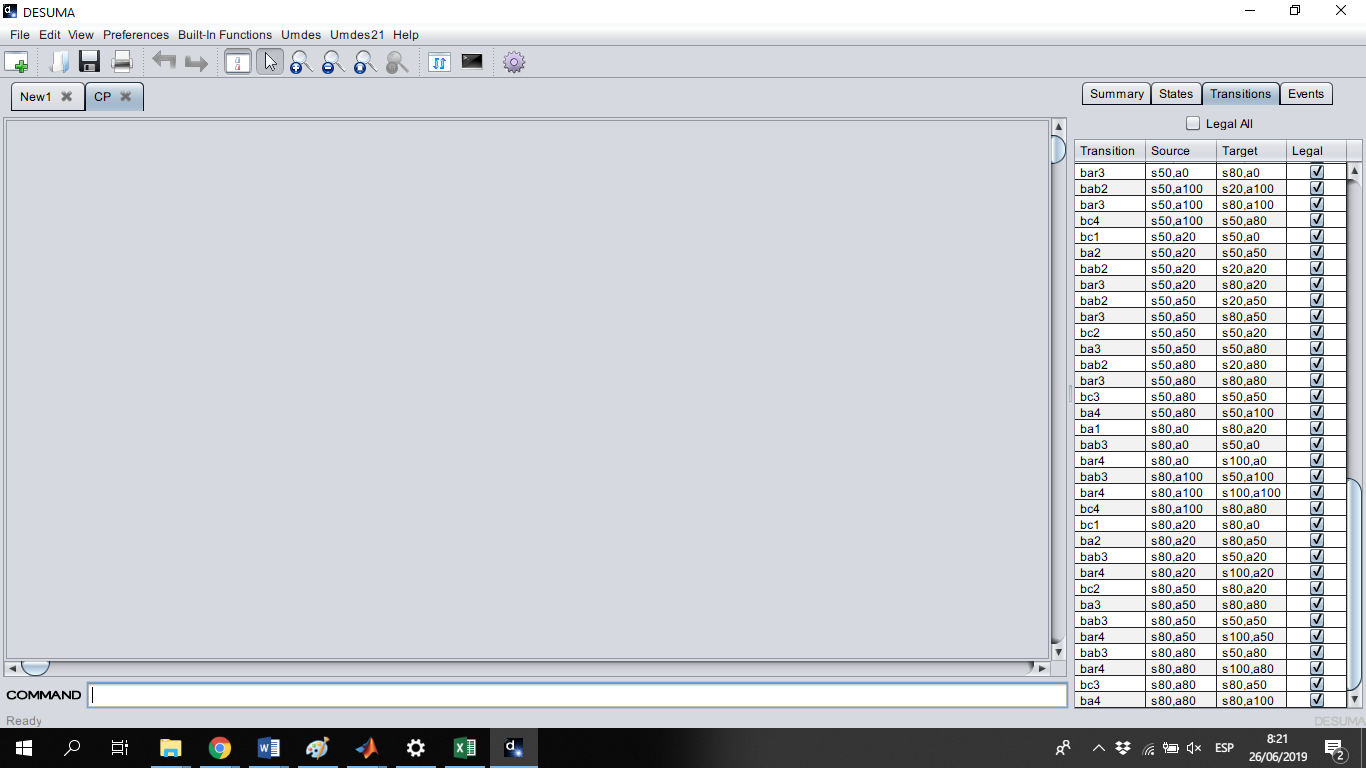
   


Figura 19. Transiciones del Autómata de Composición Paralela de la Figura 18

### **Simulación en Stateflow del Brazo Robótico**

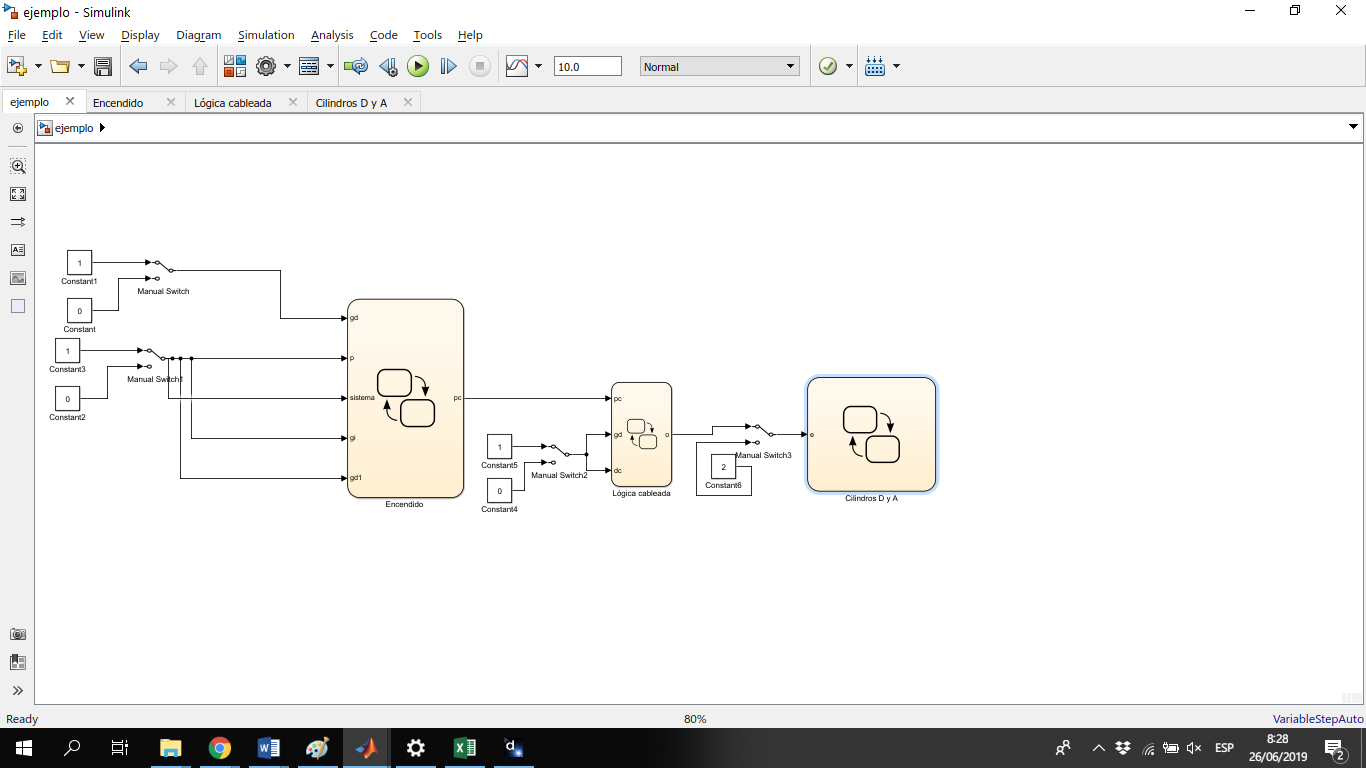


Figura 20. Simulación en Stateflow

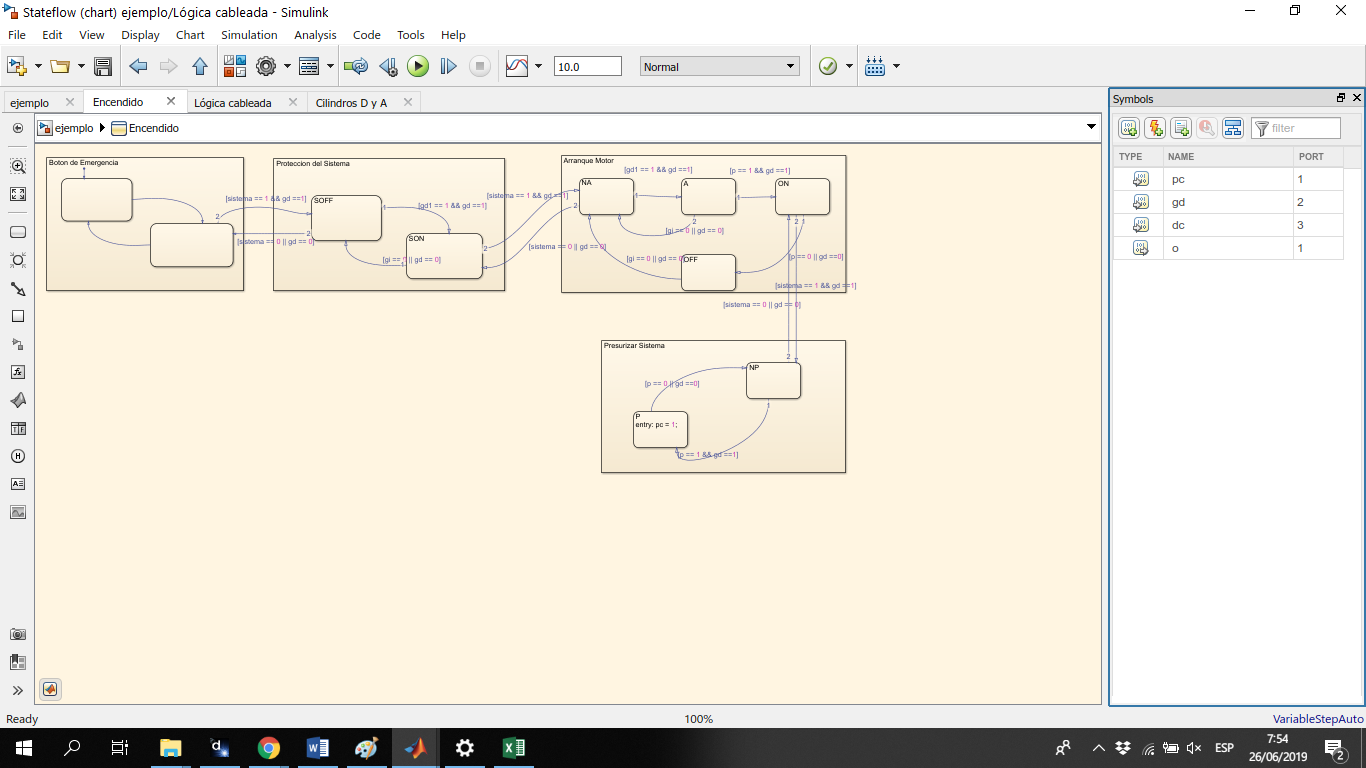


Figura 21. Simulación en StateFlow del encendido del brazo robótico

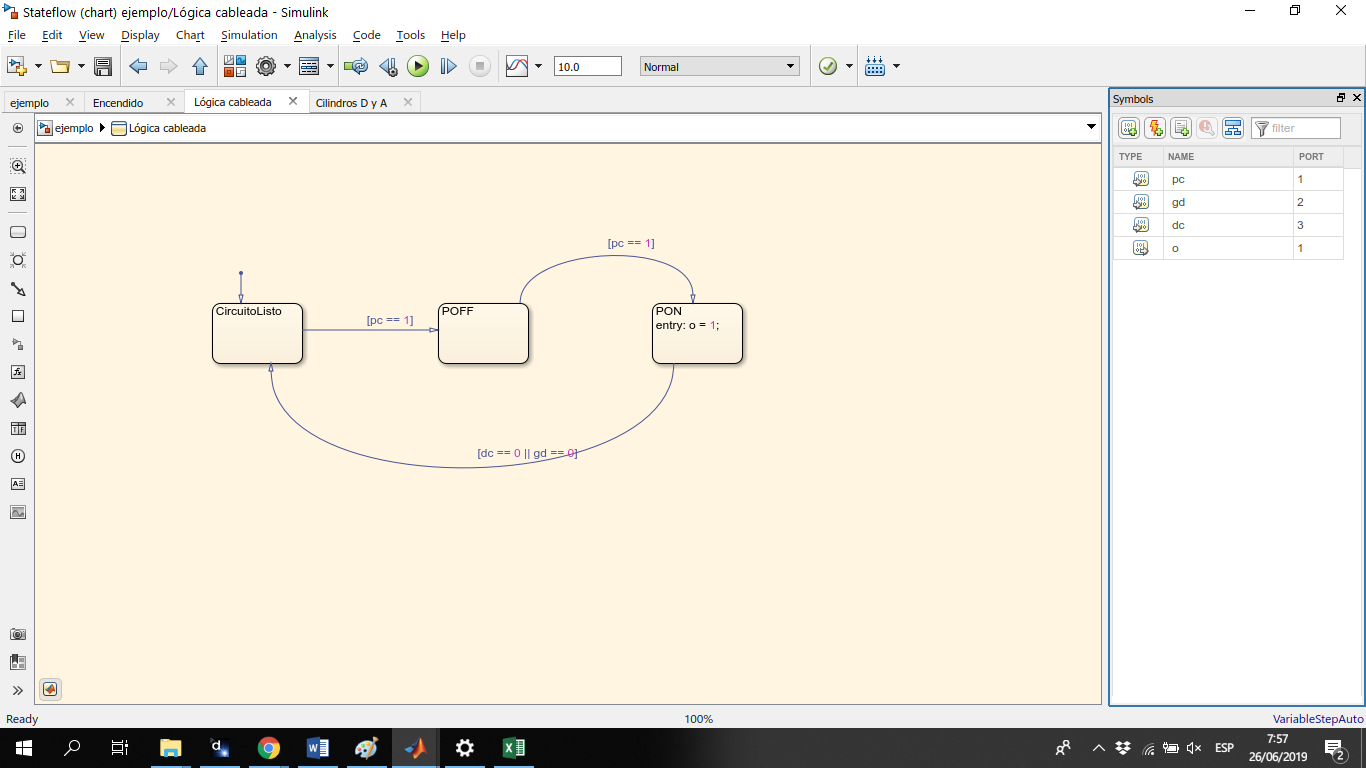


Figura 22. Simulación en StateFlow de la lógica cableada del brazo robótico

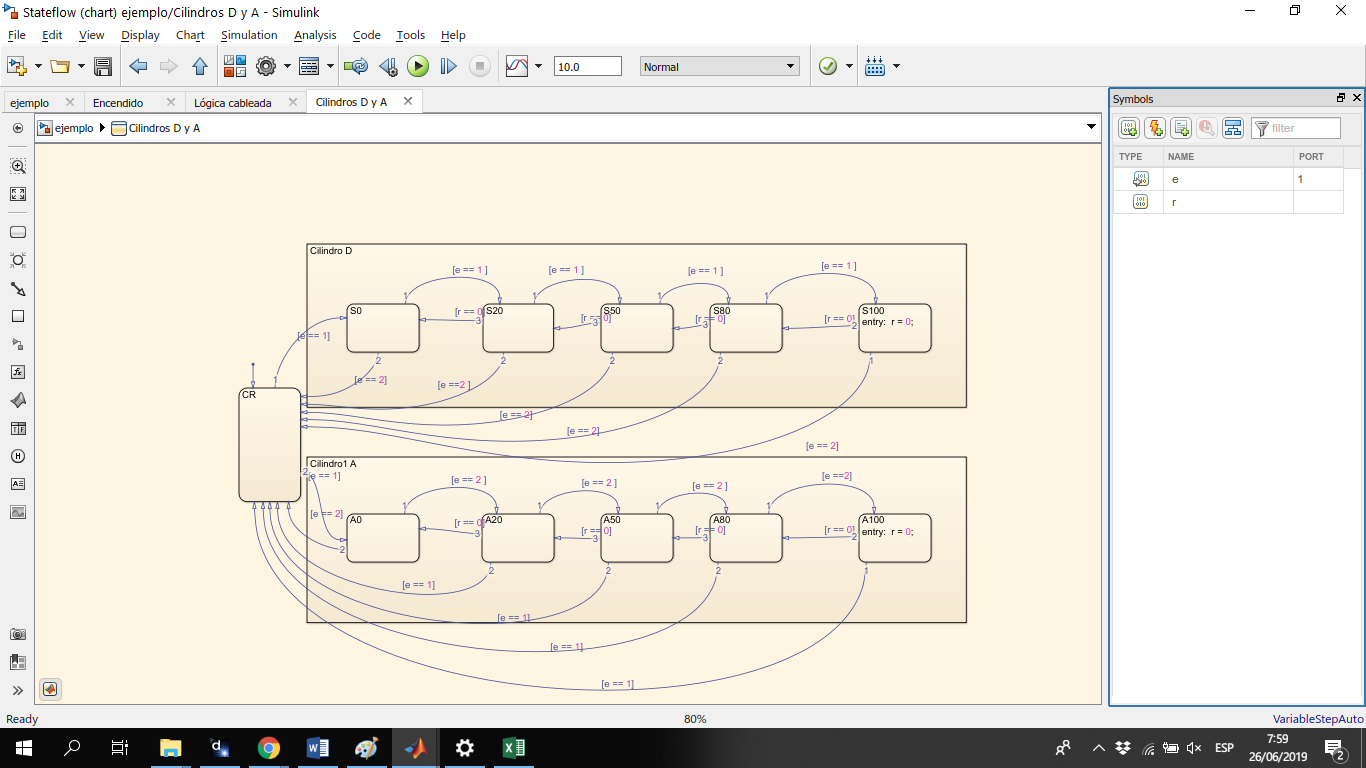


Figura 23. Simulación en StateFlow de los clilindros C y D del brazo robótico

# CONCLUSIONES

* La simulación del brazo robótico hidráulico en el software Desuma y StateFlow nos permitió conocer la importancia que conlleva desarrollar este tipo de soluciones en el momento de construir o analizar un sistema, ya que esto nos ayuda a tener un control sobre todo con las variables tanto internas como externas que puedan llegar a afectar el sistema o interactuar con él, también es una buena estrategia para minimizar los costes, para generar un entorno con mucha más seguridad, e inclusive minimizar tiempos de ejecución.
* La realización del diseño y simulación del brazo robótico hidráulico fueron los elementos claves que lograron destacar los autómatas de estado finito, los cuales tienen la máxima responsabilidad del correcto funcionamiento del brazo robótico hidráulico que se diseñó. De tal manera se observa la gran aplicabilidad que tienen los autómatas en variedad de campos como la domótica, la metalurgia, plantas químicas, productores de energía, etc.

# REFERENCIAS

[1] Conceptos. 2019-02-02. Conceptos básico sobre simulación. Recuperado de: www.conceptodefinicion.de

[2] Matlab. 2018-10-03. Historia Matlab. Recuperado de: www.mathworks.com

[3] Conceptos. 2019-01-10. Conceptos Básicos y Terminología de Control. Recuperado de: www.unet.edu.ve/~jlrodriguezp/ctrlterm.pdf

[4] Conceptos. 2018-05-01. Conceptos Básicos de modelado. Recuperado de: [www.ie.inf.uc3m.es/grupo/docencia/reglada/asdm/genova12a.pdf](http://www.ie.inf.uc3m.es/grupo/docencia/reglada/asdm/genova12a.pdf)