

**GUÍA DE ESTUDIO DE LOS MODOS DE MARCHAS Y PARADAS (GEMMA)
PARA EL MANIPULADOR CARTESIANO DEL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

**ROBERTO FAVIO DAVID HABIB
RUBEN DARIO LIZARAZO MORENO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**GUÍA DE ESTUDIO DE LOS MODOS DE MARCHAS Y PARADAS (GEMMA)
PARA EL MANIPULADOR CARTESIANO DEL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

**ROBERTO FAVIO DAVID HABIB
RUBEN DARIO LIZARAZO MORENO**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
MSC. JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2012**

DEDICATORIA

*A Dios por no dejarme desfallecer
Y darme la fuerza necesaria para
Lograr esta meta.*

*A mis padres Álvaro y Gloris por su apoyo incondicional
Por su paciencia y comprensión, gracias
Por todo ese amor.*

*A mis hermanos Mariana, Álvaro e Irina
Por su apoyo y Constante motivación
Para salir adelante.*

ROBERTO DAVID HABIB

A mi padre, hombre que dedico su vida al servicio de la juventud, por inculcarme desde niño a ser una persona honesta y trabajadora.

A mi amada madre, por su amor, apoyo incondicional, pero sobre todo, por creer en mí en cada uno de los restos que emprendo para alcanzar mis sueños.

A mi novia Kimberly, por su amor y por estar siempre conmigo en todas las etapas de mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, por ser motivadores y consejeros en toda situación que se presenta en mi vida.

RUBEN DARJO LIZARAZO MORENO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un especial agradecimiento a:

Al profesor Jorge Enrique Meneses Flórez, por su contribución a nuestra formación como profesionales íntegros y comprometidos con el desarrollo de nuestros deberes.

A nuestros amigos y compañeros del laboratorio de automatización industrial por su incondicional apoyo, colaboración y amistad en esta fructuosa travesía que compartimos juntos.

Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron al desarrollo de este gran reto.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 21 |
| | |
| 1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA | 23 |
| 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. | 23 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA | 26 |
| 1.3 OBJETIVOS | 27 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 27 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 27 |
| | |
| 2. SÍNTESIS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA QUE PERMITE EL DISEÑO DE LA GUIA GEMMA EN EL MANIPULADOR CARTESIANO..... | 30 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN | 30 |
| 2.2 ESTRUCTURA DEL MANIPULADOR CARTESIANO | 31 |
| 2.3 MANIPULADOR CARTESIANO DISPUESTO PARA PERMITIR EL DISEÑO DE GRAFCET Y GEMMA..... | 33 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.4 | DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MANIPULADOR CARTESIANO VISTO COMO UN AUTOMATISMO DE CONTROL..... | 36 |
| 2.4.1 | Parte de control | 37 |
| 2.4.2 | Parte operativa. | 40 |
| 2.5 | MODULO DE FALLAS | 41 |
| 3. | EVENTOS DE PARADAS Y MARCHAS EN EL MANIPULADOR CARTESIANO..... | 44 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 44 |
| 3.2 | GEMMA (GUÍA DE ESTUDIOS DE MARCHAS Y PARADAS)..... | 44 |
| 3.2.1 | Parámetros en los que se basa la guía GEMMA | 45 |
| 3.3 | DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS DE MARCHAS Y PARADAS DISPUESTOS EN EL MANIPULADOR CARTESIANO. | 48 |
| 3.4 | METODOLOGÍA RECOMENDADA PARA IMPLEMENTAR LA GUÍA GEMMA. | 51 |
| 4. | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ HMI DE NIVEL MEDIO. | 53 |
| 4.1 | INTRODUCCIÓN | 53 |
| 4.2 | PARÁMETROS TENIDOS EN CUENTA EN EL PROCESO DE DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO. | 54 |
| 4.3 | DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO, EN BASE A LA ESTRUCTURA DE LA GUÍA GEMMA..... | 57 |
| 4.3.1 | Características de la interfaz (HMI) de nivel medio diseñada para el Manipulador Cartesiano..... | 65 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.4 | CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO PARA EL MANIPULADOR CARTESIANO | 66 |
| 4.4.1 | Descripción de cada uno de los componentes utilizados en la construcción de la interfaz (HMI) nivel medio. | 68 |
| 4.4.2 | Tablero de la interfaz (HMI) de nivel medio | 77 |
| 5. | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE FALLAS..... | 79 |
| 5.1 | INTRODUCCIÓN..... | 79 |
| 5.2 | PROCESO DE DISEÑO DEL MODULO DE FALLAS..... | 80 |
| 5.2.1 | Parámetros tenidos en cuenta en el proceso de diseño del modulo de fallas. | 81 |
| 5.3 | DISEÑO DE TABLERO DE FALLAS | 84 |
| 5.4 | CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE FALLAS..... | 85 |
| 5.4.1 | Descripción de dispositivos que componen el modulo de fallas. | 86 |
| 5.5 | DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA LAS INTERFACES Y EL PANEL DE FALLAS. | 92 |
| 6. | DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL MANIPULADOR CARTESIANO | 98 |
| 6.1 | INTRODUCCIÓN | 98 |
| 6.2 | CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS..... | 98 |
| 6.3 | CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE DE CONTROL. | 102 |
| 6.4 | MOVIMIENTOS DEL MANIPULADOR CARTESIANO. | 104 |
| 6.5 | MANEJO DEL DISPLAY | 105 |
| 6.5.1 | Ejemplo de utilización del display | 107 |
| 6.6 | MANEJO DE LA INTERFAZ POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO MANUAL..... | 108 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 6.7 | MANEJO DEL PANEL DE FALLAS | 115 |
| 6.8 | REDISEÑO Y CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO (CIRCUITO DE CONTROL) | 122 |
| 6.9 | SISTEMA NEUMÁTICO DEL MANIPULADOR CARTESIANO (CIRCUITO DE POTENCIA). | 126 |
| 7. | DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL..... | 128 |
| 7.1 | INTRODUCCIÓN | 128 |
| 7.2 | TOUCH SCREEN O PANTALLA TÁCTIL. | 128 |
| 7.2.1 | Datos técnicos de la touch screen o pantalla táctil OP 177B..... | 129 |
| 7.2.2 | Ventajas y características de la touch screen o pantalla táctil. | 130 |
| 7.3 | PROCESO DE DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL | 131 |
| 7.3.1 | Parámetros tenidos en cuenta en el diseño de la interfaz (HMI) pantalla táctil. | 131 |
| 7.4 | DISEÑO DE LA ESTRUCTURA GRAFICA PROPUESTA PARA LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL..... | 132 |
| 8. | CONCLUSIONES | 144 |
| 9. | RECOMENDACIONES..... | 146 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 147 |
| | ANEXOS..... | 148 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. Manipulador Cartesiano | 25 |
| FIGURA 2. Estructura de un sistema automático | 32 |
| FIGURA 3. Estructura de control del Manipulador Cartesiano..... | 34 |
| FIGURA 4. Referencias de zonas de dialogo y controlador..... | 36 |
| FIGURA 5. Pantalla táctil | 38 |
| FIGURA 6. Tablero de Activación y Visualización | 39 |
| FIGURA 7. Grafcet + Gemma..... | 40 |
| FIGURA 8. Sensor de proximidad Capacitivo y Acelerómetro | 41 |
| FIGURA 9. Modulo de fallas | 43 |
| FIGURA 10. Secciones globales de la estructura Gemma | 46 |
| FIGURA 11. Estructura completa de la Guía Gemma | 47 |
| FIGURA 12. Interfaz dispositivos de activación y visualización (nivel medio)..... | 54 |
| FIGURA 13. Componentes de un sistema..... | 56 |
| FIGURA 14. Zona de visualización | 58 |
| FIGURA 15. Zona de activación | 58 |
| FIGURA 16. Disposición de interfaz tipo horizontal | 59 |
| FIGURA 17. Displays de 7 segmentos | 60 |
| FIGURA 18. Señal de visualización | 61 |
| FIGURA 19. Diseño preliminar de la interfaz de nivel medio | 62 |
| FIGURA 20. Montaje del diseño preliminar de la interfaz nivel medio | 62 |
| FIGURA 21. Diseño en Corel Draw de la interfaz de nivel medio..... | 64 |
| FIGURA 22. Pulsador doble on/off..... | 68 |
| FIGURA 23. Diagrama eléctrico pulsador doble on/off | 69 |
| FIGURA 24. Display de 7..... | 70 |
| FIGURA 25. Pulsador momentáneo | 71 |
| FIGURA 26. Selector de tres posiciones | 73 |
| FIGURA 27. Leds indicador | 74 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 28. Parada de emergencia | 76 |
| FIGURA 29. Tablero de la interfaz nivel medio sin dispositivos..... | 77 |
| FIGURA 30. Interfaz final de dispositivo de activación y visualización nivel medio | 78 |
| FIGURA 31. Modulo de fallas | 80 |
| FIGURA 32. Diseño tablero de fallas con interruptores de codillos | 84 |
| FIGURA 33. Diseño tablero de fallas con válvulas reguladoras de caudal | 85 |
| FIGURA 34. Interruptor de codillo..... | 86 |
| FIGURA 35. Válvula reguladora de caudal | 88 |
| FIGURA 36. Montaje de las válvulas reguladoras de caudal..... | 89 |
| FIGURA 37. Montaje de las válvulas reguladoras de caudal, parte posterior..... | 90 |
| FIGURA 38. Montaje de interruptores de codillos..... | 90 |
| FIGURA 39. Modulo de fallas | 91 |
| FIGURA 40. Sensor de proximidad..... | 92 |
| FIGURA 41. Diagrama de conexión del sensor de proximidad..... | 93 |
| FIGURA 42. Ubicación del sensor de proximidad..... | 94 |
| FIGURA 43. Tarjeta electrónica del acelerómetro | 94 |
| FIGURA 44. Modulo de señales digitales | 96 |
| FIGURA 45. Diagrama de módulos de entrada y salidas digitales | 99 |
| FIGURA 46. Configuración del hardware de control | 103 |
| FIGURA 47. Movimientos del manipulador | 104 |
| FIGURA 48. Display de siete segmentos..... | 105 |
| FIGURA 49. Pines de los display..... | 106 |
| FIGURA 50. Ejemplo de manejo de display..... | 108 |
| FIGURA 51. Interfaz dispositivos de acciona..... | 108 |
| FIGURA 52. Dispositivo para energizar la interfaz..... | 109 |
| FIGURA 53. Esquema de movimientos del manipulador..... | 110 |
| FIGURA 54. Selector de modos..... | 111 |
| FIGURA 55. Funciones de modo manual | 112 |
| FIGURA 56. Mandos modo automático | 113 |
| FIGURA 57. Parada de Emergencia..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 58. Falla de finales de carrera | 116 |
| FIGURA 59. Falla de accionamiento cinemático..... | 117 |
| FIGURA 60. Falla de caudal | 118 |
| FIGURA 61. Falla por alta presión | 119 |
| FIGURA 62. Falla por intrusión al área de trabajo | 120 |
| FIGURA 63. Falla por ausencia de material | 122 |
| FIGURA 64. Esquema eléctrico modulo de entradas y salidas digitales # 1 | 124 |
| FIGURA 65.- Esquema eléctrico de modulo de señales digitales #2..... | 125 |
| FIGURA 66. Circuito neumático..... | 127 |
| FIGURA 67. Pantalla táctil OP 177 B..... | 129 |
| FIGURA 68. Pantallazo inicial del diseño de la interfaz nivel alto | 133 |
| FIGURA 69. Botón de inicio | 134 |
| FIGURA 70. Pantalla para seleccionar modos de operación..... | 134 |
| FIGURA 71. Descripción de iconos volver y ayuda | 135 |
| FIGURA 72. Seleccionar movimientos..... | 135 |
| FIGURA 73. Modo activo o modo inactivo | 136 |
| FIGURA 74. Seleccionar movimiento del eje X..... | 136 |
| FIGURA 75. Acción estado inicial..... | 137 |
| FIGURA 76. Operación del eje x..... | 138 |
| FIGURA 77. Visualización de finales de carrera..... | 138 |
| FIGURA 78. Cuando acceder a mandos de modo falla | 139 |
| FIGURA 79. Pantalla principal para tratamiento de fallas | 140 |
| FIGURA 80. Ayuda en operación del eje X..... | 140 |
| FIGURA 81. Acceder a modo automático..... | 141 |
| FIGURA 82. Seleccionar secuencia automática | 141 |
| FIGURA 83.- seleccionar secuencia e ir a operación automática | 142 |
| FIGURA 84. Pantalla para operar en modo automático..... | 143 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Descripción de los eventos de Marchas y Paradas | 49 |
| Tabla 2 descripción de los pulsadores que componen la interfaz nivel medio..... | 72 |
| Tabla 3 descripción de las señales de leds de la interfaz nivel medio | 75 |
| Tabla 4 descripción de las fallas a generar o simular en el manipulador | 81 |
| Tabla 5 descripción de los interruptores dispuesto en el tablero de fallas | 87 |
| Tabla 6 asignación de entradas y salidas en los módulos de señales digitales... | 100 |
| Tabla 7 salidas del autómata hacia los display | 107 |
| Tabla 8 Modos de operación automático | 114 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXOS A: GEMMA..... | 149 |
| ANEXOS B: GRAFCET | 151 |
| ANEXOS C: INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA..... | 153 |

RESUMEN

TITULO: GUÍA DE ESTUDIO DE LOS MODOS DE MARCHAS Y PARADAS (GEMMA) PARA EL MANIPULADOR CARTESIANO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN*

AUTORES: ROBERTO DAVID HABIB

RUBÉN DARÍO LIZARAZO MORENO**

PALABRAS CLAVES: MANIPULADOR CARTESIANO, HMI, AUTOMATISMOS, FALLAS, ESTADOS DE PARADA Y MARCHA.

DESCRIPCIÓN

El campo de la automatización industrial permite la flexibilidad en el desarrollo de procesos, a tal punto que las características físicas o funcionales de un producto pueden cambiar radicalmente en unos pocos años, lo cual trae como consecuencia, la variación en los procesos operativos que se estén implementando. Es por ello que el profesional vinculado en el campo de la automatización, tiene que poseer conocimientos y destrezas técnicas que le permitan responder a la solicitud de cambio del sistema automatizado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrolló este trabajo de grado, cuyo objetivo primordial es fortalecer las competencias y habilidades de los estudiantes vinculados a las materias de Autómatas programables y Automatización Industrial en cuanto al diseño y programación de automatismos lógicos secuenciales, logrando con ello, un desenvolvimiento óptimo cuando incursionen profesionalmente en el campo de la automatización.

Para el cumplimiento de los objetivos, se diseñó y construyó una interfaz hombre-máquina de nivel medio el cual está compuesto por dispositivos de accionamiento manual y visualización, una interfaz hombre máquina de nivel alto mediante la utilización de un panel de operador (pantalla Touch Screen) y un panel de generación o simulación de fallas en el manipulador cartesiano que se encuentra en el laboratorio de automatización industrial, con lo cual se busca que los estudiantes que realicen prácticas en este banco didáctico, además de realizar el diseño del funcionamiento normal atendido por el GRAFCET, también tengan la posibilidad de contemplar los parámetros establecidos por la guía Gemma en el diseño del automatismo.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Ing. Jorge Enrique Meneses Flórez.

SUMMARY

TITLE: STUDY GUIDE OF STARTS AND STOPS MODES (GEMMA) CARTESIAN HANDLER FOR LABORATORY INDUSTRIAL AUTOMATION: DESIGN AND CONSTRUCTION.*

AUTHORS: DAVID HABIB, ROBERTO FAVIO

LIZARAZO MORENO RUBÉN DARÍO**

KEY WORD: CARTESIAN HANDLER, HMI, AUTOMATION, FAILURES, STATES STARTS AND STOPS

DESCRIPTION:

The Industrial Automation fields, allows a flexibility in the processes development, until the point that the physical or functional characteristics of a product can change drastically in few years, which results into the variation of the operatives processes that are being implemented. This is why the professional linked to the Automation Industrial field, must have knowledge and technical skills in order to respond to the change requests from the automated system.

Considering the above, was developed this degree work, whose primary objective is to strengthen the competencies and skills of the students related to the subjects of programmable Controllers and Industrial Automation, in the design and programming of logic sequential automatism, thereby achieving an optimal development, when professionally inroad into the Industrial Automation field.

To fulfill the objectives, a human-machine interface of middle level was designed and constructed, which is composed of manually operating devices and visualization, a human-machine interface of high level using an operator's panel (touch screen) and a panel for the generation or simulation of faults in the Cartesian Manipulator is located in the industrial automation laboratory, thus seeks that the students that make practices in this didactic bank, in addition to the design of normal operation run by the GRAFCET, also have the chance to consider the parameters set by Gemma guide in the design of the automatism.

* Graduation project

** Faculty of Physical Engineering – Mechanical. School of Mechanical Engineering. Director. Eng Jorge Enrique Menese Flóres.

INTRODUCCIÓN

Es objetivo de la universidad industrial de Santander, la formación de profesionales integrales, con gran capacidad de afrontar los avances tecnológicos que día a día está presentando el desarrollo industrial.

La escuela de ingeniería mecánica de la universidad industria de Santander vive en la permanente búsqueda de utilizar los medios suficientes para entregar al campo industrial profesionales que cumplan con las directrices de la universidad, lo cual en su insistente e incansable trabajo, se ha destacado por tener profesionales con amplio conocimiento y alto nivel de competencia en la industria.

El perfil profesional de un ingeniero mecánico ha venido sufriendo permanentes cambios, obligado en gran parte por las exigencias del desarrollo industrial, dentro de estos cambios, el campo de la automatización industrial ha tomado gran relevancia, por lo cual la escuela de ingeniería mecánica ha enfoca gran parte de las reformas hechas a su programa académico, introduciendo materias y desarrollando laboratorios que permitan proporcionar a sus estudiantes bases en este campo.

La asignatura Autómatas Programables mantiene en constante desarrollo con relación al campo de la automatización industrial, para lo cual cuenta en el “laboratorio de automatización industrial” con las condiciones necesarias para poner en práctica los conocimientos adquiridos en la misma y en el cual se desarrollan permanentemente proyectos de grados.

En este proyecto de grado se ha desarrollado la segunda fase del sistema automatizado robot/manipulador cartesiano existente en el laboratorio de automatización industrial, en el cual se instalaron **los elementos y dispositivos**

necesarios en el sistema los cuales, **permiten implementar GEMMA (eventos de paradas y marchas)** en las practicas que se realicen en este banco, este desarrollo proporciona a los estudiantes un mejoramiento en competencias y habilidades para el diseño de automatismos lógicos secuenciales.

Se contara con un **tablero de fallas** que permiten a través de su manipulación generar y simular fallas en el sistema, las cuales concurrirán en eventos de paradas y marchas en el manipulador cartesiano.

De igual manera el Manipulador Cartesiano será dotado de **dos interfaces HMI** independientes, a través de las cuales se puede operar, y proporcionará la información suficiente en el momento que el sistema entre a operar en modo ya sea automático, manual o de falla.

El desarrollo de la segunda fase de este sistema automatizado de control, le proporciona a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica, los medios suficientes para realizar el diseño de automatismos lógicos secuenciales en sus fases de **GRAF CET y GEMMA**.

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En la automatización de procesos industriales, se establece la perentoria necesidad de tener el mayor control posible sobre los mismos, debido a que ellos, no siempre se encontraran funcionando de manera óptima sin que ocurran ningún tipo de contingencias que ocasionen interrupciones en un determinado proceso industrial, ya sean contingencias inesperadas o contingencias previstas, por el contrario, existe una gran probabilidad de que puedan aparecer contingencias que hacen que dichos procesos presenten interrupciones, tales como averías, material defectuoso, mantenimiento, falta de piezas, cambio de herramientas, etc. generando **eventos de paradas y marchas** en el mismo. *Los automatismos lógicos secuenciales*, en su estructura integral deben estar constituidos por tres zonas principales, la parte de la *estructura física*, la parte del **diseño** que a su vez, debe estar compuesto por el diseño del *funcionamiento normal* que se realiza a través del **GRAF CET**¹(Grafico funcional de control de etapas y transiciones) y el diseño de los **eventos de paradas y marchas** que se realiza a través del **GEMMA**² (Guía de estudio de los modos de marchas y paradas) y finalmente la zona de la programación del **diseño del automatismo** efectuado, con el cumplimiento de esta estructura el automatismo podrá contar con la capacidad de que estas contingencias sean previsibles y el propio automatismo debe estar preparado para detectar dichas fallas, de esta manera colaborar con el operario en la reparación y puesta a punto necesario, así como otras tareas no propias al proceso productivo normal, para de esta manera poner en marcha dicho proceso con los ajustes necesarios.

¹ Ver Anexo A

² Ver Anexo B

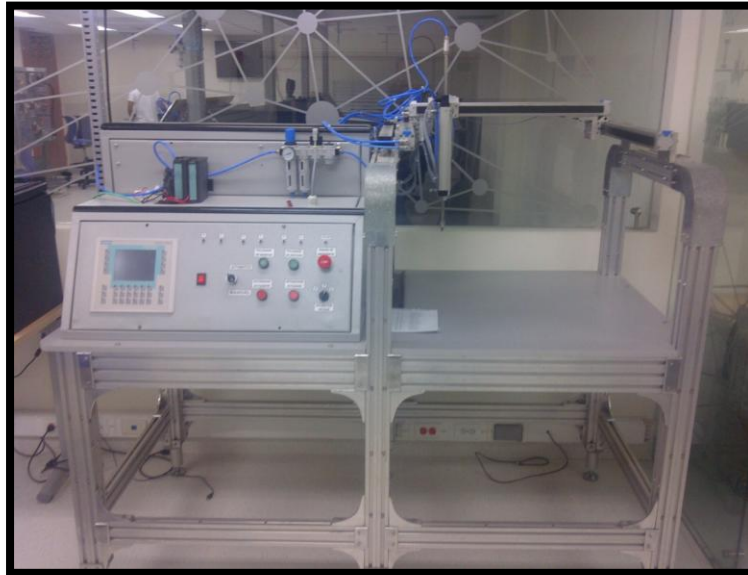
El laboratorio de automatización industrial de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en su compromiso de permanecer en constante evolución, es consciente de la importancia de dotar a los automatismos de control con los medios necesarios para que los estudiantes puedan realizar **diseños de automatismo lógicos secuenciales** que abarquen la parte de **funcionamiento normal** y la parte de los **eventos de marchas y paradas**, dentro del laboratorio, se realizó un proyecto de grado el cual consistió en el *diseño y construcción de un manipulador cartesiano*, (ver figura 1) en el cual se puede procesar el traslado de material de un lugar a otro sin que ocurra mediación directa entre un operario y el producto, esto en base a estados preestablecido en un *hardware de control* a través de autómeta programable industrial. Este automatismo está expuesto a muchas de las contingencias descritas anteriormente, dentro de los objetivos trazados en la primera fase del Manipulador Cartesiano no se encontraba estipulado la instalación de elementos y dispositivos que permitiese generar, visualizar y tratar **eventos de paradas y marchas**, lo cual no permite a los estudiantes de Ingeniería Mecánica realizar un diseño integral que requiere un automatismo lógico secuencial es decir, solo pueden realizar el diseño del funcionamiento normal (GRAF CET) y no tiene la posibilidad de realizar el diseño de los **eventos de marchas y paradas** (GEMMA) que a su vez le permitirían tener una visión mucho más cercana a lo que ocurre normalmente en un proceso de diseño automatizado a nivel industrial. De igual manera se debe contar con un componente que permita la interrelación entre lo que esté ocurriendo en el proceso y el estudiante que lo esté operando, para lo cual se debe contemplar una Interfaz Hombre-Máquina (HMI)³ que permita suplir esas necesidades.

Teniendo en cuenta la argumentación expuesta, es clara la necesidad de proporcionarle al Manipulador Cartesiano los elementos y dispositivos necesarios que permitan generar eventos de paradas y marchas lo cual le van a dar a los

³ Ver anexo c

estudiantes los medios necesarios para realizar un diseño integral del automatismo, (GRAF CET + GEMMA).

FIGURA 1. Manipulador Cartesiano



Fuente: tesis de grado Robot/Manipulador

Así mismo el Manipulador Cartesiano no cuenta con una interfaz hombre-máquina (HMI) que permita una completa interacción entre la máquina y la persona que la está operando, se busca suplir esa necesidad dotando al manipulador de **dos niveles de Interfaces Hombre-Máquina (HMI)** en la cual, un nivel de interfaz de **alta gama** utilizando una pantalla touch screen o pantalla táctil que se comunica con el hardware de control y otra interfaz de **gama media** que contenga elementos de activación cableados a un hardware de control tales como pulsadores selectores y elementos de visualización. Con todo ello, poder permitir a los estudiantes tener un constante monitoreo, control y supervisión de todos los eventos que pueda experimentar el manipulador ya sea en su *funcionamiento normal* como también en *eventos de marchas y paradas*, de igual manera adquirir

una destreza en la temática de materias relacionadas tales como Automatas Programables y Automatización Industrial.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

El campo de la automatización industrial se encuentra en permanente desarrollo guiado de la mano de los avances de la tecnología, buscando siempre la optimización de los procesos y la constante generación de nuevas ideas. La Universidad Industrial de Santander debe permanecer asociado a ese constante cambio y desarrollo, por ello la Escuela de Ingeniería Mecánica permanece en la búsqueda de dotar al estudiante de Ingeniería Mecánica de las capacidades y conocimientos necesarios que le permitan un buen desempeño en el campo profesional, de esta forma, promueve y motiva al estudiante a desarrollar proyectos investigativos que además de enriquecer cognoscitivamente al estudiante que lo realiza, permita desde un enfoque práctico, compartir dicho conocimiento con los demás estudiantes.

Al adaptar con la infraestructura necesaria al Manipulador cartesiano con dispositivos para generar **eventos de marchas y paradas** el estudiante de ingeniería mecánica podrá desarrollar más a fondo sus capacidades de **diseño de automatismos lógicos secuenciales** y de esta forma suplir una necesidad que se experimenta de manera continua en el campo profesional, la cual, estaba siendo impartida dentro del desarrollo del plan de pregrado pero no podía ser puesta en práctica por no existir los medios suficientes. El principal beneficio con estas incorporaciones será otorgado a los estudiantes, ya que podrán adquirir competencias y habilidades en el desarrollo necesario para **diseñar automatismos lógicos secuenciales**, utilizando el diseño **GRAF CET** (Grafico funcional de control de etapas y transiciones), el cual sería complementado con el desarrollo de este proyecto de grado, al introducir en el diseño del automatismo, el

estudio y la puesta en práctica de la guía **GEMMA** (Guía de estudio de los modos de marchas y paradas).

El complemento de un buen diseño de un automatismo lógico secuencial es la puesta en práctica del mismo a través de la programación y puesta en funcionamiento, para ello se requiere de una **interacción** eficiente entre el automatismo y la persona que lo opera, por ello con la propuesta de solucionar ese problema en el Manipulador Cartesiano con **dos interfaces hombre-máquina (HMI) diferentes**, se podrá proporcionar al estudiantes del manejo y conocimiento en dos niveles de interfaces, en un espectro clasificación de ellas, utilizadas en el medio industrial, se adquirirá el conocimiento y la destreza, así mismo las ventajas y desventajas de una con respecto a la otra, como también la flexibilidad en su manejo diseño y programación y lo más importante tendrán la capacidad en el momento de enfrentar cualquiera de ellas en el campo industrial, con esta impartición conocimientos necesarios.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Contribuir al desarrollo de las capacidades académicas de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, mediante la evolución y desarrollo del Manipulador Cartesiano que se encuentra en el Laboratorio de Automatización Industrial, ayudando con esto, a fortalecer la misión de la universidad Industrial de Santander en formar profesionales integrales y con capacidades de investigación.

1.3.2 Objetivos Específicos

Incorporar al Manipulador Cartesiano elementos y dispositivos que permitan la realización de prácticas en las que se pueda involucrar eventos de paradas y

marchas, con el fin de brindar a los estudiantes la posibilidad de incorporar en el proceso de diseño de automatismos lógicos secuenciales la metodología descrita por la guía GEMMA.

Los eventos de paradas y marchas a generar son:

- Parada de emergencia.
 - Indicación del estado inicial.
 - Puesta del sistema en el estado inicial.
 - Parada instantánea y parada al final de un ciclo.
 - Verificación del correcto funcionamiento del sistema.
 - Alta presión.
 - Ausencia parcial de fluido.
 - Defecto en el procedimiento de sujeción.
 - Defecto en el movimiento del robot en los tres ejes.
 - Mal funcionamiento de los finales de carrera.
 - Intrusión en el área de trabajo.
- ✓ Diseñar una Interfaz Hombre-máquina (HMI) por medio de dispositivos de activación y visualización tales como selectores de posición, pulsadores y LEDs indicadores, en la cual el estudiante podrá programar la visualización y manipulación de los **eventos operativos de paradas y marchas**, generados por el Manipulador cartesiano.

- ✓ Diseñar una Interfaz Hombre-máquina (HMI) por medio de una pantalla Simatic Touch, proponiendo su estructura grafica en la cual, el estudiante podrá programar la visualización y manipulación de los **eventos operativos de paradas y marchas**, generados por el Manipulador cartesiano.

2. SÍNTESIS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA QUE PERMITE EL DISEÑO DE LA GUIA GEMMA EN EL MANIPULADOR CARTESIANO.

2.1 INTRODUCCIÓN

En base de la necesidad de desarrollar los sistemas automáticos de producción, se requiere emplear *útiles metódicos*, con un lenguaje y una terminología precisa, en donde se detalle punto por punto los procedimientos y ordenamientos a utilizar en los diferentes *modos de marchas y paradas* que pueda presentar un determinado *automatismo lógico secuencial* a modo de una lista de chequeo.

De manera particular, el Manipulador Cartesiano existente en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Mecánica, contaba con una estructura, unos dispositivos y una interfaz HMI dispuestos en su primera fase de ejecución, que le permitían trabajar a manera de *funcionamiento normal*, por lo cual no se podía concebir los modos de marchas y paradas y por ende solo se podía contemplar al momento de realizar el diseñar del automatismo el *GRAF CET* analítico, concebido para el desarrollo secuencial de la diversas operaciones elementales que deban tener lugar en el funcionamiento del automatismo.

Con el diseño y construcción de una infraestructura (interfaces (HMI), módulo de fallas) que permita diseñar la guía *GEMMA* en el Manipulador Cartesiano, se tendrá que contemplar diversos *modos de paradas y marchas* en el desarrollo del automatismo, lo cual traerá como beneficio involucrar conceptos de *seguridad y alarmas* que a su vez, conllevara a obtener la máxima *disponibilidad* en el funcionamiento del sistema automatizado, obteniendo como resultado un diseño integral del automatismo lógico secuencial.

2.2 ESTRUCTURA DEL MANIPULADOR CARTESIANO

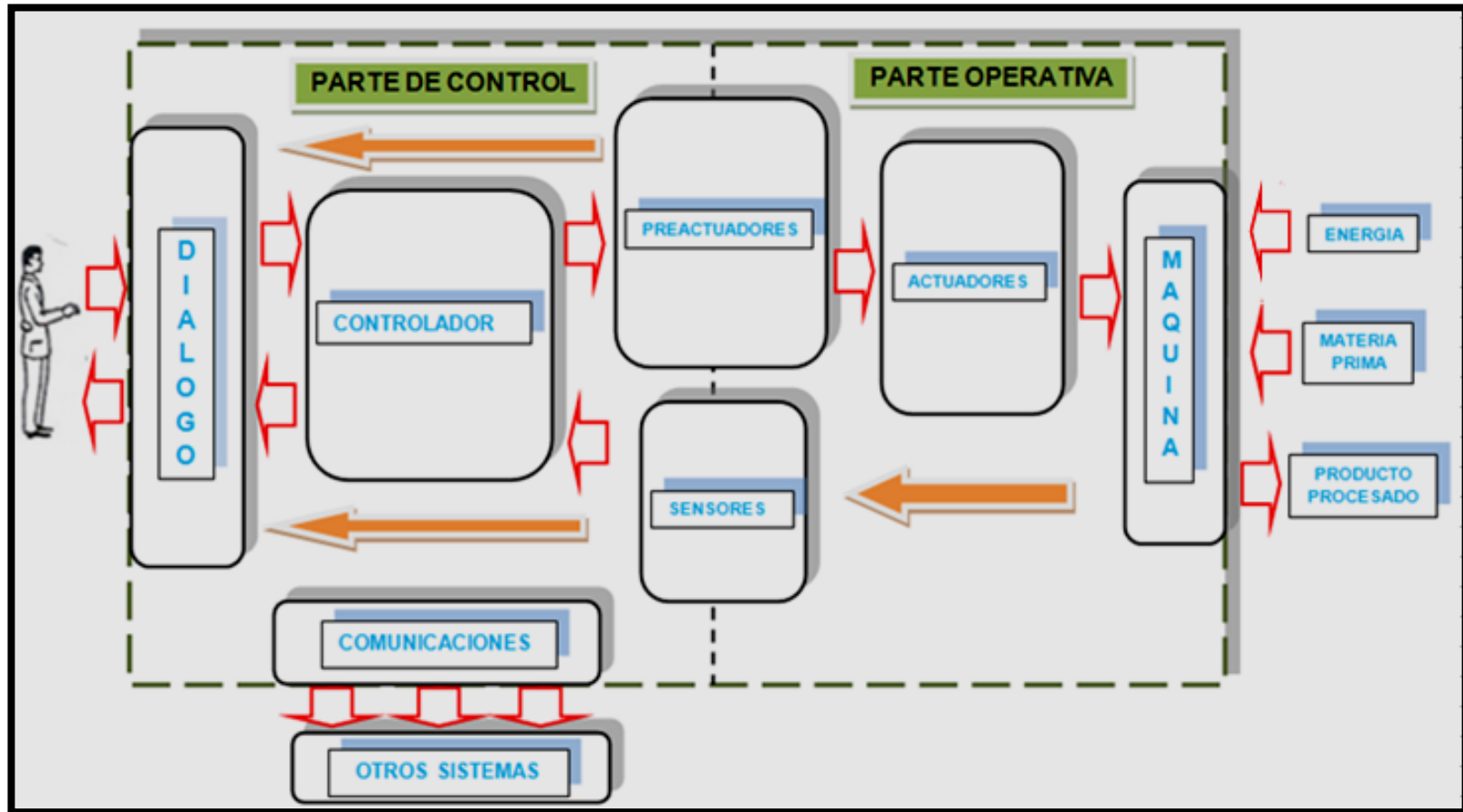
La estructura del Manipulador cartesiano que se encuentra en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería mecánica, mirado de manera global, está constituida por dos grandes componentes identificados como, **la parte operativa** y **la parte de control**, en la cual la parte operativa la constituyen los elementos que realizan el trabajo físico o componentes que realizan la acción, mientras que la parte de control está compuesto por un cerebro que viene a ser el hardware de control y la interfaz hombre maquina (HMI) que permita la interacción entre un operador y la máquina.

Bajo estos argumentos, se puede afirmar que el Manipulador Cartesiano es un **sistema automático de control**, el cual los constituyen elementos físicos conectados y relacionados entre sí, de tal forma que es administrado y regulado por sí mismo.

El manipulador cartesiano administra y regula su funcionamiento bajo un principio que dirige la actuación por sí mismo un sistema automático de control, llamado **lazo o bucle cerrado**, el cual corresponde a sistema en los que la acción de control está en función de la señal de salida y esta acción es ajustado a partir de un consecuencia final.

En la siguiente figura (ver figura 2) se muestra esquematizado la forma como se divide y subdivide un sistema automático de control de manera global.

FIGURA 2. Estructura de un sistema automático



Fuente: Autores

En la figura se muestra claramente las dos zonas principales en la que se divide un sistema automático de control, **parte de control y parte operativa**, sus respectivas subdivisiones y la forman como se interrelacionan, es importante **resaltar** que el desarrollo de este proyecto de grado está concentrado de manera puntual en el desarrollo de la zona de la parte de control, **controlador y dialogo**.

2.3 MANIPULADOR CARTESIANO DISPUESTO PARA PERMITIR EL DISEÑO DE GRAFCET Y GEMMA.

Después de realizar un completo proceso de estudio, diseño y construcción sobre cuáles eran las adaptaciones requeridas por el **Manipulador Cartesiano** que le permitiese brindar la posibilidad a los estudiantes que realicen prácticas, contemplar los parámetros de la guía **GEMMA**, en el desarrollo del diseño del automatismo, lo cual permite realizar de manera integral un diseño del **GRAFCET completo** (funcionamiento normal + eventos de marchas y paradas), los efectos que causa estos cambios se verán reflejados principalmente, en que los estudiantes podrán desarrollar **competencias** en el **diseño y programación de automatismos lógicos secuencial**, teniendo en cuenta que , el automatismo no se podía diseñar lo suficientemente inteligente como para responder de manera idónea a dichos eventos de marchas y paradas.

En la siguiente figura se muestra el montaje final con las adaptaciones realizadas al Manipulador Cartesiano, este montaje está concentrado en la zona de dialogo y la zona del controlador vistos en el esquema de la estructura del Manipulador (ver figura 3)

FIGURA 3. Estructura de control del Manipulador Cartesiano



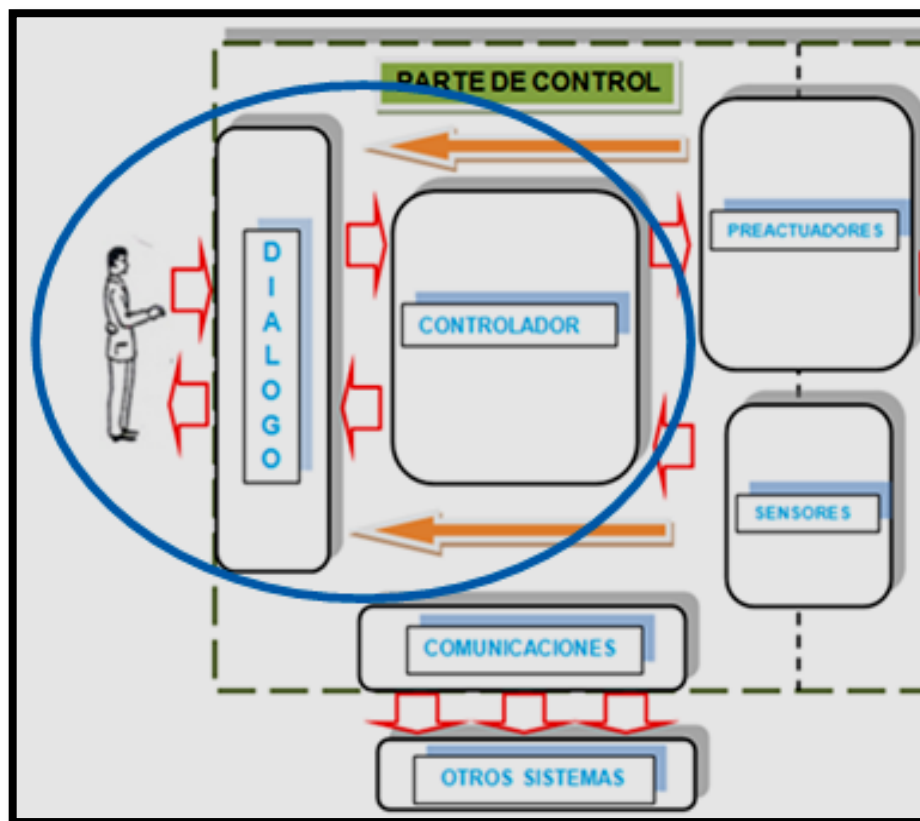
Fuente: Autores

1. **Interfaz (HMI) nivel medio:** está constituida por **dispositivos de activación y dispositivos de visualización**, cableados al hardware de control, su diseño fue basado en la estructura general de la guía Gemma.
2. **Interfaz (HMI) nivel alto:** está constituida por una pantalla **Touch Screen, o pantalla táctil**, comunicada al hardware de control vía Ethernet, y en la cual se accionan dispositivos virtuales en una estructura grafica basada en la estructura general de la guía Gemma.
3. **Módulo de fallas:** está constituido por una estructura en la cual, mediante dispositivos (interruptores de codillos, válvulas reguladoras de caudal), se pueden **generar o simular diferentes modos de fallas** al sistema del Manipulador Cartesiano.
4. **Hardware de control:** está constituido por un Autómata Programable de la serie S7 300, y en el cual se verán reflejadas las incorporaciones descritas (interfaces HMI, módulo de fallas), ya que a través de estas incorporaciones se podrán experimentar eventos de marchas y paradas en el Manipulador, las cuales tendrán que ser contempladas en el diseño del automatismo, por lo cual, se tendrá que desarrollar por parte de los estudiantes, un diseño de **Grafcet completo (Grafcet funcional + eventos de marchas y paradas Gemma)**, dicho diseño tendrá que traducido en lenguaje de programación el cual será soportado por el hardware de control.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MANIPULADOR CARTESIANO VISTO COMO UN AUTOMATISMO DE CONTROL.

Las adaptaciones realizadas al Manipulador Cartesiano en este proyecto de grado, están enfatizadas en dos zonas principales de la estructura del automatismo de control, **la zona del controlador y la zona de dialogo** (ver figura 4).

FIGURA 4. Referencias de zonas de dialogo y controlador



Fuente: Autores

La importancia del desarrollo de estas secciones en el Manipulador Cartesiano, radican fundamentalmente en: que el controlador es el cerebro del automatismo,

en el cual se desarrolla la programación que se encuentra sustentada en el previo diseño del mismo, si en la estructura hardware de la máquina se cuentan con elementos que permitan un diseño integro en el que se contemple tanto el ***funcionamiento normal como también eventos de marchas y paradas***, se podrá realizar un diseño integral lo cual contribuirá directamente en desarrollar la capacidad que ofrece el controlador, por consiguiente se tendrá como resultado un automatismo mucho más eficiente e inteligente, de igual forma la zona de dialogo, debe estar constituida por elementos que soporten las orientaciones dispuestas por la estructura de la guía **GEMMA** en el diseño de automatismo.

A continuación se describe de manera concreta cuales fueron las adaptaciones realizadas en este proyecto de grado en la zona de dialogo y en la zona del controlador.

2.4.1 Parte de control

Luego de este proyecto de grado la parte de control está conformado por:

- ✓ **Zona de dialogo:** la zona de dialogo está constituida por dos niveles de interfaces hombre-máquina (HMI).
 - un nivel de gama alta a través de una pantalla táctil o touch screen (ver figura 5), la cual nos brinda una interacción de dialogo entre la máquina y el operador mediante una combinación de estructura gráfica y texto que permiten una fácil y rápida manipulación, de igual forma a través de objetos que representan acciones en el Manipulador, con esto se presenta un entorno creativo y de más rápido entendimiento para un operador, así mismo nos brinda una flexibilidad en su estructura la cual puede ser modificada a

conveniencia o por necesidad de la máquina permitiendo mayor posibilidad de ampliación y actualización.

FIGURA 5. Pantalla táctil



Fuente: Siemens

- Un nivel de gama media a través de un tablero con dispositivos de activación cableados (pulsadores, selectores, displays de 7 segmentos y luces indicadoras, (ver figura 6) tienen como ventaja que es mucho más común encontrar este tipo de interfaz en el campo industrial ya que es menos costosa su instalación, al contener objetos físicos palpables el operador puede sentir una sensación de control sobre la máquina, de igual forma al tener agrupados en un tablero de control todos los componentes que controlan la maquina se puede tener un rápido acceso a ellos y una rápida visualización de señalizaciones y alarmas, presenta como desventaja que no es flexible en su diseño lo cual presenta dificultades para nuevas adaptaciones o rediseños.

FIGURA 6. Tablero de Activación y Visualización

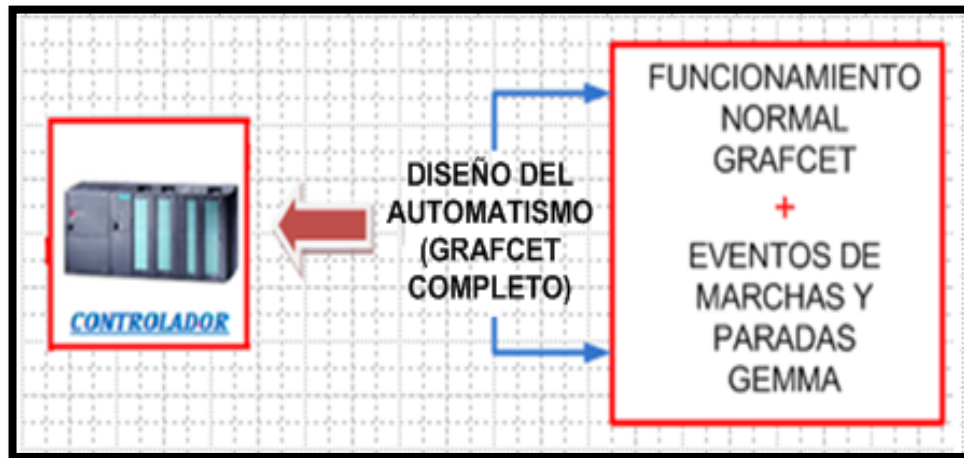


Fuente: Autores.

Con estas dos zonas de dialogo se contribuye a tener una comunicación mucho más completa entre el operador y la máquina, de igual manera se está contribuyendo en dotar al estudiantes en el manejo y programación de dos niveles de interfaces lo cual le permite crear una competencia para posterior desempeño en el campo industrial.

- ✓ **Controlador:** Al hardware de control ya existente en cual está constituido por un Autómata Programable Industrial (API) SIEMENS S7 300 formado por una fuente PS 307 de 5V, una CPU 315F-2 PN/DP, un módulo inteligente de regulación con señales analógicas y un módulos de señales digitales, fue necesario adaptarle un nuevo módulo de señales digitales con 16 señales de entrada y 16 señales de salida, esto con el fin de atender las necesidades de señales requeridas por los nuevos componentes adaptados al Manipulador.

FIGURA 7. Grafcet + Gemma



Fuente: Autores.

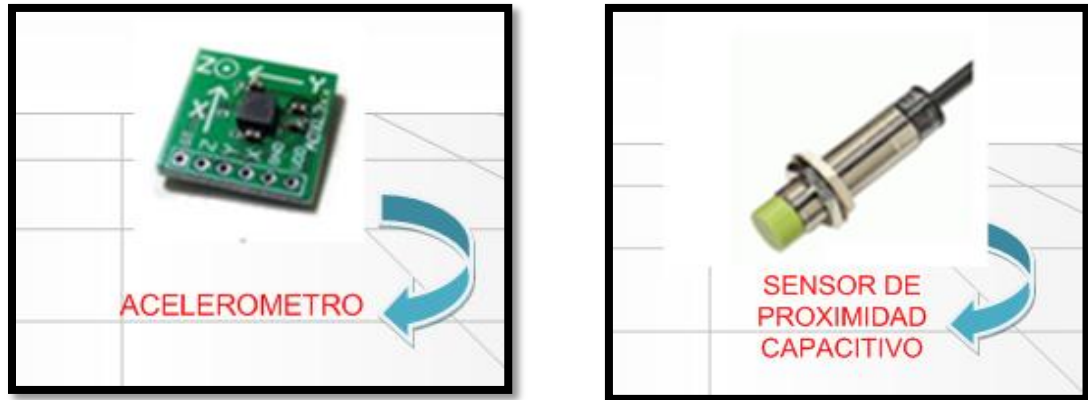
Es importante señalar que el controlador es el **cerebro del automatismo** y que a través de este medio se podrá tener un automatismo más inteligente, en el será plasmada a manera de programación el diseño de automatismo lógico secuencial, por consiguiente al tener dispositivos a través de los cuales se pueda generar **eventos de marchas y paradas**, se podrá tener un diseño integral del automatismo (GRAF CET + GEMMA). Ver figura 7

2.4.2 Parte operativa.

La modificación en la parte operativa realizada en este proyecto de grado, estuvo concentrada en la zona de sensores. Fueron seleccionado e instalado dos tipos de sensores, un sensor de proximidad capacitivo (ver figura 8) ubicado en el extremo de la ventosa para detectar material en el momento que se requiera succión, y un acelerómetro (ver figura 8) de tres ejes análogo, que permite la confirmación de

movimiento en cualquiera de los ejes que se encuentre desplazando el manipulador.

FIGURA 8. Sensor de proximidad Capacitivo y Acelerómetro



Fuente: Autores.

Para conocer el resto de los componentes de la parte operativa que componen el Manipulador Cartesiano, se recomienda remitirse al proyecto de grado que desarrollo la primera fase del Manipulador, “Robot Cartesiano Neumático para el Laboratorio de Sistemas Mecatrónicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Diseño y construcción”. Esto debido a que no sufrieron modificaciones en este proyecto de grado.

2.5 MODULO DE FALLAS

Una de las principales características que expone la estructura de la guía **GEMMA**, concierne a la contemplación de ocurrencias de fallas en un sistema automatizado, para lo cual, de acuerdo al proceso se analizara que tan inconveniente es el tipo de falla, para así determinar el procedimiento a seguir, los cuales varían entre detener completamente el proceso, producir a pesar de fallas y

el tratamiento de fallas, estas opciones se encuentran agrupadas dentro de una división en la estructura *Gemma* llamada proceso de defectos (ver figura 11).

En la estructura de manipulador cartesiano se encuentran dispuestos una serie de sensores y preactuadores, los cuales son de mayor sensibilidad y más propensos a presentar un fallo en un determinado momento, sin embargo, y teniendo en cuenta que la instalación de manipulador tiene fines académicos, se dispuso diseñar y construir un área en la cual se puedan inducir fallas de dichos dispositivos de manera adrede y voluntaria, esto con el fin, de atender unos de los ítems dispuestos en la estructura general de la guía *Gemma*, además con el módulo de fallas se pondrá a prueba de manera acuciosa un determinado diseño del automatismo desarrollado y programado por un estudiante en sus prácticas.

Se diseñó y construyó el área de fallas, de tal forma que agrupara el mayor número de fallas posibles a generar o simular, instalado en una zona que brindara fácil manipulación, buen entendimiento, y guardara estética y presentación con la estructura principal del manipulador.

En la siguiente imagen (ver figura 9) se muestra la construcción de área de fallas, cabe recordar que con la ayuda de este módulo, a través de la activación o desactivación de los dispositivos que lo componen se estarán generando eventos de marchas y paradas, los cuales tendrán que ser contemplados por los estudiantes al momento de realizar el diseño y programación del automatismo. Siendo este uno de los objetivos específicos de este proyecto de grado.

FIGURA 9. Modulo de fallas



Fuente: Autores.

3. EVENTOS DE PARADAS Y MARCHAS EN EL MANIPULADOR CARTESIANO.

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una explicación de lo que fundamentalmente es la guía **GEMMA**, cuales son las ventajas de establecer esta guía en el diseño de un automatismo, así mismo se presenta una descripción detallada de los **eventos de marchas y paradas** que fueron adaptados a través de este proyecto de grado al Manipulador Cartesiano con los cuales se es posible realizar un diseño del automatismo considerando los parámetros dispuestos por la guía **GEMMA**, **la importancia** de establecer previamente los tipos de eventos de paradas y marchas que experimentara el manipulador, radica en que **los diseños de las interfaces (HMI), estarán soportadas en estos eventos**, ya que la gran mayoría de estados que se proponen en la estructura de la guía *Gemma* requieren un dispositivo de activación.

3.2 GEMMA (GUÍA DE ESTUDIOS DE MARCHAS Y PARADAS)

Un sistema automatizado, es un sistema que posee una cierta complejidad en los factores que intervienen en la automatización del proceso, la razón radica, en que en sistemas de este tipo, cabe la alta probabilidad de que se presenten contingencias que ocasionen la detención del proceso (marchas y paradas), por lo cual un automatismo debe estar preparado para que dichas contingencias puedan ser previsibles y contempladas y poder tener la capacidad de que el automatismo

reaccione de manera correcta proporcionando información de la contingencia así como también de cómo corregirla.

Para atender los diversos tipos de contingencias en los automatismo existe la **GUÍA GEMMA** (guía de estudio de marchas y paradas), la cual de manera global se puede definir como un diseño en forma gráfica y estructurada de los diferentes modos de marchas y paradas contemplados en una previa **lista de chequeo** del automatismo, así como la forma de evolución que corresponda entre ellas en el proceso automatizado. Cabe resaltar que el GRAFCET y el GEMMA se complementan el uno al otro, por un lado el **GRAFCET** aportando al diseño del automatismo la parte de la **producción normal** mientras que por el otro el **GEMMA** aporta lo concerniente a los **eventos de paradas y marchas** que se puedan presentar en el mismo, la agrupación de ambos corresponderá al diseño de un automatismo lógico secuencial integral y eficiente.

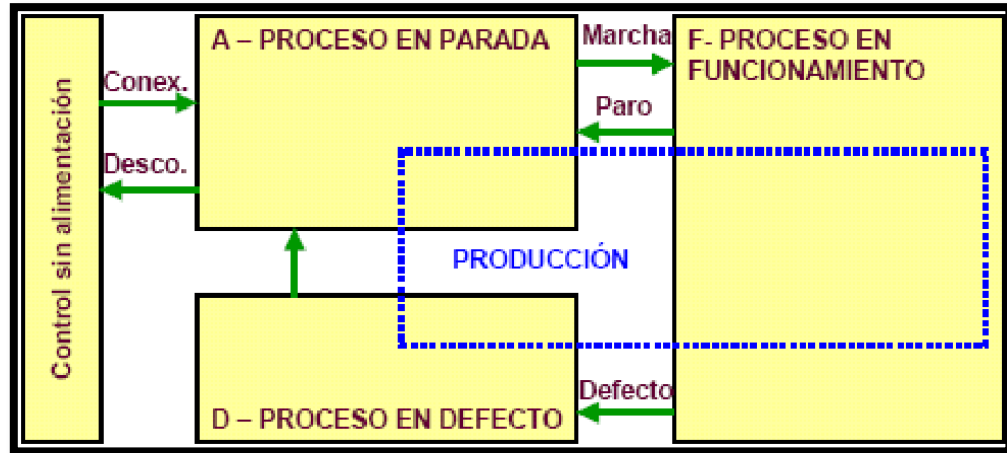
3.2.1 Parámetros en los que se basa la guía GEMMA

La guía **GEMMA** es basada fundamentalmente en los parámetros que establece una entidad Francesa llamada: **ADEPA** (Agence nationale pour le Developpement de la Productique Appliqué à l'industrie), agencia nacional francesa para el desarrollo de la producción aplicada a la industria, esta entidad, a través de trabajos realizados durante dos años logro desarrollar y proponer un modelo de guía que permitiese atender tres aspectos importantes en el campo la automatización industrial: la **seguridad**, los modos de **marchas** y la **producción**.

Según lo especificado por la guía Gemma un automatismo puede estar en 4 procesos distintos, sin alimentar, en el cual no habrá producción, en proceso de funcionamiento, en proceso de paradas y en proceso de defectos los cuales deben ser alimentados y podrán presentar producción.

En la siguiente figura se esquematiza de manera gráfica la disposición de los procesos globales.

FIGURA 10. Secciones globales de la estructura Gemma



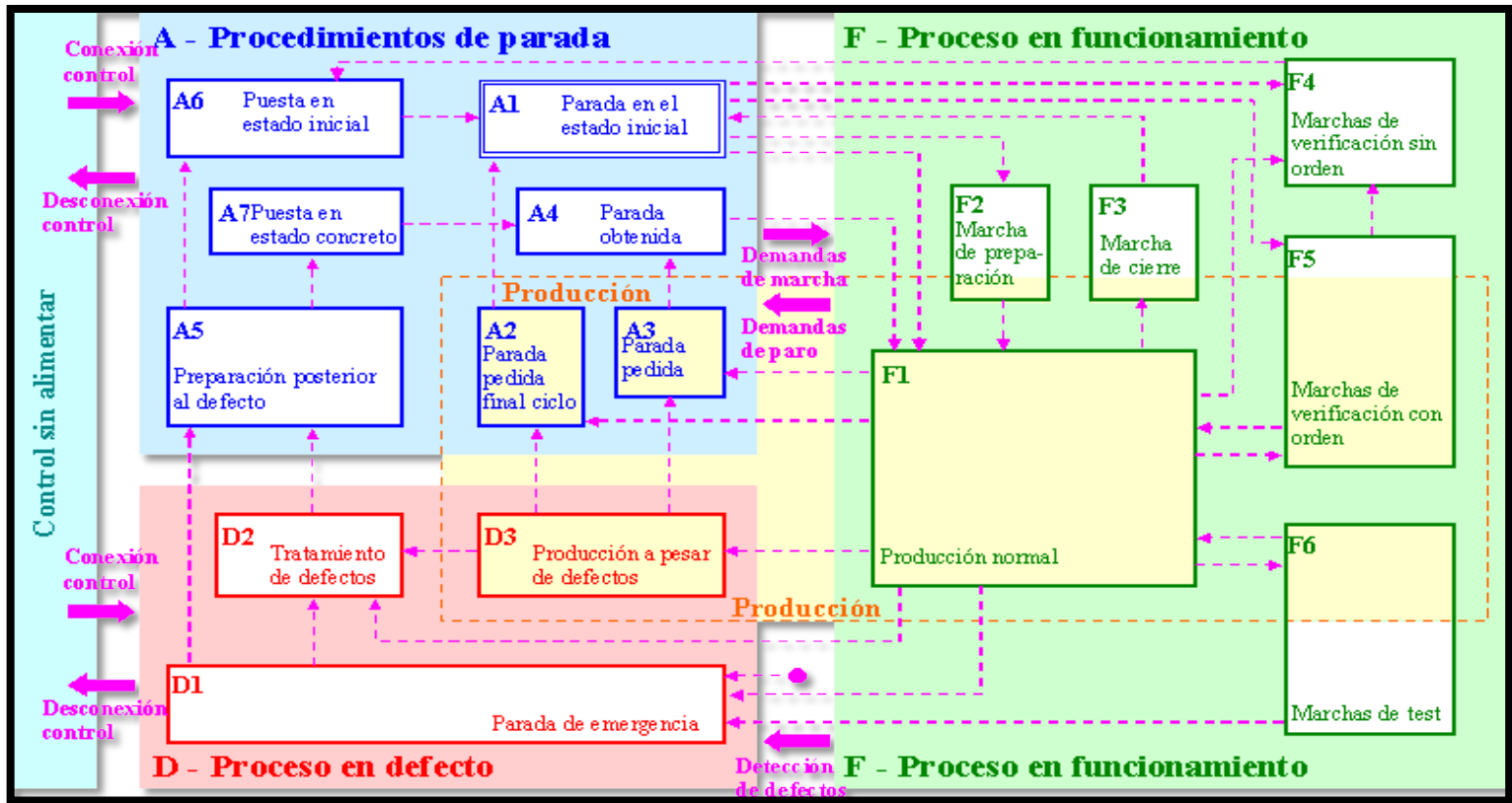
Fuente Automatización de procesos industriales

- ✓ **Proceso en funcionamiento:** está conformado por los eventos en donde el sistema experimenta distintos tipos de marchas, entre las cuales son necesarias la producción normal, y marchas de verificación y prueba.
- ✓ **Procesos de paradas:** está conformado por todos los modos de paradas que el sistema experimenta por situaciones externas del proceso normal.
- ✓ **Proceso de defectos:** está conformado por todos los modos de paradas que el sistema experimenta por situaciones internas del proceso.

Hay que anotar, que cada una de estas divisiones presenta subdivisiones las cuales están comprendidas los diferentes estados de funcionamiento posibles a los que estará expuesto el automatismo, así como también sus posibles conexiones entre ellos.

En la siguiente figura se muestra como está concebida la estructura completa en la que se basa la guía *Gemma*.

FIGURA 11. Estructura completa de la Guía Gemma



Fuente: automatización de procesos industriales.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS DE MARCHAS Y PARADAS DISPUESTOS EN EL MANIPULADOR CARTESIANO.

Para poder generar **eventos de paradas y marchas** en el Manipulador Cartesiano fue objetivo de este proyecto de grado elegir e instalar los dispositivos necesarios (interruptores, pulsadores, leds, sensores), lo cual permitiera implementar la guía GEMMA al momento de realizar el diseño del automatismo, adaptando los diversos estados involucrados a la estructura general recomendada por la ADEPA.

Todos los estados a generar están soportados en la utilización de un hardware de control (autómata programable industrial), programado en Step 7, lo cual le permite al estudiante adquirir habilidad en la programación de automatismos lógicos secuencial. De igual forma, basándose en los parámetros establecidos por la guía GEMMA, todos los eventos operativos podrán ser visualizados y manipulados en dos interfaces (HMI) incorporadas a la infraestructura del Manipulador Cartesiano a través de la pantalla Simatic y mediante la utilización de dispositivos de activación y LEDs indicadores.

En la siguiente tabla se muestra una descripción de cada uno de los **eventos de paradas y marchas** que se adaptaron en la funcionalidad del Manipulador Cartesiano. Los eventos en los cuales se indique que serán generados, dispondrán de él o los dispositivos necesarios para que estos ocurran, mientras que los eventos que se indique que serán simulados solo serán indicados a través de dispositivos de visualización.

Tabla 1 Descripción de los eventos de Marchas y Paradas

| EVENTO | DESCRIPCIÓN | MODO | DISPOSITIVO UTILIZADO |
|---|---|------------------------|---|
| PARADA DE EMERGENCIA | Cuando se active la parada de emergencia, inmediatamente este estado detendrá el proceso, el manipulador entrara en modo falla que deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección. | El evento se generará. | Pulsador con enclavamiento (on-off). |
| INDICACION DE EL ESTADO INICIAL | Cuando el sistema se encuentre en la posición inicial, ya sea al comienzo del proceso o cuando se ubique en esta posición en cualquier momento, mediante la interfaz le será indicado al operador que se encuentra en dicho estado. | El evento se generará. | El estado será programado utilizando Step 7. |
| PUESTA DEL SISTEMA EN EL ESTADO INICIAL. | Cuando el sistema se encuentre en estado de reposo, el operador activara un pulsador que hará que el sistema se reposicione un estado inicial preestablecido. | El evento se generará. | Un pulsador On-off y programación utilizando Step 7 |
| PARADA INSTANTÁNEA Y PARADA AL FINAL DE UN CICLO. | Se tendrán dos pulsadores, uno que hará que el sistema se detenga instantáneamente y otro que hará que el sistema se detenga al final del ciclo, estos estados deberán ser visualizados en la Interfaz (HMI). | El evento se generará. | Dos pulsadores (on-off) y programación utilizando Step 7. |
| VERIFICACION DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA. (AUTOTEST) | Al activar un pulsador, el sistema realizara un recorrido total del sistema y verificara el correcto funcionamiento de los dispositivos de detección instalados en el sistema | El evento se generará. | Finales de carrera, sensor de proximidad, un acelerómetro y un pulsador (on-off). |
| ALTA PRESIÓN. | Al activar la señal de un interruptor, se visualizara a través de la pantalla simatic o del displays de 7 segmentos y mediante la indicación de un LED, que se está experimentando una alta presión en el sistema, el manipulador entrara en modo falla y deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección. | El evento se simulará | Se utilizara un interruptor (on-off). |

| | | | |
|--|---|-------------------------------|--|
| <p>AUSENCIA PARCIAL DE FLUIDO.</p> | <p>Al manipular una válvula reguladora de caudal, se generara la ausencia parcial de aire en la línea, que hará que el sistema se desplace lentamente, lo cual podrá incurrir que el manipulador entre en modo falla lo cual, siendo así deberá ser visualizado en la interfaz HMI para su posterior corrección.</p> | <p>El evento se generará.</p> | <p>Válvulas reguladoras de caudal</p> |
| <p>DEFECTO EN EL PROCEDIMIENTO DE SUJECIÓN.</p> | <p>Al generar una orden para sujetar una pieza a través de un pulsador, el automatismo deberá confirmar previamente la existencia de dicho objeto con la señal detectada por un sensor de proximidad, al haber ausencia de la señal en manipulador pasara a modo de falla que deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección.</p> | <p>El estado se generará</p> | <p>Sensor de proximidad que detecte la presencia del objeto en todo el trayecto del pistón vertical.</p> |
| <p>DEFECTO EN EL MOVIMIENTO DEL ROBOT EN LOS TRES EJES.</p> | <p>Se cuenta con un Acelerómetro de tres ejes que estará confirmando movimiento en cada uno de los ejes, en caso de ausencia de señal el manipulador entrara en modo falla que deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección</p> | <p>El evento se generará.</p> | <p>Acelerómetro de tres</p> |
| <p>MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS FINALES DE CARRERA.</p> | <p>Cuando el manipulador este realizando un movimiento determinado, se activara un interruptor de dos posiciones que cortara la señal en el final de carrera correspondiente al movimiento, por lo cual después de un tiempo razonable aprox. 4s entrara en modo falla que deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección.</p> | <p>El evento se generará.</p> | <p>Dos sensores de proximidad para cada eje y un interruptor de dos posiciones.</p> |
| <p>INTRUSIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO.</p> | <p>En el instante en que se detecte una intrusión en el área de trabajo la cual comprende de un volumen de 500 mm x 500 mm x 200 mm, se deberá interrumpir el procedimiento que esté realizando, el manipulador entrara en modo falla que deberá ser visualizada en la interfaz HMI para su posterior corrección</p> | <p>El evento se simulará</p> | <p>El estado será programado utilizando Step 7.</p> |

Fuente: Autores.

3.4 METODOLOGÍA RECOMENDADA PARA IMPLEMENTAR LA GUÍA GEMMA.

Para implementar la guía **GEMMA** en un automatismo, se recomienda seguir una metodología paso a paso, la cual tiene como finalidad la obtención de un diseño completo de un automatismo.

Esta metodología podrá ser puesta en práctica en el *Manipulador Cartesiano* debido a las adaptaciones en su estructura (módulo de fallas, interfaces HMI), dispuestas en este proyecto de grado, los cuales permiten generar **eventos de marchas y paradas** a contemplar en el diseño del automatismo por parte de los estudiantes.

1. Diseñar el **GRAFCET** de **producción normal de primer nivel**, basado en los aspectos generales de funcionamiento del automatismo.
2. Seleccionar **sensores y actuadores** necesarios para disponer en el automatismo.
3. Diseñar el **GRAFCET** de **producción de segundo nivel**.
4. Realizar una **lista de chequeo** y adaptarla a la estructura de la guía Gemma, determinando los estados necesarios que involucran el automatismo.
5. Establecer sobre la Guía GEMMA los **caminos de evolución** posibles entre los estados.
6. Establecer entre los caminos de evolución establecidos, **condiciones de transición** a manera como lo concibe el diseño GRAFCET.

7. Diseñar los elementos que componen el **tablero de operación** del automatismo.

8. Diseñar el **GRAF CET completo de segundo nivel**, tomando como base el diseñado inicialmente e incorporándole el diseño de eventos de marchas y paradas contemplados en la guía Gemma diseñada.

9. Seleccionar el **hardware de control**.

10. Diseñar el **GRAF CET de tercer nivel completo**.

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ HMI DE NIVEL MEDIO.

4.1 INTRODUCCIÓN

El aspecto de la comunicación crea gran relevancia cuando se requiere adquirir o entregar información, en la actualidad, si se quiere tener un funcionamiento óptimo en los sistemas de control se debe contar con una forma rápida, fácil y ágil de comunicación entre la máquina y la persona que la está operando, lo cual, traerá como resultado el mejoramiento y optimización del proceso. El medio de comunicación entre una máquina y una persona se denomina interfaz hombre-máquina o interfaz HMI.

En este capítulo se desarrolla el diseño y construcción de la ***interfaz hombre-máquina (HMI) de nivel medio para el Manipulador Cartesiano***, la cual fue diseñada de tal forma, que le proporcione a la persona que lo está operando, la información necesaria de todos los aspectos que involucra la operación del Manipulador.

En la siguiente imagen (ver figura 12) se muestra el resultado final del diseño y construcción de la interfaz (HMI) de nivel medio, compuestas por elementos de activación y señalización cableados al hardware de control, que permita desarrollar lógica programada en el momento de poner en práctica el diseño del automatismo.

FIGURA 12. Interfaz dispositivos de activación y visualización (nivel medio)



Fuente: autores.

4.2 PARÁMETROS TENIDOS EN CUENTA EN EL PROCESO DE DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO.

El objetivo fundamental que debe cumplir una interfaz (HMI), es la servir de medio de comunicación entre un operario y una máquina, por lo cual ese medio debe cumplir con unas características que permitan que esa comunicación sea lo más eficiente posible, dicha eficiencia se mide en la capacidad de recibir y entregar información los más rápido y claro posible, que además el operario sienta que tiene el control del sistema.

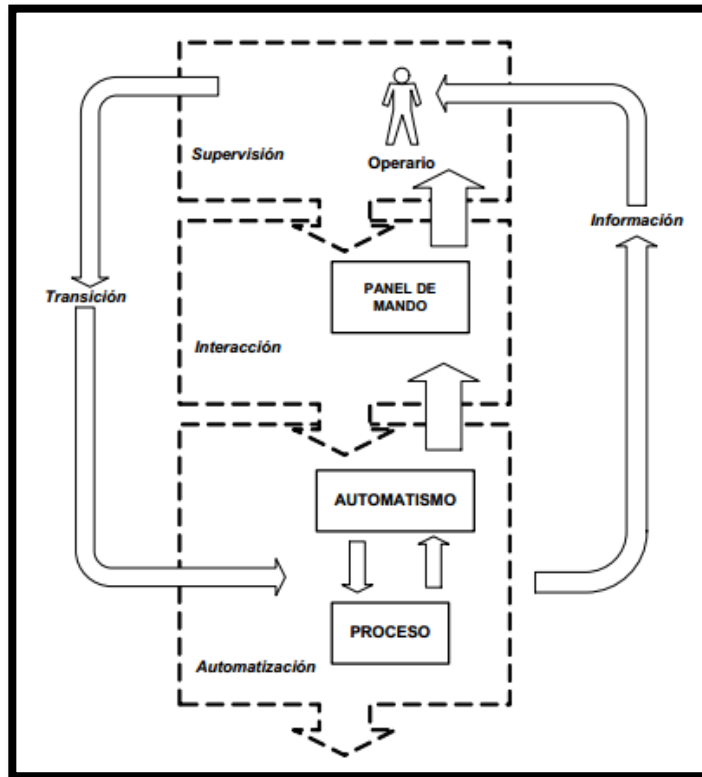
Las interfaces (HMI) orientadas a la automatización industrial se pueden clasificar en dos grandes grupos, la de **supervisión de proceso** que está sustentada en interfaces tipo SCADA (supervisión control y adquisición de datos), y las interfaces

de **manejo y visualización** a nivel de máquina sustentada en paneles de operación. Para el manejo y control del Manipulador Cartesiano se diseñó una interfaz de manejo y visualización las cuales, de manera general se pueden subdividir en dos tipos de interfaz (HMI), de tipo académico y de tipo industrial, las interfaces de tipo académico para sistemas automatizados, suelen presentar tableros de control pequeño con pocas acciones de mando, usualmente contienen marcha/paro y parada de emergencia y generalmente sin dispositivos de visualización, para lo cual diseñar un tablero de este tipo al Manipulador presentaría limitaciones al momento de implementar la guía **GEMMA**, las **interfaces de tipo industrial** están compuestas por tableros de control tipo de pie, a la altura del operario y al pie de máquina, los cuales generalmente contienen dispositivos de activación y visualización detallados, así como también se diseñan bajo normas de seguridad, lo cual es lo más adecuado de instalar en el Manipulador Cartesiano, teniendo en cuenta la envergadura de la máquina y dando la posibilidad de contemplar los parámetros establecidos por la guía **GEMMA** en el momento de realizar el diseño del automatismo.

La comunicación entre el hombre y la maquina viene a ser componente de una agrupación que constituye un proceso de automatización, en la siguiente imagen (ver figura 13) se muestra a manera de esquema, el papel que cumple un papel la interacción entre dos sistemas, se muestra como la interfaz sirve de enlace entre la persona y el automatismo.

Para lograr que una interfaz (HMI) cumpla con ese objetivo de manera eficaz, se requiere realizar previamente un **proceso de diseño de la interfaz**, este proceso debe estar sustentado en unos parámetros que básicamente radican en qué necesidad se requiere y con qué condiciones se cuenta.

FIGURA 13. Componentes de un sistema



Fuente: diseño y automatización industrial

El diseño de la interfaz (HMI) de nivel medio para el Manipulador Cartesiano fue basada tres parámetros básicos, la presentación, la interacción y la distribución:

- ✓ **La presentación:** su importancia radica, en que su estructura es la **primera imagen** que se lleva una persona que se acerca a la máquina, por consiguiente se tuvieron en cuenta aspectos de organización, distribución, materiales y acabados. Sin embargo se tuvo cuidado en no ser exagerados con los colores a utilizar, así como también los contrastes entre el tablero, la letra y los dispositivos que lo integran, ya que una mala selección de

alguno de ellos puede causar una distracción al operador o una mala percepción de la información que se quiere suministrar.

- ✓ **Interacción:** hace referencia a los **dispositivos que integran la interfaz**, bajo las necesidades del Manipulador, se concibió en adaptarles dispositivos de activación y dispositivos de visualización, **dichos dispositivos deberán ser los necesarios** para satisfacer las necesidades mínimas requeridas, que permiten realizar un diseño de la guía **GEMMA**.
- ✓ **Agrupación:** debido a que la interfaz contendrá dispositivo de activación y dispositivos de visualización, se convino realizar una agrupación de los mismos de tal forma que quedaran seccionados y se pueda visualizar fácilmente a que sección del tablero pertenecen.

4.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO, EN BASE A LA ESTRUCTURA DE LA GUÍA GEMMA.

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales de este proyecto de grado es de **instalar los dispositivos necesarios** para **involucrar** en el diseño del automatismo lógico secuencial **eventos de marchas y paradas**, era de total coherencia que el diseño de la interfaz hombre-máquina (HMI) debe ser basada en **estados establecidos en la estructura general de la guía GEMMA** propuesta por la ADEPA.

De acuerdo a esta estructura *Gemma*, se diseñó y construyó una interfaz (HMI) de nivel medio, que puede ser dividida en dos zonas generales, la parte de

visualización (ver figura 14) y la zona de control o dispositivos de activación. (Ver figura 15).

FIGURA 14. Zona de visualización



Fuente: autores.

FIGURA 15. Zona de activación

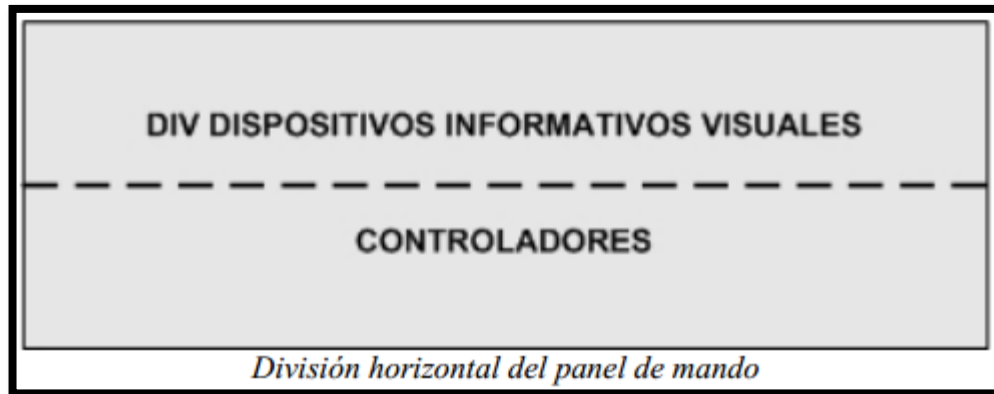


Fuente: autores.

Basados en el estudio inicial de los factores a tener en cuenta en el diseño de la interfaz, y al tener preestablecido la cantidad de mandos y visualizaciones que debe contener el tablero de control, se prosiguió a realizar el proceso de diseño final de la interfaz.

En este proceso inicialmente se eligió tener una interfaz tipo horizontal ver figura 16, la cual contiene en la parte superior dispositivos informativos visuales y la parte inferior dispositivos controladores, en la siguiente figura se muestra la división inicial del tablero.

FIGURA 16. Disposición de interfaz tipo horizontal



Fuente: diseño y automatización industrial

Se dispuso guarda una total coherencia entre las agrupaciones que se harían tanto de los dispositivos visuales como también de los dispositivos controladores, esto con el fin de que la supervisión por parte de un operador se pueda efectuar de la manera más rápida y clara posible, sin dar paso a presentar confusiones o ambigüedad en la lectura del comportamiento el sistema. Es de anotar que la división horizontal de la interfaz prevista no es totalmente inmodificable, ya que de acuerdo a conveniencias se puede alterar sutilmente, lo cual se puede observar algún dispositivo de visualización en la parte inferior o algún dispositivo controlador en la parte superior.

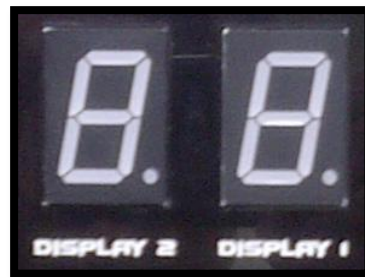
Al tener definida la división global de la interfaz, se prosiguió a realizar un prototipo de subdivisión inicial correspondiente tanto para la parte de visualización, como

para la parte de activación, lo cual implicó definir la totalidad de los dispositivos y componentes a utilizar para cada una así como también su rotulación.

La **zona de visualización** deberá estar compuesta por:

- ✓ Dos **displays de 7 segmentos**, que conjuntos cumplirán la función de proporcionar la información necesaria de acuerdo al modo de operación (Automático, Manual o Falla) en la cual se encuentre trabajando el Manipulador Cartesiano. Operativamente estos displays cuentan con una tarjeta electrónica que cumple la función de tratar la señal que viene del hardware de control y traducirla en número que va del 0 al 9, el cual será mostrado a través de dichos displays.

FIGURA 17. Displays de 7 segmentos



Fuente: autores

- ✓ **Luces indicadoras** o **pilotos** que proporcionan información tales como: confirmación on-off del hardware de control, modo de operación en la cual se encuentra operando el Manipulador, confirmación de los finales de carreas para cada eje de movimiento, confirmación de activación de los estados concebidos en la estructura de la guía GEMMA.

FIGURA 18. Señal de visualización



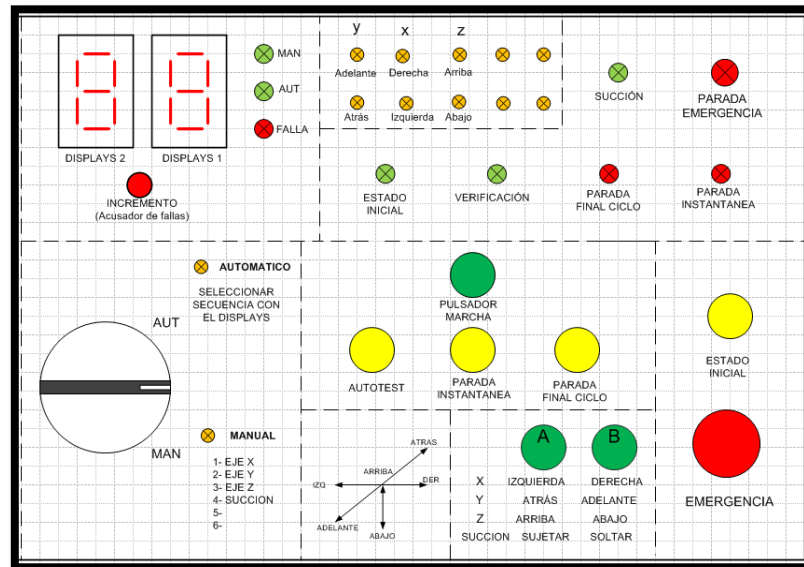
Fuente: autores.

La **zona de activación** del tablero control cuenta básicamente con pulsadores y selectores dispuestos de la siguiente manera:

Un selector de dos posiciones con el cual se podrá seleccionar el modo de operación ya sea automático o manual, para modo automático se cuenta con 4 pulsadores momentáneos tipo on-off que realizan las operaciones dispuestas en la estructura de la guía GEMMA, mientras que para el modo manual posee dos pulsadores del mismo tipo para efectuar los respectivos movimientos, adicionalmente se cuenta con un pulsador momentáneo tipo on-off para comandar el posicionamiento del Manipulador Cartesiano en una posición inicial prefijada previamente y la cual podrá ser modificada de acuerdo a necesidades requeridas por medio de programación y un pulsador de enclavamiento para comandar la parada de emergencia.

En la siguiente figura se muestra un esquema del diseño preliminar de la interfaz de nivel medio para el Manipulador Cartesiano.

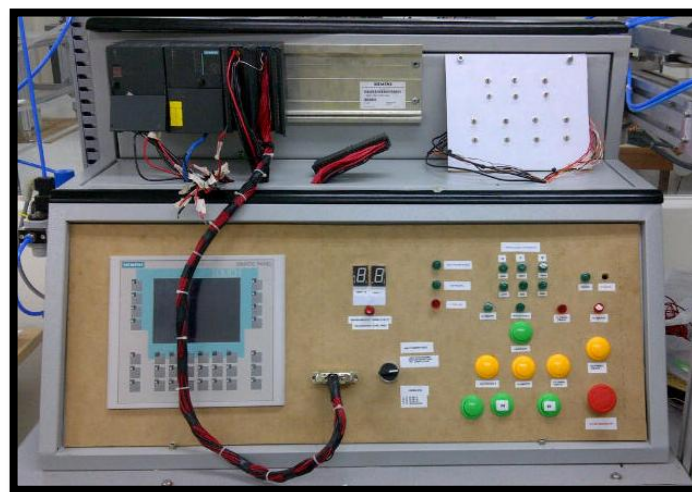
FIGURA 19. Diseño preliminar de la interfaz de nivel medio



Fuente: autores.

Este diseño fue evaluado a través de su construcción y puesta en funcionamiento del tablero en el Manipulador Cartesiano, en la siguiente imagen se muestra el montaje efectuado.

FIGURA 20. Montaje del diseño preliminar de la interfaz nivel medio



Fuente: autores.

Al realizar un análisis detallado de este prototipo de diseño desarrollado, se pudieron sacar ventajas y desventajas que el mismo ofrece, apoyado en los parámetros establecidos con anterioridad.

Ventajas:

- ✓ Se cumple de manera general con las especificaciones de una interfaz tipo horizontal, ya que se observa claramente la diferencia entre las dos zonas globales de visualización en la parte superior y de activación en la parte inferior.
- ✓ A través de los displays de 7 segmentos se puede suministrar mucha información a la persona que está supervisando, siendo estos bastante interactivos, además le brinda al panel un aspecto de modernidad.
- ✓ La interfaz contiene elementos de activación y visualización correspondientes a modos de marchas y paradas correspondientes a la estructura de la guía **GEMMA**, lo cual permite en el momento de realizar un diseño del automatismo contemplar dichos eventos.
- ✓ La información expuesta es bastante explícita, lo cual facilita la manipulación del panel y por ende la del Manipulador.

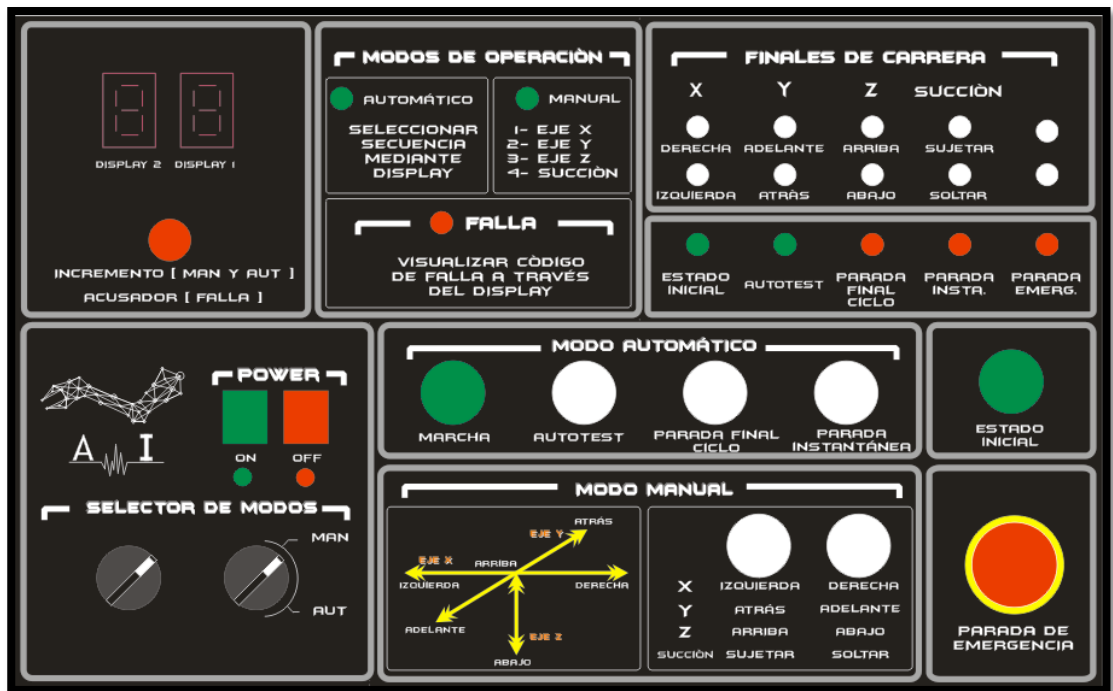
Desventajas:

- ✓ No contiene un mando que permitiese la activación o desactivación del hardware de control, que a su vez energizarían el tablero de control completo.
- ✓ La organización de las subdivisiones, tanto de visualización como de activación, no guardan una simetría adecuada que permitan la armonización del tablero, a simple vista se ve desordenado, lo cual puede repercutir en un mal uso del mismo.
- ✓ No es clara la información de los elementos de activación que corresponde al modo de uso automático y al modo de uso manual.

- ✓ La información a través por el cual se expresa el modo de operación y su correspondiente estado debe ser visualizado en los displays, por lo cual dicha información se encuentra en lugar equivocado.

A partir del prototipo diseñado y de analizar sus ventajas y desventajas se prosiguió a realizar un diseño final en el cual se mantengan las ventajas y se reduzcan en la más posible las desventajas percibidas, en la siguiente imagen se muestra el diseño final de la interfaz (HMI) de nivel medio.

FIGURA 21. Diseño en Corel Draw de la interfaz de nivel medio



Fuente: autores.

4.3.1 Características de la interfaz (HMI) de nivel medio diseñada para el Manipulador Cartesiano.

Al tener el diseño final de la interfaz (HMI) de nivel medio para el manipulador cartesiano se puede especificar de manera concreta las características que presenta la misma.

- ✓ El **diseño final** de la interfaz (HMI) del Manipulador Cartesiano, muestra una clara **asociación** entre los elementos instalados y la estructura general expuesta por la guía **GEMMA**, su diseño fue concebido de tal forma que contenga **procedimientos de funcionamiento** tales como producción automática, producción manual, verificación (Autotest), **procedimientos de paradas** tales como, parada en el estado inicial, parada instantánea, parada final de ciclo, puesta en el sistema en el estado inicial, parada obtenida, y **procedimientos de defectos** tales como parada de emergencia, tratamiento de defectos cuando el sistema caiga en modo falla, producción a pesar de defectos. Con esto se cumple con el objetivo de tener la posibilidad de generar en el manipulador **eventos de marchas y paradas** a través de la interfaz (HMI) de nivel medio, por lo cual dichos eventos podrán ser contemplados en el momento de realizar el diseño del automatismo.
- ✓ La interfaz está constituida básicamente por un tablero de control con **elementos de activación y visualización**, los cuales están dispuestos salvo a pocas excepciones, en una distribución tipo horizontal, el cual contempla los dispositivos informativos visuales en la parte superior y los controladores en la parte inferior, las excepciones radican en los leds de visualización para confirmar el encendido (ON) o apagado (OFF) del hardware de control los cuales se vio conveniente se encontraran al lado de sus dispositivos de activación, dado la importancia del mando, y la

ubicación del dispositivo de activación a través de un pulsador on-off, en la parte superior del tablero, lo cual fue dispuesto así dado a que incidía directamente en los displays de 7 segmentos y su información es fundamental en la Manipulación del sistema.

- ✓ Se percibe a simple vista un orden e las subdivisiones dispuestas, con **agrupaciones** a través de recuadros de funcionamientos y visualizaciones afines, logra esto, aportar a la fácil y ágil manipulación del tablero.
- ✓ La información detallada de cada componente es suficiente para la operación del tablero, se encuentra ubicada en sitios donde sea de fácil entendimiento para la persona que lo opera.
- ✓ Se visualiza claramente cada subdivisión del tablero a través de nombres con tipo de letra más grande y con enmarcaciones a los lados.
- ✓ Si bien, se diseñó una interfaz tipo industrial, se tuvo la precaución de ofrecer toda la información necesaria y de manera interactiva, teniendo en cuenta que los operarios que utilizaran la interfaz serán estudiantes.
- ✓ Se expresa claramente los tres modos de operación del manipulador, modo automático, modo manual y modo falla, con esto se busca la manipulación correcta sin dejar dudas que repercutan en el mal manejo del sistema.

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ (HMI) DE NIVEL MEDIO PARA EL MANIPULADOR CARTESIANO

En el desarrollo del diseño de la interfaz hombre-maquina (HMI) para el manipulador cartesiano perteneciente al laboratorio de Automatización Industrial

de la Escuela de Ingeniería Mecánica, se tuvieron en cuenta requerimientos técnicos, operativos, económicos y ergonómicos que pudieran de forma clara y precisa, permitir la realización de prácticas a los estudiantes de la materia de Autómatas programables o materias afines a ella. Las prácticas que se desarrollaran en el manipulador cartesiano con la interfaz hombre maquina desarrollada en este proyecto, permitirán a los estudiantes tener un primer acercamiento con el funcionamiento de dispositivos de accionamiento, programación, dispositivos de señalización y dispositivos de control comúnmente utilizados en la los procesos industriales.

Para la construcción del tablero de control que contendría todos elementos ya expuestos en la interfaz hombre-máquina (HMI) se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ El espacio para su instalación ya estaba fijado en la primera fase del manipulador cartesiano.
- ✓ El material a utilizar brindara condiciones de rigidez, seguridad, durabilidad, y elegancia, para lo cual se optó por un acrílico de un espesor que nos proporcionara estas especificaciones.
- ✓ Que el rotulado del acrílico tuviese durabilidad y elegancia en su diseño, esto dado por dos aspectos importantes, uno, el tablero será de constante manipulación, por ende su rotulado no debería ser removido con facilidad y dos el tablero es la imagen a mostrar en primera instancia del conjunto completo del Manipulador Cartesiano por consiguiente deberá tener gran presencia, debido a esto se optó por realizar un rotulado de manera grabada o tallada en el acrílico el cual nos brinda las especificaciones requeridas de manera óptima.

- ✓ Se realizó un cableado de todos los dispositivos que constituyen el tablero de tal forma que a simple vista se presente ordenado, utilizando un calibre acorde a la gran envergadura del Manipulador y dejando especificado planos eléctricos, lo cual facilitara la posterior manipulación de sistema de control.

4.4.1 Descripción de cada uno de los componentes utilizados en la construcción de la interfaz (HMI) nivel medio.

- ✓ ***Dispositivo para energizar los elementos eléctricos y electrónicos del manipulador.***

FIGURA 22. Pulsador doble on/off

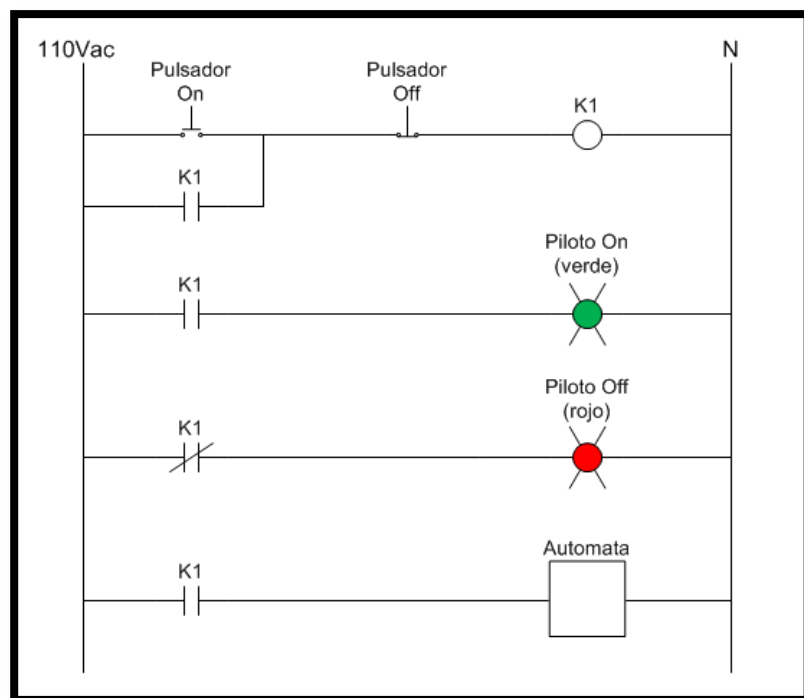


Fuente: catalogo CE

Mediante la manipulación de este dispositivo se podrá dar paso al fluido eléctrico hacia el autómatas programable industrial, éste a su vez dotara de energía eléctrica a los sensores de los finales de carrera. Junto a estos pulsadores, se contara con

LEDs de señalización con lo cual se podrá corroborar de manera visual si el banco se encuentra energizado o no. Estos dispositivos en primera instancia no necesitan de la ejecución del programa en el autómata para ser accionados. La conexión de este dispositivo se realiza en conjunto con un relé el cual será el encargado de permitir el paso del fluido eléctrico al autómata. En la figura 23 se muestra la conexión eléctrica utilizando lógica cableada para estos dispositivos.

FIGURA 23. Diagrama eléctrico pulsador doble on/off



Fuente: autores.

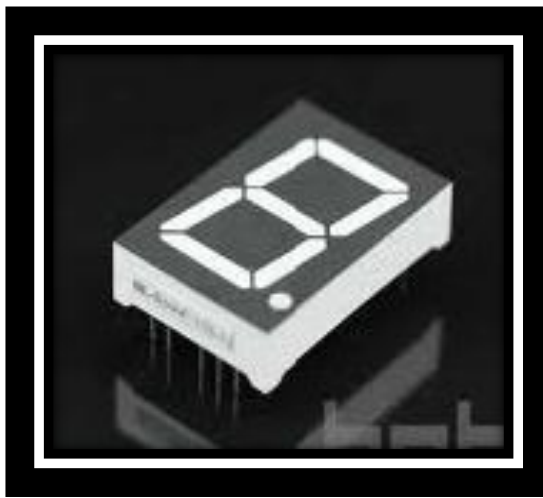
Características principales del dispositivo

- Pulsador doble de 22mm de diámetro de montaje.
- Rango de operación pulsador doble 10Amp/400V.
- Contacto del pulsador verde normalmente abierto.
- Contacto del pulsador rojo normalmente cerrado.
- Material del pulsador en base metálica.

- Fijación doble tornillo.
- Luces pilotos verde y rojo de diámetro de montaje BAS9.
- Alimentación luces pilotos a 110 VAC.

✓ **Display de 7 segmentos**

FIGURA 24. Display de 7



Fuente: electromagnabit.com.

Se instalaron dos displays de 7 segmentos con el fin de visualizar la codificación que el estudiante en el diseño de su automatismo establezca tanto para la parte operativa del manipulador como para la señalización de la falla o fallas que se presenten en el en proceso. El conjunto de este dispositivo está conformado por los displays y dos tarjetas electrónicas que harán el tratamiento de las señales del autómeta hacia el display. La alimentación de la tarjeta electrónica y de los displays se realiza extrayendo de la fuente del autómeta las conexiones a 24VDC y 0VDC requeridas para el funcionamiento de estos dispositivos.

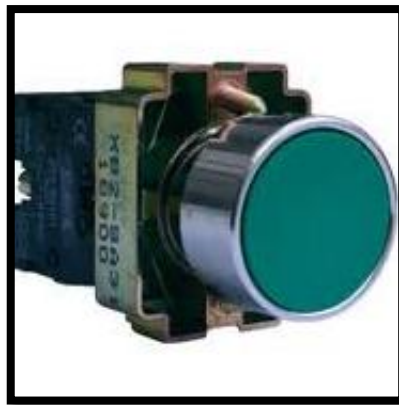
Características principales del dispositivo

- Display de 7 segmentos de ánodo común.
- Alimentación 3 VDC para cada display.
- Alimentación tarjeta electrónica 24 VDC.

- Dimensiones 2.4cm x 3.4cm para cada display.

✓ ***Pulsadores momentáneos***

FIGURA 25. Pulsador momentáneo



Fuente: catalogo CE.

Las ordenes en la parte operativa de la de la interfaz hombre-máquina mediante dispositivos de accionamiento manual, serán transmitidas al sistema mediante el accionamiento de pulsadores mecánicos normalmente abiertos, los cuales irán vinculados en su totalidad a las entradas del autómata programable industrial. Al ser dispositivos eléctricos pasivos no necesitan de una alimentación previa para su funcionamiento. El estudiante deberá involucrar en el diseño de su automatismo, las acciones las acciones pertinentes una vez accionado el pulsador. En la

siguiente tabla se muestra la totalidad de pulsadores utilizados para la HMI por medio de dispositivos de accionamiento.

Tabla 2 descripción de los pulsadores que componen la interfaz nivel medio

| PULSADORES INTERFAZ HOMBRE MAQUINA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ACTIVACIÓN Y SEÑALIZACIÓN | | |
|---|--------|-------------------|
| Asignación pulsador | color | Parte operativa |
| Marcha | verde | Automático |
| Autotest | blanco | Automático |
| Parada final de ciclo | blanco | Automático |
| Parada instantánea | blanco | automático |
| Estado inicial | verde | Manual-Automático |
| Pulsador A | blanco | Manual |
| Pulsador B | blanco | manual |

Fuente: autores.

Características principales del dispositivo

- Pulsador momentáneo con embellecedor metálico.
- Contacto normalmente abierto.
- Capacidad 10Amp/400Vac.
- Material base metálica.
- Fijación con doble tornillo.
- Diámetro de montaje 22mm.

✓ **Perilla de dos y tres posiciones.**

Se emplearan perillas de dos y tres posiciones en la HMI con dispositivos de accionamiento manual. Las perillas están sujetas al tablero mediante dos tornillos con el fin de permitir su recambio cuando sea necesario. Al ser un dispositivo eléctrico pasivo no necesita alimentación previa para su operación. Estas perillas permitirán al estudiante dividir la parte operativa del automatismo en los grupos que él considere pertinente en el diseño del mismo, como por ejemplo dividir el diseño y operación del automatismo en Parte Manual y Parte Automática.

FIGURA 26. Selector de tres posiciones



Fuente: catalogo CE

Características principales del dispositivo

- Selector de tres posiciones con dos contactos normalmente abiertos.
- Selector de dos posiciones con un contacto normalmente abierto.
- Capacidad 10Amp/400VDC.
- Perillas con embellecedor metálico.
- Base metálica.
- Diámetro de montaje 22mm.
- Sujeción por medio de doble tornillo.

✓ **Leds indicadores**

Estos dispositivos desempeñaran un papel importante en la operación del manipulador, el cual consiste en permitir que el estudiante lleve un control visual del proceso que está ejecutando. Algunos de estos Leds estarán vinculados directamente a las salidas del autómeta programable y otros estarán vinculados al accionamiento de los sensores finales de carrera localizados en el manipulador. El estudiante deberá en el diseño de el automatismo, realizar las acciones correspondientes a la activación y desactivación de los LEDs que están vinculados directamente a las salidas del módulo del autómeta

FIGURA 27. Leds indicador



Fuente: autores.

En la siguiente tabla se muestra la totalidad de LEDs utilizados en la interfaz hombre-máquina por medio de dispositivos de activación.

Tabla 3 descripción de las señales de leds de la interfaz nivel medio

| LEDs INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ACTIVACIÓN Y SEÑALIZACIÓN. | | |
|---|--------------|------------------------|
| Asignación | Color | Parte operativa |
| Final de carrera en la derecha | Blanco | Manual-Automático |
| Final de carrera en la izquierda | Blanco | Manual-Automático |
| Final de carrera adelante | Blanco | Manual-Automático |
| Final de carrera atrás | Blanco | Manual-Automático |
| Final de carrera arriba | Blanco | Manual-Automático |
| Final de carrera abajo | Blanco | Manual-Automático |
| Vacuostato (señal de succión) | Blanco | Manual-Automático |
| Manual | Verde | Manual |
| Automático | Verde | Automático |
| Falla | Rojo | Manual-Automático |
| Estado inicial | Verde | Manual-Automático |
| Autotest | Verde | Manual |
| Parada final de ciclo | Rojo | Automático |
| Parada instantánea | Rojo | Automático |
| Parada de emergencia | Rojo | Manual-Automático |

Fuente: autores.

Nota: Se instalaron dos LEDs adicionales a los mencionados en la tabla 3 con el fin de permitir la inclusión de nuevas señales de indicación que se pudieran presentar más adelante.

Características principales del dispositivo

- Alimentación 24VDC.
- Diámetro de montaje BAS9.

✓ **Parada de emergencia**

FIGURA 28. Parada de emergencia



Fuente: catalogo telemecanique

La interfaz dispondrá de un dispositivo de accionamiento manual asociado a la parada de emergencia del manipulador con el cual el estudiante podrá vincular un estado operativo latente que debe tener todo proceso industrial. La parada de emergencia está vinculada directamente con el autómeta programable mediante su conexión a una entrada digital de ésta. Al ser un dispositivo eléctrico pasivo no necesita de una alimentación previa para su funcionamiento.

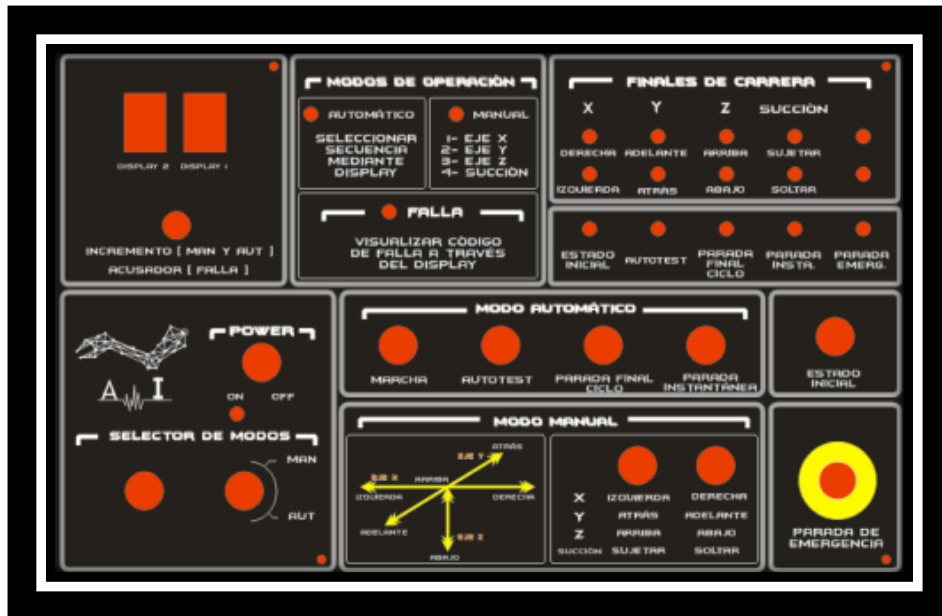
Características principales del dispositivo

- Pulsador tipo hongo.
- Pulsador con enclavamiento metálico.
- Capacidad 10Amp/400Vac.
- Diámetro de montaje 22mm.

- Mecanismo giratorio para la desactivación

4.4.2 Tablero de la interfaz (HMI) de nivel medio

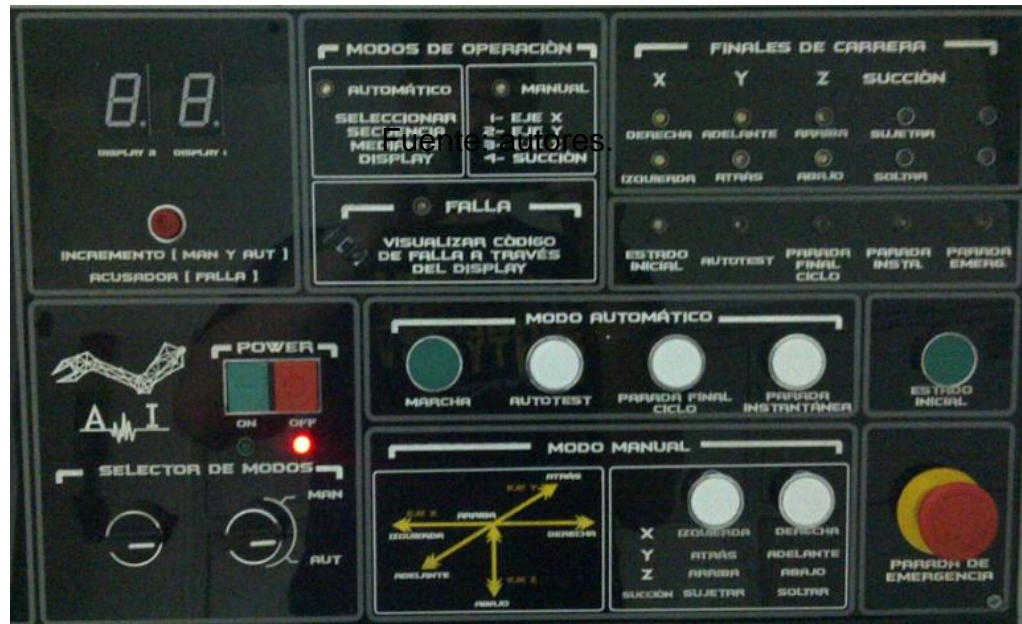
FIGURA 29. Tablero de la interfaz nivel medio sin dispositivos



Fuente: autores.

Los dispositivos de accionamiento manual y la pantalla touch están ubicados sobre un tablero con información adicional para el estudiante concerniente a la parte operativa y de visualización del manipulador cartesiano. El tablero se diseñó y fabricó basado en los estados operativos y de fallas contemplados en la GUIA GEMMA para el diseño e implementación de Automatismos lógicos. La sujeción de los dispositivos de accionamiento, LEDs indicadores y pantalla Touch se realiza por medio de tornillos y contratueras con el fin de hacer el cambio de estos de manera fácil y segura cuando se requiera la sustitución por fallo o cualquier otro motivo. Después de la instalación de los dispositivos se puede observar en la siguiente imagen el resultado final del interfaz con dispositivos de activación y visualización de nivel medio.

FIGURA 30. Interfaz final de dispositivo de activación y visualización nivel medio



Fuente: autores

NOTA: En el siguiente capítulo 7 se dará una explicación detallada de las divisiones en el mando y la señalización del tablero.

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE FALLAS

5.1 INTRODUCCIÓN

Para la guía **GEMMA** es fundamental la existencias de fallas en un automatismo lógico secuencial, dado que en un proceso industrial automatizado es altamente probable la ocurrencia de eventos que generen marchas y paradas del mismo, sin embargo, en la fase inicial de construcción del Manipulador Cartesiano no era objetivo inducirle fallas de manera adrede, además, existe baja posibilidad que se presente fallas de manera espontánea, dado que los componentes que lo conforman son bastante eficientes y que además su estructura no es compleja y si se presentaba no contaba con los medios suficientes tanto para transmitir la información (interfaz HMI) de la falla a la persona que lo está operando, como para también corregir la misma, lo cual no era posible aplicar en el momento de realizar el diseño del automatismo los parámetros estipulados por la guía **GEMMA**, por consiguiente se trazó como **objetivo en este proyecto de grado** diseñar y construir un módulo adicional en el cual, se le puedan generar diferentes tipos fallas al Manipulador de manera premeditada en cualquier instante que se encuentre en operación, lo cual implica tener que realizar el diseño del automatismo contemplado la posibilidad de la ocurrencia de fallas, estas modificación tendrían como resultado un automatismo más eficiente.

En este capítulo se desarrollara el proceso de diseño y construcción del módulo de fallas, así como cuáles de los **eventos de marchas y paradas** expuestos en el capítulo 3 harán parte de este módulo,

En la siguiente figura se muestra el desarrollo final de este diseño y construcción.

FIGURA 31. Modulo de fallas



Fuente: autores.

5.2 PROCESO DE DISEÑO DEL MODULO DE FALLAS

Para realizar el diseño del módulo de fallas inicialmente fue necesario contemplar una serie de parámetros, los cuales servirían de soporte para un llevar a cabo un diseño acorde a las necesidades requeridas, las cuales son la de brindar la posibilidad de generarle fallas de tipo operativo al Manipulador Cartesiano. Dichos parámetros están relacionados con el tipo de modulo a utilizar, la ubicación del módulo en la estructura general del Manipulador, los tipos de fallas que lo compondrían, la forma como se generarían estas fallas, organización de estas

fallas en el módulo, la presentación y estética. A continuación se explica detalladamente cada uno de estos parámetros.

5.2.1 Parámetros tenidos en cuenta en el proceso de diseño del módulo de fallas.

A continuación se explica detalladamente cada uno de los parámetros contemplados para realizar el proceso de diseño del módulo de fallas del Manipulador cartesiano.

- ✓ **Tipos de fallas:** la selección de los tipos de fallas que iba a experimentar el Manipulador Cartesiano estuvo orientada hacia los dispositivos de control y de operación que lo componen, tales como preactuadores, sensores y actuadores. En la siguiente tabla se describe las fallas que constituyen el diseño de módulo de fallas.

Tabla 4 descripción de las fallas a generar o simular en el manipulador

| TIPO DE FALLA | # | OBSERVACIÓN | GENERADO/SIMULADO |
|---|---|--|-------------------|
| Mal funcionamiento de los finales de carrera | 6 | Ubicados en cada uno de los extremos de los ejes de movimiento del Manipulador (x, y,z). | Generado |
| Mal funcionamiento en el accionamiento cinemático del Manipulador | 5 | El cual está compuesto por dos electroválvulas de tres posiciones (ejes X,Y) y una electroválvula de dos posiciones retornada por resorte para el eje Z. | Generado |

| | | | |
|--|---|--|----------|
| mal funcionamiento al producir la succión en la ventosa | 1 | Se genera a través de un vacuostato y una electroválvula de dos posiciones. | Generado |
| La presencia de una alta presión en el sistema neumático | 1 | Sistema neumático instalado, (compresor instalación neumática del laboratorio, unidad de mantenimiento en el Manipulador, distribución a las electroválvulas, paso los actuadores. | Simulado |
| Intrusión en el área de trabajo del Manipulador | 1 | El área de trabajo consta del espacio de desplazamiento del brazo neumático. | Simulado |
| Bajo caudal en el sistema | 6 | Sistema neumático del Manipulador una línea para cada eje de movimiento. | Generado |

Fuente: autores.

- ✓ **Tipo de modulo a utilizar:** al tener establecido el inventario total de las fallas que se contemplarían en el Manipulador Cartesiano en este módulo, se dispuso a determinar la forma como estas se dispondrían para su operación, para lo cual después de estudiar varias alternativas se dispuso del diseño de un **tablero de mando para fallas**, al cual se le tendría que diseñar y construir una estructura que lo soporte y acoplar esa estructura a la estructura principal el Manipulador Cartesiano.
- ✓ **Ubicación de la estructura:** se estipularon dos alternativas para la ubicación del área de fallas en la estructura principal del manipulador:
 - **Alternativa 1:** ubicar el área de fallas en la parte lateral de la estructura principal del manipulador, esta alternativa presenta como

desventaja, que el espacio puede no ser suficiente, además el acceso para su manipulación puede ser tedioso, de igual manera no se tendría uniformidad con la estructura principal.

- **Alternativa 2:** ubicar el área de fallas en la parte superior derecha de la estructura principal del manipulador, esta alternativa ofrece como ventaja una uniformidad con la estructura general del manipulador, de igual manera presenta facilidad en la manipulación, también presenta facilidad de montaje, en base a instalación de los dispositivos que contendría el tablero, por cual esta alternativa fue la adecuada y escogida.

✓ **Dispositivos que componen el módulo de fallas:** el dispositivo a emplear depende del tipo de falla a incurrir:

- **Interruptor de codillos de dos posiciones**, para fallas de mal funcionamiento de los finales de carrera, mal funcionamiento del accionamiento cinemático, alta presión en el sistema, falla de succión, e intrusión en el área de trabajo.
- **Válvulas reguladoras de caudal**, para fallas de bajo caudal en el sistema.

5.3 DISEÑO DE TABLERO DE FALLAS

En base a los parámetros establecidos en el ítem anterior se dispuso agrupar los las fallas preestablecidas en el manipulador de acuerdo al dispositivo que se va a utilizar

FIGURA 32. Diseño tablero de fallas con interruptores de codillos



Fuente: autores.

De igual forma, otra de las fallas a generar en el Manipulador Cartesiano es la ausencia parcial del fluido o falla de caudal para lo cual se adquirieron 6 válvulas reguladoras de caudal con las cuales se pueden aumentar o disminuir el caudal de fluido que pasa hacia las líneas de los actuadores dos por cada eje de movimiento, que requerían una área de instalación la cual fue dispuesta en un

panel adicional ordenadas de tal manera que facilite su manipulación. La siguiente figura muestra el diseño final de la disposición de dichas válvulas.

FIGURA 33. Diseño tablero de fallas con válvulas reguladoras de caudal



Fuente: autores.

Para la construcción de la estructura que soporte los dos paneles de fallas, se tuvieron en cuenta aspectos tales como: espacio en la estructura ya instalada, ergonomía que permita una fácil y correcta manipulación, ubicación en la estructura que permita un fácil cableado así como también un cómodo acceso al mismo. Así mismo se dispuso construir una estructura conjunta que agrupara los dos tableros que nos brinda una única área de fallas y nos proporciona organización global en el Manipulador Cartesiano.

5.4 CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE FALLAS

Luego de realizar el proceso de diseño del módulo de fallas, en el cual se estableció el tipo de módulo, las variables que lo integraran, tamaño y ubicación en la estructura principal, tipo de dispositivos a utilizar para generar o simular las fallas, se prosiguió con la construcción del módulo de fallas.

5.4.1 Descripción de dispositivos que componen el módulo de fallas.

✓ *Interruptores de codillo*

FIGURA 34. Interruptor de codillo



Fuente: catalogo telemaquine

El panel de control donde se simularan o generaran las fallas contarán con interruptores de codillo, cuya función para algunos es la de abrir el circuito eléctrico de los sensores de proximidad asociados a los finales de carrera y de las electroválvulas que comandan los actuadores encargados del movimiento en los tres ejes y la succión del manipulador, otros interruptores estarán vinculados directamente a las entradas del autómata con el fin de dar información al estudiante de que se está simulando una falla. La sujeción de los interruptores se realizara por medio de contratuerzas con el fin de permitir su fácil recambio cuando se requiera. El estudiante tendrá que vincular en el diseño del automatismo la generación o simulación de estas fallas, hacer un análisis detallado de las posibles causas y soluciones asociadas a la falla y determinar las acciones que se tendrán que tomar al momento de acusar la falla. En la siguiente

tabla se muestra la totalidad de interruptores de codillo utilizados en el panel de control para la simulación o generación de las fallas.

Tabla 5 descripción de los interruptores dispuesto en el tablero de fallas

| INTERRUPTORES DE CODILLO UTILIZADOS EN EL PANEL DE CONTROL DE LAS FALLAS DEL MANIPULADOR CARTESIANO |
|---|
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento a la derecha |
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento a la izquierda |
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento hacia adelante |
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento hacia atrás |
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento hacia arriba |
| Interruptor que desactiva final de carrera movimiento hacia abajo |
| Interruptor que simula alta presión |
| Interruptor que simula intrusión en el área de trabajo |
| Interruptor que desactiva la electroválvula de succión |
| Interruptor que desactiva la electroválvula del movimiento a la derecha |
| Interruptor que desactiva la electroválvula del movimiento a la izquierda |
| Interruptor que desactiva la electroválvula del movimiento hacia adelante |
| Interruptor que desactiva la electroválvula del movimiento hacia atrás |
| Interruptor que desactiva la electroválvula del movimiento hacia arriba |

Fuente: autores.

Nota: Se instalaron tres interruptores de codillo adicionales en el panel de fallas con el fin de permitir en el futuro la simulación o generación de otras fallas que se puedan presentar en un proceso automatizado.

Características principales del dispositivo

- Posición ON-OFF.
- Palanca verde.
- Palanca de material plástico.
- Capacidad 6Amp/12 Vac.
- Tipo unipolar.
- Capacidad 6Amp/125VDC.
- Temperatura de operación 0-55°C.

✓ *Válvulas reguladoras de velocidad neumáticas.*

FIGURA 35. Válvula reguladora de caudal



Fuente: Catalogo telemaquine

El panel de control de fallas está dotado de válvulas reguladoras de caudal en cada una de las líneas de paso de aire hacia los actuadores que realizan el movimiento del manipulador cartesiano en los tres ejes. La conexión se realiza por medio de manguera de 6mm de diámetro de la electroválvula hacia la reguladora de velocidad y de ésta hacia el actuador. La válvula reguladora de velocidad

cuenta con una válvula anti retorno incorporada para evitar el paso de aire en la dirección contraria y con ello, garantizar la quietud del manipulador al momento de desactivar la señal de las electroválvulas. El estudiante vinculara en el diseño de su automatismo el efecto de modificar la velocidad en el movimiento del manipulador cartesiano.

Características principales del dispositivo

- Conexión Racor-Racor.
- Diámetro conexión mangueras de 6mm.
- Presión de trabajo 0- 130Psi.
- Presión negativa -750mmHg – 0.
- Válvula anti retorno en la dirección contraria a la dirección de regulación.
- Material poliuretano.

En las figura 36 y 37 se observan la disposición final de las válvulas en el panel de fallas del manipulador.

FIGURA 36. Montaje de las válvulas reguladoras de caudal



Fuente: autores.

FIGURA 37. Montaje de las válvulas reguladoras de caudal, parte posterior



Fuente: autores.

✓ **Tablero del panel de fallas.**

FIGURA 38. Montaje de interruptores de codillos



Fuente: autores.

Con el fin de concentrar en una en un solo lugar las fallas a simular o generar en manipulador cartesiano, se diseñó y construyó una estructura que facilite el acceso a los dispositivos de accionamiento como lo son los interruptores de codillos y válvulas reguladoras de velocidad. Se concibieron varias alternativas a fin de ubicar la estructura con el panel de fallas en busca de no vincularlo de manera operativa con la interfaz hombre maquina por medio de dispositivos de accionamiento manual ni con la interfaz hombre máquina virtual (pantalla touch screen). El estudiante, profesor o auxiliar a cargo de operar el manipulador cartesiano podrá de manera cómoda y segura, realizar la generación o simulación de las fallas que se implementaron sin que esto afecte la ergonomía de manejar la interfaz hombre maquina por medio de dispositivos de accionamiento manual y de visualización. En la siguiente figura se muestra la estructura final de módulo de fallas a simular o generar en el manipulador.

FIGURA 39. Modulo de fallas



Fuente: autores.

5.5 DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA LAS INTERFACES Y EL PANEL DE FALLAS.

Estos dispositivos permitirán a los estudiantes en el diseño y programación de sus automatismos lógicos, realizar acciones operativas ya sean de carácter combinacional o secuencial y a su vez, servirán como objeto de detección de fallas que se presenten en el manipulador.

✓ **Sensor de proximidad tipo capacitivo de tres hilos**

El manipulador cartesiano contara con un sensor de proximidad capacitivo de tres hilos (ver figura 40) marca Autonics instalado en el vástago del actuador para el movimiento vertical.

FIGURA 40. Sensor de proximidad

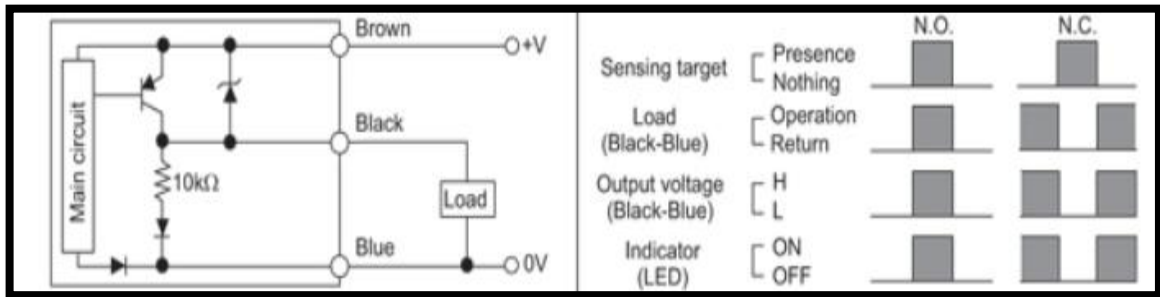


Fuente: Catalogo sensomatic.

El sensor cuenta con tres hilos para su conexión al autómeta y operación (ver figura 41) y características principales del dispositivo. El sensor se vinculara a una entrada del autómeta y su función será proveer al estudiante una señal que le informe si el proceso cuenta con material de trabajo en una posición o posiciones determinadas. El estudiante tendrá la labor de incluir en su diseño y programación

las acciones pertinentes entorno a la presencia o ausencia de material en el proceso.

FIGURA 41. Diagrama de conexión del sensor de proximidad



Fuente: catalogo Sensomatic.

Características principales del dispositivo

- Sensor tipo capacitivo.
- Conexión de tres hilos.
- Tipo de conexión PNP.
- Distancia máxima para censado de 8mm.
- Alimentación de 10 a 30VDC.
- Cable marrón conectado a 24VDC.
- Cable azul conectado a 0VDC.
- Cable negro conectado a una entrada del autómata.
- Corriente consumida de 15mA.
- Corriente de control máxima 200mA.
- Indicador de control con LED de color rojo.
- Peso aproximado de 76g.
- Temperatura de operación de -25 a 70°C.

En la figura 42 se observa la ubicación del sensor asociado a la acción de detectar material en el manipulador cartesiano.

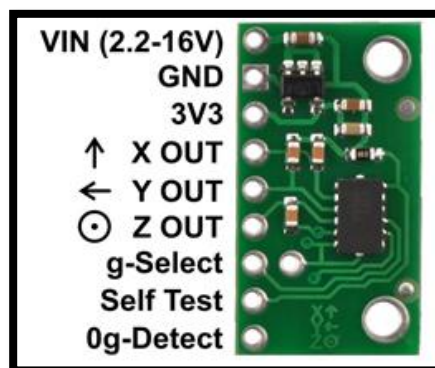
FIGURA 42. Ubicación del sensor de proximidad



Fuente: autores.

✓ ***Acelerómetro de 3 ejes MMA7361.***

FIGURA 43. Tarjeta electrónica del acelerómetro



Fuente: dinamo electronics.

El manipulador cartesiano cuenta con un acelerómetro para indicar si se presenta movimiento en alguno de los tres grados de libertad que actualmente posee el

sistema. Mediante el uso de este dispositivo y una tarjeta electrónica se podrá generar tres salidas digitales (una para cada grado de libertad) que estarán vinculadas a tres entradas del autómata. El estudiante podrá implementar en su diseño y programación acciones operativas o de señalización que implique la ausencia de movimiento en alguno o varios ejes.

Características principales del dispositivo

- Voltaje de alimentación normalmente a 5V.
- Voltaje de salida 0-3.3V.
- Corriente de consumo 0.5mA.
- Tamaño 13mm x 20mm.
- Choque máximo 1000g.
- Tierra o GND.
- 3.3V de salida del regulador corriente baja.
- Salida de la lectura de aceleración eje X.
- Salida lectura de aceleración eje Y.
- Salida lectura de aceleración eje Z.
- Posee selector de resolución, normalmente esta en bajo por lo tanto la resolución es de +/-1g (800mV/g), si se pone un alto de 3.3V se obtiene una resolución de +/-6g (206mV/g).
- Posee un pin para testeado en fabrica.
- Posee un pin que detecta caída libre. Cuando esto ocurre, se genera una señal de alto en este pin.

✓ **Módulo de entradas y salidas digitales**

FIGURA 44. Modulo de señales digitales



Fuente: siemens.

Para la implementación de los nuevos dispositivos de accionamiento manual y generación de algunas de las fallas, se dota al manipulador cartesiano de un segundo módulo de entradas y salidas digitales con el cual se logra que el controlador obtenga la capacidad de manejar un número de entradas y salidas mayores. El segundo módulo de entradas y salidas digitales se conecta en la parte posterior por medio de un bus de datos al primer módulo. El estudiante vinculara en su programación la asociación entre los nuevos dispositivos de activación manual dotados al manipulador con las entradas y salidas del segundo módulo.

Características principales del dispositivo

- Modelo SM 323.
- Tensión nominal de 24VDC.
- Temperatura máxima en las entradas de 40°C.
- Longitud de cable apantallado máxima en las entradas y salidas de 1000m.
- Longitud de cable no apantallado máxima en las entradas y salidas de 600m.

- Posee 16 entradas digitales 24VDC y 16 salidas digitales 24VDC
- Salidas a transistor.
- Para la señal de 0 en las entradas se requiere -30 a 5VDC.
- Para la señal de 1 en las entradas se requiere 13-30VDC.
- Corriente en cada entrada 7mA.
- Tipo de entradas NPN.
- Velocidad mínima de 0 a 1 en 1.2-4.8ms.
- Velocidad mínima de 1 a 0 en 1.2-4.8ms.
- Protección electrónica de cortocircuito en las salidas.
- Carga tipo lámpara máxima de 5W.
- Rango de la resistencia de carga de 48-4000 ohmios.
- Corriente nominal en cada señal de salida de 0.5mA.
- Retardo de 0 a 1 en las salidas de 100 μ s.
- Retardo de 1 a 0 en las salidas de 500 μ s.

6. DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL MANIPULADOR CARTESIANO

6.1 INTRODUCCIÓN

El manipulador cartesiano cuenta ahora con un sistema operativo y de control más complejo, esto con el fin de que el estudiante pueda vincular la mayoría de estados y paradas contemplados por la guía GEMMA. Debido a la complejidad con la cual está dotado el banco de trabajo en cuestión, se ve la necesidad de realizar una guía operativa para la operación del manipulador cartesiano.

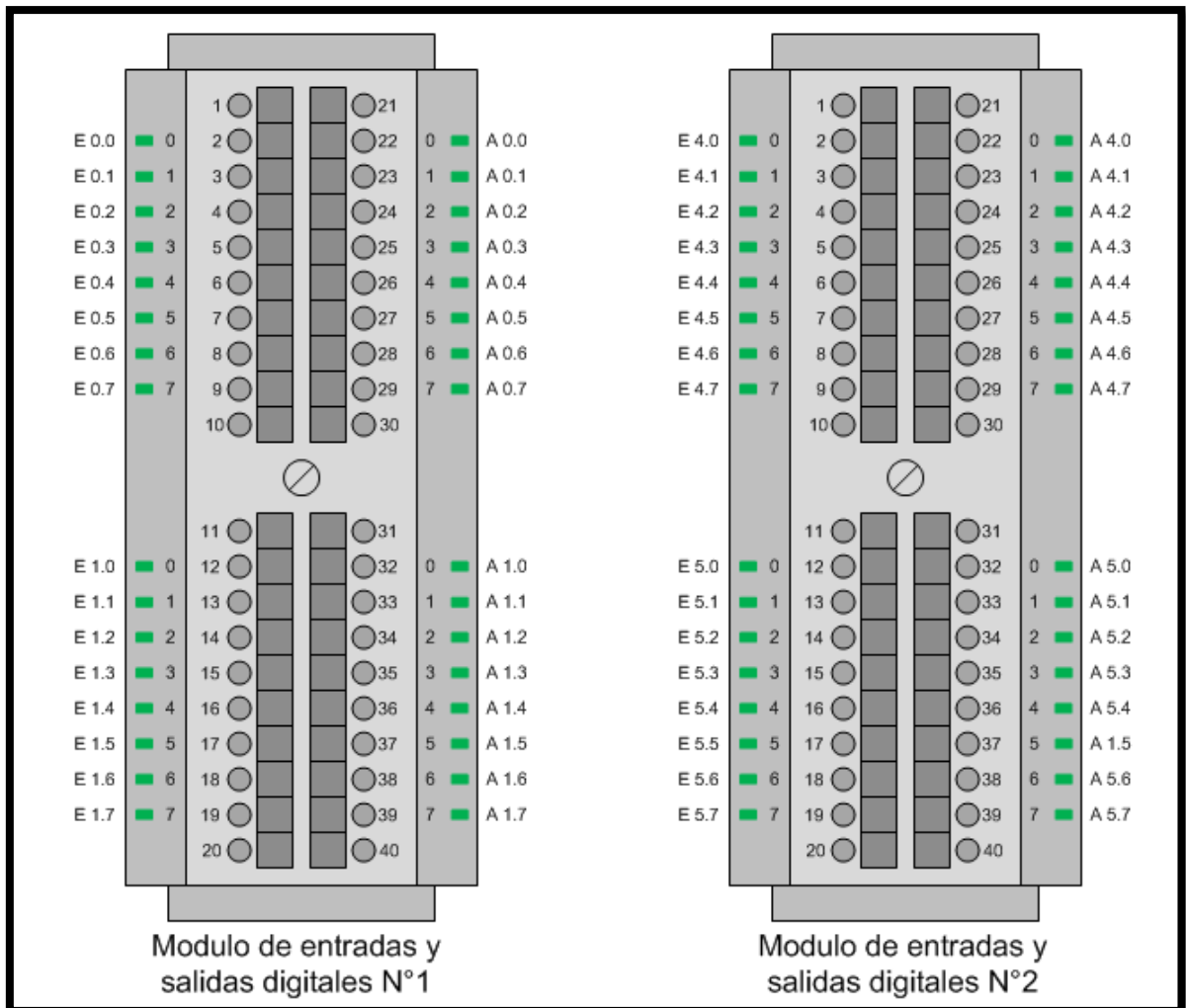
El objetivo de este capítulo es la exponer las características principales en la manipulación y el funcionamiento del manipulador cartesiano, con el fin de que los interesados en la operación de este banco de trabajo educativo (estudiantes, profesor o auxiliar) tengan una guía o manual con el cual se puedan familiarizar de forma clara y concisa con el funcionamiento del mismo.

6.2 CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS.

La interfaz hombre-máquina por medio de dispositivos de accionamiento y visualización está constituida por pulsadores, selectores y LEDs; a su vez, las acciones operativas realizadas por el manipulador cartesiano son ejecutadas por medio de actuadores. La vinculación de actuadores y de los dispositivos de accionamiento y visualización están vinculados al controlador a través de los módulos de entradas y salidas digitales cuyas características principales fueron expuestas en el capítulo pasado. En la figura 45 y tabla 6 se observa la disposición esquemática de la conexión de los dispositivos mencionados anteriormente.

Los estudiantes que realicen diseños y programación de automatismo lógicos en el manipulador cartesiano deberán tener muy presente la salida o entrada a la cual está vinculada cada dispositivo conectado a los módulos.

FIGURA 45. Diagrama de módulos de entrada y salidas digitales



Fuente: autores

Tabla 6 asignación de entradas y salidas en los módulos de señales digitales

| ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS | | | | | |
|----------------------------------|---------|----------------------------------|-----|---------|-------------------------------------|
| Módulo 1 | | | | | |
| Pin | Entrada | Elemento | Pin | Entrada | Elemento |
| 1 | - | L+ | 21 | - | L+ |
| 2 | E 0.0 | Vacuostato | 22 | A 0.0 | Válvula paso de aire |
| 3 | E 0.1 | Final de carrera adelante | 23 | A 0.1 | Electroválvula movimiento atrás |
| 4 | E 0.2 | Final de carrera atrás | 24 | A 0.2 | Electroválvula movimiento adelante |
| 5 | E 0.3 | Final de carrera en la derecha | 25 | A 0.3 | Electroválvula movimiento izquierda |
| 6 | E 0.4 | Final de carrera en la izquierda | 26 | A 0.4 | Electroválvula movimiento derecha |
| 7 | E 0.5 | Final de carrera arriba | 27 | A 0.5 | Electroválvula movimiento abajo |
| 8 | E 0.6 | Final de carrera abajo | 28 | A 0.6 | Electroválvula tobera de succión |
| 9 | E 0.7 | Selector en posición automático | 29 | A 0.7 | (vacío) |
| 10 | - | M | 30 | - | M |
| 11 | - | L+ | 31 | - | L+ |
| 12 | E 1.0 | Pulsador de marcha | 32 | A 1.0 | LED modo falla |
| 13 | E 1.1 | Selector en posición manual | 33 | A 1.1 | LED modo automático |
| 14 | E 1.2 | (Vacío) | 34 | A 1.2 | LED modo manual |
| 15 | E 1.3 | Parada de emergencia | 35 | A 1.3 | LED modo falla |

| | | | | | |
|----------|---------|---------------------------------------|-----|---------|---------------------------|
| 16 | E 1.4 | Pulsador B | 36 | A 1.4 | LED autotest |
| 17 | E 1.5 | Pulsador A | 37 | A 1.5 | LED parada final de ciclo |
| 18 | E 1.6 | (vacío) | 38 | A 1.6 | LED parada instantánea |
| 19 | E 1.7 | (vacío) | 39 | A 1.7 | LED parada de emergencia |
| Pin | Entrada | Elemento | Pin | Entrada | Elemento |
| 20 | - | M | 40 | - | M |
| Módulo 2 | | | | | |
| Pin | Entrada | Elemento | Pin | Salida | Elemento |
| 1 | - | L+ | 21 | - | L+ |
| 2 | E 4.0 | (vacío) | 22 | A 4.0 | (vacío) |
| 3 | E 4.1 | (vacío) | 23 | A 4.1 | (vacío) |
| 4 | E 4.2 | (vacío) | 24 | A 4.2 | (vacío) |
| 5 | E 4.3 | Pulsador del display | 25 | A 4.3 | (vacío) |
| 6 | E 4.4 | (vacío) | 26 | A 4.4 | (vacío) |
| 7 | E 4.5 | Pulsador estado inicial | 27 | A 4.5 | (vacío) |
| 8 | E 4.6 | Pulsador parada final de ciclo | 28 | A 4.6 | (vacío) |
| 9 | E 4.7 | Pulsador parada instantánea | 29 | A 4.7 | (vacío) |
| 10 | | M | 30 | | M |
| 11 | | L+ | 31 | | L+ |
| 12 | E 5.0 | Pulsador autotest | 32 | A 5.0 | Bit 3 display 2 |
| 13 | E 5.1 | Interruptor de falla por alta presión | 33 | A 5.1 | Bit 2 display 2 |

| | | | | | |
|----|-------|---|----|-------|-----------------|
| 14 | E 5.2 | Interruptor falla intrusión área de trabajo | 34 | A 5.2 | Bit 1 display 2 |
| 15 | E 5.3 | (vacío) | 35 | A 5.3 | Bit 0 display 2 |
| 16 | E 5.4 | (vacío) | 36 | A 5.4 | Bit 3 display 1 |
| 17 | E 5.5 | (vacío) | 37 | A 5.5 | Bit 2 display 1 |
| 18 | E 5.6 | (vacío) | 38 | A 5.6 | Bit 1 display 1 |
| 19 | E 5.7 | (vacío) | 39 | A 5.7 | Bit 0 display 1 |
| 20 | - | M | 40 | - | M |

Fuente: autores

6.3 Configuración del hardware de control.

El controlador del manipulador cartesiano está compuesto por un autómata programable industrial de gama media Siemens S7 300, debido a que este tipo de autómata es de configuración modular, fue posible incluir los dispositivos necesarios para la realización de prácticas con diseños y programación de automatismos lógicos más completos por parte de los estudiantes. El autómata cuenta con una fuente de poder PS 307 2A y con la CPU 315F-2 PN/DP encargado de vincular las señales digitales y análogas impartidas por el operador, enlazar dichas señales a las acciones implementadas previamente en un código (Programación) y generar las órdenes para la activación y desactivación de los actuadores y pre actuadores del proceso en cuestión.

La configuración y programación del hardware de control se realiza a través del Software STEEP 7, el cual permite asistir al operador de autómatas de gama media y alta S7 300/400 en la creación de soluciones de automatización tales como:

- Crear y gestionar proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación.

- Gestionar símbolos.
- Crear programas.
- Cargar programas en sistemas de destino.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos en la instalación.

La configuración del hardware de control del manipulador cartesiano se realiza a través del software Step 7 por medio de la vinculación de la fuente de poder, la cpu y los módulos de entradas y salidas digitales al administrador del programa que se quiera implementar. De manera virtual se realiza la vinculación modular de los elementos del hardware tal como lo muestra la figura 46.

FIGURA 46. Configuración del hardware de control

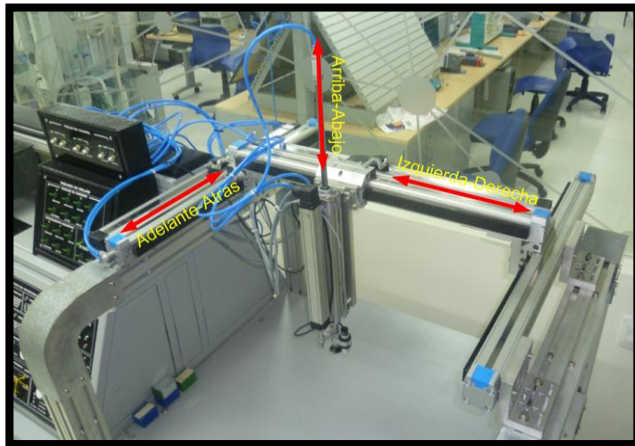
| Slot | Módulo | Referencia | Firmw... | Direc... | Direcci... | Direc... |
|------|--------------------|---------------------|----------|----------|------------|----------|
| 1 | PS 307 5A | 6ES7 307-1EA01-0AA0 | | | | |
| 2 | CPU 315F-2 PN/DP | 6ES7 315-2FH13-0AB0 | V2.6 | 2 | | |
| X1 | MP/DP | | | 2 | 2047* | |
| X2 | PN-IO | | | | 2046* | |
| X21 | Puerto 1 | | | | 2045* | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | DI16/DO16x24V/0.5A | 6ES7 323-1BL00-0AA0 | | | 0...1 | 0...1 |
| 5 | DI16/DO16x24V/0.5A | 6ES7 323-1BL00-0AA0 | | | 4...5 | 4...5 |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |

Fuente: siemens

6.4 MOVIMIENTOS DEL MANIPULADOR CARTESIANO.

El manipulador cartesiano cuenta con tres grados de libertad de movimiento que le permiten desplazarse a través de un área de trabajo mediante la acción de actuadores neumáticos. Además cuenta con un sistema de sujeción de material mediante la succión de este a través de sistema compuesto por una electroválvula, una tobera aspiradora y un vacuostato, este último encargado de general la señal que permita indicar que se sujetó el material correctamente. En la figura 47 se describe el área de trabajo y los posibles movimientos con los que cuenta el manipulador cartesiano.

FIGURA 47. Movimientos del manipulador



Fuente: robot/Manipulador Cartesiano

6.5 MANEJO DEL DISPLAY

FIGURA 48. Display de siete segmentos



Fuente: autores

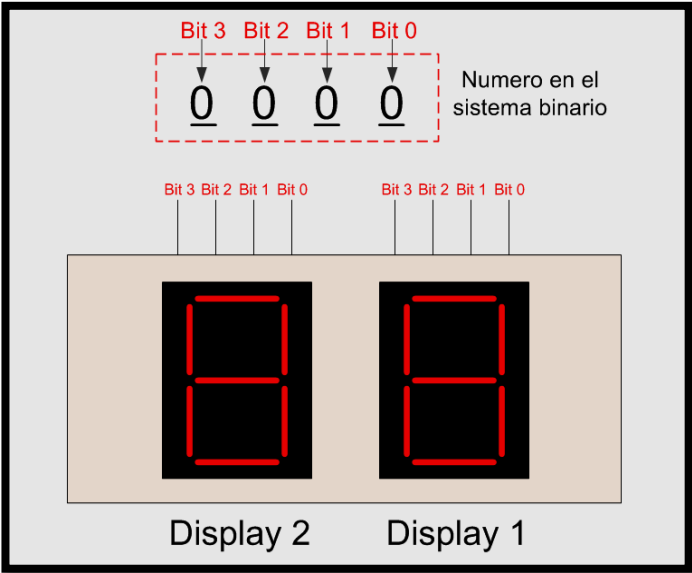
Una de las novedades tecnológicas que se implementó al manipulador cartesiano, fue la inclusión de dos displays de 7 segmentos, con el fin de codificar de forma numérica la información del proceso o de las fallas que se esté presentando en el manipulador en el momento que se esté operando.

Para realizar la codificación en el display es necesaria la utilización de 8 señales eléctricas (4 por display) las cuales serán proporcionadas por 8 salidas a 24VDC de los módulos del autómeta. Estas señales del autómeta llegarán a una tarjeta electrónica que a su vez, por medio de un conjunto de dispositivos electrónicos, realizarán la labor de procesar y codificar la información que el sistema requiere visualizar.

El display cuenta con un pulsador que permite seleccionar algún estado operativo o secuencia a ejecutar en el manipulador; también permite acusar las fallas que se presenten y codifiquen en los displays.

Como se mencionó anteriormente, es necesario combinar 4 señales a 24VDC para poder visualizar en el display un número comprendido entre el 0 y el 9 y teniendo en cuenta que se cuenta con dos displays, se podrá visualizar en el tablero de control números desde el 0 hasta el 99. La combinación de las 4 señales que llegan al display representa un número en el sistema binario en donde las señales activas representan un uno y las no activas representan un cero, posteriormente la tarjeta electrónica se encargara de procesar esas señales y visualizar en el display en el número en el sistema decimal. En la figura 49 y la tabla 7 se observa la relación entre las salidas del autómata y los pines del display a fin de convertir el número del sistema binario al sistema decimal.

FIGURA 49. Pines de los display



Fuente: autores

Tabla 7 salidas del autómata hacia los display

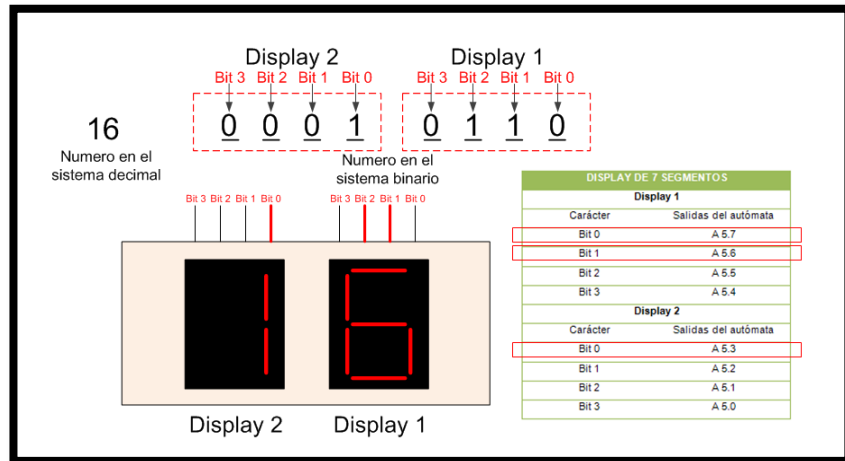
| DISPLAY DE 7 SEGMENTOS | |
|------------------------|----------------------|
| Display 1 | |
| Carácter | Salidas del autómata |
| Bit 0 | A 5.7 |
| Bit 1 | A 5.6 |
| Bit 2 | A 5.5 |
| Bit 3 | A 5.4 |
| Display 2 | |
| Carácter | Salidas del autómata |
| Bit 0 | A 5.3 |
| Bit 1 | A 5.2 |
| Bit 2 | A 5.1 |
| Bit 3 | A 5.0 |

Fuente: autores

6.5.1 Ejemplo de utilización del display

Debido a que los displays son utilizados tanto por las interfaces hombre-máquina como para la codificación de las fallas que se presenten en el manipulador ya sean generadas o simuladas, la forma de programar las salidas del autómata para que se muestre un número determinado, queda como análisis e ingenio exclusivo de los estudiantes para el momento en que se encuentren programando sus automatismos lógicos previamente diseñados. A continuación se muestra un ejemplo de cómo visualizar un número comprendido entre 0 y 99 en los displays.

FIGURA 50. Ejemplo de manejo de display



Fuente: autores

6.6 Manejo de la interfaz por medio de dispositivos de accionamiento manual.

FIGURA 51. Interfaz dispositivos de acciona



Fuente: autores

El manipulador cartesiano cuenta con una interfaz de nivel medio dotada de dispositivos de accionamiento y visualización como lo son pulsadores momentáneos, selectores de posición y LEDs para la señalización. Con el fin de que los operadores del banco didáctico puedan tener una idea del correcto funcionamiento de estos dispositivos, se esbozan a continuación las características operativas de los dispositivos en la interfaz hombre-máquina por medio de estos dispositivos.

- ✓ Conexión y desconexión del banco a la fuente eléctrica.

FIGURA 52. Dispositivo para energizar la interfaz



Fuente: autores

El operador del manipulador cartesiano deberá realizar en primera instancia la energización del banco, para lo cual una vez verificado que se encuentra conectado a la fuente de alimentación de 110VAC, procederá a la activación del pulsador verde (ver figura 52) que se encuentra en esta sección del tablero. De igual forma, una vez se corrobore que el autómatas se encuentre en modo "Stop" o desenergizado por medio de su interruptor on-off, se podrá desenergizar completamente el manipulador cartesiano activando el pulsador rojo ubicado en la

misma sección (ver figura 52). Se cuenta con luces piloto para la verificación de los estados “on” y “off” del manipulador cartesiano.

✓ **Parámetros de funcionamiento del manipulador**

Dado que la interpretación y nomenclatura que los estudiantes realizan en sus diseños y programación pueden ser tan diversas como semejantes, Se implementó en el manipulador cartesiano, la parametrización de las diversas funciones que puede realizar el manipulador cartesiano, por ejemplo el numero asignado en el display para el funcionamiento del manipulador en modo manual o en modo automático, los ejes de coordenadas asociados a los movimientos del manipulador entre otras funciones. A continuación se hace una descripción de los parámetros operativos y la nomenclatura aplicada a ellos.

✓ **Movimientos del manipulador cartesiano**

FIGURA 53. Esquema de movimientos del manipulador



Fuente: autores

➤ **Modos de operación del manipulador**

En el modo automático, el estudiante tendrá que asignar un número a cada secuencia operativa que se quiera ejecutar en el manipulador, para el modo manual la asignación para el movimiento en cada es la indicada, la cual deberá ser mostrada en el display.

➤ ***Selección del modo de funcionamiento del manipulador (Manual o automático)***

Gracias al avance y flexibilidad de la tecnología actual, existen diversas formas y equipos para el procesamiento o mecanizado de productos en un proceso industrial, lo cual trae como consecuencia que haya diferencias de calidad, precio o ergonomía entre otras. Dentro de las formas de mecanizar u operar un producto se encuentra los modos de operación “Automático” y “manual” cuyas ventajas y desventajas dependen de factores económicos, ergonómicos o tecnológicos entre otros.

El manipulador cartesiano cuenta con la posibilidad de realizar el movimiento en los tres ejes y la succión de forma manual, mediante la utilización de pulsadores, o de forma automática mediante la programación de secuencias. Para ello cuenta con un selector de posición ubicado al lado de los dispositivos de accionamiento para manual o automático (ver figura 54).

FIGURA 54. Selector de modos



Fuente: autores

✓ **Modo de operación manual**

Para el funcionamiento operativo del manipulador cartesiano en modo manual, se diseñó la forma de realizar las órdenes de los movimientos en sus tres grados de libertad y de la sujeción del material a transportar en el área de trabajo. Inicialmente se contaba con un selector encargado de seleccionar el eje en el cual se desplazara el manipulador, contaba a su vez con dos pulsadores con los cuales se daba la orden al manipulador para que realice movimiento en dos direcciones y un pulsador para generar la orden de succión. En el diseño de la nueva interfaz hombre máquina de nivel medio por medio de dispositivos de activación y señalización, se vinculó a los displays de 7 segmentos al modo de operación manual con el fin de que los estudiantes puedan interactuar con la interfaz de manera dinámica; con la vinculación de los displays se pudo reducir el número de pulsadores de tres a dos cuya forma de operación se indica en la figura 55. La función de los displays de 7 segmentos operando en modo manual, consiste en permitir al operador del manipulador cartesiano, seleccionar el eje de coordenada en el cual quiere que se desplace el brazo del manipulador o permite llevar a cabo la tarea de sujeción del material por medio de la sección.

FIGURA 55. Funciones de modo manual



Fuente: autores

- Modo de operación automático

FIGURA 56. Mandos modo automático



Fuente: autores

La interfaz con la que contaba anteriormente el manipulador cartesiano era muy limitada respecto a las variantes operativas que se podrían realizar en el modo de operación automático. Únicamente se contaba con un pulsador de marcha para dar inicio a la secuencia automática; si se requería implementar varias secuencias, el estudiante tenía que recurrir al uso de otros dispositivos ajenos a la parte operativa del modo automático. De igual forma que en el modo de operación manual, se incorporó a la parte operativa en modo automático, los displays de 7 segmentos con fines operativos para este modo de operación. La nueva parte operativa en modo automático de la interfaz de nivel medio cuenta con 4 pulsadores (ver figura 56) cuyas funciones y la de los displays se describen a continuación en la tabla 8

Tabla 8 Modos de operación automático

| MODO DE OPERACIÓN AUTOMÁTICO | |
|------------------------------|---|
| pulsador | Descripción operativa |
| Displays | Los displays permiten visualizar la secuencia automática que se ejecutara o está ejecutando en el manipulador. |
| Pulsador displays | Con el pulsador asociado a los displays, se podrá seleccionar la secuencia automática que se ejecutara en el manipulador cartesiano, teniendo la posibilidad de ejecutar hasta 99 secuencias en este modo de operación. |
| Marcha | Permite iniciar la secuencia automática que el operador del panel escoja en el los displays. |
| Autotest | Permite realizar una secuencia automática que abarque todos los movimientos del manipulador cartesiano con el fin de encontrar problemas en los sensores finales de carrera o en la velocidad del brazo del manipulador. |
| Parada instantánea | Una vez iniciada la secuencia, el estudiante podrá pulsar este dispositivo cuando quiera que el manipulador cartesiano se detenga inmediatamente. |
| Parada final de ciclo | El estudiante podrá implementar en su programación la implementación de secuencias una tras de otra para que sean ejecutadas en el manipulador cartesiano. Al pulsar este dispositivo, se podrá detener al manipulador una vez terminada la secuencia que se esté ejecutando. |

Fuente: autores

6.7 MANEJO DEL PANEL DE FALLAS

El panel de fallas se diseñó y construyó con el fin de mejorar las habilidades de los estudiantes de la materia de autómatas programables o materias afines a ella, en torno al desarrollo de diseño y programación de automatismos lógicos que abarquen la mayoría de estados de fallas que se pudiesen presentar en la mayoría de procesos industriales de hoy en día. En el panel de fallas que se implementó en el manipulador cartesiano se tiene la posibilidad de generar algunas fallas y simular otras y con ello, abarcar una gran cantidad de situaciones no operativas que el estudiante deberá tener en cuenta en el momento que este diseñando su automatismo.

A continuación se hará una descripción de cada una de las fallas a generar o simular en el manipulador cartesiano en el momento que se encuentre operando.

✓ *Parada de emergencia*

FIGURA 57. Parada de Emergencia



Fuente: autores

Todo proceso automatizado debe tener un dispositivo que permita el paro total de proceso ya sea que se utilice lógica cableada o lógica programada. Con el fin de implementar este estado de falla en el manipulador, se incorporó un pulsador giratorio con enclavamiento mecánico, el cual para su activación, se debe proporcionar un giro a la derecha o izquierda al pulsador y con ello, cerrara un contacto que permite enviar una señal de 24VDC a una entrada del autómeta.

✓ **Fallo en los sensores finales de carrera del manipulador.**

FIGURA 58. Falla de finales de carrera



Fuente: autores

Para los procesos en los cuales se involucra desplazamientos, es necesaria la utilización de finales de carrera ya sea mecánicos o sensores que cumplan la función de detectar la llegada del producto, material o mecanismo en cuestión. El manipulador cartesiano cuenta con 6 sensores finales de carrera que permiten detectar la llegada del brazo del manipulador a cada uno de los extremos en los

tres grados de libertad con el cual cuenta el sistema. Los sensores no son ajenos a los fallos y sus principales causas radican en las siguientes posibilidades:

- Corrimiento de los sensores.
- Picos de voltaje en la alimentación de los sensores.
- Desconexión.
- Fallo en los contactos del sensor.
- Presencia de material o suciedad en el sensor.

Con el fin de implementar este estado de falla en el manipulador, se conecto en la alimentación de cada uno de los sensores, interruptores de codillo que permiten cortar la energía de los mismos a fin de que no puedan detectar la presencia del brazo del manipulador cuando llegue a uno de los extremos de sus recorridos. El estudiante que diseñe automatismos lógicos en el manipulador cartesiano, deberá tener en cuenta este estado de falla.

- ✓ ***Fallo en el circuito cinemático de los actuadores.***

FIGURA 59. Falla de accionamiento cinemático



Fuente: autores

El movimiento de mecanismos en un proceso industrial, puede ser llevado a cabo mediante el uso de actuadores eléctricos, neumáticos, hidráulicos, etc. Estos actuadores están sujetos a variantes operativas y de carga, condiciones climáticas y factores externos entre otras condiciones, que permiten que se genere la posibilidad de que ocurra una falla en los mismos y esto traiga como consecuencia, la detención del mecanismo y por ende del proceso que se esté llevando a cabo. Mediante la utilización de interruptores de codillos conectados en la alimentación de las electroválvulas que permiten el paso del fluido de trabajo hacia los actuadores, se tiene la posibilidad de interrumpir el paso de corriente eléctrica hacia las electroválvulas, con el fin de simular cualquiera de los eventos que generan fallas en los actuadores de un proceso industrial. El manipulador cartesiano cuenta con un acelerómetro de tres ejes, se servirá como herramienta adicional para la detección de la falla en el accionamiento cinemático. Los estudiantes deberán tener en cuenta en el diseño de sus automatismos lógicos, la posibilidad de que en cualquier momento el manipulador se detenga por completo en uno o varios de sus recorridos.

✓ **Fallo en el caudal suministrado a los actuadores neumáticos.**

FIGURA 60. Falla de caudal



Fuente: autores

Los sistemas neumáticos en un proceso industrial están constituidos básicamente por compresores, válvulas de corte, válvulas reguladoras de caudal, filtros y actuadores. El fluido de trabajo que generalmente es aire, viaja a través de tuberías o mangueras que interconectan los elementos anteriormente mencionados. Debido al uso de lubricantes, grasas, fallos en los filtros, mala conexión de elementos o mangueras entre otros factores, traen como consecuencia que se presenten obstrucciones en las líneas de aire que a su vez, conlleva a que los actuadores neumáticos trabajen de manera irregular, haciéndolo evidente en la variación de la velocidad de los mismos. En el manipulador cartesiano se instalaron válvulas reguladoras de caudal en cada una de las líneas de aire que comunican a los actuadores con sus respectivas electroválvulas. Se realizó la vinculación de las válvulas reguladoras de caudal con el fin de simular las posibles variantes que originan obstrucciones en las líneas de aire de un proceso industrial. En la figura 60 se observa el modo de operar de las válvulas reguladoras. Los estudiantes deberán tener en cuenta en el diseño de sus automatismos lógicos, la variación de la velocidad en el desplazamiento del brazo del manipulador.

✓ ***Fallo por alta presión en las líneas de aire del manipulador.***

FIGURA 61. Falla por alta presión



Fuente: autores

En los sistemas neumáticos, el movimiento de los actuadores se origina debido a una diferencia de potencial asociado a dos puntos en la línea de aire vinculada al actuador. Siendo más específicos, dicha diferencia de potencial hace referencia en los sistemas neumáticos al delta de presión que se origina entre dos puntos del actuador. El delta de presión al que debe estar sometido un actuador particular, depende de las características en su funcionamiento y/o características físicas del actuador en cuestión. En los sistemas neumáticos suele suceder que ocurra una variación en el delta de presión al que está sometido el actuador, por mencionar algunas causas, se encuentra que esas variaciones son debido a fallos en el compresor encargado de controlar la presión nominal de aire del sistema, fallos en válvulas de corte, fallos en las válvulas reguladores de presión, fallo en los filtros de aire, etc. En el diseño y construcción del panel de fallas para el manipulador cartesiano se vinculo la posibilidad de simular la falla por alta presión y con ello, abarcar un estado de falla presente en los procesos industriales neumáticos. Se instalo un interruptor de codillo que al ser activado, origina que se presente una señal a una entrada del autómeta queriendo decir con esto que en el sistema se presenta fallos por alta presión. El estudiante deberá vincular en el diseño de sus automatismos lógicos, las acciones pertinentes al momento de que se presente la señal de este tipo de falla.

✓ ***Fallo por intrusión en el área de trabajo.***

FIGURA 62. Falla por intrusión al área de trabajo



Fuente: autores

La seguridad es un aspecto primordial en cualquier proceso industrial que conlleve la utilización de maquinaria y herramientas, debido a que la manipulación de estos dispositivos aumenta el riesgo de lesión hacia el operario. En los procesos automatizados que implique la utilización de un número considerado de maquinaria o equipos, no se cuenta con la suficiente veeduría en la operación de dichos equipos con el fin de evitar cualquier accidente. Debido a lo anterior, ya se encuentran sistemas automatizados con dispositivos encargados de resguardar el área de trabajo de los equipos, como lo son sensores de proximidad o sensores fotoeléctricos. En el manipulador cartesiano se instaló un interruptor de codillo que permite simular la falla por intrusión en el área de movimiento del brazo del manipulador, esto con el fin de que los estudiantes tengan presente un estado de falla tan importante hoy en día en los procesos automatizados. El estudiante deberá tener en cuenta en el desarrollo de sus automatismos lógicos, la posibilidad que se presente la señal a la entrada del autómatas que indique que se presenta intrusión en el área de trabajo.

✓ ***Fallo por ausencia de material***

En los procesos automatizados con cadenas largas de producción mediante la utilización de secuencias automáticas o semiautomáticas, la materia prima o materiales necesarios para el proceso son ingresados en algunos casos por medio de robots, actuadores, bandas transportadoras, etc, los cuales no tienen la necesidad de que se les realice supervisión personal. Para estos casos, los sistemas automatizados mediante la utilización de sensores, pueden supervisar que la materia prima o materiales del proceso este ingresando correctamente. En el manipulador cartesiano se implementó este estado de falla mediante la utilización de un sensor capacitivo de 8mm de alcance, con el cual el estudiante podrá corroborar que una vez el brazo se extienda completamente hacia abajo se encuentre el material a ser transportado (ver figura 63). En caso de que no se

encuentre ningún material presente, el estudiante tendrá que incluir en el diseño de su automatismo, las acciones correspondientes una vez presentada la novedad.

FIGURA 63. Falla por ausencia de material



Fuente: autores

6.8 REDISEÑO Y CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO (CIRCUITO DE CONTROL)

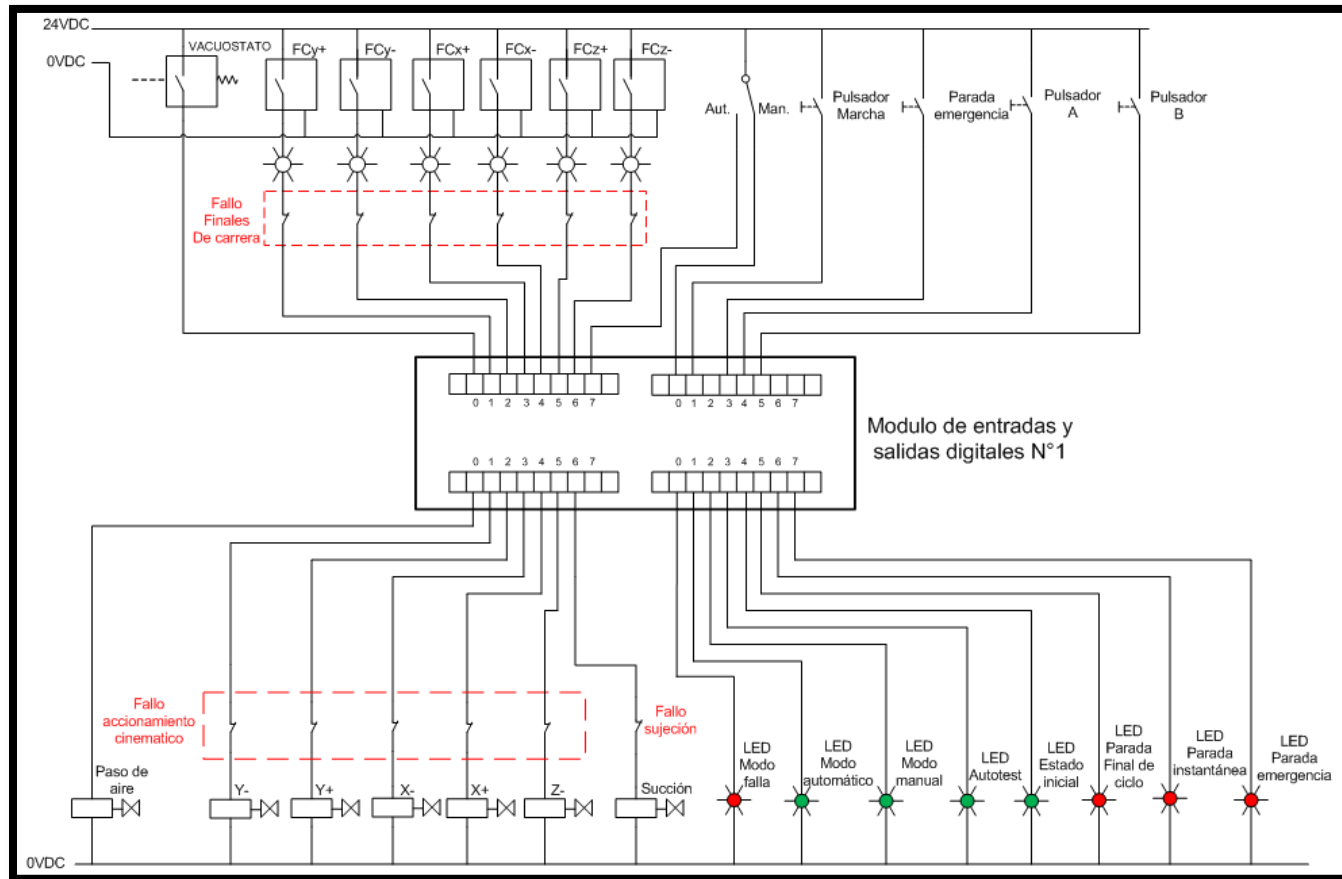
El manipulador cartesiano contaba con una estructura y cableado básico que satisfacían la puesta en práctica de los conocimientos básicos acerca de los diseños y programación que los estudiantes de la materia de Autómatas Programables realizaban en el transcurso del semestre. Sin embargo como se ha intentado recalcar, el desarrollo de este proyecto intenta brindar las herramientas a los estudiantes que permitan complementar y fortalecer las habilidades y competencias en el desarrollo de diseño y programación de automatismos lógicos.

Para cumplir nuestro objetivo se hizo necesario el rediseño tanto de la interfaz hombre-máquina como la del cableado eléctrico del manipulador.

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, el manipulador cartesiano cuenta nuevos dispositivos de accionamiento, control y señalización, así como de un nuevo modulo de entradas y salidas digitales para el controlador. Estos nuevos dispositivos debieron ser vinculados y asociados a los dispositivos con los que contaba anteriormente el manipulador con el fin de implementar un sistema automatizado más complejo y que abarque la mayoría de estados y paradas mencionados por la guía GEMMA para el diseño de automatismos lógicos. Para el rediseño y cableado del nuevo sistema eléctrico se tuvo en cuenta primordialmente que éste no tuviera impacto alguno en el desempeño que realiza el manipulador en su funcionamiento. A continuación se muestra el esquema eléctrico final con el cual cuenta el manipulador a partir de la elaboración de este proyecto (ver figura 64 y figura 65).

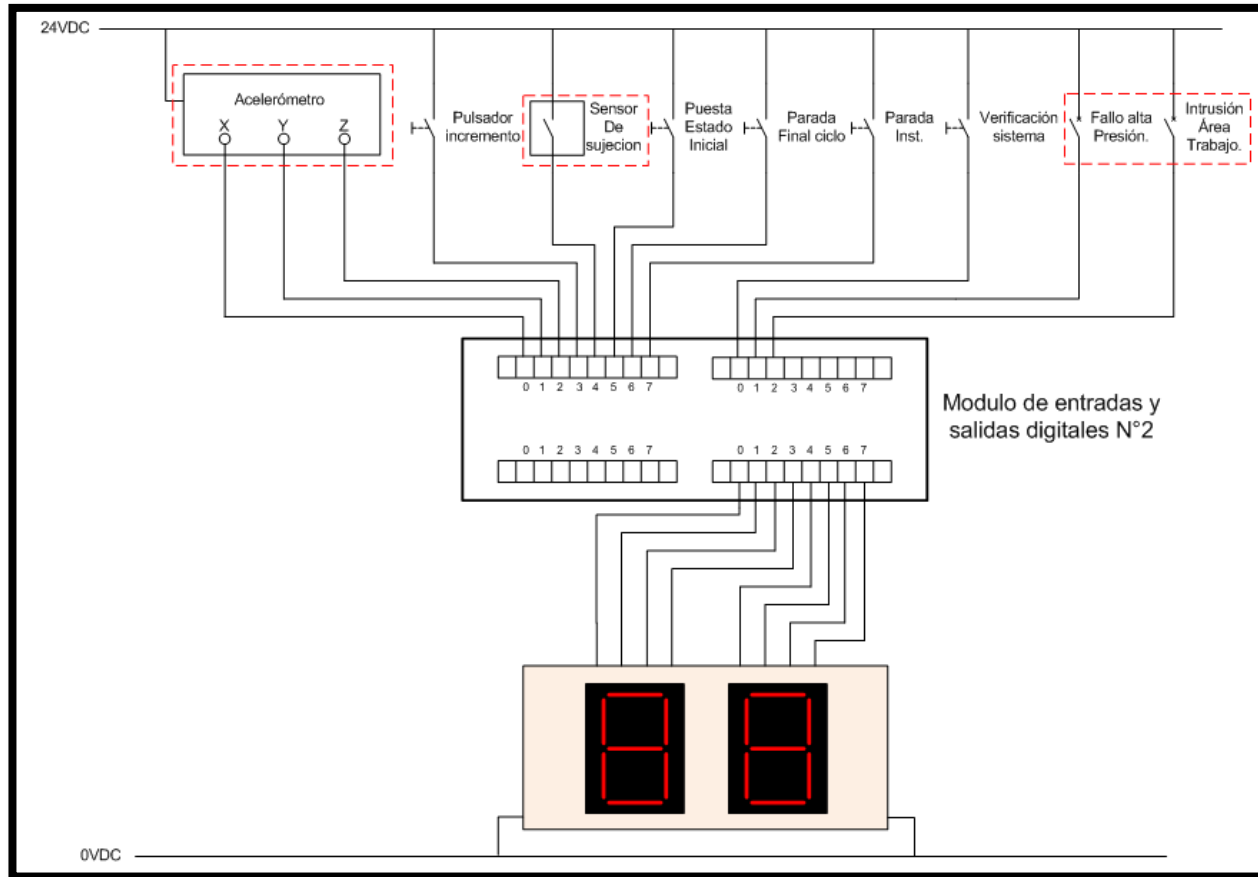
Los elementos encerrados en línea a trazo en color rojo en el esquema eléctrico están asociados a los dispositivos encargados de posibilitar la generación o simulación de fallas en el manipulador cartesiano.

FIGURA 64. Esquema eléctrico modulo de entradas y salidas digitales # 1



Fuente: autores

FIGURA 65.- Esquema eléctrico de modulo de señales digitales #2



Fuente: autores

6.9 SISTEMA NEUMÁTICO DEL MANIPULADOR CARTESIANO (CIRCUITO DE POTENCIA).

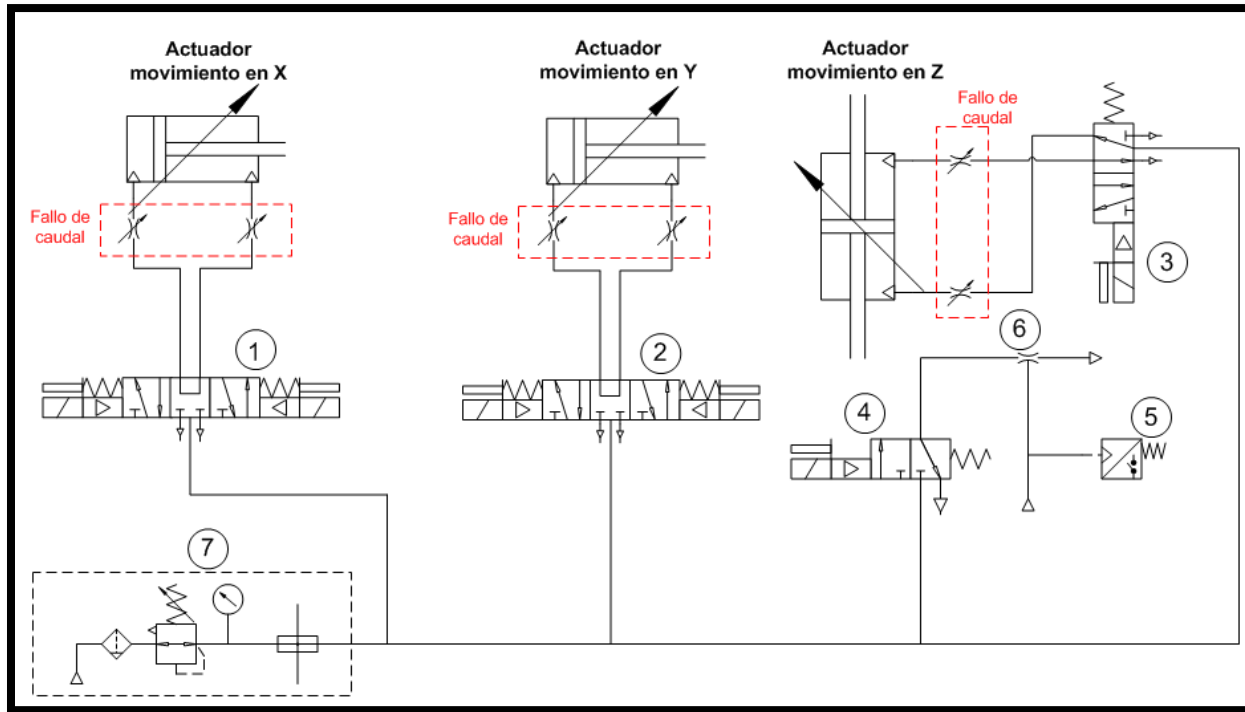
En vista que se necesitaba incorporar 6 válvulas reguladoras de velocidad a cada línea de aire asociada a los actuadores que posibilitan el movimiento del manipulador cartesiano en los tres ejes, se modificó la distribución de las mangueras a lo largo del manipulador, esto con el fin de incluir las fallas por bajo caudal o ausencia de movimiento en el diseño y programación de los automatismos lógicos realizado por los estudiantes.

En la figura 66 se muestra el circuito neumático final implementado en el manipulador cartesiano, en donde:

- Elemento 1: Electroválvula para el movimiento del manipulador hacia la izquierda y derecha.
- Elemento 2: Electroválvula para el movimiento del manipulador hacia adelante y atrás.
- Elemento 3: Electroválvula para el movimiento del manipulador hacia arriba y abajo.
- Elemento 4: Electroválvula para realizar la succión en el manipulador.
- Elemento 5: Vacuostato asociado a la succión del manipulador.
- Elemento 6: Tobera aspiradora por vacío.
- Elemento 7: Unidad de mantenimiento.

Los elementos encerrados en línea a trazos de color rojo corresponden a las válvulas reguladoras de caudal, adaptadas para la manipulación de la “falla de caudal”.

FIGURA 66. Circuito neumático



Fuente: autores

7. DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL

7.1 INTRODUCCIÓN

Unos de los objetivos fundamentales de este proyecto de grado es que a partir de la practica en el Manipulador Cartesiano el estudiante **adquiera** gran destreza y habilidad en el **diseño y programación de los automatismo lógicos secuenciales**, esa es la razón principal por la cual se han creado dos interfaces hombre-máquina HMI, la ya expuesta que cuenta con elementos de activación tales como pulsadores y selectores y elementos de visualización tales como displays de 7 segmentos y luces indicadoras (pilotos), y adicionalmente una interfaz a través de una touch screen o pantalla táctil, la cual contendrá una estructura grafica correspondiente a la operación del Manipulador y sobre la cual los estudiantes deberán realizar la programación adecuada.

En este capítulo se describe el tipo de dispositivo (**pantalla táctil**) a utilizar para esta interfaz (HMI), las ventajas que representa utilizar este tipo de dispositivos y la **estructura grafica diseñada** sobre la misma, la cual es objetivo específico de este proyecto de grado.

7.2 TOUCH SCREEN O PANTALLA TÁCTIL.

La pantalla que se va a utilizar, es una Touch screen de marca SIEMENS llamado Panel Simatic Touch de referencia OP 177B 6" (ver figura 67), su selección se debió a que permite tener un entorno de dialogo entre maquina y operador de una forma sencilla y eficiente, basada en un entorno de gráficos y textos.

FIGURA 67. Pantalla táctil OP 177 B



Fuente: Siemens

7.2.1 Datos técnicos de la touch screen o pantalla táctil OP 177B.

La touch screen o pantalla táctil presenta las siguientes características técnicas:

- Display/pantalla táctil.
- Ranura para Multimedia/Card.
- Tensión nominal 24VDC.
- Rango de tensión 20.4 a 28.8 VDC.
- Transitorios máximos admisibles 35VDC (500ms).
- Tiempo entre dos transitorios mínimo de 50s.
- Consumo de corriente nominal de 300mA.
- Corriente máxima admisible de 500mA.
- Fusible interno electrónico.

- Peso 800g.
- Dimensiones: 228mm X 196mm X 55mm.
- Colores representables igual a 256.
- Resolución x240 tipos de imágenes.

7.2.2 Ventajas y características de la touch screen o pantalla táctil.

La pantalla táctil o touch screen de SIEMENS que se utilizó para desarrollar esta interfaz en el Manipulador Cartesiano, es denominada de **nivel alto o de alta gama**, esto debido a sus enormes ventajas y beneficios que otorga, sobre todo cuando se requiere tener un diálogo (HMI) para un proceso automatizado.

A continuación se resaltan las ventajas ofrecidas por el panel operador OP 177B.

- ✓ Es reconocida como una interfaz de nivel alto o de gama alta, debido a que ofrece la posibilidad de desarrollar a través de ella, una interacción fácil y moderna, con **estructuras basadas en un entorno de gráficos y textos**, con una variedad de posibilidades en ventanas de herramientas, recursos que son aprovechados de manera amplia en procesos de automatización industrial, haciendo de estos, procesos más ágiles, más controlados y por consiguiente más eficientes.
- ✓ Al utilizar este tipo de interfaz, le estamos brindando al estudiante la posibilidad de familiarizarse con un tipo de (HMI) que se está utilizando cada día más en el campo automatizado, lo cual al **crear competencias en su manejo y programación** se estaría llenado de más recursos para su buen desempeño en el medio industrial.

- ✓ Esta interfaz (HMI) brinda la posibilidad de permitir en el diseño de su estructura, modificaciones posteriores de acuerdo a necesidades o mejoras que presente el sistema que se está comandando a través de ella, la cual **se constituye en una interfaz flexible**, caso contrario a la interfaz de nivel medio (dispositivos de activación) que no permite modificaciones en su estructura fácilmente.
- ✓ Las estructuras graficas creadas en esta interfaz, son de fácil entendimiento y manejo, además se puede contar con la cantidad suficiente **de aviso y ayudas que faciliten su manipulación**.

7.3 PROCESO DE DISEÑO DE LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL

Para obtener una interfaz (HMI) de nivel alto a través de la pantalla táctil, se desarrollo un proceso de diseño, el cual fue enfocado en proponer una estructura por medio de un entorno compuesto por gráficos y texto, que le permitieran a los estudiantes en el momento de realizar el diseño del automatismo tener que **contemplar eventos de marchas y paradas** experimentadas en el manipulador, por lo cual dicha estructura fue basada en los parámetros establecidos por la **guía Gemma**.

A continuación se describe los parámetros establecidos en el diseño de la estructura grafica en la interfaz (HMI) pantalla táctil.

7.3.1 Parámetros tenidos en cuenta en el diseño de la interfaz (HMI) pantalla táctil.

- ✓ El software utilizado para el diseño de la interfaz (HMI) pantalla táctil OP 177B es el **WinCC flexible Advance**, siendo este, el indicado al momento de parametrizar este tipo de paneles, cabe señalar que el Autómata es el verdadero cerebro y controlador del proceso y que la interfaz solo sirve de enlace entre el operario y el hardware de control.

- ✓ El diseño del entorno grafico estuvo basado en los **parámetros propuestos por la guía Gemma**, con el fin de ofrecerle los recursos necesarios a los estudiantes de contemplar **eventos de marchas y paradas en el diseño del automatismo**.

- ✓ El entorno de la interfaz fue diseñado dándole relevancia a tres aspectos importantes: **la presentación, la interacción de los elementos de la interfaz y el comportamiento**, enfocados en tener un entorno agradable a la vista y entendible para cualquier usuario, que la respuesta de ejecución sea rápida y sea la deseada, que no se presenten ambivalencias entre usuarios, que la correlación de los elementos que componen la interfaz sea coherente y no genere duda en un operario al momento de la manipulación.

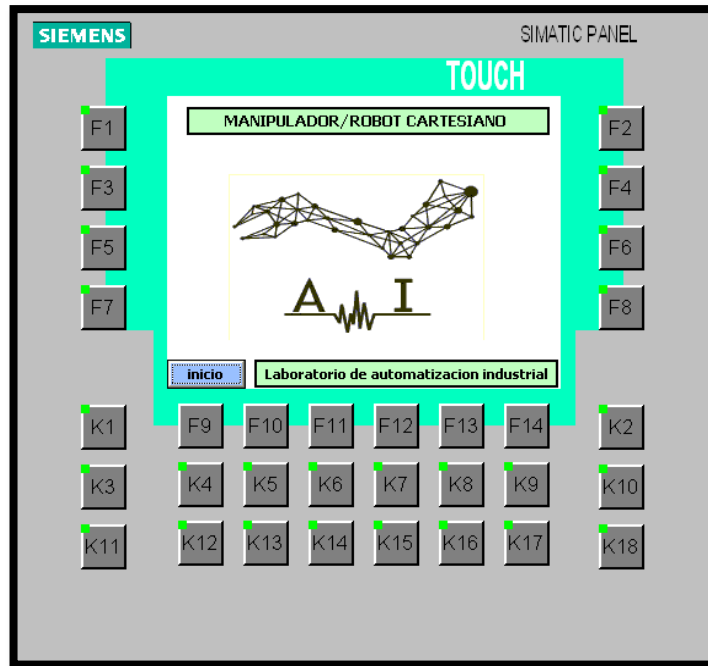
7.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA GRAFICA PROPUESTA PARA LA INTERFAZ (HMI) PANTALLA TÁCTIL.

A continuación, se describe el diseño de la estructura grafica para la interfaz (HMI) pantalla táctil, planteada en este proyecto de grado, dicho diseño realizado bajo los parámetros expuestos anteriormente.

- ✓ El entorno grafico inicialmente, le da la bienvenida a un usuario a través de una estructura agradable, que le indica el sistema que va a operar a través

de ella (manipulador/robot cartesiano) y lo invita a dar **inicio** e introducirse en el proceso. Ver figura 68.

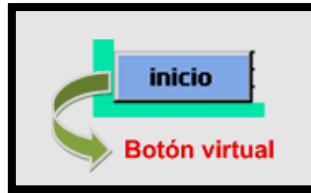
FIGURA 68. Pantallazo inicial del diseño de la interfaz nivel alto



Fuente: autores

Un usuario deberá percibir rápidamente, que la interfaz pertenece al Manipulador/robot cartesiano del laboratorio de automatización industrial y que contiene un comando a través de un **botón virtual** para dar **inicio** ver figura 69, se comienza a percibir una nomenclatura de colores en la interfaz, la cual contiene un color de la gama de verdes para información y un color de la gama azul para ejecución.

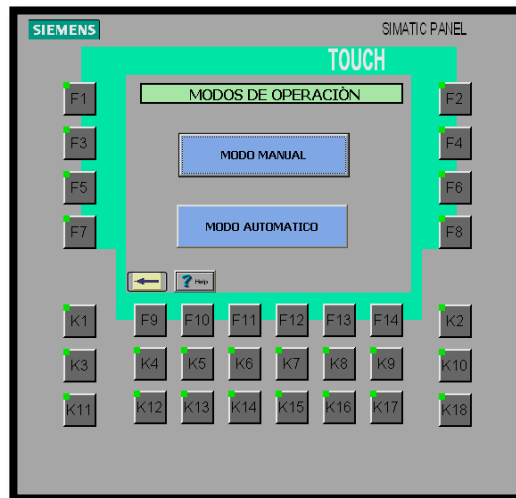
FIGURA 69. Botón de inicio



Fuente: autores

- ✓ **Modos de operación:** Al seleccionar la opción de “inicio” en la pantalla de bienvenida, oprimiendo con el dedo su recuadro en la pantalla, el usuario se encontrara de manera rápida con los dos modos de ejecución ver figura 70, **modo manual y modo automático**, siendo estas las dos opciones que ofrece el sistema del Manipulador Cartesiano para ser operado por un usuario.

FIGURA 70. Pantalla para seleccionar modos de operación

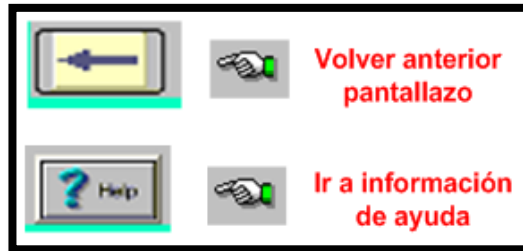


Fuente: autores

Esta estructura le ofrece al usuario, seleccionar el modo de operación sin ninguna restricción. A través de esta figura, se pueden observar características que serán utilizadas a lo largo del diseño de la interfaz, en la parte superior siempre se encontrara un aviso de información que contendrá el estado al que pertenecen los

comandos que integran esa pantalla, de igual forma aparecen dos botones virtuales, uno para regresar a la pantalla anterior y otro para ir a información de ayuda relacionada con la manipulación de esa pantalla especifica. Ver figura 71

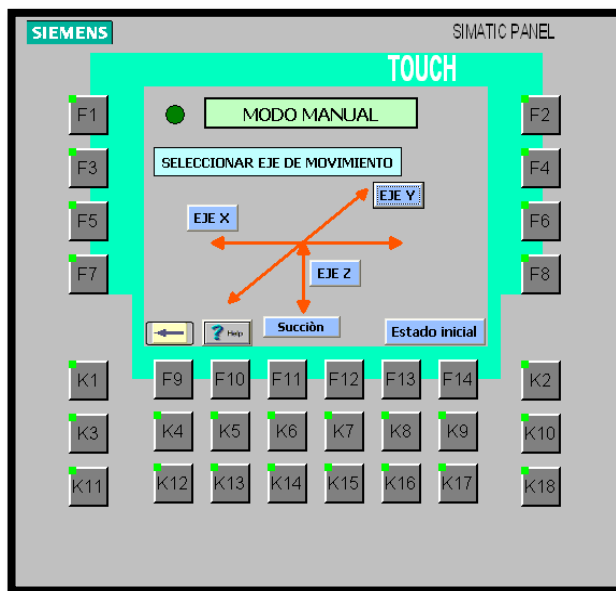
FIGURA 71. Descripción de iconos volver y ayuda



Fuente: autores

- ✓ **Selección de eje de movimientos modo manual:** Si la elección del usuario fue la de **operar el manipulador en modo manual**, se encontrara con la siguiente interfaz: ver figura 72

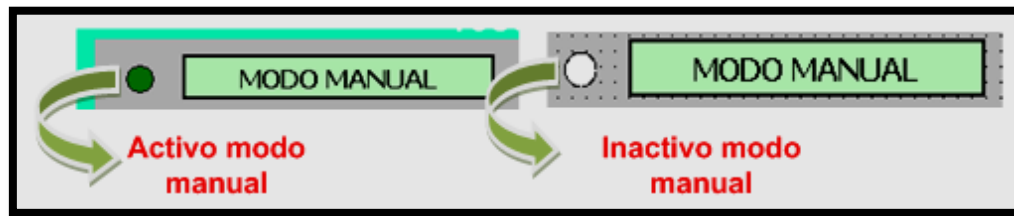
FIGURA 72. Seleccionar movimientos



Fuente: autores

En esta estructura la interfaz le advierte al usuario en la parte superior, que se encuentra en mandos de operación para modo manual y en el cual deberá tener confirmación del estado a través de una **alerta circular**. Ver figura 73.

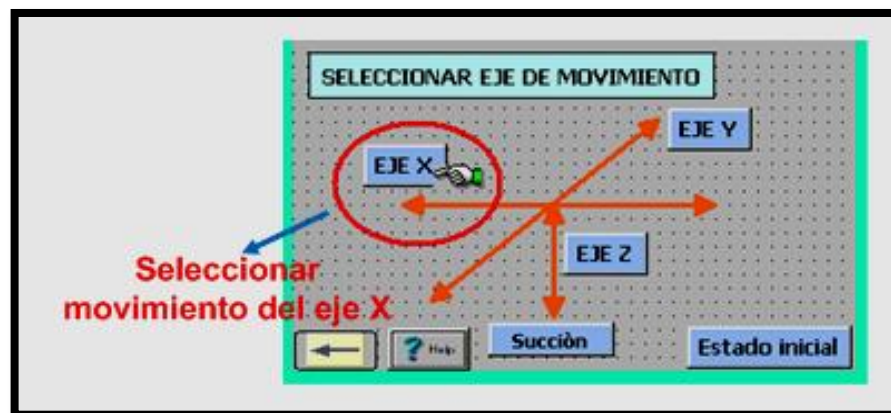
FIGURA 73. Modo activo o modo inactivo



Fuente: autores

Por medio de una estructura cartesiana, se representa el movimiento del Manipulador en sus tres ejes (x, y, z) y succión, el acceso a cualquiera de ellas. Se realiza a través de botones para cada acción. Ver figura 74

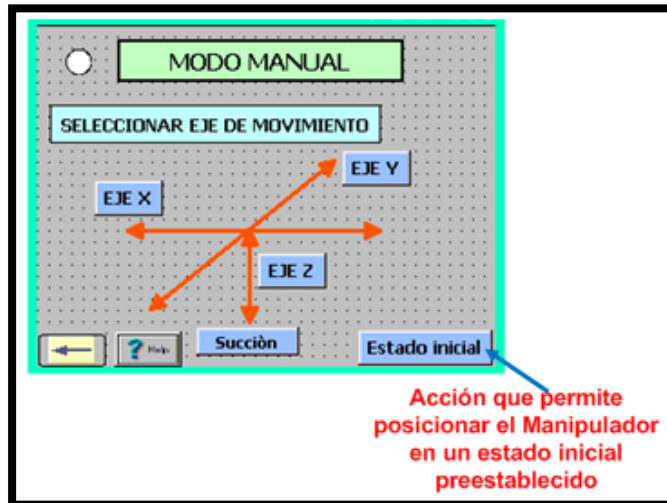
FIGURA 74. Seleccionar movimiento del eje X



Fuente: autores

En la misma pantalla se presenta una opción a través de un botón llamado **estado inicial**, con el cual se podrá posicionar el manipulador en un estado inicial preestableció, el cual puede variar de acuerdo a disposiciones o a la necesidad requerida. Ver figura 75

FIGURA 75. Acción estado inicial

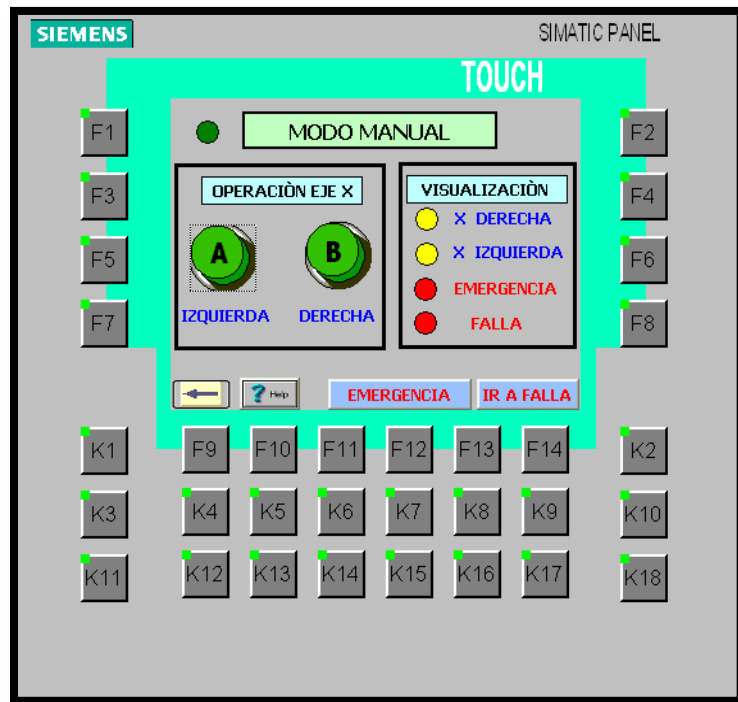


Fuente: autores

- ✓ **Selección de eje x:** si la necesidad del usuario es la operación del manipulador del eje X, se encontrara con la siguiente interfaz: ver figura 76
Nota: una pantalla similar se encontrara para cuando la operación escogida sea, o el eje Y o eje Z o la succión.

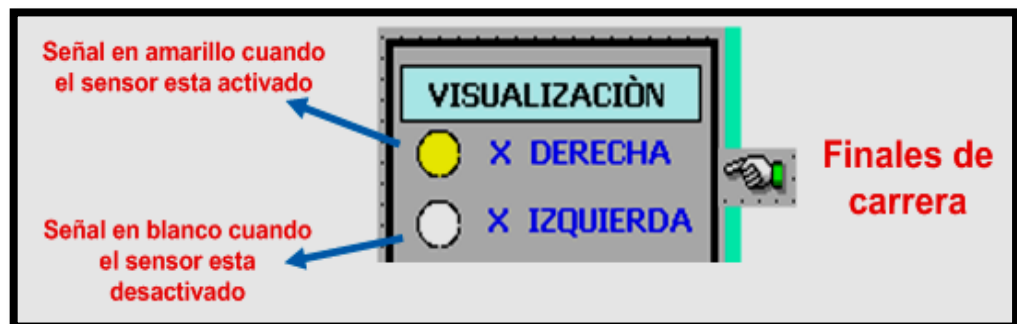
En esta estructura se presenta sobre la parte izquierda de la pantalla los **mandos para operar en el eje x** a través de dos botones, el botón A para mover a la izquierda y el botón B para mover a la derecha, sobre la parte derecha de la pantalla muestra el servicio de visualización para los finales de carrera, ver figura 77. Y servicio de visualización para cuando se active la parada de emergencia y para cuando el manipulador entre a operar en modo falla.

FIGURA 76. Operación del eje x



Fuente: autores

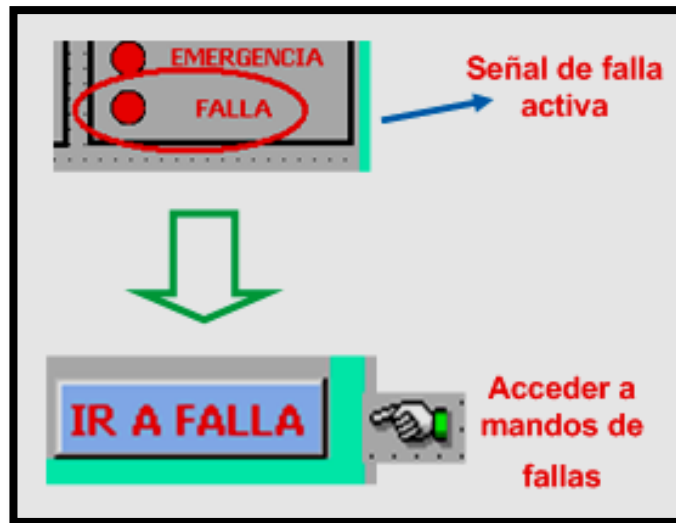
FIGURA 77. Visualización de finales de carrera



Fuente: autores

Sobre la parte de abajo a la derecha se encuentra un mando a través de un botón llamado “*ir a falla*” el cual deberá ser activado si y solo si la señal de falla este activa, ver figura 78

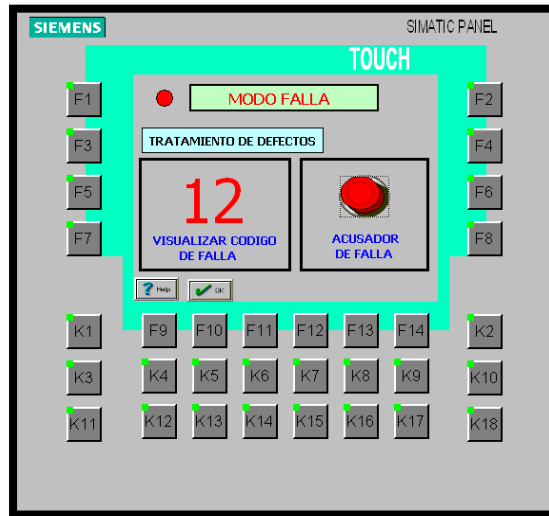
FIGURA 78. Cuando acceder a mandos de modo falla



Fuente: autores

- ✓ **Modo falla:** el manipulador caerá en modo falla en el momento que deba tratar un proceso de defecto en el sistema, deberá pasar a modo falla, su tratamiento a través de esta interfaz se realiza presionando el mando “IR A FALLA” en el cual el usuario tendrá la posibilidad de conocer el tipo de falla a través de un cuadro de texto decimal, que mostrara un código preestablecido de o las fallas que esté experimentando el sistema, sobre la parte derecha se encuentra un mando a través de un botón que servirá para acusar la falla. Ver figura 79.

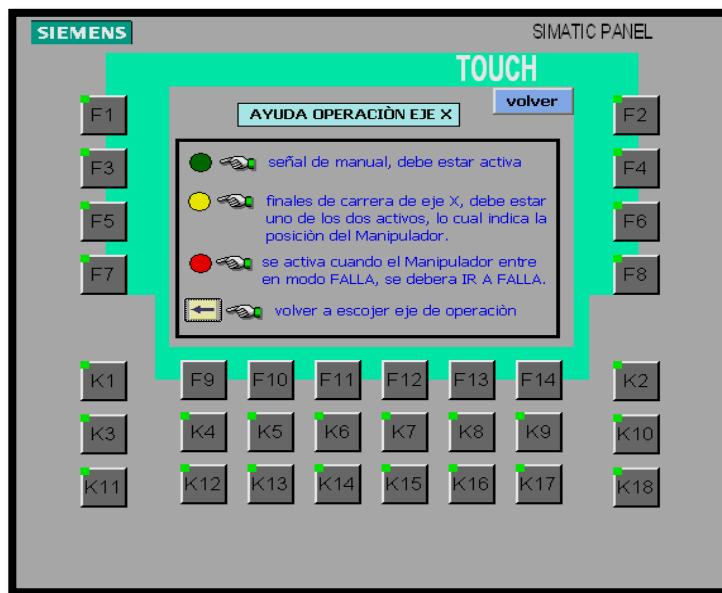
FIGURA 79. Pantalla principal para tratamiento de fallas



Fuente: autores

El usuario podrá acceder en cualquier instante a la ayuda, ver figura 80

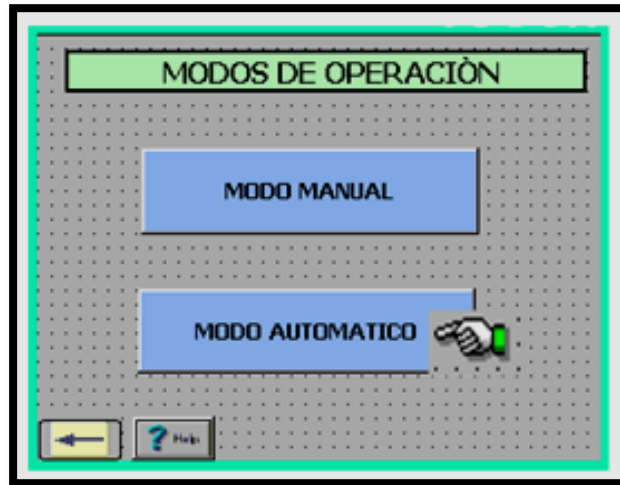
FIGURA 80. Ayuda en operación del eje X



Fuente: autores

- ✓ **Modo automático:** si en la estructura donde se escoge el modo de operación ver se selecciona el modo automático ver figura 81.

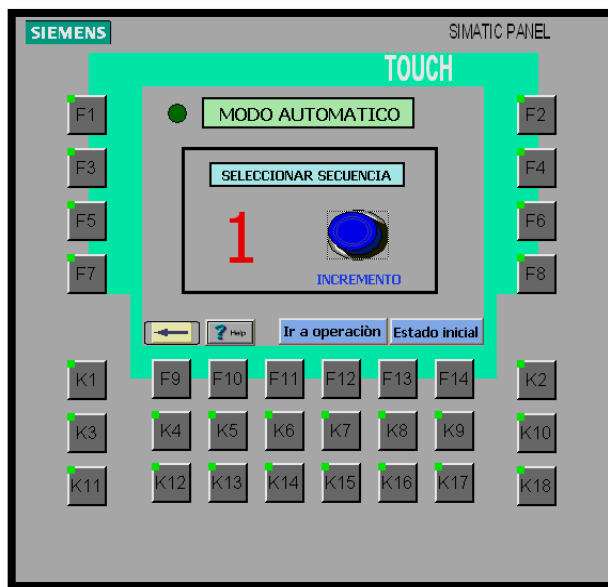
FIGURA 81. Acceder a modo automático



Fuente: autores

El usuario se encontrara con la siguiente pantalla.

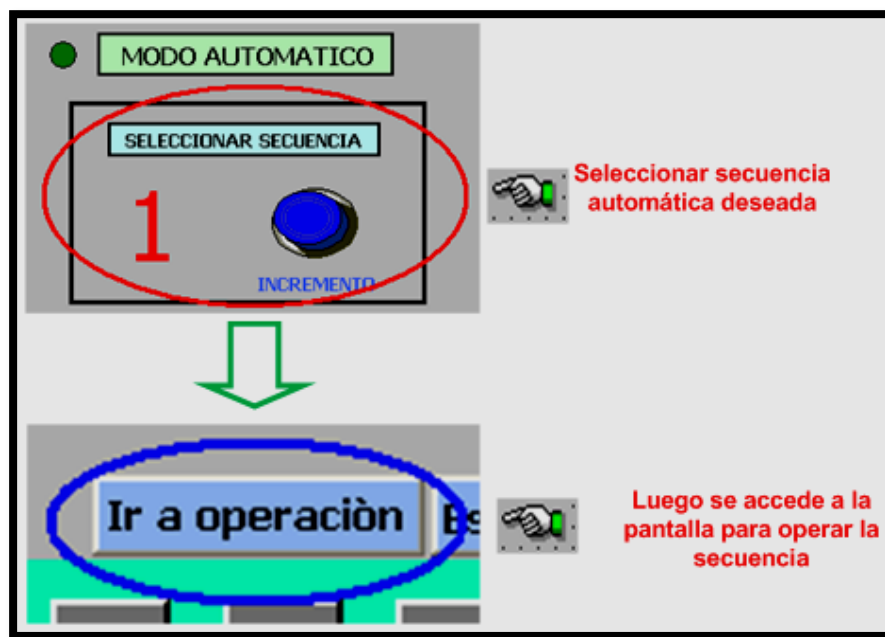
FIGURA 82. Seleccionar secuencia automática



Fuente: autores

Se observa en la parte superior, la indicación de que se encuentra en modo automático, el cual deberá ser confirmada por el servicio en color verde, sobre el centro se encuentra un contador el cual será comandado por el pulsador de incremento, de esta manera se seleccionara la secuencia deseada, sobre la parte de inferior se encuentra el mando para acceder a la pantalla donde se podrá realizar la operación. Ver figura 83

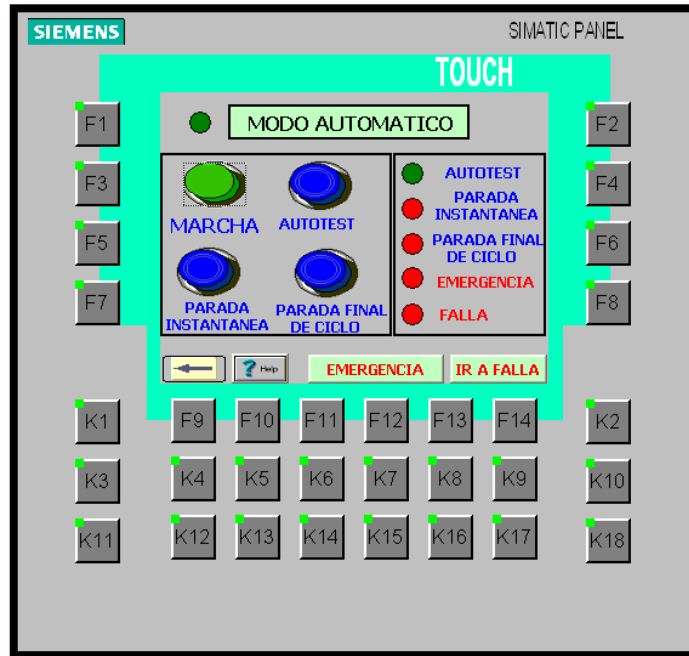
FIGURA 83.- seleccionar secuencia e ir a operación automática



Fuente: autores

- ✓ **Operación en modo automático:** después de seleccionar la secuencia deseada y accionar "ir a operación" el usuario se enfrenta a la siguiente pantalla. ver figura 84.

FIGURA 84. Pantalla para operar en modo automático



Fuente: autores

En la pantalla se ofrecen en la parte izquierda los mandos de modo automático y sobre la parte derecha la zona de visualización.

Es **importante anotar** que a través de este proyecto de grado **se propuso el diseño de la estructura grafica de la interfaz (HMI) por medio de una pantalla táctil de nivel alto**, y serán los estudiantes quienes tendrán que realizar la programación de la misma soportados en el diseño del automatismo contemplando tanto funcionamiento normal (grafcet funcional) como también eventos de marchas y paradas (guía Gemma).

8. CONCLUSIONES

Con la **incorporación de dispositivos** que permitan **eventos de marchas y paradas** en el Manipulador Cartesiano, se tiene la posibilidad de involucrar los parámetros establecidos por la **Guía Gemma** en el momento de realizar el diseño de automatismo, lo cual, trae como resultado el poder desarrollar a través de la programación del controlador, un automatismo más inteligente y más eficiente en materia de disponibilidad, seguridad y alertas.

Con la implementación de **diseño y programación de automatismos lógicos secuenciales**, que involucren **eventos de paradas y marchas** a través del Manipulador Cartesiano, se logro aportar a la Escuela de Ingeniería Mecánica, elementos que permiten fortalecer las **competencias y habilidades** de los estudiantes, lo cual, les brinda, poder tener un mejor desenvolvimiento profesional en campo de la automatización industrial.

Con el diseño y construcción de una interfaz hombre máquina (HMI), con dispositivos de activación (pulsadores y selectores) y dispositivos de visualización (Leds y display), basada en los parámetros recomendados por la Guía Gemma, logramos **dotar al Manipulador Cartesiano** de elementos relacionados con una **interfaz hombre máquina de nivel medio**.

Con el diseño de la **estructura grafica** en base a los parámetros recomendados por la Guía Gemma **a través de un panel operador de la marca SIEMENS**, se logro dotar al Manipulador cartesiano de una **interfaz hombre-máquina (HMI) de nivel alto**.

Con la incorporación de dos interfaces hombre-máquina (HMI) en el Manipulador Cartesiano, **se logro permitir a los estudiantes** que realicen prácticas en este banco didáctico, **adquirir competencias y capacidades** en el manejo y

programación en el entorno de **dos niveles de automatización**; un nivel de automatización medio asociado a los dispositivos de visualización y accionamiento manual y un nivel de automatización alto asociado al panel de operador (Pantalla Touch Screen).

Con el diseño, construcción e instalación de **dispositivos que generen o simulen fallas** en la operación del Manipulador Cartesiano, **se logro** atender el aspecto relacionado con el **tratamiento de defectos**, siendo este, uno de los ítems importantes en la estructura general recomendada por la guía Gemma.

Se cumple con la totalidad de los objetivos propuesto en la realización de este proyecto de grado, logrando con esto, un gran aporte en el campo del diseño y programación de automatismo lógicos secuenciales.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el diseño del automatismo basado en parámetros de Grafcet y Gemma, para de esta forma aprovechar de la mejor manera los recursos con los que cuenta el manipulador cartesiano.

Se recomienda remitirse al manual del software WinCC flexible existente en el laboratorio de automatización industrial, al momento de utilizar la interfaz hombre maquina a través del panel operador.

Se recomienda operar las válvulas reguladoras de caudal en un rango no superior a tres vueltas respecto a la posición de la válvula completamente cerrada, debido a que estas poseen un cierre total o apertura total aproximadamente en el rango especificado.

Se recomienda para futuros proyectos en el manipulador cartesiano, la incorporación de tendencias tecnológicas vigentes tales como joystick, display con opciones avanzadas y sujeción de material por medios mecánicos o magnéticos; ya que estos dispositivos incrementan las variantes operativas y de falla en el manipulador.

BIBLIOGRAFIA

PONSA PERE, Ascencio. VILAVONA ARBOS, Ramón. “Automatización de proceso industriales mediante la guía GEMMA” Aula Politécnica.

MENESES FLÓREZ, Jorge Enrique. “Autómatas programables industriales” Universidad Industrial de Santander.

MENESES FLÓREZ, Jorge Enrique. “Documentación de la asignatura Autómatas programables”, Universidad Industrial de Santander.

PONSA, Pere. GRANOLLERS, Antoni. “Diseño y automatización industrial”, Universidad Politécnica de Catalunya.

BUITRAGO, Jhon. CEDIEL, Nelson. “Robot cartesiano neumático para el laboratorio de sistemas mecatrónicos de la escuela de ingeniería mecánica. Diseño y construcción.

GONZALEZ, José. RAMIREZ, Sadi. “Manual del software wincc flexible” Universidad Industrial de Santander.

<http://edison.upc.edu/curs/grafcet/indice.html>

<http://www.esi2.us.es/~vivas/ayr2iaei/GEMMA.pdf>

MANUAL DE OPERACIÓN DEL PANEL OPERADOR SIEMENS OP 177B.

ANEXOS

ANEXOS A: GEMMA

A1: Definición.

La GEMMA (Guía de estudio de los modos de marchas y paradas) es una guía gráfica que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes modos de marcha de una instalación de producción así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro. La GEMMA y el GRAFCET se complementan, una al otro, permitiendo una descripción progresiva del automatismo de producción.

Para fijar una forma universal de denominar y definir los diferentes estados que puede tener un sistema, la ADEPA (Agencia nacional francesa para el desarrollo de la productiva aplicada a la industria) ha preparado la guía GEMMA (Guía de estudio de los modos de marchas y paradas).

A2: Descripción de la guía GEMMA.

La primera idea asociada a la guía GEMMA que conviene matizar es que se trata de un enfoque de diseño estructurado. Ante la complejidad de los factores que intervienen en la automatización de procesos, es conveniente utilizar el diseño estructurado con el fin de modelar, de forma parcial, las tareas. En el diseño estructurado de un sistema automatizado, aparecen 4 módulos:

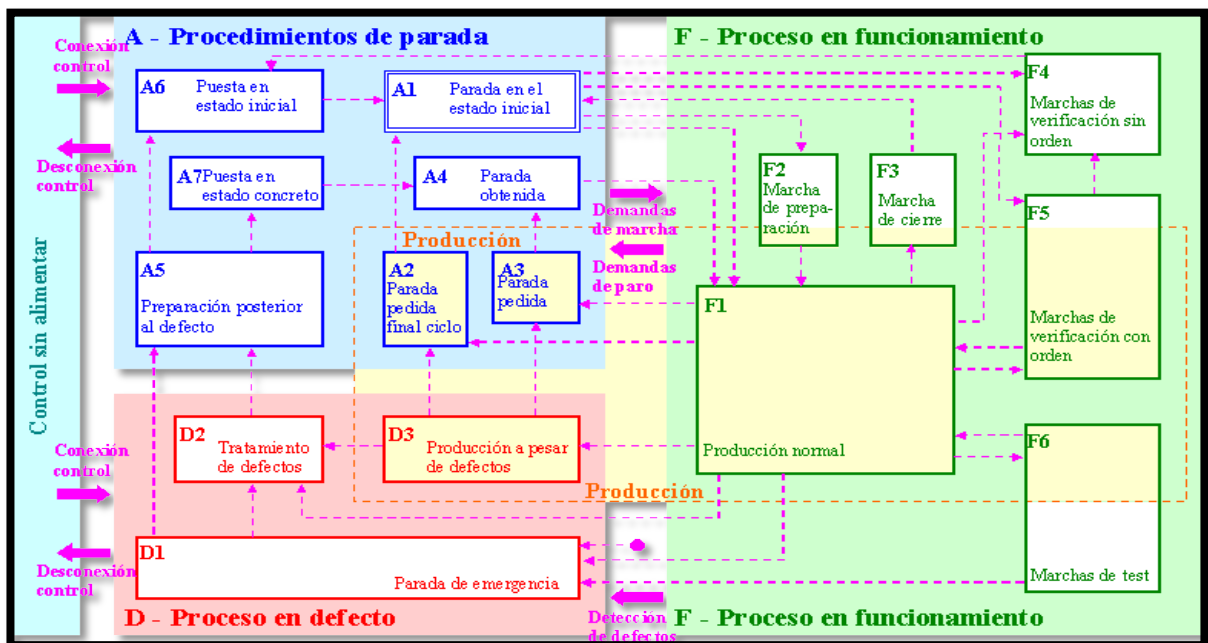
- Módulo sin alimentar.
- Módulo de defecto.
- Módulo de modos de marcha.
- Módulo de parada.

La GEMMA representa cada una de las cuatro situaciones (sin alimentar, funcionamiento, parada y defecto) mediante sendos rectángulos y la producción

mediante un quinto rectángulo que se interseca con los tres rectángulos principales, tal como muestra la figura siguiente.

Uno de los objetivos principales de la guía GEMMA es la utilización de una metodología sistemática y estructurada que ofrezca a los expertos en automatización información precisa del sistema en clave de estados posibles; de ahí que habitualmente se presente en el formato de la descripción completa de todos los posibles estados que puede llegar a tener el sistema.

FIGURA 1



ANEXOS B: GRAFCET

B1: Definición.

El GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions) es un método gráfico que permite representar los automatismos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del automatismo y los diferentes comportamientos de este.

B2: Principios del grafcet.

El GRAFCET es un lenguaje funcional gráfico, y su función es precisar el ciclo y las condiciones de funcionamiento de una máquina automática. El GRAFCET representa la sucesión de las fases o estados de un ciclo. Estas fases son llamadas “*Etapas*”. Las etapas tienen asociadas unas “*Acciones*” que se ejecutarán si las etapas correspondientes están activas.

Entre dos etapas hay una “*Transición*”. Las transiciones indican la posibilidad de evolución entre etapas, es decir, la evolución del estado interno del sistema. A cada transición le corresponde una “*Receptividad*”. La receptividad es la condición que se tiene que cumplir para poder pasar la transición, es decir, la condición que permite la evolución del sistema desde una etapa hasta otra etapa.

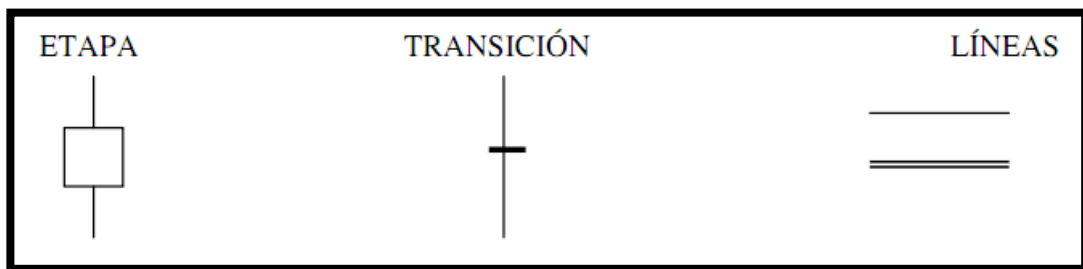
Después de cada etapa siempre hay una o varias transiciones. Después de cada transición siempre debe ir una o varias etapas.

Una transición es “*Válida*” cuando todas las etapas inmediatamente anteriores son “*Activas*”. Una transición es “*Franqueable*” cuando es válida y su receptividad asociada se cumple. Al franquear una transición:

- Se desactivan las etapas anteriores.
- Se activan las etapas posteriores.

El GRAFCET utiliza una simbología normalizada para representar las etapas, las transiciones y las líneas que las unen:

FIGURA 2



Las acciones se representan mediante un rectángulo a la derecha de la etapa. Si se quiere que mientras el GRAFCET está en esta etapa, sólo se ejecute la acción si se cumple alguna condición, dicha condición se indica encima de la acción.

ANEXOS C: INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA

En la interacción del hombre con las máquinas a través de medios computacionales, es muy importante tener en cuenta la *Interface Hombre-Máquina*, que es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos.

La cantidad de información manipulada en la actualidad se ha ido incrementando grandemente, como por ejemplo tenemos que en una central nuclear se miden y procesan más de 4000 variables. En la comunicación hombre-máquina se estudia entre otros aspectos:

- Cantidad de información.
- Forma de actuación.
- Puesto de mando.
- Propiedades fisiológicas y psíquicas del hombre-operador.

Los sistemas de presentación de la información lo podemos dividir en dos grupos:

- **Sistemas convencionales:** Los equipos de indicación y mando, generalmente de tipo analógico, están relacionados biunívocamente con los equipos de medición y regulación. Ello implica grandes salas de control, muchos instrumentos, dificultad de operación, mantenimiento constante.
- **Sistemas modernos:** Utilizando procesadores digitales, las funciones de indicación y mando se usan para varios canales, utilización extensiva de tubos rayos catódicos (CRT), de teclados específicos y generales, las salas de control son más pequeñas y eficientes.

Una adecuada interface hombre-máquina busca, en primer lugar, obtener el estado del proceso de un vistazo. Se persigue entonces:

- Asegurar que el observador comprenda la situación representada. Captar la situación en forma rápida.
- Crear condiciones para la toma de decisiones correctas.
- Que los equipos se utilicen en forma óptima y segura.
- Garantizar confiabilidad al máximo.
- Cambiar con facilidad los niveles de actividades del operador.

Los aspectos esenciales que se realizan en la comunicación Hombre-Máquina son:

a.) Indicación del estado del proceso.

Para ello se pueden utilizar: equipos convencionales, terminales de video, impresoras, registradores, diodos emisores de luz (LED). Para la selección se puede emplear: mouse, teclados, lápiz óptico, "touch screen", etc.

b.) Tratamiento e indicación de las situaciones de alarmas.

Las alarmas se pueden representar:

- En la propia pantalla, mediante símbolos que aparecen intermitentemente, cambios repetidos de color en el nombre de alguna variable o grupo, intermitencia de textos, mensajes, etc.
- Mediante el uso de videos específicos.
- Mediante indicación sonora.
- Utilizando impresora para imprimir los mensajes de alarmas.

c.) La ejecución de acciones de mando.

Estas se pueden realizar por técnicas convencionales (pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc.), o mediante teclados, lápiz óptico, mouse, pantallas táctiles, etc.

Las características del puesto de mando también deben estudiarse cuidadosamente. Con el puesto de mando se deben buscar comodidad para el operador: Temperatura estable presión atmosférica ligeramente superior al exterior, muebles cómodos y funcionales, buena iluminación. Debe tenerse presente la cantidad de operadores y horas de trabajo en dependencia de la intensidad y responsabilidad de la industria. En algunos casos se duplica los operadores para tomar decisiones difíciles. La operación de los mandos debe ser fácil y segura. Debe existir buena visibilidad en todo el cuarto de mando.