

## **AUTOMATIZACIÓN DE LA ESTACIÓN MECATRÓNICA DE VERIFICACION PRÜFEN**

**Juan Carlos Henao López**  
Est. Maestría en Ingeniería Eléctrica  
Especialista en Pedagogía y Desarrollo Humano  
Ingeniero Electricista  
Docente Institución Educativa el Dorado  
Docente Catedrático Universidad Católica Popular del Risaralda  
[jchl@ucpr.edu.co](mailto:jchl@ucpr.edu.co)

Recibido Mayo 15 de 2008 / Aceptado Noviembre 24 de 2008

### **RESUMEN**

La estación de verificación PSV, es una de seis unidades mecatrónicas con que cuenta el SENA; esta estación, posee un conjunto de actuadores que pueden manipular diversos elementos de trabajo, sensores que identifican sus características y naturaleza e indicadores que muestran toda esta información. El presente documento plantea algunas alternativas para solucionar el problema de automatización de la estación PSV e igualmente explica el desarrollo de una de estas metodologías: “La Lógica Programada”, para dar solución al problema planteado.

Palabras Clave: Automatización, Grafcet, PSV, Lógica Programada, Lógica Cableada, Mecatrónica, Sensores, Actuadores.

### **ABSTRAC**

*The PSV station, is one of the six mechatronic units the SENA has, which elements, such as an acting element series, sensors and indicators that manipulate device pieces, identify their characteristics and the nature of them. The present document states some alternatives to automate the PSV station, in addition, it explains the development of one of these methodologies, “Programmed Logic Strategy”, in order to give solution to the outlined problem.*

**Key words:** Automatization, Grafcet, PSV, Programmed Logics, Cabled Logics, Mechatronics, Sensors, Actors.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al ritmo competitivo que se da tanto en los mercados nacionales como internacionales y desde luego en la industria, donde la globalización ya no es una alternativa de crecimiento sino una realidad que debe ser asumida para no quedar rezagados frente a otros competidores y para no perder oportunidades de crecimiento económico, se hace fundamental cambiar la visión de las formas bajo las cuales se crea y se sostiene empresa.

En este sentido, la Mecatrónica, como disciplina que aplica la ciencia y la tecnología a situaciones problemáticas concretas del sector industrial especialmente, articula propuestas mecánicas, eléctricas, electrónicas e informáticas, para que las soluciones sean efectivas y oportunas, transformando las empresas dedicadas al sector productivo en unidades funcionales más eficientes y desde luego competitivas.

El presente documento trae una síntesis sobre el trabajo realizado para programar y automatizar la estación mecatrónica Prüfen (PSV); con una descripción general de los elementos básicos de la estación, donde se muestran las partes y su correspondiente operación, un análisis funcional completo de la estación, desde el momento que recibe alguna pieza<sup>1</sup> de la estación anterior, hasta que hace la entrega a la estación siguiente. Igualmente se plantea un análisis de algunas alternativas para la automatización, con su correspondiente evaluación, y finalmente se muestra la implementación de la solución y la evaluación de desempeños.

## 2. IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LA ESTACIÓN

La estación de trabajo Prüfen o PSV es un sistema estándar mecatrónico fabricado por la empresa REXROTH del grupo BOSH; como cualquier sistema mecatrónico, la estación PSV cuenta con un conjunto de sensores los cuales toman información del estado del proceso, una unidad central de procesamiento, la cual como cerebro del sistema, toma decisiones de acuerdo

---

<sup>1</sup> Una pieza de trabajo puede ser cualquier objeto que se pueda montar sobre el sistema mecatrónico. Como piezas de prueba se usan monedas, arandelas, piñones y bujes, de diversos materiales.

con la información dada por los sensores, y finalmente, un conjunto de actuadores que obedecen las instrucciones enviadas por la unidad de procesamiento.

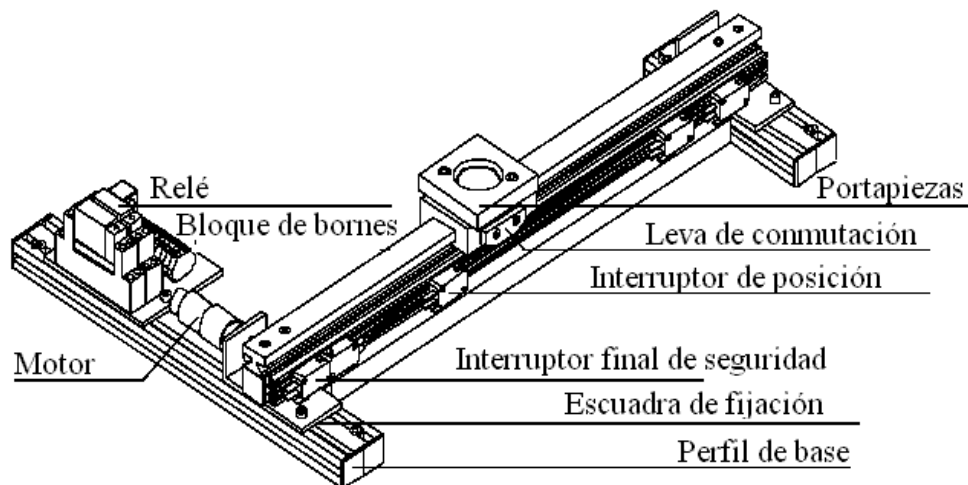
Los conjuntos funcionales con que cuentan de forma específica la estación PSV son:

- ↖ Transportador lineal eléctrico
- ↖ Unidad de verificación
- ↖ Unidad de visualización
- ↖ Mordaza elevable giratoria

Para un estudio más detallado, se debe hacer referencia a [1].

2.1. Transportador Lineal Eléctrico LF400EE: Este grupo funcional de la estación Prüfen cuenta con un carro transportador montado sobre una guía, un encoder accionado por un conjunto de contactores y un conjunto de interruptores que permiten identificar la posición exacta del carro. Los interruptores se mueven sobre la guía de tal manera que coincidan con los lugares de recibo de pieza, verificación de casquillo y entrega de pieza por la mordaza, indicándole siempre a la unidad de procesamiento el lugar y momento exacto donde se encuentra el carro transportador.

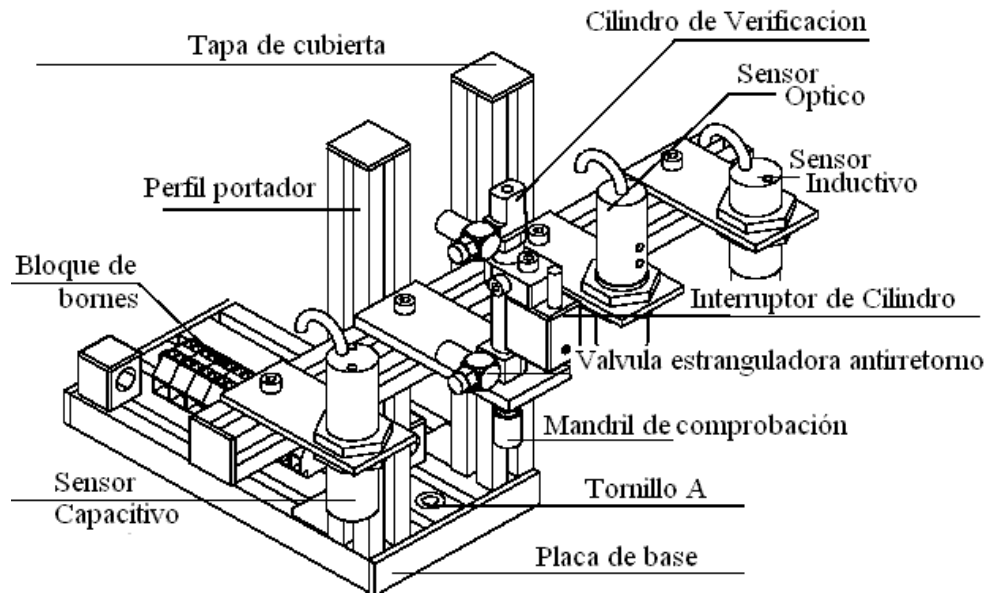
**Figura No. 1.** Unidad Transportadora LF400EE



Para especificaciones más detalladas de este grupo funcional se debe consultar la referencia [2]

2.2. Unidad de Verificación PE y Unidad de Visualización ANZ: La unidad de verificación PE cuenta con tres sensores, uno óptico, uno inductivo y otro capacitivo que reconocen el material de fabricación de la pieza de trabajo, también cuenta con un cilindro de simple efecto para la verificación de casquillo. La figura 2 muestra este conjunto. Para especificaciones más detalladas de este grupo funcional se debe consultar la referencia [3]

**Figura No. 2.** Unidad de Verificación PE

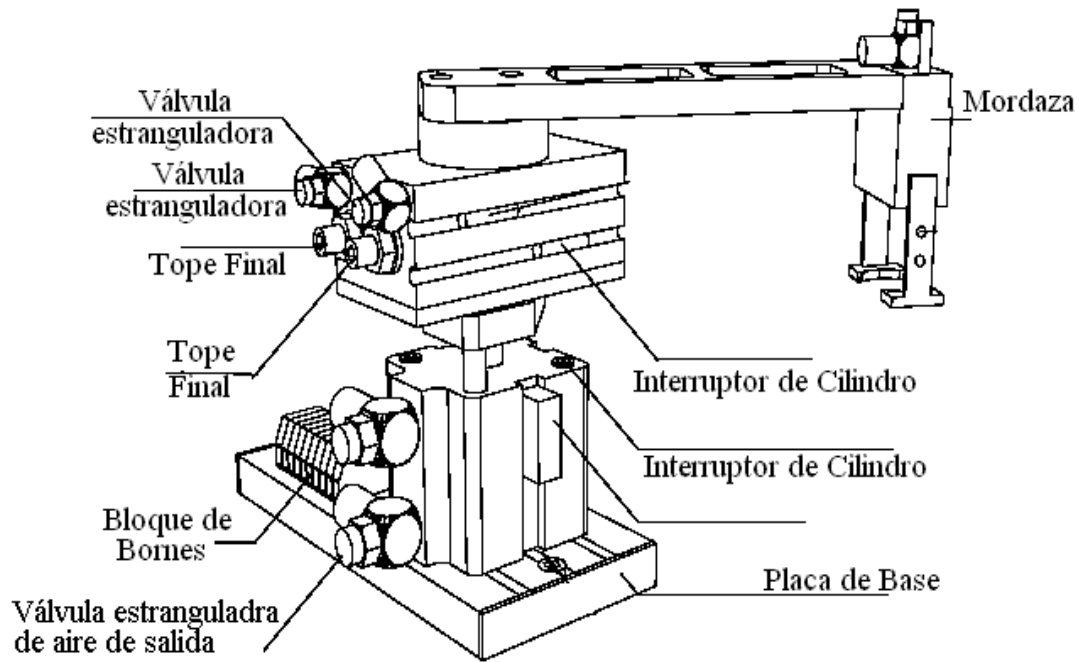


Estos tres sensores y el cilindro de efecto simple con su interruptor, envía la información al PLC quien a través de la unidad de visualización ANZ muestra al operario el tipo de material con que se hizo la pieza y la existencia o no de buje en la misma. Para especificaciones más detalladas de este grupo funcional se debe consultar la referencia [4]

2.3. Mordaza Giratoria Elevable DG-5S: Este dispositivo básicamente neumático, cuenta con un conjunto de interruptores de cilindro que se alinean con los interruptores de posición del carro transportador ubicado sobre la guía. La mordaza toma la pieza que se encuentra en el carro, posición derecha, para finalmente entregarla en una segunda posición, posición izquierda, donde se encuentra la etapa inicial de la estación de trabajo siguiente. La figura 3 muestra la mordaza giratoria.



**Figura No. 3.** Mordaza Giratoria DG-5S.



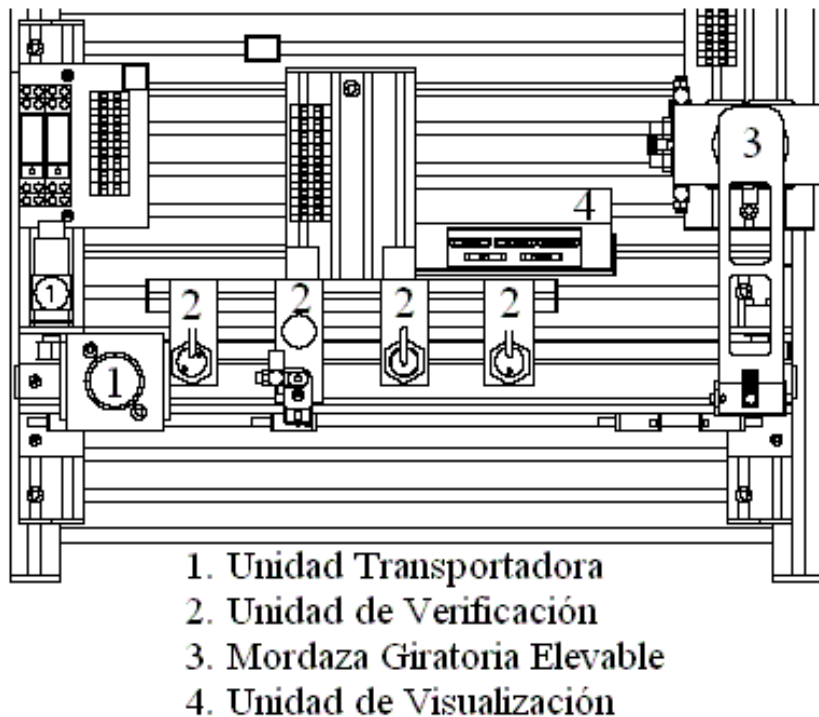
En el momento de la implementación final, con esta mordaza en especial se debe prestar especial atención a la forma de conexión y a la presión que maneja el compresor. Como unidad adicional se usa un regulador de aire en las entradas de las válvulas con sistema de protección de cierre automático.

Para especificaciones más detalladas de este grupo funcional se debe consultar la referencia [5]

2.4. Controlador BOSCH CL200 32E/16A(S): La manipulación electroneumática de la estación Prüfen y sus conjuntos funcionales se realiza a través del controlador lógico programable BOSCH CL200 32E/16A(S), el cual es programado en ambiente Windows a través del software WinSPS. Este software de comunicación tiene como particularidad que permite hacer la programación tanto en la estructura LADDER como en GRAFCET (Gráfica de Control de Etapas de Transición) Para especificaciones más detalladas sobre las características y función del PLC se debe consultar la referencia [6]

Toda la estación de trabajo, en una vista vertical se muestra en la figura 4.

**Figura No. 4.** Estación Prüfen (PSV)



### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de mecatrónica del SENA Dosquebradas en donde se montan las estaciones, cuenta con seis estaciones de trabajo, todas fabricadas por BOSCH:

Estación Bearbeiten	→	BAF
Estación Largen	→	LA
Estación Prüfen	→	PSV
Estación PrüfenAsi	→	PASI
Estación Telebereit_E	→	TBE
Estación Telebereit_H	→	TBH

Todas las estaciones presentan retos interesantes de automatizar y aunque el objetivo es el mismo, se necesita formular una estrategia de trabajo diferente para cada una.

El problema fundamental y caso de estudio presentado en este documento es la realización, montaje y automatización de movimientos de los cuatro grupos funcionales de la estación PSV; el

transportador lineal eléctrico, la unidad de verificación, la unidad de visualización y la mordaza elevable giratoria e implementar una solución eficiente al problema a través de controladores lógicos programables haciendo uso de sus grandes prestaciones al momento de alambrar las diferentes unidades, comunicarlas y coordinarlas entre sí.

En la estación PSV en particular, el problema se centra en automatizar una parte de un proceso industrial que consiste en recibir una pieza como un piñón, identificar la presencia o no de buje en el mismo e igualmente determinar la composición de la pieza, es decir si es plástica, de bronce o de acero, y finalmente entregar la pieza mediante un brazo neumático a una segunda fase para que continúe el proceso. Para ello es necesario desarrollar una estrategia que puede ser con lógica cableada o con lógica programa y así realizar la verificación, coordinación y control de todas las tareas asociadas permitiendo que estas se adelanten de forma rápida y segura.

#### **4. ANALISIS FUNCIONAL DE LAS ESTACION PRÜFEN**

Una vez puesta en línea la estación, el programa envía el carro transportador a su posición izquierda, controlada por el microinterruptor 2S06 [1]; en esta posición, se enciende el pulsador de liberación (piloto azul 2H03) simulado la señal de la estación anterior, la estación TBH, quien entrega la pieza. Una vez presionado y liberado este pulsador (2S04), se enciende el piloto del pulsador de arranque (2H01) y el proceso está listo para iniciar.

Cuando la pieza se encuentra sobre el carro transportador, se debe presionar el pulsador de arranque (2S01) mínimo durante dos segundos; en este punto el programa lleva el carro transportador del LF400EE hasta la posición limitada por el microinterruptor 2S07 pasando por el sensor capacitivo 2B16 quien informa al PLC la existencia o no de pieza sobre el mismo. En el caso de no existir pieza, el programa detiene el proceso, enciende el piloto del pulsador detención (piloto amarillo 2H02) y espera a que el operario lo pulse (2S03), acción bajo la cual el carro transportador regresa a la posición izquierda y espera la entrega de una nueva pieza lo cual se simula encendiendo el piloto liberación; una vez presionado este, el programa enciende de nuevo el piloto de arranque para que el sistema inicie el ciclo.



Cuando el carro transportador pasa bajo en sensor capacitivo y este determina la existencia de la pieza, se detiene bajo el microinterruptor 2S07, dos segundos para que cilindro neumático de efecto simple verifique la existencia o no de casquillo en la pieza. Posteriormente el programa lleva al carro transportador hasta la posición de entrega controlada por el microinterruptor 2S10, no sin antes pasar por la unidad de verificación PE.

El proceso determina que la pieza transportada puede ser de plástico (PVC), de latón o de acero, y el sistema de verificación PE tiene la misión de identificar la composición de estas piezas. Para ello cuenta con tres sensores, uno capacitivo, uno inductivo y otro óptico. La tabla 1 muestra las combinaciones de estos tres sensores que identificación el material de las piezas de trabajo.

**Cuadro No. 1.** Unidad de verificación

<b>Pieza/Sensor</b>	<b>Óptico</b>	<b>Inductivo</b>
<b>Plástico</b>	No	No
<b>Bronce</b>	Sí	No
<b>Acero</b>	Cualquier reacción	Sí

El carro transportador espera tres segundos en la posición derecha (microinterruptor 2S10) para indicar al operario a través de unidad de visualización ANZ la naturaleza de la pieza; si tiene o no buje, si es de plástico, de bronce o de acero. Una vez terminada la temporización, la mordaza giratoria DG-5S toma la pieza y la entrega a la siguiente estación de trabajo, que puede ser la estación TBE o la estación PASI; finalmente el carro regresa a la posición izquierda, y enciende el piloto de libración para dar inicio al ciclo nuevamente.

Aunque las seis unidades se programan de forma independiente por diferentes grupos de trabajo, simulando la entrega y recibo de piezas de las estaciones vecinas por medio de pulsadores, también es posible comunicar las diferentes unidades para que el proceso sea continuo.

## **5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Actualmente la mecatrónica es considerada en si una ingeniería de alta precisión que incorpora elementos tradicionales de otras ingenierías como eléctrica, mecánica, de computación y sistemas informáticos, pero que se renueva a sí misma atendiendo los avances en la ciencia y la

tecnología. Aspectos como la nanoelectrónica, sistemas de inteligencia artificial, teorías modernas de control se encuentran más frecuentemente y son más accesibles a las industrias de cualquier nivel de producción, pues sus costos de implementación se han venido reduciendo en los últimos años; de la misma forma la automatización de procesos industriales o comerciales se han vuelto más atractivos pues se ha demostrado ampliamente que mejora la competitividad y rentabilidad de procesos.

En lo concerniente al control y automatización de la estación PSV, tema central del presente documento, existen diversas alternativas de solución cada una con aportes interesantes y que ofrece retos tanto en la programación como en la implementación final. Estas alternativas de solución pueden ser clasificadas en dos grandes grupos:

- *Método Mecánico:* El método mecánico o la lógica cableada es posiblemente uno de los primeros avances industriales por mejorar la rentabilidad y eficiencia de sus procesos debido a la reducción de tiempo y operarios. Se centra en el desarrollo a pequeña y mediana escala de sistemas autómatas programables complejos que usan básicamente lógica de contactores electromecánicos, pero que con el advenimiento de la electrónica, se han podido reducir gracias a la implementación de compuertas lógicas discretas que usan tecnología TTL, CMOS.

En el método de lógica cableada los contactores y relés normalmente tienen dos estados, –abierto o cerrado– que hacen las veces de –falso o verdadero– en la lógica tradicional o los estados lógicos discretos –0 y 1– en electrónica digital o también –válvula cerrada o válvula abierta– en lógica neumática. Estos valores dan cuenta del estado de un proceso y permiten tomar decisiones de control o acción para que se ejecute una tarea específica. Sin embargo, tareas simples como hacer que un brazo mecánico sense una pieza, la mueva de un sitio a otro y finalmente la libere, pueden resultar muy dispendiosas de implementar ya que requerirían del uso de varios relés y un plano de contactos y conexiones relativamente complejo que demandaría mucha atención y concentración. Un punto de conexión mal puesto puede significar una operación totalmente indeseada e inclusive peligrosa.

En la estación PSV, empleando métodos *paso a paso*, es posible implementar a través de elementos mecánicos, neumáticos o electroneumáticos [7,8] el control de misma. Esta forma de programación comparada con otras técnicas es de bajo costo, es sistemática, pero tiene el inconveniente que es difícil de implementar por la cantidad de conexiones y operaciones que se deben hacer para realizar operaciones incluso pequeñas [10,11].

- *Método por Lógica Programada*: La lógica programa es una alternativa de solución para el problema de la automatización que vienen desplazando a la lógica cableada. En vez de emplear relés, electroválvulas y contactores entre otros, emplea elementos de estado sólido para construir circuitos electrónicos lógicos que usando un software especializado, cumplen con las mismas funciones de manera más eficiente y segura. Actualmente en el mercado se consiguen estas unidades lógicas programables a costos muy bajos de esta forma es como el sector industrial hace el control de sus procesos. Posiblemente una de las unidades más ampliamente utilizadas son los PLCs (Controladores Lógicos Programables) puesto que permiten realizar operaciones muy complejas, de muchas etapas y con grandes volúmenes de información de forma rápida. Utiliza programación asistida por computador que reduce la complejidad y evita la necesidad de construir física y manualmente los circuitos lógicos. Esta forma de programar le permite a los PLCs aplicar a los procesos industriales técnicas de control proporcional derivativo (PID) técnicas de control usando algoritmos genéticos, lógica difusa y otras técnica de avanzadas que con lógica cableada no se podría llevar a cabo.

**Figura No. 5.** PLC Siemens Simatic S5



(Imagen tomada de [http://www.sitecsrl.it/documenti/materiali/elenco\\_materiali.htm](http://www.sitecsrl.it/documenti/materiali/elenco_materiali.htm))

Adicionalmente están en la capacidad de realizar operaciones aritméticas, de almacenar información, pero tal vez lo más importante, es que pueden comunicarse con otros dispositivos como otros PLCs, no necesariamente del mismo fabricante e igualmente comunicarse con computadoras y otros autómatas, volviéndose así unidades modulares de fácil programación y de fácil mantenimiento[13,14].

Empleando los recursos de programación informáticos de la estación y con la ayuda de los controladores y procesadores[12], se pudo generar una propuesta de solución al problema de automatismo de la estación PSV.

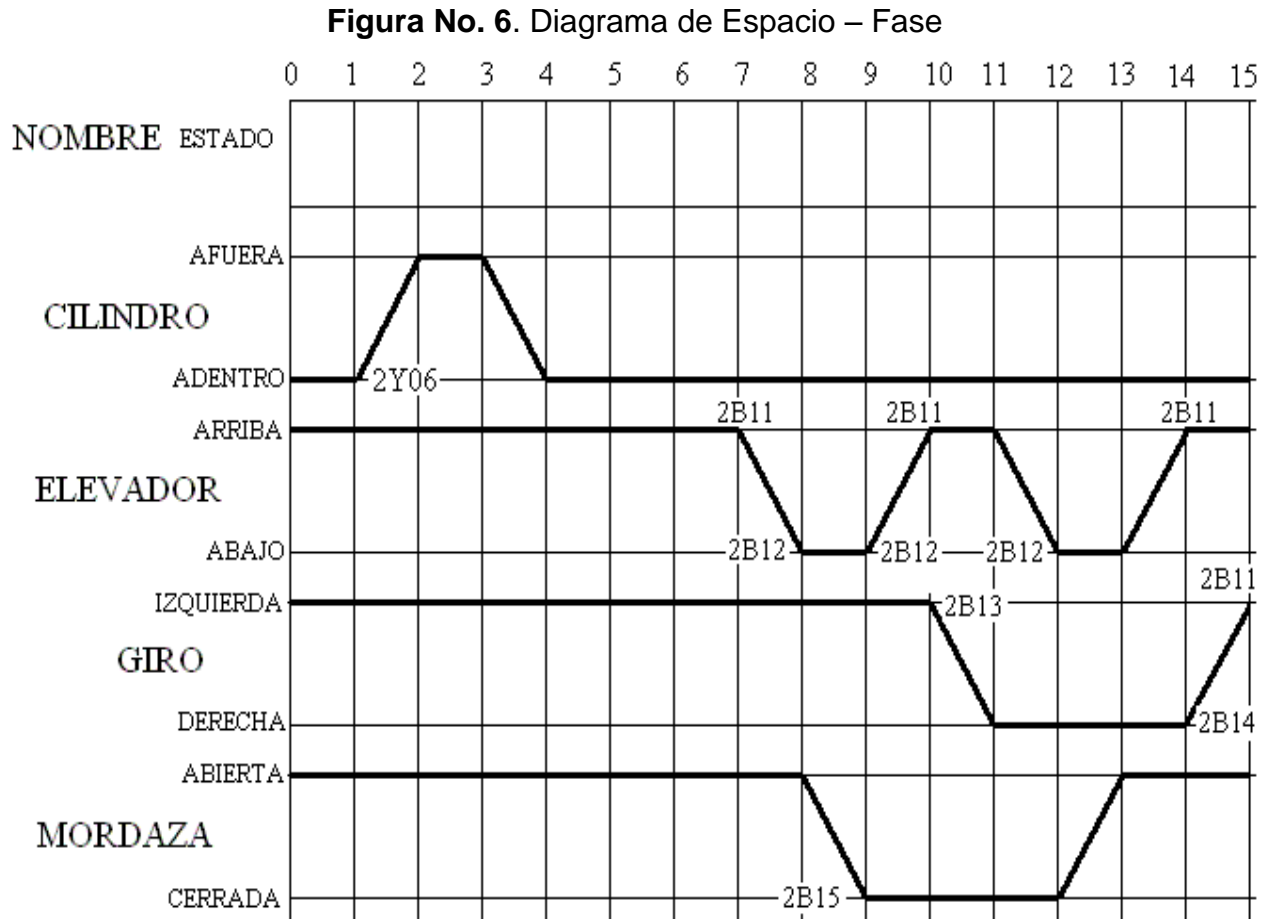
Para automatizar la estación PSV, se escoge como herramienta el PLC (Controlador Lógico Programable), entre otras razones por su simplicidad al momento de la implementación, por la confiabilidad cuando se somete a servicio continuo y por la versatilidad que este presta al formular mejoras al sistema neumático o mecánico. Para programar el PLC igualmente se tiene lenguajes de bajo nivel como las listas de instrucciones donde se encuentran por ejemplo AWL o el IL/ST, o lenguajes de alto nivel como Plano de Contactos donde aparece la técnica LADDER o Diagrama de Bloques Funcionales tal como FDB o el FBS, GRAFCET, PETRI y AS.

## **6. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Las acciones básicas que debe cumplir la estación Prüfen son:

1. Accionar pulsador ARRANQUE
2. CILINDRO Bajar
3. CILINDRO Subir
4. ELEVADOR Bajar
5. MORDAZA Agarrar
6. MORDAZA Subir
7. MORDAZA Giro Derecha
8. ELEVADOR Bajar.
9. MORDAZA Liberar
10. ELEVADOR Subir
11. MORDAZA Giro Izquierda

La figura 6, muestra el diagrama Espacio – Fase donde se especifica la forma y los momentos en los cuales deben funcionar los actuadores durante el proceso.



Por otro lado, es necesario identificar las etiquetas que tienen los actuadores, los sensores y las electroválvulas con referencia a los comandos que las reconocen en el PLC, el cuadro 2, muestra de forma condensada esta información.

**Cuadro No. 2. Listas de Entradas y Salidas para el PLC**

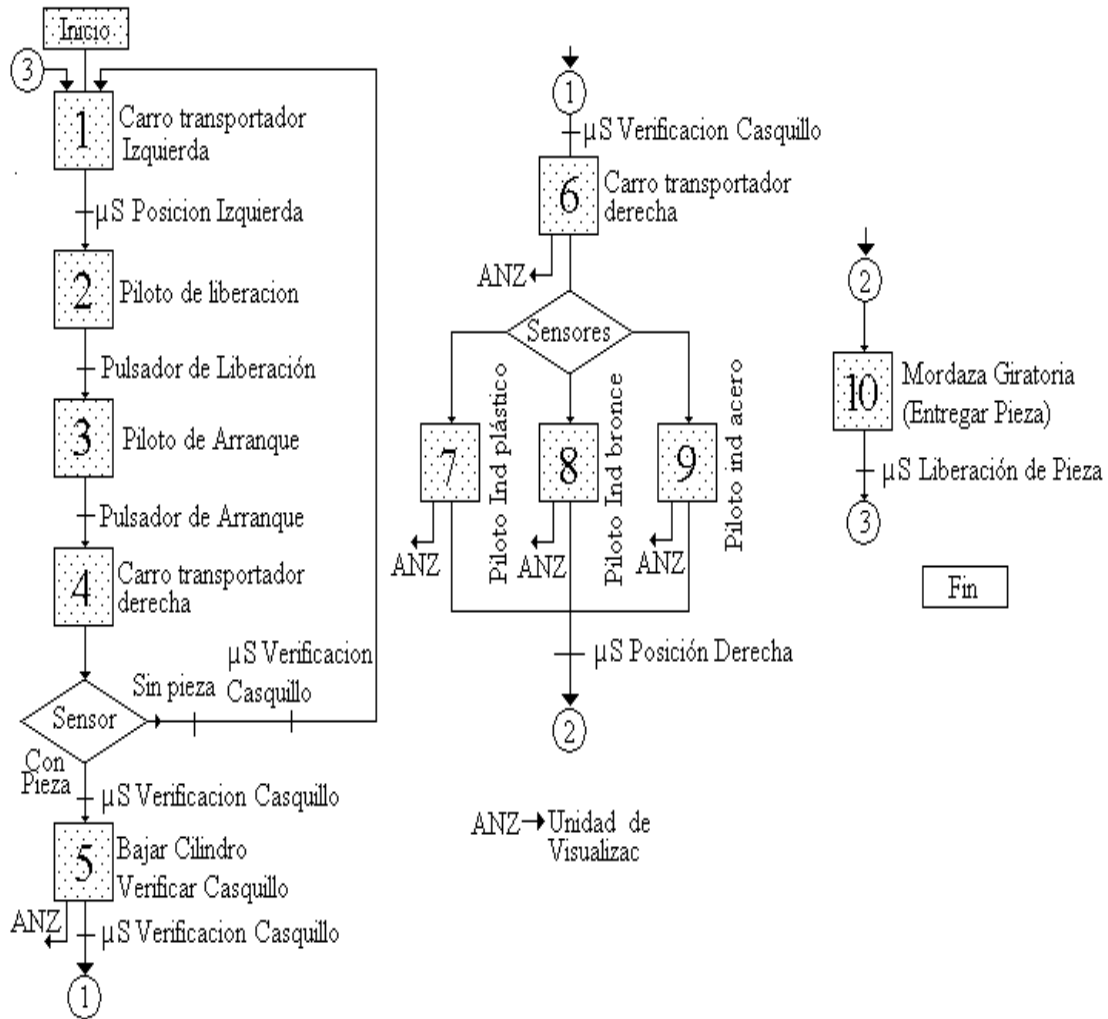
ENTRADAS	Símb	Dir PLC	Dir PC
Pulsador STAR	2S01	E0.1	I0.1
Posición transporte izqui	2S06	E0.6	I0.6
Sensor Capacitivo	2B16	E1.6	I1.6
Posición verificar casquillo	2S07	E0.7	I0.7

Sensor Óptico	2B17	E1.7	I1.7
Sensor Inductivo	2B20	E2.0	I2.0
Posición transporte derec	2S10	E1.0	I1.0
Pulsador LIBERACION	2S04	E0.4	I0.4
Pulsador PARADA	2S03	E0.3	I0.3
Pulsador DETENCION	2S00	E0.0	I0.0
Mordaza giratoria arriba	2B11	E1.1	I1.1
Mordaza giratoria abajo	2B12	E1.2	I1.2
Mordaza giratoria izq	2B13	E1.3	I1.3
Mordaza giratoria der	2B14	E1.4	I1.4
Mordaza cerrar	2B15	E1.5	I1.5

SALIDAS	Símb	Dir PLC	Dir PC
Piloto STAR	2H01	A0.1	Q0.1
Piloto LIBERACION	2H03	A0.3	Q0.3
Motor Derecha	2K04	A0.4	Q0.4
Cilindro Sacar	2Y06	A0.6	Q0.6
Piloto PLASTICO	2H12	A1.2	Q1.2
Piloto ACERO	2H13	A1.3	Q1.3
Piloto LATON	2H14	A1.4	Q1.4
Relé COJINETE	2H46	A1.5	Q1.5
Mordaza BAJAR	2Y07	A0.7	Q0.7
Mordaza GIRAR	2Y10	A1.0	Q1.0
Mordaza AGARRAR	2Y11	A1.1	Q1.1

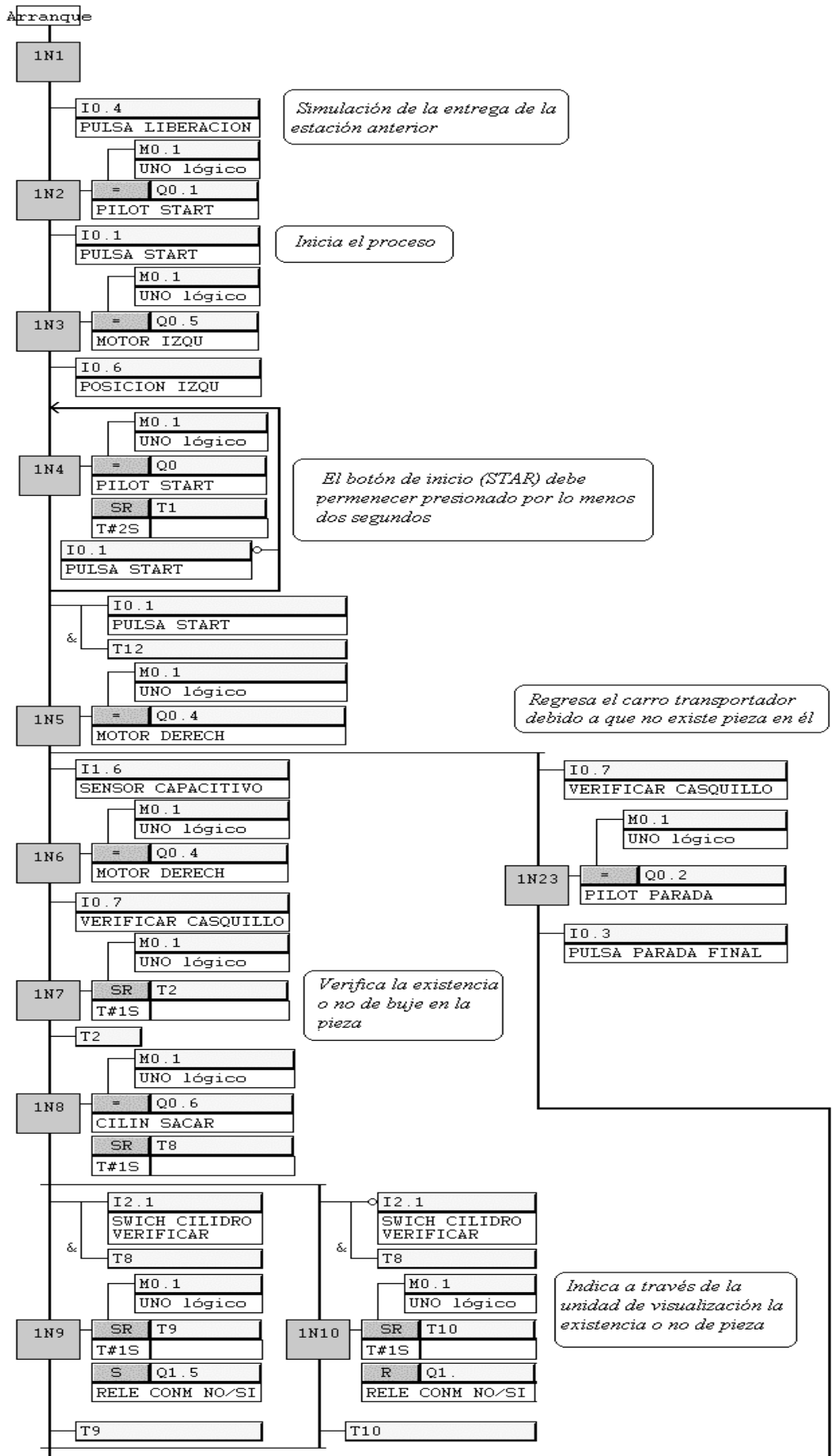
La figura 7, muestra con un diagrama de bloques simples, el programa general de control de la estación PSV. Este diagrama ilustra en una sola secuencia, la forma en la cual se interactúa con la estación, se accionan los diferentes actuadores y la información que debe mostrar la unidad de visualización ANZ.

**Figura No. 7.** Diagrama de bloques para la estación PSV

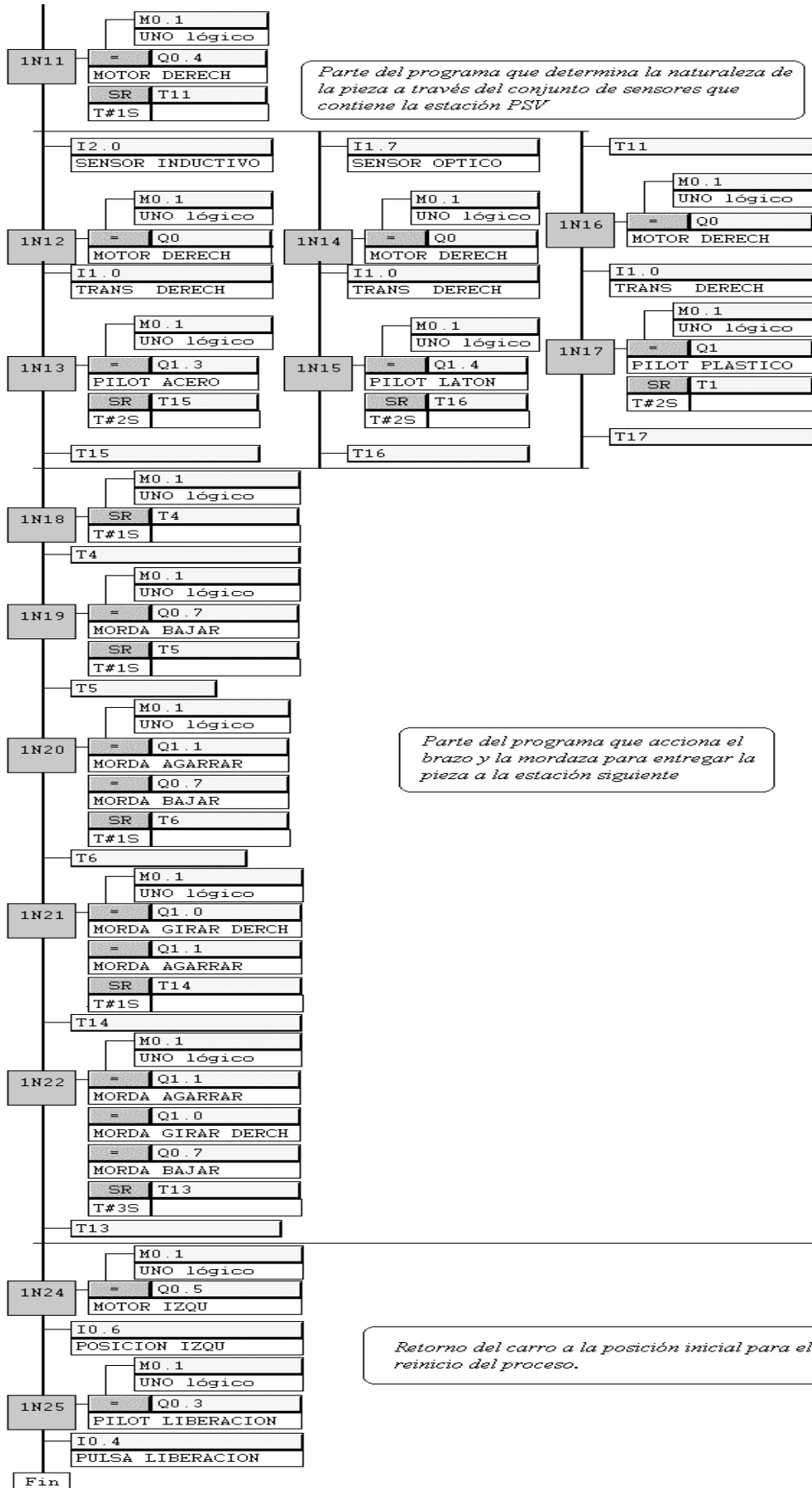


La anterior secuencia se programa en el PC utilizando el software WinSPS 3.1.3. para posteriormente cargarlo en el PLC BOSCH CL200 32E/16A(S), 1. Programa de desarrollo para funcionamiento de la estación PSV, en lenguaje GRAFCET creado en entorno Windows con el software WinSPS es mostrado en la figura 8.

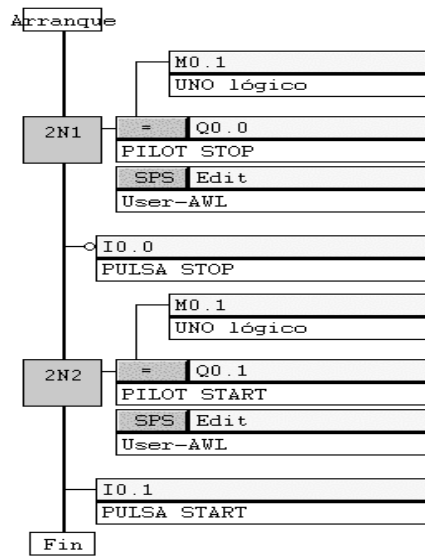
**Figura No. 8.** Programa PLC- BOSCH CL200 32E/16A(S)







**figura No. 9.** Programa de la rutina de arranque automático y parada de emergencia



## 7. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

La construcción del programa en el PLC se divide en tres fases fundamentales, la primera consiste en elaborar el automatismo que controle el proceso de recepción de la pieza, la segunda en analizar la composición de la misma, la presencia o no de buje y la tercera fase en entrega de la misma a la estación siguiente.

Para las tres fases es fundamental controlar los tiempos de retardo en cada uno de los subprocesos; a través de una señal del panel del operario, se simula la entrega de la pieza al carro transportador, con un pulsador diferente en el panel se da inicio a proceso de la estación PSV; cuando la pieza pasa por debajo del cilindro para verificar la presencia o no de buje, es necesario dar tiempos de espera mientras la pieza se acomoda, se baja y sube el cilindro y tiempos de espera para empezar a mover el carro transportador de nuevo.

Igualmente es necesario ajustar los tiempos para que la mordaza giratoria entregue la pieza; tiempo de esperar para que el carro se acomode bajo la mordaza, tiempo para que esta baje y tiempo para que esta sujete la pieza; igualmente se sincronizaron los tiempos para que la mordaza subiera y girara a la izquierda y volviera a bajar para entregar la pieza a la siguiente

estación de trabajo. Luego parte de la programación del PLC se centró en ajustar los sensores y relés para que estos identificaran la presencia de pieza, la presencia o no de buje y la naturaleza de la pieza; posteriormente se programó el PLC para que mostrara a través de una unidad de visualización ANZ, toda esta información.

La estación funciona de acuerdo a las necesidades planteadas por el problema; recibir una pieza, analizar su estructura y composición, mostrando la información a través de un panel de visualización y finalmente entregar la pieza a la estación de trabajo siguiente. Se hicieron todas las pruebas con piñones de diferente composición, algunos con buje, otros sin el mismo, y en todos los casos, se entregó siempre la pieza, se reconoció de forma adecuada la presencia de buje y el tipo de piñón.

Finalmente se construyó una subrutina para el arranque automático en la cadena de ejecución, además de combinar códigos en AWL con las cadenas de ejecución GRAFCET. Cuando se realiza una cadena de paso o cadena de ejecución, es preciso configurar los tiempos de ejecución de las etapas, al igual que hacer el arranque automático de la cadena que se quiere ejecutar. En esta rutina de programa igualmente se configura la parada de emergencia, acción que detiene instantáneamente el proceso en cualquier punto; esta rutina de parada se realiza por razones de seguridad tanto para el operario como para la máquina.

## **8. CONCLUSIONES**

- ↪ El método GRAFCET para programar procesos, es una herramienta muy flexible, fácil de manipular y que permite hacer ajustes, modificaciones y mejoras sin muchos cambios al programa original, al igual que permite encontrar errores de forma precisa y corregirlos sin modificar grandes partes del programa.
- ↪ El sistema mecatrónico PSV es susceptible de optimización, disminuyendo distancias entre elementos, cambiando la posición de sensores y reduciendo tiempos de espera, sin afectar la seguridad del proceso, sin embargo es necesario hacer pruebas para evaluar el impacto de los cambios a que se dieran lugar.

- ↪ La Lógica Cableada, como alternativa de solución al problema de la automatización de la estación puede ser igualmente eficiente a la técnica de lógica programada, sin embargo, la implementación final, aunque más económica, puede resultar más dispendiosa de aplicar y más difícil de depurar.
- ↪ La rutina de parada de emergencia, resulta más confiable y eficiente, cuando se programa de forma paralela pero independiente al programa de ejecución del proceso, aunque esto no es aplicación obligatoria. Se pueden montar subrutinas de parada en cualquier parte del proceso y de forma independiente, al igual que se pueden tener diferentes niveles de parada con acciones diferentes.
- ↪ Si se programa la estación PSV en modo de servicio, es necesario comunicar estaciones vecinas a los puertos que se especifican en el manual del fabricante, también se deben sincronizar los tiempos de funcionamiento y ajustar las posiciones de entrega y recibo de piezas.
- ↪ La calibración y ajuste de los sensores, es una variable que debe ser revisada antes de iniciar el proceso; la presión de aire, la altura de los mismos y los tiempos que debe permanecer la pieza se deben tener en cuenta para no introducir información incorrecta al programa que contiene el PLC.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Estación de Verificación PSV". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.
- [2] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Conjunto Transportador lineal LF400EE". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.
- [3] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Conjunto Unidad de verificación PE". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.
- [4] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Conjunto Unidad de visualización ANZ". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.
- [5] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Conjunto Mordaza elevable giratoria DG-5S". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.

- [6] BOSCH. "Sistema Estándar de Mecatrónica. Controladores CL200". Manual de Estudio Rexroth didactic. 2003.
- [7] FESTO. "Introducción a la Técnica Neumática de Mando". Manual de estudio FESTO Didactic. 1992
- [8] FESTO. "Introducción a la Electroneumática". Manual de estudio FESTO Didactic. 1992
- [9] MURIEL, Agustín. "Metodología para la Solución de Problemas de Automatización Empleando Sistemas Mecatrónicos (Caso de Estudio). SENA.
- [10] IBAÑES, Pedro. "Diseños Básicos de Automatismos Eléctricos". Ed. Marcombo.
- [11] BOCKSNICK, Bernard. "Fundamentos de la técnica de mando". Festo. 1990
- [12] ALVAREZ, Manuel. "Controladores Lógicos". Ed Marcombo.
- [13] KENNETH, Louis. "Microprocessors and Programmed Logic", Ed Prentice Hall, 1987.
- [14] TOCCI. Ronald. "Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones". Ed. Pearson Educación. 1996.