

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MANUFACTURER CELL WITH PLC
AND RV-M1 MANIPULATOR COUPLING USING THE DDE PROTOCOL****DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA CON
EL ACOUPLE DE PLC Y MANIPULADOR RV-M1 UTILIZANDO EL
PROTOCOLO DDE**

Ing. Jorge A. Ardila Rey, MSc. Jorge Luis Díaz Rodríguez, PhD. Aldo Pardo García

Universidad de Pamplona

Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas (IIDTA)
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 156
E-mail: {jdiazcu, apardo13}@unipamplona.edu.co

Abstract: This paper deals with a procedure to couple and to put into operation diverse programmable robots as they are it the FEC 640, the NAIS and the CL200, will be shown in this article. All this working together with a manipulator RV-M1 and with a frequency converter in charge of controlling the speed of transport of each one of the pieces. This integration will be used to set going a small factory cell located in the robotics laboratory of the University of Pamplona where it will simulate the transport, processed, selection and storage of a piece. In addition to this a SCADA system will be in charge not only to control and to supervise the process but also it will be the link that allows integrating the robots.

Resumen: En este trabajo se muestra un procedimiento para acoplar y poner en funcionamiento diversos autómatas programables como lo son el FEC 640, el NAIS y el CL200. Todo esto trabajando en conjunto con un manipulador RV-M1 y con un convertidor de frecuencia encargado de controlar la velocidad de transporte de cada una de las piezas. Esta integración se utilizara para poner en marcha una pequeña celda de manufactura ubicada en el laboratorio de robótica de la Universidad de Pamplona, que simulara el transporte, procesado, selección y almacenamiento de una pieza. Adicional a esto un sistema SCADA será el encargado no sólo de controlar y supervisar el proceso sino también será el puente que permita integrar los autómatas.

Keywords: PLCs, Automation, SCADA, Robot, Manipulator, Flexible Cell, DDE.

1. INTRODUCCION

Los PLCs son dispositivos que gracias a su gran robustez han acaparado la atención en el sector industrial permitiendo así ser utilizados en diversos procesos en donde se desea controlar de una manera eficiente y optima cualquier sistema.

La implementación del sistema se hace teniendo en cuenta algunos componentes con que cuenta la Universidad de Pamplona en el área de automatización es decir, el sistema final se mostrará como la integración o acople de partes ya construidas de tal manera que se forme una estructura mas compleja con diferentes funciones.

El proceso trata de una celda de manufactura que se asemeja a un proceso producción industrial real, en la cual se selecciona clasifica procesa y contabiliza una pieza. Este consta de herramientas que con su integración se logra un sistema Mecatrónica compacto y flexible. Como se observa en la figura 1, todo el proceso es constantemente controlado y supervisado por un sistema SCADA, Con esto tenemos un sistema Mecatrónico reconfigurable.

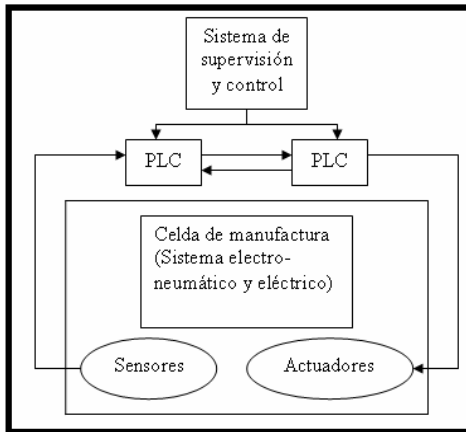


Fig. 1: Diagrama EPS del Sistema Planteado

El sistema implementado muestra una pequeña celda de manufactura flexible, que tiene componentes que están presentes en la pirámide de automatización, tales como elementos sensores, elementos actuadores, elementos controladores, elementos supervisores y las respectivas comunicaciones entre estos.

La celda se distribuye en cuatro estaciones:

- Estación de distribución (alimentadora de piezas): compuesta por un sistema electroneumático y una cinta transportadora, cuya función principal es llevar una pieza desde un depósito inicial hasta la siguiente estación donde será manipulada.

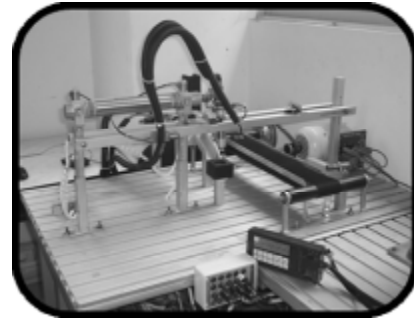
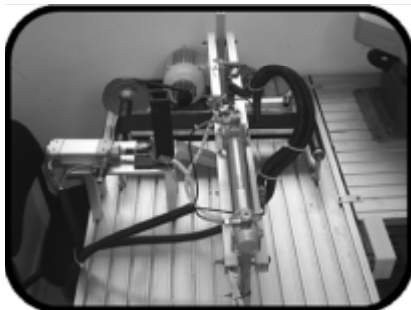


Fig. 2: Primera Estación de Celda. Componentes Festo y Hps

- Estación de procesamiento: está compuesta por un manipulador Mitsubishi de cinco grados de libertad, el cual se encarga de tomar la pieza, simular un procesamiento (troquelado, sellado, perforado) y hacer un control de calidad para luego colocarla en la siguiente estación.



Fig. 3: Segunda Estación, Manipulador Mitsubishi

- Estación de identificación: compuesta por una banda transportadora y cuatro sensores que identifican la pieza.

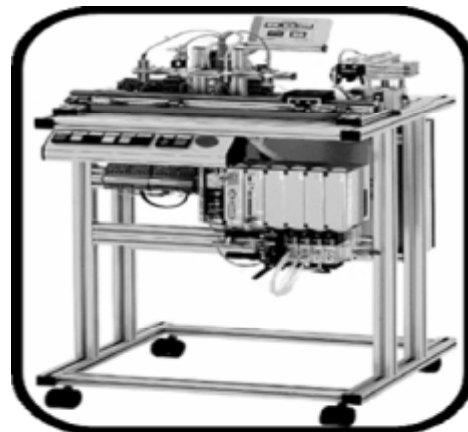


Fig. 4: Estación de Identificación, Bosch

- **Estación de transporte y clasificación:** compuesta por actuadores neumáticos y un ascensor impulsado por un motor de corriente directa, se encarga trasladar la pieza hasta unas secciones finales donde se depositan las piezas de acuerdo a su selección o clasificación. Esta celda está conectada a un sistema *SCADA*, y el tipo de control que se maneja es secuencial (*On-Off*) por medio de tres *PLCs*.



Fig. 5: Celda Completa

2. COMUNICACION ENTRE AUTOMATAS DIFERENTES

Debido a que los *PLCs* son de diferentes fabricantes sus software de programación también difieren en muchos aspectos, ya que unos son de más alto nivel que otros, por ende era difícil llevar a los 3 autómatas aun mismo software de programación, ya que estaríamos limitando a trabajar aún grupo de *PLCs* con una velocidad más baja y a otros los esforzaríamos a trabajar a una velocidad más alta que la velocidad nominal de trabajo a la cual fueron diseñados o recomiendan sus fabricantes para un óptimo funcionamiento.

Lo contrario ocurre cuando los *PLCs* pertenecen a un mismo fabricante y su software de programación obligan a trabajar al autómata a una misma velocidad y un mismo nivel, como ocurre con el *FEC* de cualquier nominación, en donde la configuración maestro esclavo de estos *PLCs* se realiza tanto física como internamente aprovechando las virtudes dadas por este tipo de controladores.

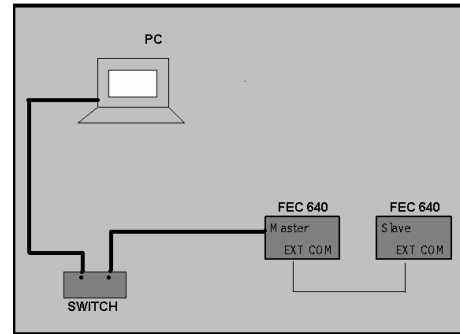
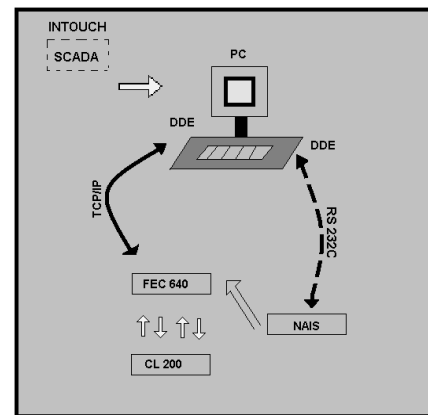


Fig. 6: Configuración Maestro Esclavo

Como se mencionó anteriormente una de las principales dificultades que se presentan es la comunicación entre autómatas diferentes, debido a la ausencia de una interfaz que haga el intercambio de datos entre los *PLCs* en este caso el Esclavo 1 (CL200), Esclavo 2 (NAIS), Maestro (FEC 640) y el sistema *SCADA*.

Fig. 7: Diagrama de Conexión de los *PLCs* dentro del Sistema

Para este propósito se utilizó el *FEC* 640 (Maestro) como el encargado de intercambiar información directamente con el esclavo 1, esta información recibida por el *FEC* es almacenada en registros internos, que luego son utilizados para llevar un control claro de lo que está ocurriendo en el sistema completo al sistema *SCADA* por protocolo *TCP/IP*.

Debido a que los *PLCs* manejan un mismo protocolo de comunicaciones: 0-24 V DC, la interacción de datos se realizó sin ningún tipo de acople electrónico si no de una forma directa.

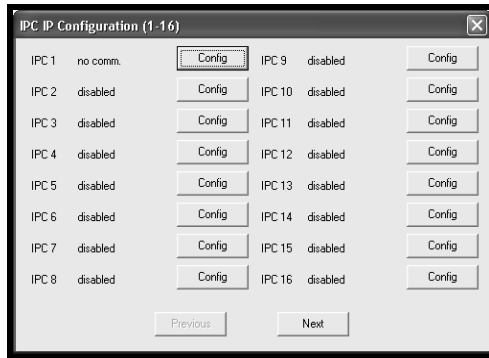


Fig. 8: IPC Data Server (TCP/IP)

El maestro toma la información de todos los sensores considerados sensores de primer orden (suministran información de la pieza y ubicación), y se encarga de almacenarla, procesarla y distribuirla en el momento adecuado a los PLCs esclavos ya sea de manera física o lógica con los DDE.

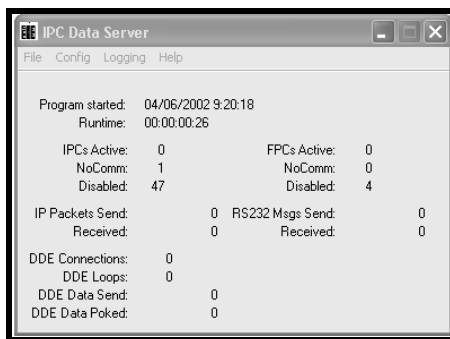


Fig. 9: Configuración del DDE IPC Data Server

La comunicación entre el PLC esclavo 2 (NAIS) y el maestro es mucho mas practica ya que se realiza a través de los DDE y utilizando como enlace el sistema SCADA el cual dependiendo de su lógica de programación permite que el maestro entienda, tome y envíe datos sin necesidad de un medio físico presente entre los dos.

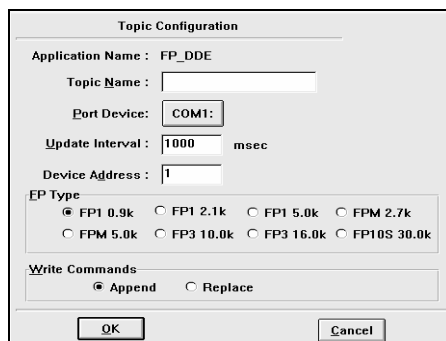


Fig. 10: Configuración DDE para el PLC NAIS

Si se hubiese deseado intercambiar información entre los dos esclavos, por ejemplo el esclavo 1 necesita saber que ocurrió con un sensor conectado al esclavo 2. Entonces el esclavo dos pasaría la información al SCADA accionando cualquiera de los *tagname* a través de su etiqueta. Este cambio de acción lo tomaría el maestro e inmediatamente informaría al esclavo 1 por medio de la comunicación física presente. Nótese que el maestro siempre esta al tanto de lo que ocurre en el proceso.

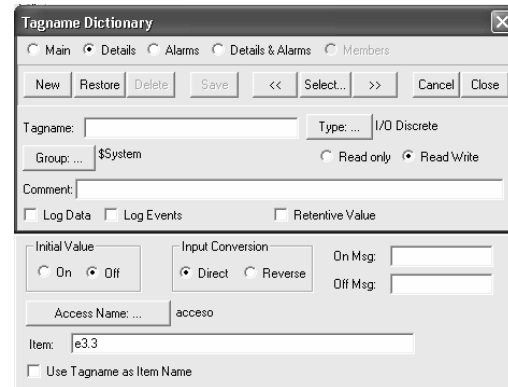


Fig. 11: Configuración tagname

Teniendo en cuenta posibles fallas que puedan ocurrir en el sistema supervisorio ya sea por problemas con el software o por algún daño causado en la red. Se realizaron conexiones de entradas y salidas del esclavo 2 y maestro, para garantizar el correcto funcionamiento de la celda completa ante la ausencia del SCADA generando así una mayor robustez en el intercambio de datos.

La programación del conjunto esclavo2-esclavo1-maestro-SCADA, se ejecuta como si se tratara de un solo gran autómatas compuesto de muchos sectores funcionales encargados de una tarea específica.

3. SISTEMA DE SUPERVISION, MONITOREO Y CONTROL

El sistema de supervisión, monitoreo y control se realiza en **Intouch** este es un paquete de software utilizado para crear aplicaciones de interface hombre máquina bajo entorno *PC*. **Intouch** utiliza como sistema operativo el entorno *WINDOWS 95/98/NT/2000*. El paquete consta básicamente de dos elementos: *WINDOWMAKER* y *WINDOWVIEWER*. *WINDOWMAKER* es el sistema de desarrollo.

Permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas de e/s externos o a otras aplicaciones *WINDOWS*. *WINDOWVIEWER* es el sistema *runtime* utilizado para rodar las aplicaciones creadas con *WINDOWMAKER*.

Para la utilización de este software se requiere un sistema que cumpla con los siguientes ítems:

- Cualquier *PC* compatible IBM con procesador Pentium 200 MHz o superior.
- Mínimo 500 Mb de disco duro.
- Mínimo 64 Mb RAM.
- Adaptador display SVGA (recomendado 2 Mb mínimo).
- Puntero (mouse, trackball, touchscreen).
- Adaptador de red.
- Microsoft Windows W95/98 SE o NT.

El SCADA implementado consta de un menú principal que posee 5 submenús los cuales nos permiten acceder a la parte del sistema que se desea monitorear, o a la información que se requiera con tan solo dar click en el icono adecuado.



Fig. 12: Vista Previa de la Pantalla Principal del Sistema SCADA

Las opciones presentes en el sistema son:

- Acceder a la información de los autores.
- Acceder al sistema eléctrico.
- Acceder al sistema neumático.
- Acceder al estado de los PLCs.
- Acceder a la celda completa.

4. ACOPLÉ DEL MANIPULADOR Y CONVERTIDOR DE FRECUENCIA CON EL PLC MAESTRO

La banda transportadora cuenta con un motor asíncrono de jaula Ardilla de conexión en Y con las siguientes Características técnicas:

$P_n = 0.15 / 0.22$ kW, $V_n = 400$ V, $I_n = 0.55 / 0.6$ A, $N_n = 950 / 1450$ rpm, $\cos \varphi = 0.57 / 0.64$, $f_n = 60$ Hz, IP 20. En donde la característica mecánica aparece en la siguiente figura:

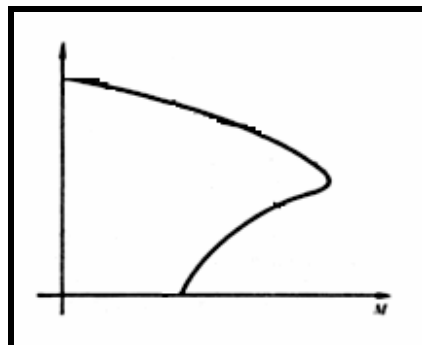


Fig. 13: Característica Mecánica del Motor de Inducción

La característica mecánica expresa gráficamente el valor del momento (en el motor o en la carga) que corresponde a cada valor de velocidad. Por tanto si se acopla determinado tipo de motor a determinado tipo de carga mecánica, la velocidad de rotación del conjunto y el momento de ambos pueden determinarse trazando en el mismo gráfico las dos características y hallado su punto de intersección, en este caso en donde la carga corresponde a una carga de tipo momento constante, ya que estamos hablando de un transportador, la gráfica nos muestra el punto de trabajo del conjunto.

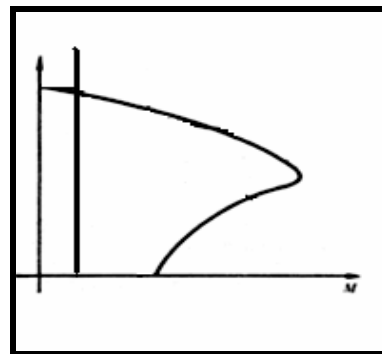


Fig. 14: Características Mecánicas, Carga y Motor

Como se puede observar el punto de equilibrio se presenta a una velocidad bastante elevada ya que la carga que posee el transportador es muy pequeña debido al peso de las piezas que se han de procesar por la celda. Así que lo más recomendable es tomar una característica artificial diferente a la nominal reduciendo la frecuencia en la que va a trabajar el

motor y tratar de conservar su rigidez (normal). Para esta reducción de frecuencia se utiliza un convertidor de frecuencia de la empresa *hps Elektrische Maschinen* de serie 2710.

El accionamiento de este convertidor de frecuencia se lleva a cabo por el PLC a través de algunas de sus salidas. Se hizo necesario realizar un circuito muy sencillo el cual nos permite convertir la tensión de salida del PLC (24 Vdc) a una entrada TTL (5 Vdc). Para la implementación de este circuito se diseñó un divisor de voltaje que toma la señal de 24 voltios y permite a la salida los 5 voltios, para la comunicación de la entrada TTL del convertidor. Para el manipulador se trabajó con el puerto paralelo del controlador y se conectaron 4 pines para el control de las instrucciones dependiendo la salida del PLC.

El manipulador es programado con varias rutinas (más de ocho o las necesarias) las cuales se estimularán por medio de las salidas del PLC maestro, para lograr la manipulación correcta de la pieza. Estos cuatro bits serán conectados a través de un *driver* al controlador del Manipulador Mitsubishi, ya que el programa de este pregunta por el puerto de entrada I/O y ejecuta una rutina. Esto entonces quiere decir que el PLC maestro envía constantemente datos al robot para que este se mueva de acuerdo a las rutinas ya grabadas en la memoria EEPROM del controlador.

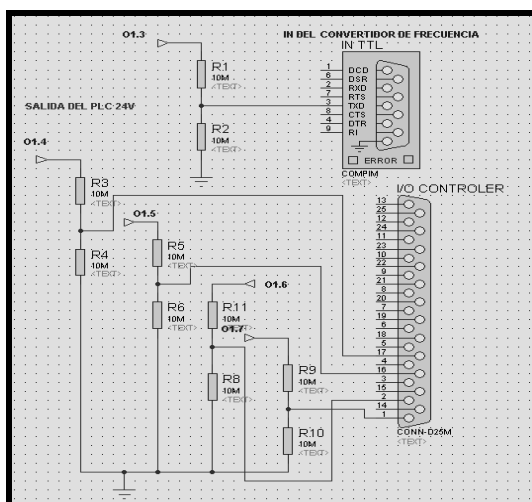


Fig. 15: Diagrama de Conexiones del PLC con los Dispositivos que Controlan a Subsistemas (convertidor de frecuencia y controlador del Mitsubishi)

5. CONCLUSIONES

La integración de autómatas programables con diferentes dispositivos, que por lo general son utilizados hoy en día en celdas de manufactura o procesos industriales, estos permiten comunicar diferentes tecnologías bajo un mismo entorno de manera tal que actúen como un único sistema sin necesidad de operarlos de forma independiente.

En este trabajo se mostró un procedimiento para acoplar y poner en funcionamiento diversos autómatas programables trabajando en conjunto con un manipulador RV-M1 y con un convertidor de frecuencia encargado de controlar la velocidad de transporte de cada una de las piezas.

Esta integración se utilizó para poner en marcha una pequeña celda de manufactura ubicada en el laboratorio de robótica de la Universidad de Pamplona, que simulara el transporte, procesado, selección y almacenamiento de piezas.

REFERENCIAS

- Angulo A., J. María. *Microcontroladores PIC la Solución en un Chip*. Ed. Paraninfo, 1997.
- Cheade, Andrés. *Robótica*. Ed. Limusa, 1993.
- Delgado Fernández, Beatriz. *Manual Básico Manipulador Robot Mitsubishi RV-M1. Centro de Automatización de Procesos. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia, 2001.*
- García Moreno, Emilio. *Ingeniería de la Automatización Industrial*. México, Alfa Omega, 2001.
- Groover, Michell; Weiss, Michell y Nagel, Roger. *Robótica industrial, tecnología, Programación y aplicaciones*. México: MC Graw-Hill, 1990.
- Industrial Micro Robot System Model RV-M1 Instruction Manual*. Mitsubishi Electric Corporation. Nagoya. Japón, 1999.
- Martínez Sánchez, Victoriano Angel. *Automatización Industrial Moderna*. México, Alfa Omega, 2001.
- Pardo, A; Díaz, J. L. *Aplicaciones de los convertidores de frecuencia. Estrategia PWM*. Universidad de Pamplona, Colombia, 2005.
- Rashid, Muhammad H. *Power Electronics*. México, Prentice Hall, 1993.