



# CPPS BAJO IEC 61499 E ISA 88 EN DISPOSITIVOS DE BAJO COSTO PARA PROCESOS POR LOTES.

**CARLOS A. GARCÍA S.**

**ESTEBAN X. CASTELLANOS N.**

# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

Objetivos

Propuesta

Resultados

Conclusiones

# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

Objetivos

Propuesta

Resultados

Conclusiones

PRESENTE: IEC-61131

# Norma IEC-61131

PLCs + Arquitectura  
centralizada

1. Vista general.
2. Hardware.
3. Lenguaje de programación.
4. Guías de usuario.
5. Comunicación

Primer peldaño en  
el camino de la  
estandarización  
que sufriría la  
industria.

# PRESENTE: IEC-61131

## Desventajas de la norma IEC-61131

- Necesidad del uso de un dispositivo de control central dentro del sistema
- Incapacidad de implementar dispositivos multimarca dentro de un mismo sistema
- Elevadas inversiones de dinero, tiempo y personal al momento de realizar cambios en el sistema

FUTURO: IEC-61499

# Norma IEC-61499

Sistemas de control hechos a la medida del proceso y fácilmente escalables

Controladores con software embebido + Arquitectura distribuida

1. Distribución
2. Interoperabilidad
3. Portabilidad
4. Reconfiguración



# FUTURO: IEC-61499

4DIAC

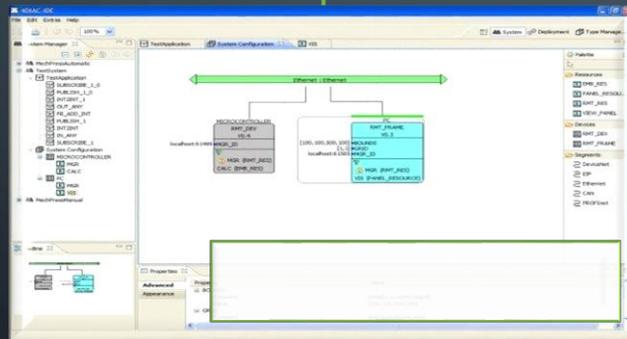
Software IEC-61499

4DIAC-IDE

FORTE

Java Environment (PC)

C++ (Device)



# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

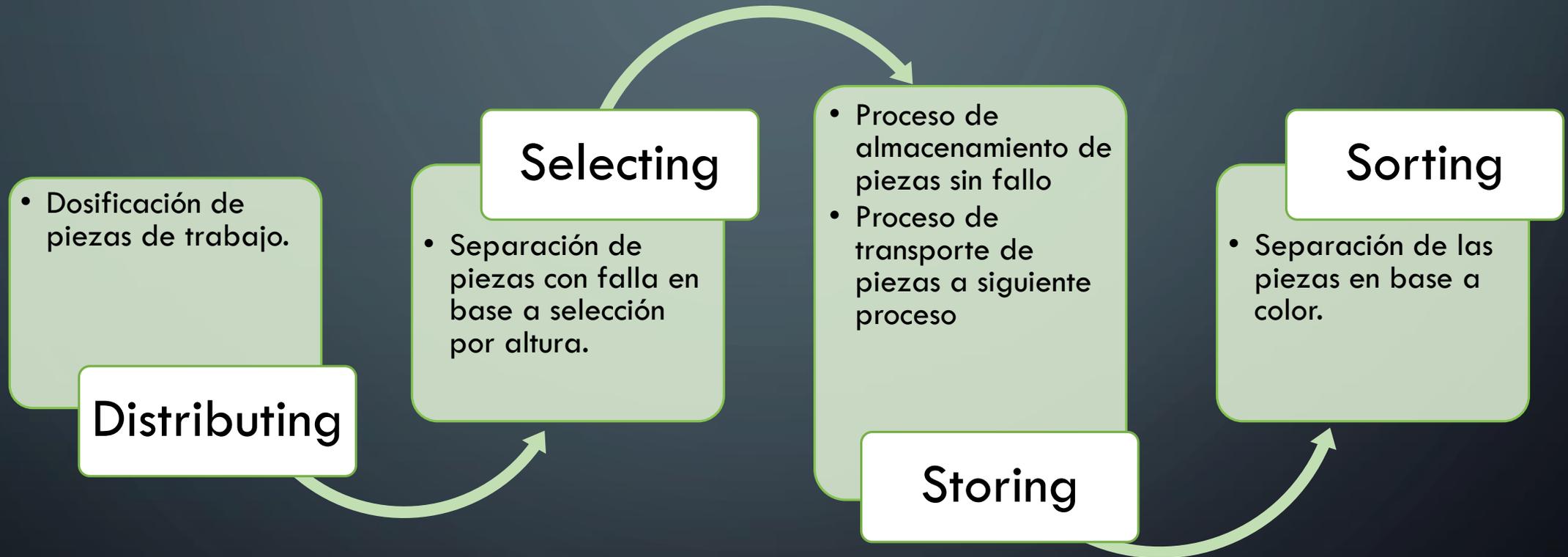
Objetivos

Propuesta

Resultados

Conclusiones

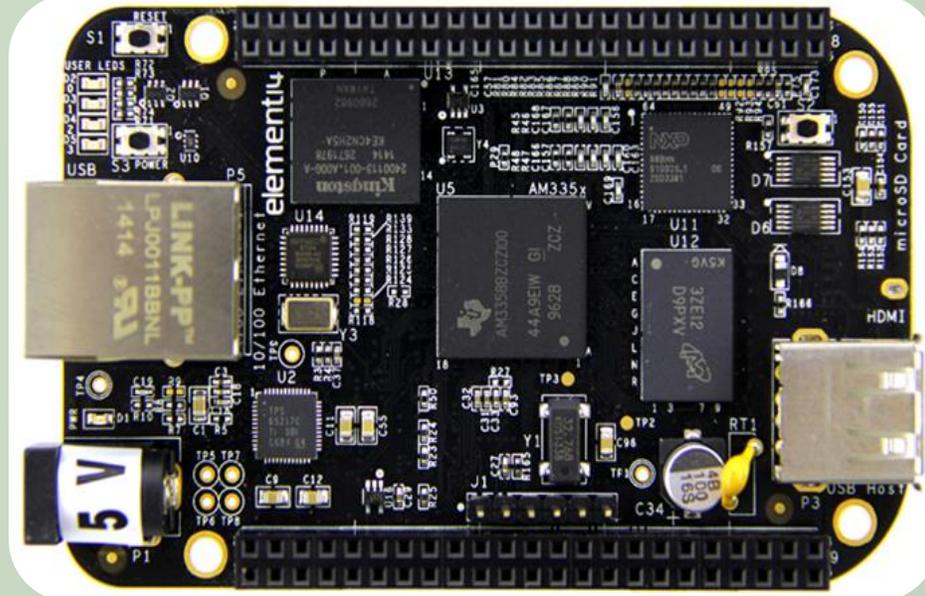
# CASO DE ESTUDIO



# DISPOSITIVOS DE CONTROL



Raspberry Pi



Beaglebone Black

# DISPOSITIVOS DE CONTROL

	Raspberry PI 2 Modelo B	Raspberry PI 3 Modelo B
CPU	900 MHz quad-core ARM Cortex A7	1.2GHz 64-bit quad-core ARM Cortex A8
GPU	Broadcom VideoCore IV a 250MHz. Además contiene un codificador/decodificador a 1080p30 H.264/MPEG-4 AVC.	
Memoria (SDRAM)	1GB de memoria SDRAM del tipo LPDDR2 compartida entre la CPU y GPU acorde a las necesidades de cada una.	
Almacenamiento integrado	MicroSD	
Conectividad de red	10/100 Ethernet (RJ-45) via hub USB	10/100 Ethernet (RJ-45) vía hub USB, Wifi 802.11n, Bluetooth 4.1
Periféricos de bajo nivel	17 x GPIO y un bus HAT ID	
Costo	\$35 - \$40 (Valores tomados de Amazon.com)	\$40 - \$45 (Valores tomados de Amazon.com)

# DISPOSITIVOS DE CONTROL

Característica	Descripción
CPU	Sitara AM3359AZCZ100 a 1 GHz
GPU	SGX530 3D, 20M Polygons/S
SDRAM	512 MB DDR3L 400Mhz
Flash	2GB,8bit Embedded MMC
Almacenamiento integrado	MicroSD
Conectividad	Puerto Ethernet 10/100 Mbps RJ45
GPIO pins	2 conectores de 46 pines a 3.3V TTL
Costo	\$62,99 – \$64,75 (Valores obtenidos de Amazon.com)

# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

**Objetivos**

Propuesta

Resultados

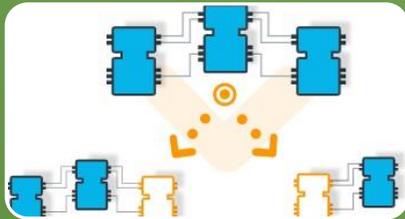
Conclusiones

# OBJETIVOS

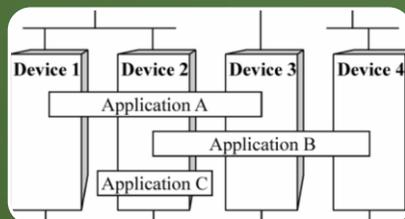
Diseñar e implementar un control distribuido en procesos industriales utilizando sistemas empotrados de bajo costo, para verificar la aplicabilidad de la norma IEC-61499 en los procesos discretos de la maqueta FESTO FMS-200.



Investigar las directrices y formas de aplicación de la norma IEC-61499 para la automatización de procesos en sistemas empotrados a bajo costo.



Diseñar e implementar dos grupos de FBs bajo el estándar IEC-61499 encargados de 1) manipulación de entrada y salida de datos, y 2) control; para los sistemas empotrados desde un entorno 4DIAC-IDE.



Realizar las pruebas del estándar mediante el diseño e implementación de un control distribuido para los procesos discretos de maquetas FESTO FMS-200 bajo el entorno 4DIAC-IDE y el runtime 4DIAC-FORTE.

# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

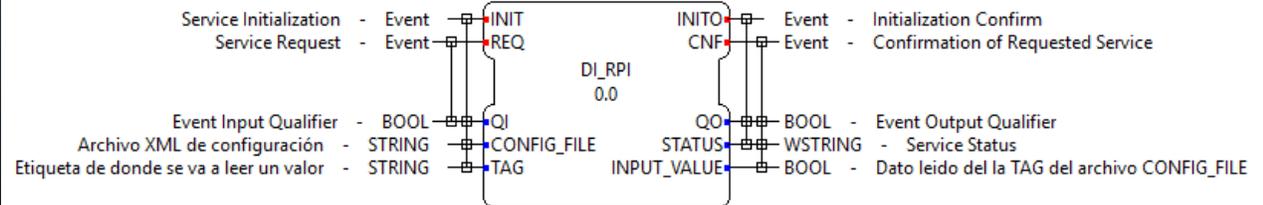
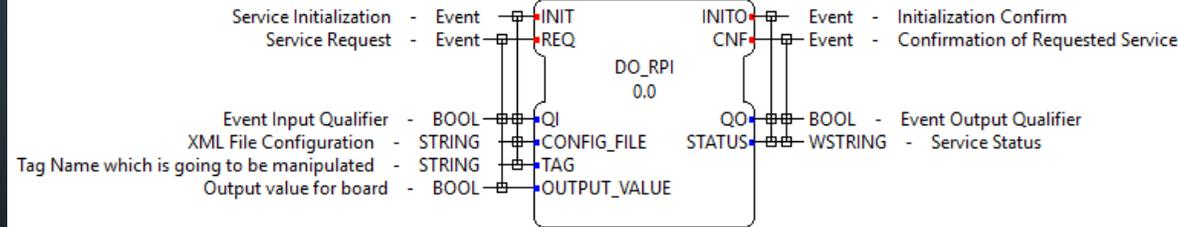
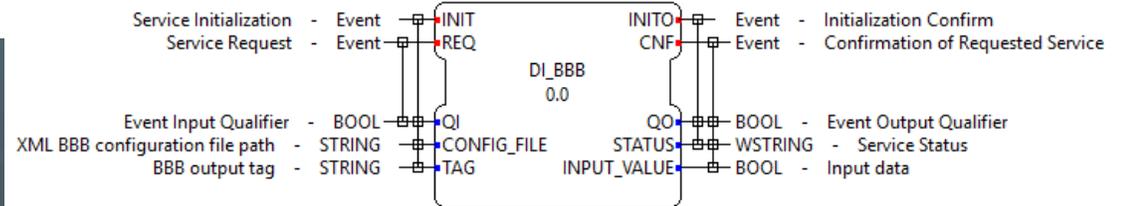
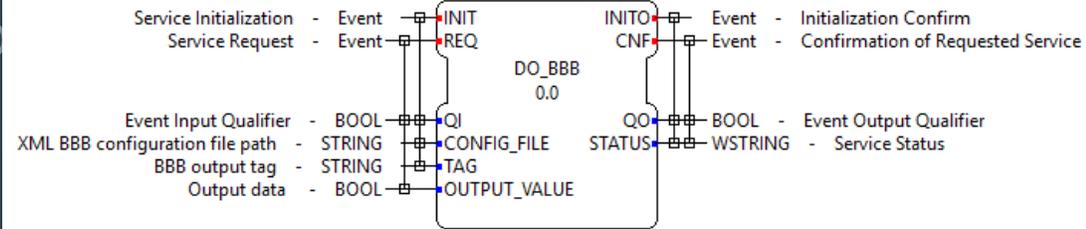
Objetivos

Propuesta

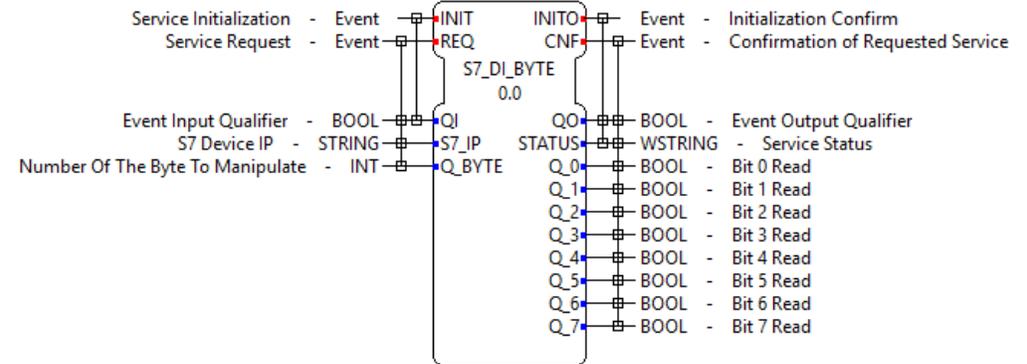
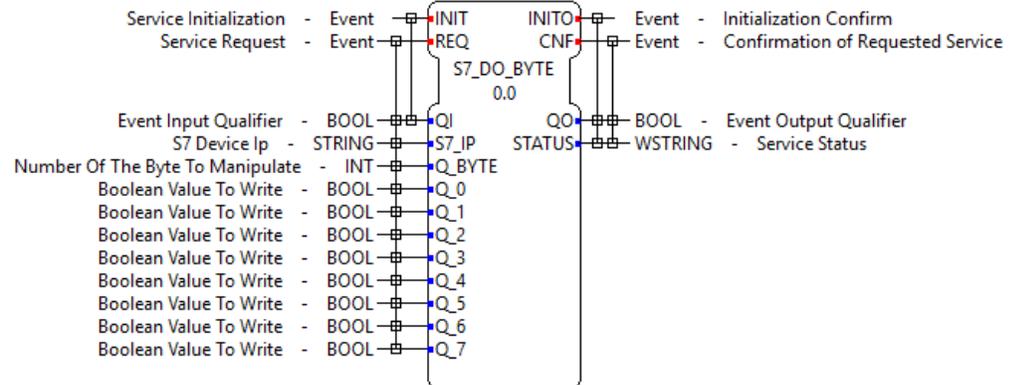
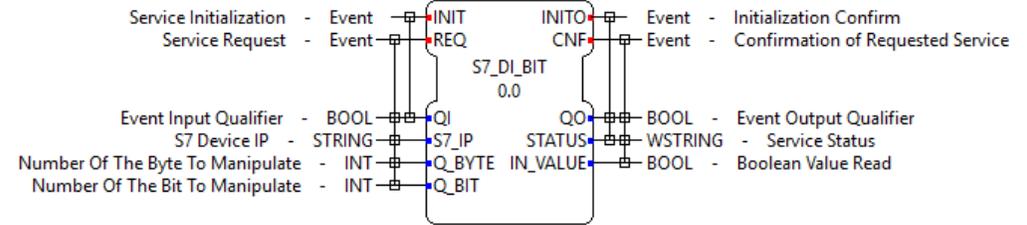
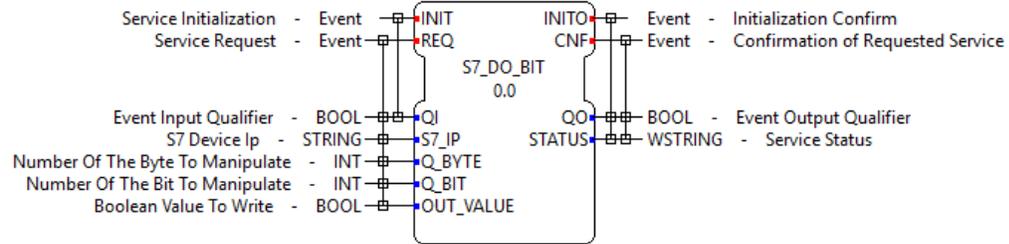
Resultados

Conclusiones

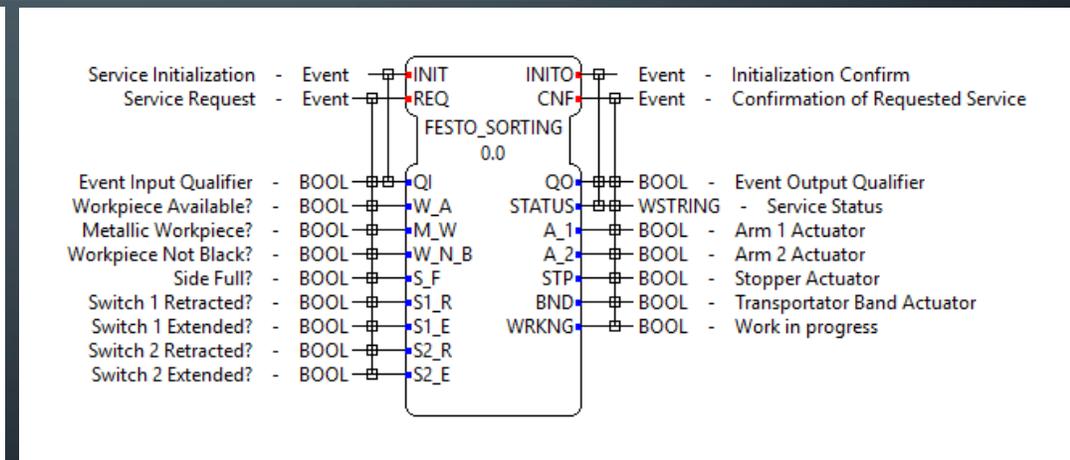
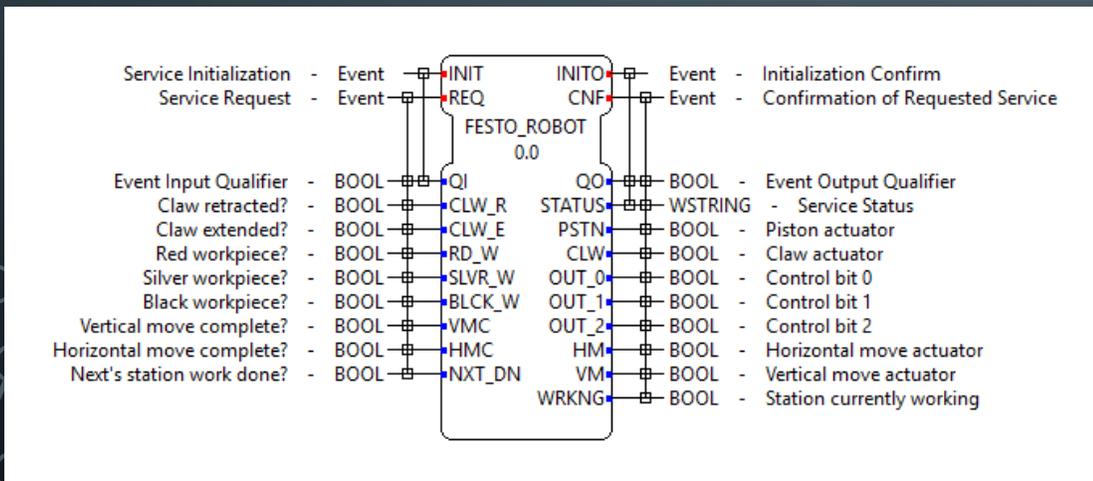
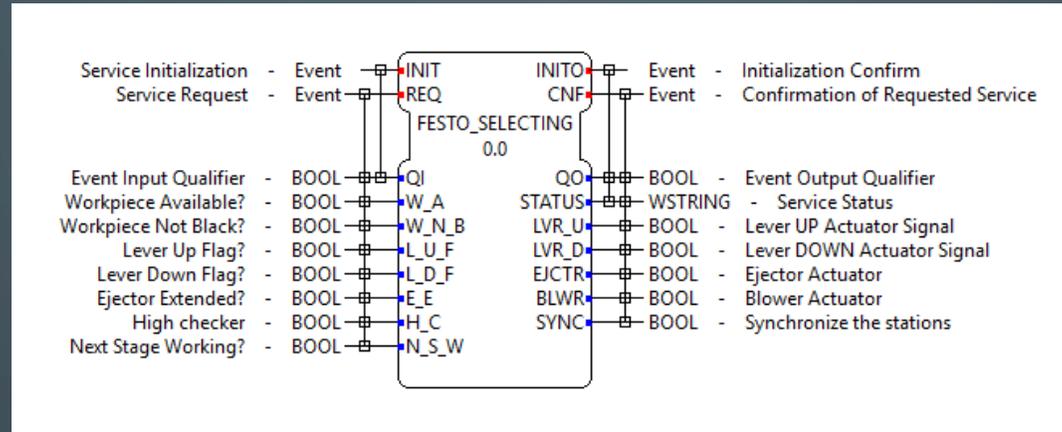
# PROPUESTA DE SOFTWARE: FBS PARA MANEJO DE GPIO



# PROPUESTA DE SOFTWARE: FBS PARA MANIPULACIÓN S7



# PROPUESTA DE SOFTWARE: FBs DE CONTROL DESARROLLADOS





# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

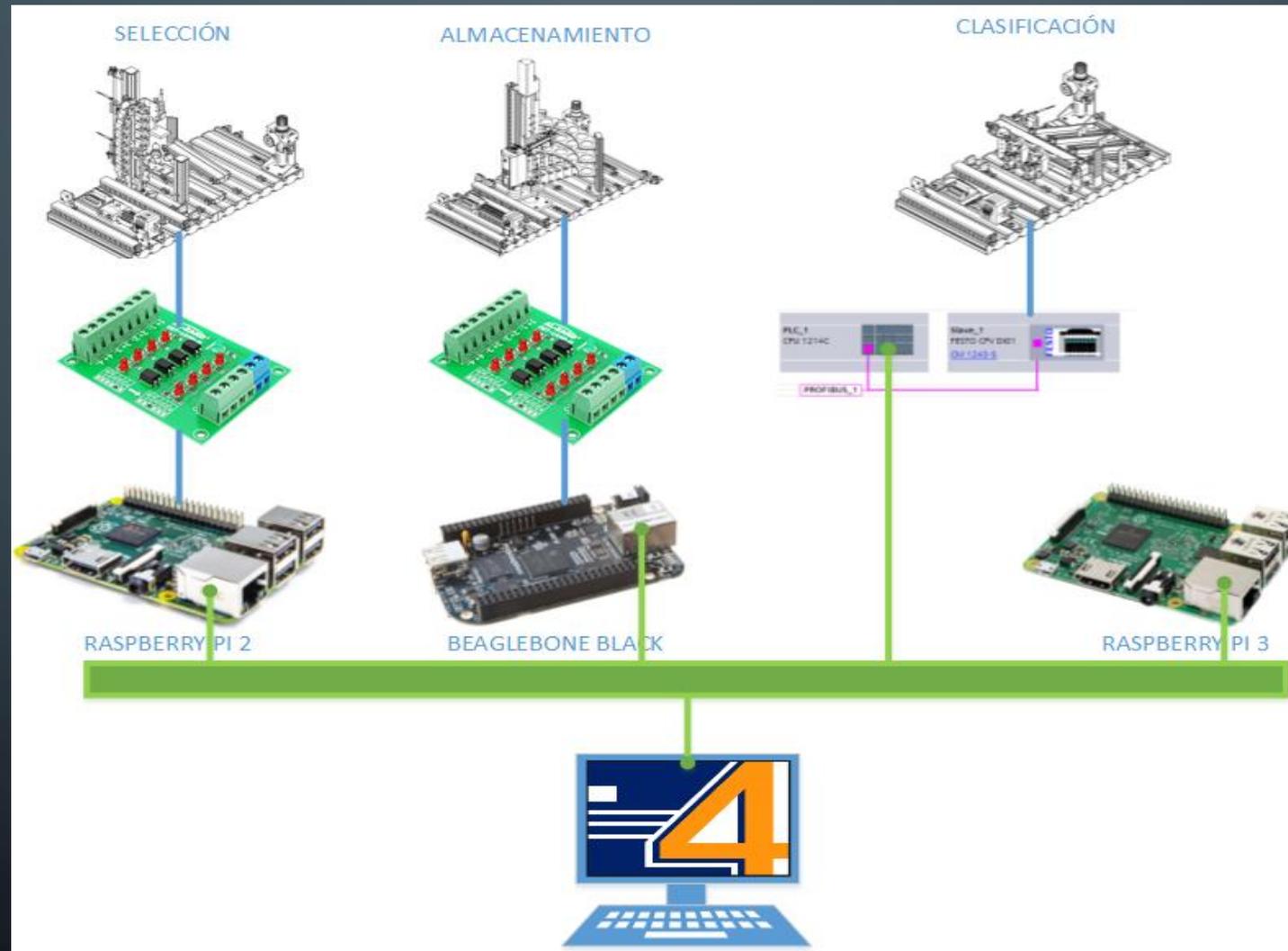
Objetivos

Propuesta

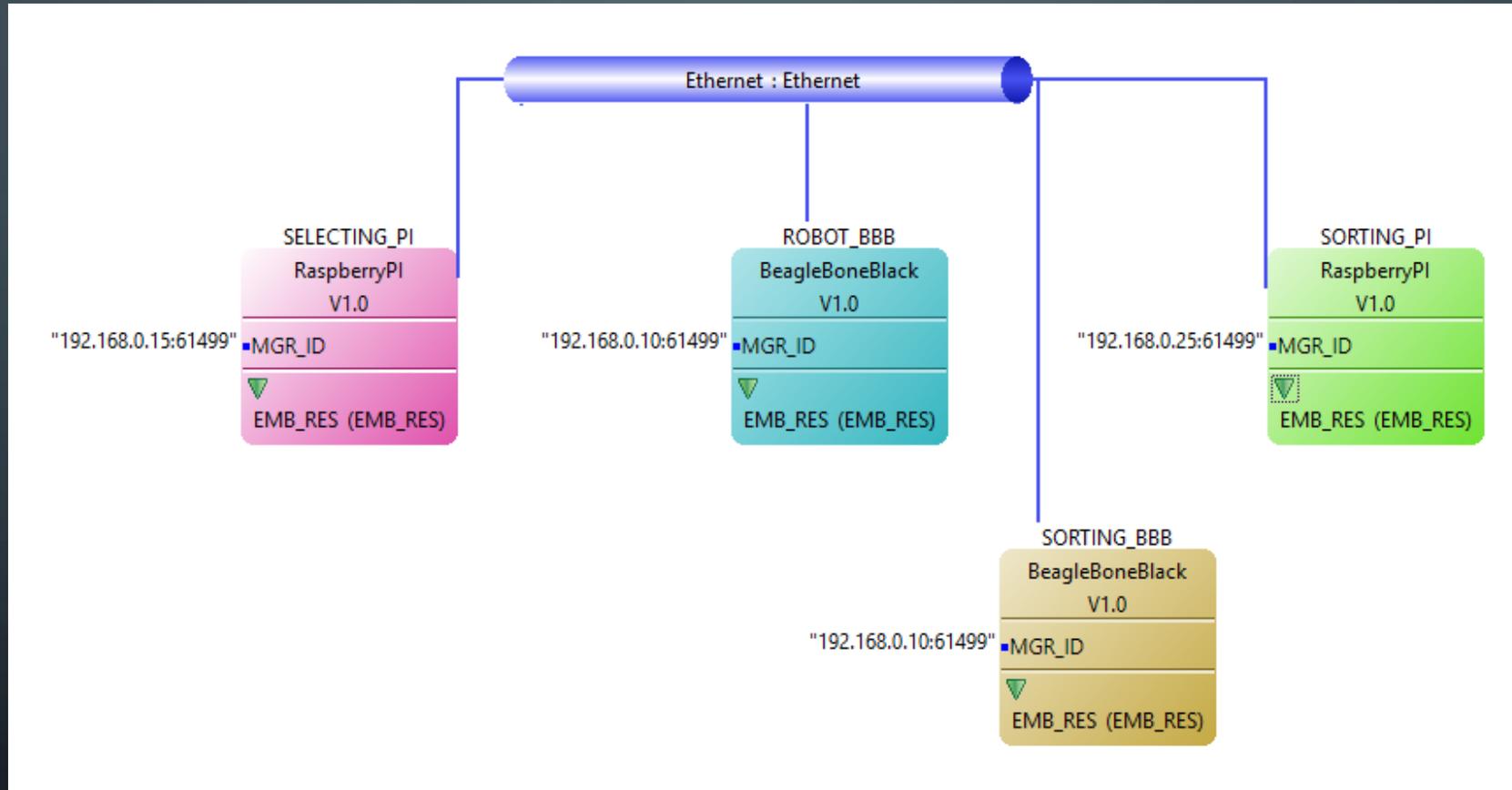
**Resultados**

Conclusiones

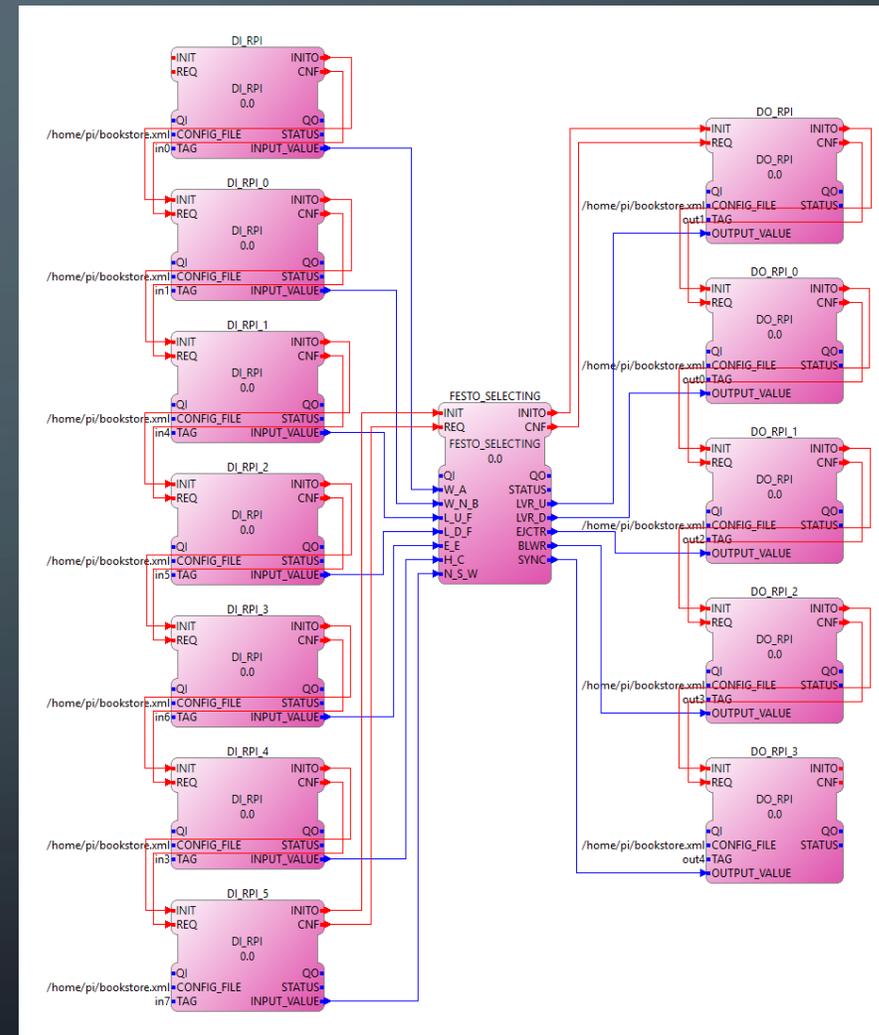
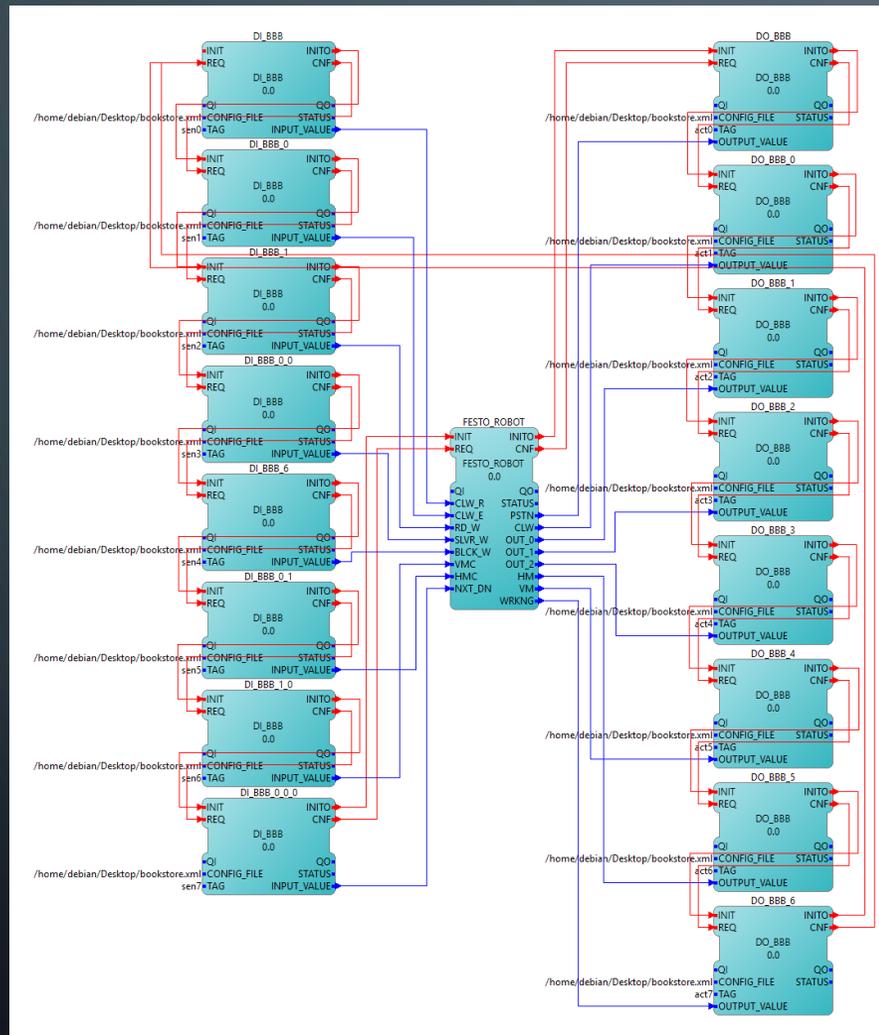
# RESULTADOS: *DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA*



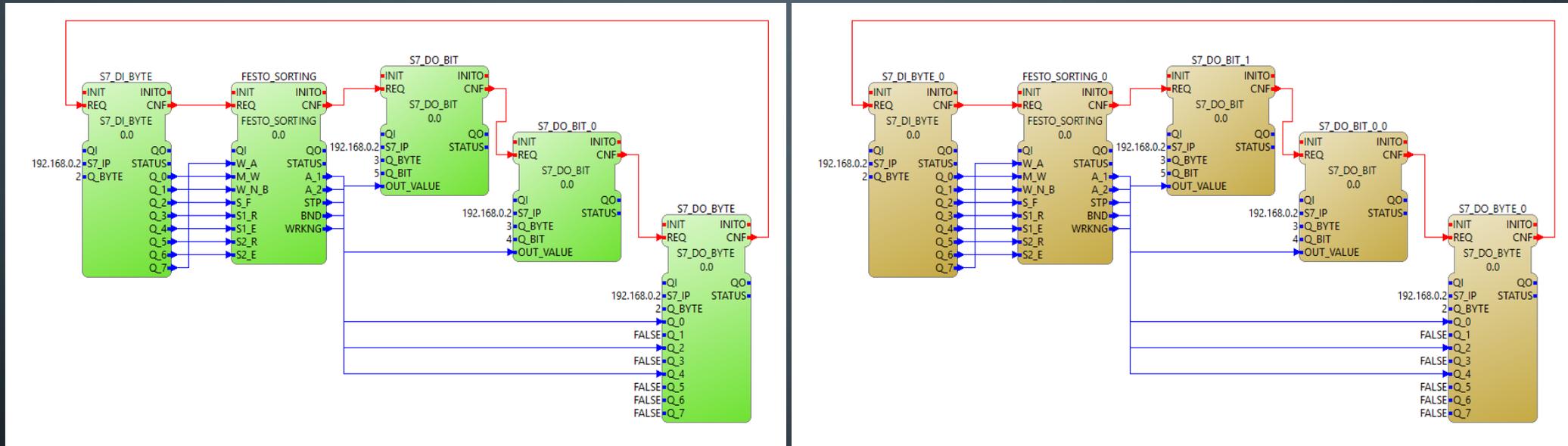
# RESULTADOS: *SISTEMA DISTRIBUIDO FINAL*



# RESULTADOS: APLICACIONES DESARROLLADAS



# RESULTADOS: APLICACIONES DESARROLLADAS





# RESULTADOS: PAPERS GENERADOS

- “*CPPS on Low Cost Devices For Batch Process under IEC-61499 and ISA-88*” publicado en el congreso alemán **2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)**, llevado a cabo del 24 al 26 de Julio de 2017.
- “*Enabling an Automation Architecture of CPPs based on UML combined with IEC-61499*” publicado en el congreso coreano **2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)**, llevado a cabo del 18 al 21 de Octubre de 2017.
- “*Designing Automation Distributed Systems based on IEC-61499 and UML*” publicado en el congreso mexicano **2017 5th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT 2017)**, llevado a cabo del 25 al 27 de Octubre de 2017.
- “*Fuzzy Control Implementation in Low Cost CPPS Devices*” publicado en el congreso coreano **2017 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2017)**, llevado a cabo del 16 al 18 de Noviembre de 2017.

# RESULTADOS: PARTICIPACIONES EN CONCURSOS

- 1er lugar en el “Evento Académico Zonal” del concurso “Galardones Nacionales 2017” en el área de “Ingeniería e Industria”, llevado a cabo del 17 al 21 de Julio de 2017.
- 3er lugar en el concurso “Galardones Nacionales 2017” en el área de “Ingeniería e Industria”, llevado a cabo el 14 de Septiembre de 2017.

# ITINERARIO



Presente y Futuro de la Automatización

Caso de estudio

Objetivos

Propuesta

Resultados

**Conclusiones**

# CONCLUSIONES

- La norma IEC-61499 permite generar **sistemas de control hechos a la medida de los procesos de las industrias**, incluyendo en ellos la **capacidad de ser modificados fácilmente** ante cualquier nueva necesidad de la planta de producción, **sin incidir en grandes inversiones económicas, temporales o de mano de obra**.
- La norma IEC-61499 es aplicable en dispositivos que operen bajo un software embebido teniendo **excelentes resultados de integración en distribuciones de Linux**, debido a que, al ser software libre permite a los desarrolladores una **manipulación más profunda de sus componentes**.
- Se seleccionaron las tarjetas de desarrollo Raspberry Pi y Beaglebone Black para el presente trabajo de investigación, debido a que **el resto de tarjetas de bajo costo del mercado que funcionan con un software embebido, basan sus diseños físicos y lógicos en estas dos tarjetas**.

# CONCLUSIONES

- Al generar la codificación de FBs bajo lenguajes de programación de alto nivel como C++, se puede incluir una amplia gama de funciones y librerías que permiten el desarrollo de cualquier aplicación deseada, permitiendo generar desde FBs encargados de operaciones aritméticas hasta FBs que encapsulen algoritmos de control avanzado.
- El modelo jerárquico presentado en la norma ISA-88 permite desarrollar en forma más sencilla las aplicaciones de control basadas en lenguajes de programación de alto nivel, esto se debe a que sus resultados radican en un grupo de recetas que especifican tanto las acciones requeridas como su correcto orden de ejecución.
- Una arquitectura distribuida permite dividir el proceso global en pequeños módulos que permiten cambiar el paradigma de la utilización de un solo dispositivo para el control global, por el uso de múltiples dispositivos. Esto conlleva a la generación de programaciones más simples y a un análisis de procesos menos complicado.

# CONCLUSIONES

- Usando 4DIAC-IDE como única herramienta de software para configurar todos los dispositivos involucrados en el sistema y generar las aplicaciones a ser descargadas en cada uno de ellos, se observa claramente la característica de interoperabilidad. De igual manera, 4DIAC-IDE da las facilidades al desarrollador para simular individualmente la operación de cada uno de los FBs de sus librerías, facilitando la depuración de errores que puedan ser acarreados a aplicaciones y posteriormente al sistema final.
- Al tener que cambiar únicamente el mapeo de una aplicación para descargarla en cualquier cantidad de controladores, se hizo presente la característica de portabilidad, que implica utilizar la misma codificación en dispositivos de casas comerciales diferentes sin caer en la obligación de hacer una traducción de software; mientras que al cambiar con un tiempo sumamente reducido el dispositivo que controla un módulo se evidencia la característica de reconfiguración.

# CONCLUSIONES

- Las funciones generadas que encapsulan el protocolo de comunicación S7, presentan una alternativa que ayuda a la reutilización del hardware de las industrias, al combinar la robustez física para ámbitos industriales de controladores considerados obsoletos por sus capacidades lógicas, con la potencia computacional de tarjetas de desarrollo sin capacidades industriales.
- Con la implementación de un sistema de control distribuido y la generación de nuevas soluciones para reutilización de hardware industrial, no solo se corroboran las características de la norma IEC-61499 sino que también se aporta al escalamiento de la misma con la generación de nuevos estudios que demuestran todos sus beneficios.

*Muchas  
Gracias!*



FIN