



**XVIII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2019)
AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA Y SISTEMAS
COMPUTACIONALES**



**Diseño de red de automatización para Planta de Bioplaguicidas y
Biofertilizantes de LABIOFAM**

*Automation network design for LABIOFAM Biopesticides and Biofertilizers
Plant*

Arley Bosch Quirós, Diamir De Avila Rodríguez²

1. Arley Bosch Quirós. Empresa de Automatización Integral (CEDAI VC), Dpto de Automática. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. E-mail: arley@cedai.com.cu
2. Diamir De Avila Rodríguez. Empresa de Automatización Integral (CEDAI VC), Dpto de Automática. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. E-mail: diamir@cedai.com.cu

Resumen

La Planta de Bioplaguicidas y Biofertilizantes de LABIOFAM es un novedoso proyecto de inversión extranjera, en fase ejecutiva de alto valor tecnológico y de una gran variedad de procesos con exigentes requerimientos de automatización. Por tanto, un control y gestión eficiente de los sistemas se vuelve una necesidad perentoria para garantizar los requerimientos de calidad esperados en el producto final, a un costo energético equilibrado. Es por ello que este trabajo se centra en el diseño de una red de automatización de planta utilizando una arquitectura de control distribuida a base de autómatas programables, software SCADA y buses de campo, capaces de garantizar la supervisión, el control y la gestión de todas las variables asociadas a los diversos procesos productivos, así como de los servicios ingenieros de planta.

Con este diseño se logra un amplio margen de integridad de todos los procesos. Además, garantizará un control riguroso sobre los portadores energéticos y un ahorro sustancial de los



mismos implementando lógicas de control que permitirán poner en práctica, durante la funcionalidad de la planta, el uso racional de la energía. Por otra parte, dará la posibilidad de que, a través del almacenamiento en tiempo real de variables de proceso, se pueda llevar a cabo un estricto control de reportes de producción de la industria. Otra de sus potencialidades será la implementación de un sistema de gestión de mantenimientos preventivos con fin de garantizar la protección y durabilidad del equipamiento instalado.

Abstract

LABIOFAM Biopesticides and Biofertilizers Plant is a new project of foreign investment, in an executive phase of high technological value and a wide variety of processes with demanding automation requirements. Therefore, an efficient control and management of the systems becomes a peremptory necessity to guarantee the expected quality requirements in the final product at a balanced energy cost. That is why this work focuses on the design of a plant automation network based on a distributed control architecture based on programmable automata, SCADA software and field buses, capable of guaranteeing supervision, control and management of all the variables associated with the various productive processes, as well as the services of plant engineers.

With this design a wide margin of integrity of all processes is achieved. In addition, it will guarantee a rigorous control over the energy carriers and a substantial saving of them implementing control logics that will allow to put into practice, during the functionality of the plant, the rational use of energy. On the other hand, it will give the possibility that, through the real-time storage of process variables, a strict control of production reports of the industry can be carried out. Another of its potentialities will be the implementation of a preventive maintenance management system in order to guarantee the protection and durability of the installed equipment.

Palabras Clave: Redes de automatización; sistemas SCADA; controladores lógicos programables (PLC); gestión energética de plantas.

Keywords: Automation networks, SCADA systems, programmable logic controllers (PLC), plants energy management.



1. Introducción

Hoy día, debido al efecto del cambio climático y las políticas erradas de diferentes gobiernos, existe un incremento de los suelos empobrecidos, de la contaminación de los recursos naturales y de las sequías recurrentes. Entonces, ante la exigencia de producir alimentos inocuos y proteger al medio ambiente, la agricultura y la investigación asociada a su mejoramiento han comenzado a dar un giro radical hacia la producción y utilización de bioinsumos, dentro de los cuales se encuentran los biofertilizantes y los bioplaguicidas (Whelan).

Mientras tanto, la aplicación de la automatización en las industrias ha sido impulsada gracias al creciente desarrollo tecnológico de los PLC y de las redes de comunicaciones industriales con sus diversos estándares de comunicación, los cuales han permitido efectuar el control automático sobre cualquier proceso sin importar el grado de dificultad y la magnitud de los requerimientos.

Actualmente, las plantas de bioplaguicidas y biofertilizantes presentan una gran cantidad de procesos y sistemas que deben ser automatizados, para hacerlos más eficientes y con un menor gasto, tanto de materias primas como de recursos, ya sean humanos, energéticos, entre otros. Además, se logra así una disminución de la contaminación y del daño ambiental, y un aumento de la protección y la seguridad, ya sea de la industria en sí como de los trabajadores de la misma.

El Grupo Empresarial LABIOFAM, como parte de su proceso inversionista, se encuentra en fase de ejecución de una Planta para la Producción de Bioplaguicidas y Biofertilizantes (Fernández-Larrea, 2013; Carreras Solís, 2018), para la cual fue necesario llevar a cabo el diseño de una red de automatización con el fin de garantizar una gestión y control eficiente de los procesos enfocada en tres aspectos fundamentales: la calidad de las producciones, la eficiencia energética, y la protección y preservación de las tecnologías.

Es por ello que, como parte de los fines de este trabajo, se encuentra la necesidad de poder garantizar los altos requerimientos de sanidad, precisión, eficiencia y eficacia, que son necesarios para el correcto funcionamiento de cada uno de los procesos que intervienen en el flujo tecnológico de la planta, para llegar a un producto final con la calidad requerida a un mínimo posible de consumo de portadores energéticos. Para garantizar la ejecución de este proyecto se planteó como objetivo general el Diseñar una arquitectura de red de automatización para la Planta de Bioplaguicidas y Biofertilizantes de LABIOFAM, de forma tal que se garantice la



absoluta integridad y eficiencia de los procesos productivos, así como de sus servicios ingenieros asociados. Para conseguir esto se analizó, en un primer momento, el impacto de la automatización en el desarrollo funcional de plantas de bioplaguicidas y biofertilizantes; además, se realizó una valoración de los elementos requeridos para el diseño de la red de control automático que garantice la funcionalidad de la tecnología implementada y la aplicación de las buenas prácticas farmacéuticas para estos sistemas; y finalmente, diseñar en sí la red de forma tal que permitiera efectuar un control de procesos eficiente y un uso racional de la energía.

2. Metodología

El desarrollo de este trabajo se centra fundamentalmente en dar cumplimiento a cada uno de los objetivos trazados, con el fin de garantizar los esquemas de diseño que respalden los requerimientos esperados. Primeramente, se identificaron cada uno de los sistemas que van a integrar la arquitectura de automatización de la red de la planta.

2.1 Sistemas que garantizan el flujo tecnológico productivo de la planta

- ✓ Sistemas de fermentación, ultrafiltración, limpieza y esterilización in-situ (CIP-SIP).
- ✓ Sistemas de clima, ventilación, refrigeración y control de acceso a áreas tecnológicas.
- ✓ Sistemas de fabricación de tapas y envases plásticos.
- ✓ Sistema de llenado, etiquetado y retractilado.
- ✓ Sistemas de abasto, almacenamiento y suministro de agua industrial.
- ✓ Sistemas de tratamiento, almacenamiento y suministro de agua tratada.
- ✓ Sistemas de calentamiento, almacenamiento y suministro de agua caliente para control de temperatura en procesos tecnológicos de fermentación.
- ✓ Sistemas de enfriamiento y calentamiento centralizado de agua tratada por Chiller para suministro a manejadoras de clima.
- ✓ Sistemas de enfriamiento y almacenamiento centralizado de agua tratada por Chiller para control de temperatura de procesos tecnológicos de fermentación.
- ✓ Sistema de refrescamiento de agua tratada por Torre de Enfriamiento para control de temperatura en procesos tecnológicos de fermentación.
- ✓ Sistemas de generación de vapor.
- ✓ Sistemas de generación de aire comprimido.

- ✓ Sistemas de gestión y distribución de energía eléctrica.
- ✓ Sistemas de almacenamiento, trasiego y suministro de combustibles a calderas y grupos electrógenos.
- ✓ Sistema de generación y tratamiento de aire comprimido.
- ✓ Sistema de generación y distribución eléctrica.

2.2 Estrategias de diseño

Para garantizar la integración eficiente de estos sistemas a una arquitectura de red de automatización a nivel de planta, desde la propia concepción del proyecto y previo a la contratación del equipamiento, era necesario lograr lo siguiente:

- Identificar los principios generales y específicos de diseño de la red.
- Garantizar la compatibilidad de la comunicación de todos los sistemas con la red de planta.
- Establecer los requerimientos de homogeneidad tecnológica en cuanto a la selección de controladores y demás dispositivos de visualización y control.

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados, se procedió a establecer los requerimientos que van a regir los esquemas de diseño de la red de automatización de planta a todos los niveles de la pirámide de control. Para ello se consideraron los siguientes principios de diseño:

- 1) La arquitectura de la red de automatización estará basada en el esquema de niveles establecidos en la pirámide de control, según se muestra en la figura 1.

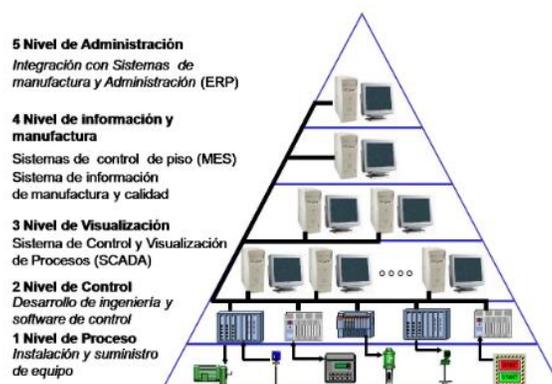


Figura 1. Pirámide de control. (Aguirre Grazio, 2017)

- 2) La red seguirá el principio de control distribuido, donde cada sistema tendrá autonomía funcional absoluta desde el punto de vista de control por medio de controladores lógicos programables (PLC) e interfaces hombre máquina (HMI) locales.



- 3) Las interconexiones físicas entre niveles serán garantizadas por medio de enlaces de comunicación cableados por estándar Ethernet Industrial, siguiendo una topología de árbol y considerando los principios de compatibilidad electromagnética.
- 4) Las interconexiones lógicas serán establecidas a través de buses de campo estandarizados y abiertos.
- 5) Las interconexiones de los nodos distribuidos con el nodo central se efectuarán por cables de fibra óptica multimodo (50/125 μm), con excepción de los que por cercanía y estando en el mismo objeto de obra permitan el enlace vía cable ethernet de cobre.
- 6) La red de automatización estará física y lógicamente aislada de la red corporativa.
- 7) El nivel superior.

Más en detalle fueron analizados los principios y requerimientos específicos del diseño:

- 1) **Consideraciones a Nivel Sensor/Actuador:** Nivel más bajo del proceso donde se interconectan estos dispositivos de medición y actuación, los cuales se caracterizan por manejar volúmenes de datos y tiempos de respuesta bajos. A este nivel las señales de variables digitales son a 24 V DC, y las variables analógicas mediante topología de bus digital por protocolo Profibus PA para las áreas con seguridad intrínseca y lazos 4 – 20 mA para el resto de los sistemas.
- 2) **Consideraciones a Nivel Proceso:** Integra pequeños automatismos en subredes o islas representados por el control puntual de equipamientos. A este nivel se implementaron remotas de PLC en determinados sistemas, para garantizar el intercambio de señales con el nivel sensor/actuador y los enlaces de cada una de las remotas con el nivel superior mediante protocolo de comunicación Profinet-IO. El enlace se garantiza a través de conectividad mediante Switches Industrial Ethernet haciendo uso de cables par trenzado apantallados F/UTP Categoría 6 Industrial Ethernet, de estándar de red 100/1000Base-TX.
- 3) **Consideraciones a Nivel de Control:** Se corresponde con los enlaces entre células de fabricación a través de PLC y switches Industrial Ethernet, encargándose de la supervisión local y el control de procesos de cada sistema. Este nivel, como se mencionó en el anterior, intercambia los paquetes de comunicación a través del Protocolo Profinet-IO por los enlaces estructurados vía switches. En estos PLC se efectúa el control de proceso de cada sistema y



se intercambian los datos de proceso con los servidores de la sala de control y/o con las estaciones de supervisión y control Stand Alone donde corresponda. Para interconectar los nodos aislados en otros objetos de obra con el nodo principal, se hizo uso de enlaces de fibra óptica multimodo, utilizando la segunda ventana de longitud de onda a 1310 nm en una topología de árbol de enlaces ópticos, según estándar de red 1000BASE-LX.

- 4) **Consideraciones a Nivel de Gestión:** Estará designado a la gestión, visualización y almacenamiento de datos de proceso por medio de servidores, estaciones de operación y softwares del sistema SCADA. Estos equipos estarán instalados en la sala de control de planta, excepto las estaciones asociadas a los sistemas de fermentación, ubicadas estas en sus salas de producción correspondientes, en ambos casos, en el propio edificio de producción y de la estación remota que estará en el edificio administrativo. Para esta arquitectura se destinaron tres estaciones en configuración Stand Alone (Estación de Sistema de Fermentación Biorat, Estación de Sistema de Fermentación Biolarvicidas y Biofertilizantes, y Estación de Sistema de Servicios Ingenieros), una estación en configuración cliente – servidor (Servidor + Estación de Operación del Sistema de Clima, Ventilación y Control de Acceso Tecnológico), una estación de ingeniería para la administración y programación de todos los dispositivos conectados a la red de automatización y una estación remota que estará localizada en el edificio administrativo, la cual se usará para la gestión administrativa de las informaciones asociadas al proceso productivo de interés de la gestión comercial y la directiva, sin necesidad de acceder a la planta de producción. Todas estas estaciones se corresponden con computadoras industriales con diseños aptos para secuencias de trabajo de 24 h diarias los 365 días al año, como se muestra en la figura 2. El software SCADA es programado considerando su compatibilidad con el estándar internacional FDA 21 CFR Parte 11, en cuanto a los requisitos de estructuración y protección de los datos.



Figura 2. Estaciones de operación del software SCADA. (Siemens, 2012)

- 5) **Homogeneidad Tecnológica:** Otro de los grandes retos a garantizar por la inversión desde la concepción del diseño era garantizar la mayor homogeneidad posible en la tecnología de control de la planta. Las razones fundamentales que impulsan este principio son con vistas a facilitar condiciones más óptimas de intercambio de datos en la red entre controladores y el software SCADA, menor variedad en los inventarios de repuestos de almacén y mejor preparación del personal técnico de explotación. Es por ello que se define homogenizar, tanto como sea posible, la tecnología de control de la planta al fabricante Siemens, dado el amplio espectro que cubre su catálogo de productos, su fortaleza operacional, su durabilidad, el conocimiento y experiencia adquirida en esa tecnología, y además, que la mayor parte de las industrias farmacéuticas del país son implementadas bajo esta tecnología, reportando históricos de muy alta disponibilidad.
- 6) **Mantenimientos Preventivos:** Por los altos costos de inversión que se requieren para la construcción de este tipo de planta, se precisa de un continuo seguimiento de los tiempos de operación de cada uno de los equipos tecnológicos por su PLC correspondiente, para así garantizar su operación rotacional y la determinación del momento del mantenimiento preventivo según lo establecido por cada fabricante. De esta manera se aumenta su durabilidad y se evitan altos períodos de paradas de planta por la no ejecución de los mantenimientos preventivos en el tiempo que correspondan. Las fallas en equipos afectarían en gran medida los planes de producción planificados y extendería los tiempos de recuperación de la inversión por la afectación económica que representaría. Es por ello que



se considera como parte de las estrategias de diseño, incorporar al software SCADA un sistema de avisos que permita la ejecución de mantenimientos preventivos a través de un sistema de gestión, el cual puede ser implementado de manera eficiente sobre el sistema de control automático de la planta.

- 7) **Eficiencia Energética:** Garantizar la eficiencia energética de cada sistema y el control sobre los portadores energéticos ha sido una necesidad de carácter primario en la concepción del diseño. Estas acciones se enfocaron en los sistemas de mayor consumo energético basado en las estrategias que se mencionan a continuación.
- Los sistemas de bombeo a presión constante han sido concebidos con variadores de frecuencia para garantizar operación en regulación continua.
 - Los ventiladores de las manejadoras de aire han sido concebidos con variador de frecuencia en función del caudal de aire requerido.
 - El ajuste de temperatura de las manejadoras ha sido concebido con válvulas de regulación continua para suministro de agua fría, agua caliente y ajuste de corriente en batería de resistencias para funcionar solo en función de la demanda.
 - Los agitadores de los fermentadores han sido concebidos con variador de frecuencia para ajustar la velocidad en función de las rpm requeridas.
 - Los compresores de aire centralizado del suministro a proceso operan en cascada, y uno de ellos cuenta con variador de frecuencia para ajuste de presión en función de la demanda.
 - Ante pérdidas y reposición de la energía, los circuitos de distribución de la Pizarra General de Distribución (PGD) son conectados en orden secuencial para evitar los picos de arranque excesivos que afectan la calidad de la energía de la planta.
 - Serán instalados analizadores de redes en cada barra de distribución de la PGD y en las pizarras principales de distribución para el seguimiento y almacenamiento de las variables energéticas.
 - La iluminación interior en las áreas de oficinas será controlada con detectores de presencia en dichos locales, las cuales se apagarán ante la ausencia de personal en la misma.

- La iluminación exterior será controlada por controles horarios programados en el PLC ubicado en la PGD, para evitar su operación fuera del tiempo establecido.

3. Resultados del diseño

Como parte de los resultados del diseño se dibujaron los esquemas de integración de los paneles de control asociados a cada sistema. También se establecieron las estrategias a concebir a la hora de generar los códigos de programación de los controladores y de las interfaces del software SCADA, de forma tal que los principios de diseño generales y específicos queden implementados en la instalación.

En la figura 3 se presenta el esquema general diseñado para la red de automatización de la planta.

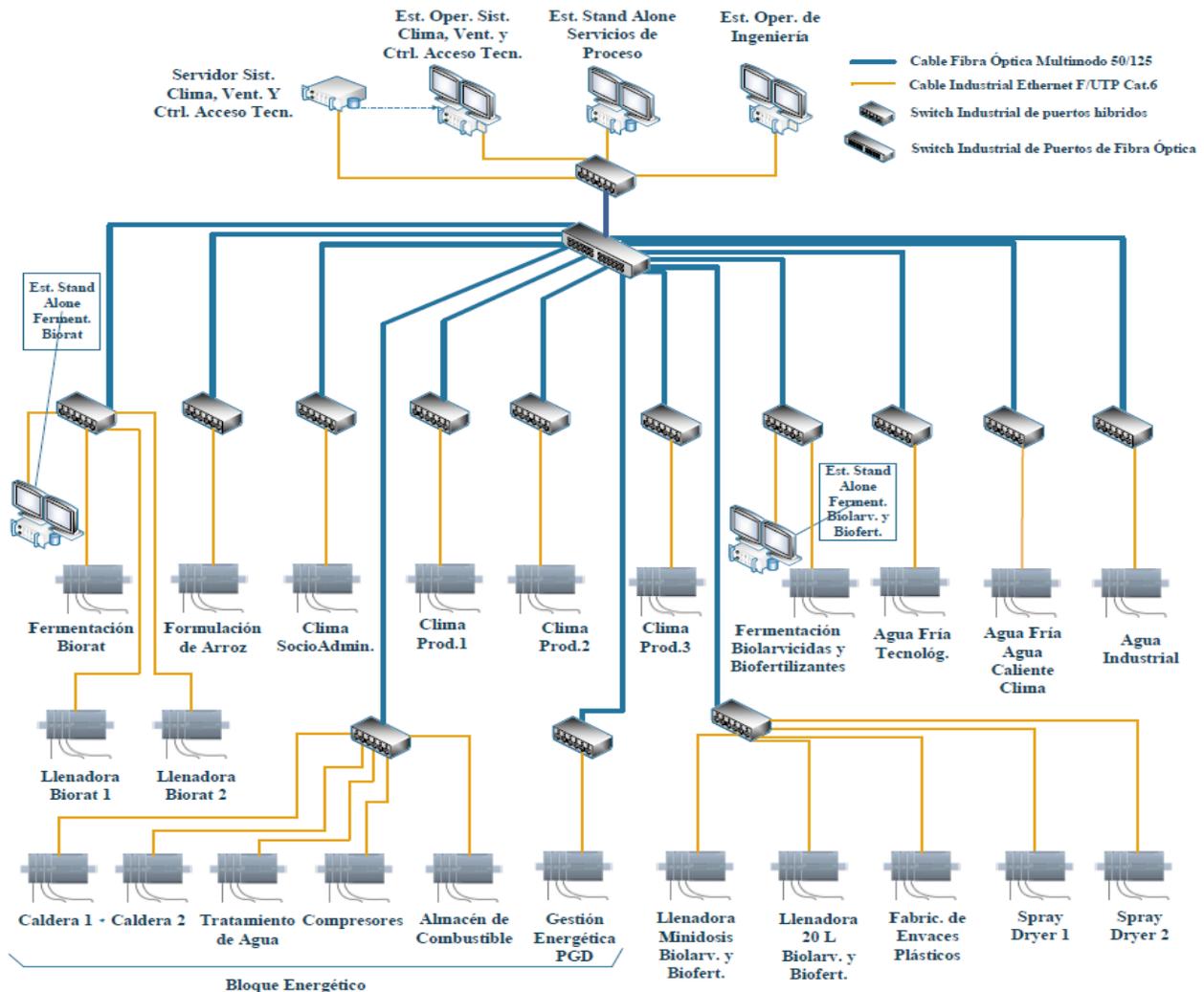


Figura 3. Esquema general de diseño de la red de automatización de planta. (Elaboración propia)

Fueron dibujados además los diseños asociados a cada sistema en particular, como se muestran en las figuras de la 4 a la 11.

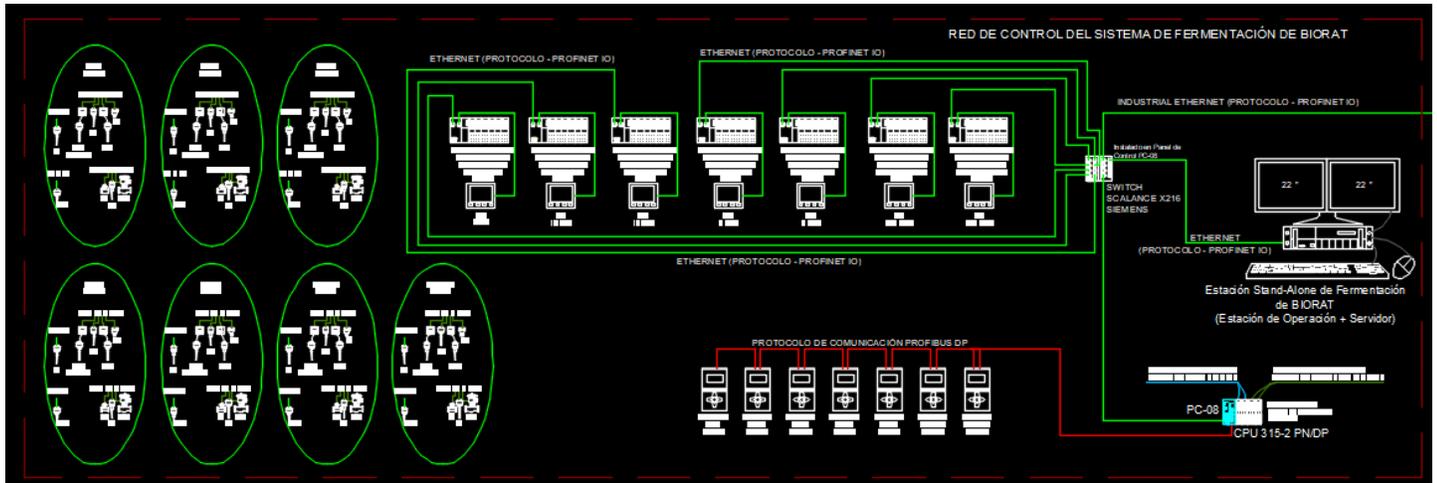


Figura 4. Esquema de diseño de la red de automatización. Fermentación Biorat. (Elaboración propia)

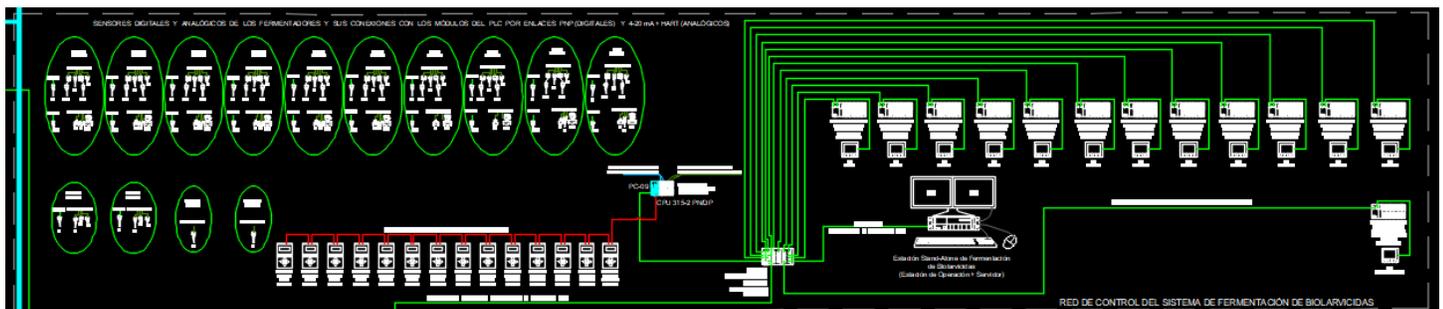


Figura 5. Esquema de diseño de la red de automatización. Fermentación Biolarvicidas y Biofertilizantes. (Elaboración propia)

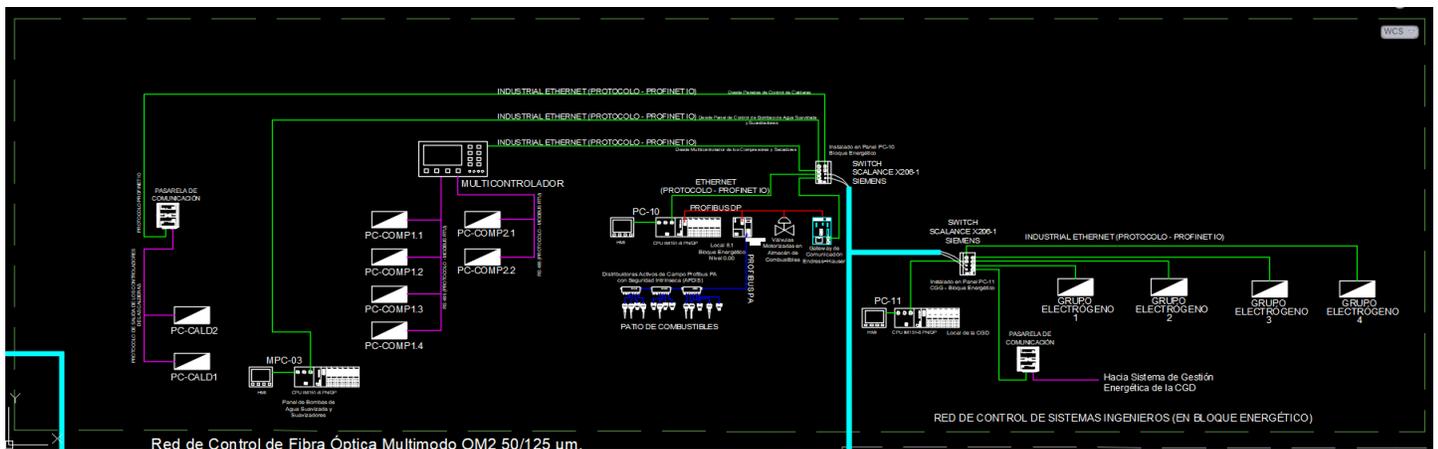


Figura 6. Esquema de diseño de la red de automatización. Sistemas ingenieros. (Elaboración propia)

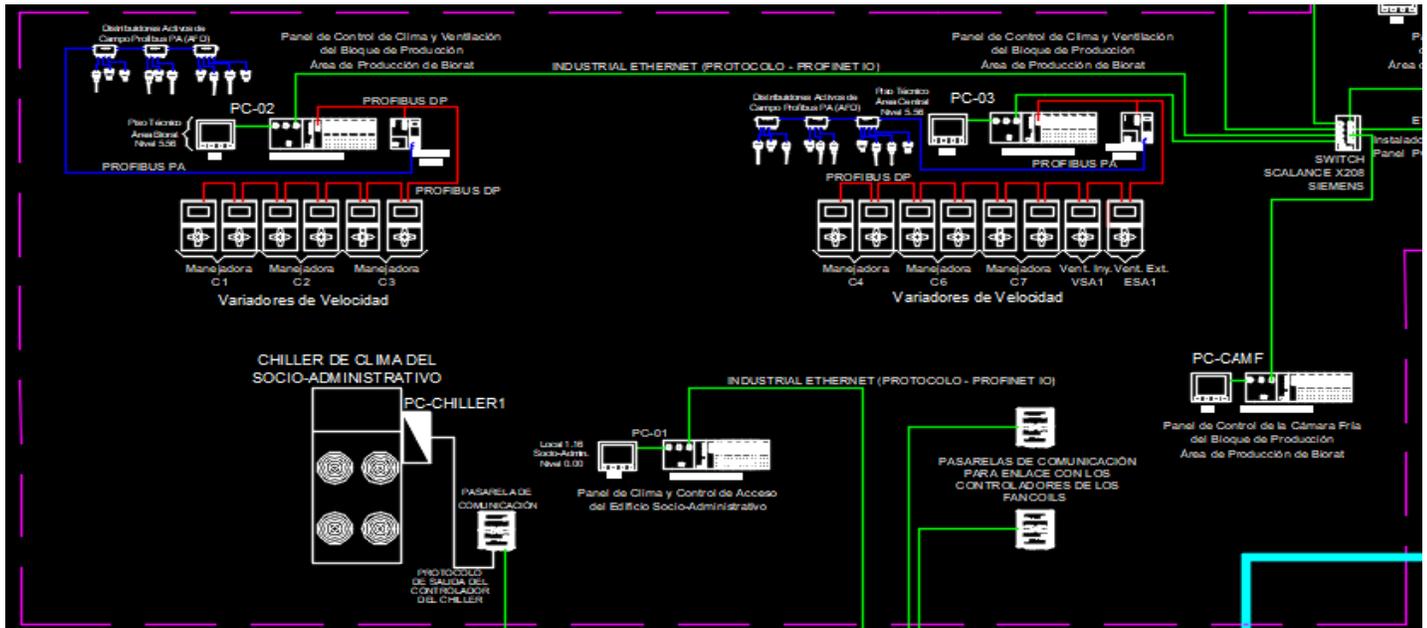


Figura 7. Esquema de diseño de la red de automatización. Clima, ventilación, refrigeración y control de acceso tecnológico [Clima Prod. 1 y Clima Prod. 2]. (Elaboración propia)

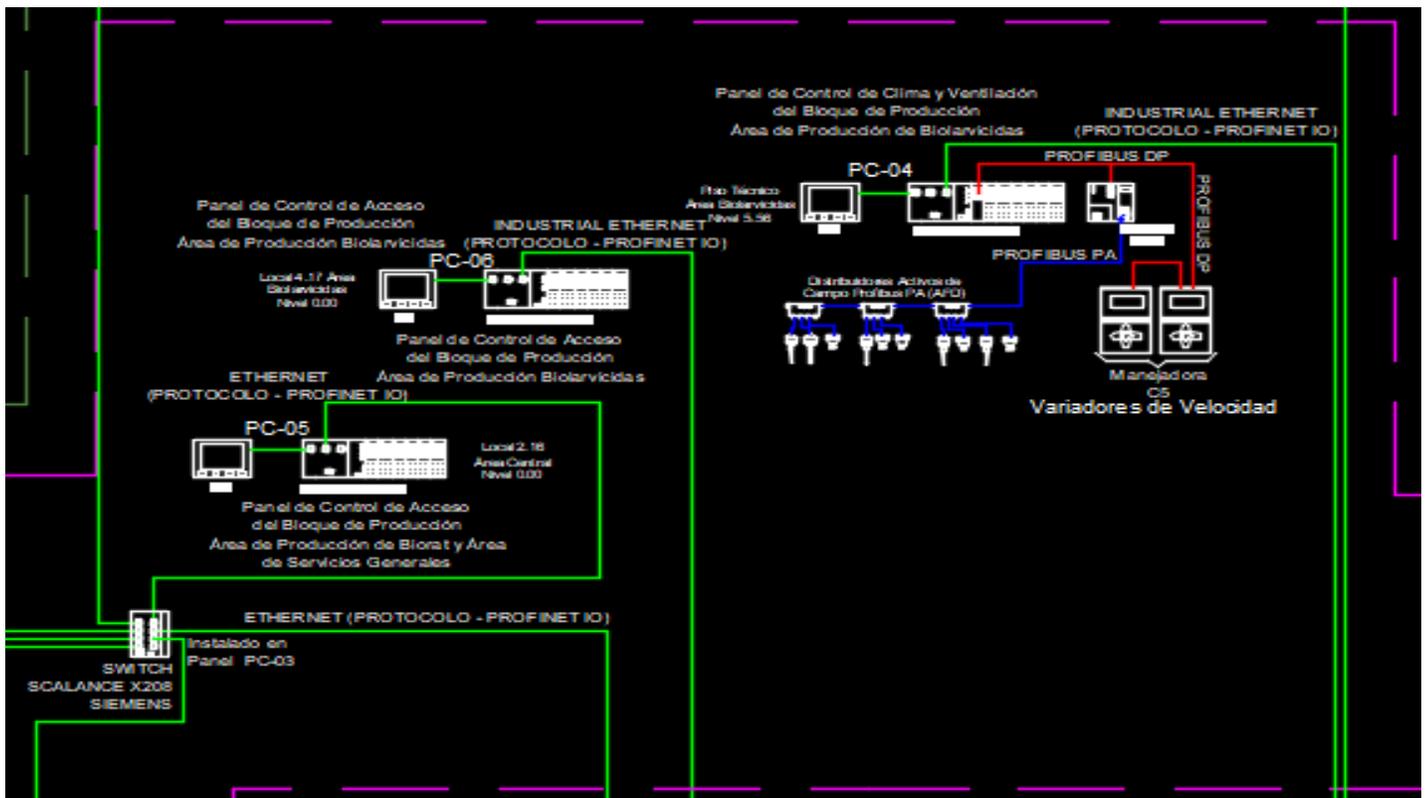


Figura 8. Esquema de diseño de la red de automatización. Clima, ventilación, refrigeración y control de acceso tecnológico [Clima Prod. 3]. (Elaboración propia)

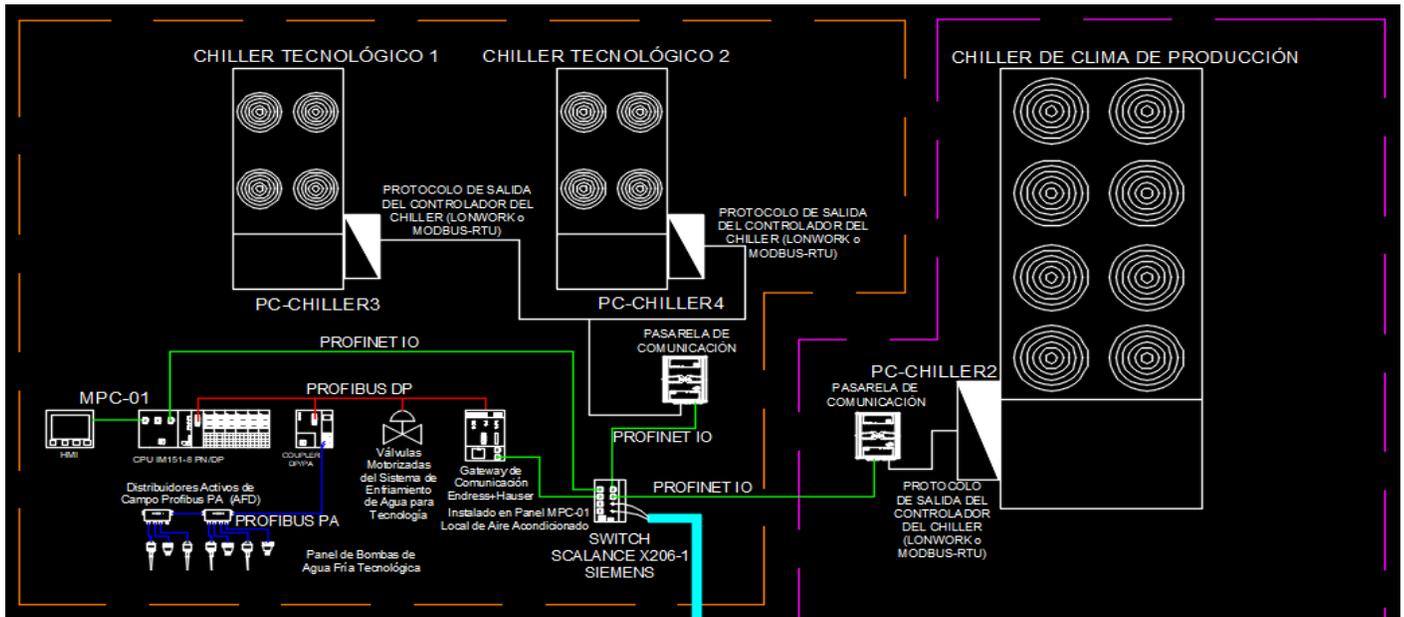


Figura 9. Esquema de diseño de la red de automatización. Agua tecnológica y de clima por Chiller.
 (Elaboración propia)

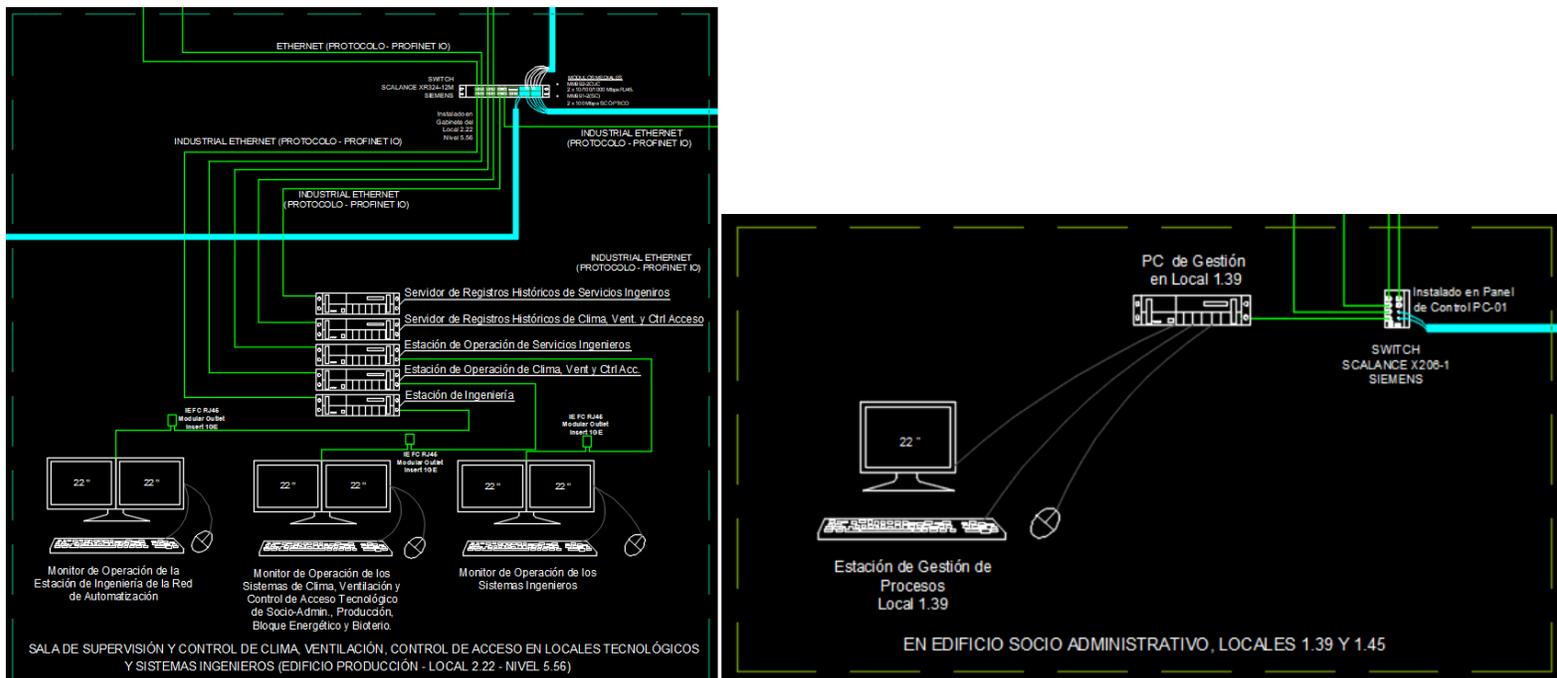


Figura 11. Esquema de diseño de la red de automatización. Sala de control principal y estación de gestión remota.
 (Elaboración propia)



Figura 10. Esquema de diseño de la red de automatización. Agua tecnológica por torre de enfriamiento y bombeo de agua industrial. (Elaboración propia)

4. Conclusiones

Se completó un diseño capaz de integrar cada uno de los sistemas al SCADA de la planta, garantizando una gestión óptima de su estado operativo, registro histórico de sus parámetros funcionales y gestión de la producción. Con su implementación se consigue el monitoreo en tiempo real, el control y la programación de las operaciones de cada uno de los procesos productivos, desde estaciones de supervisión y control centralizadas, minimizando al máximo posible el contacto directo del hombre con el producto y aumentando la precisión en los resultados de los procesos; además del registro en el tiempo del comportamiento de los gastos de electricidad y demás portadores energéticos en que incurre la planta, contribuyendo así a mejorar los índices productivos, el ahorro energético y el control sobre los recursos.

Asimismo, se lograron identificar remotamente los estados operativos de cada uno de los sistemas y elementos activos que lo componen mediante reportes y alarmas de fallas, los que también son registrados en históricos de proceso y que pueden formar parte de los diagnósticos de causa y efecto. Con la integración se consigue igualmente la implementación del sistema de gestión de mantenimientos, activando avisos preventivos de necesidad de asistencia técnica de un sistema o equipo determinado de acuerdo a: los tiempos de operación de los mismos fijados por los fabricantes, la detección de errores de operación, o a la identificación de fallas de forma automática en cada una de las etapas del proceso. Es importante mencionar que el diseño no se circunscribe a una aplicación específica, puede ser expandible con un mínimo de modificaciones, y ser empleado en cualquiera de los proyectos de plantas de bioplaguicidas y biofertilizantes que se implementen en los planes de inversión. Por lo antes mencionado se recomienda que se valore su aplicación en futuros proyectos de igual o similar alcance.



5. Referencias bibliográficas

1. Aguirre Grazio, D.J. (2017). *Sistemas de control. Protocolos de comunicación industriales*. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
2. Armesto Quiroga, J.I. (2008). *Instalación de Sistemas de Automatización y Datos*. Departamento Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Vigo, España.
3. Caro, D. (2014). *Wireless Networks for Industrial Automation*. Fourth Edition. International Society of Automation (ISA).
4. Carreras Solís, Bertha. (2018). "Bioplaguicidas y Biofertilizantes. Tendencia de uso en LABIOFAM, Cuba". *Revista Biotecnología*, año 15, No 66, sept-dic 2018.
5. Fernández-Larrea, O. (2013). "Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba". *Revista Agricultura Orgánica*, año 19, No 2.
6. Hurtado Torres, J.M. *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Departamento de Electricidad y Electrónica, IES Himilce-Linares.
7. Kottenstette, N., Antsaklis, P.G. (2008). *Communication in Automation, including networking and wireless*. Springer Handbook of Automation, Springer 2008.
8. Lorenzo Lledó, G. (2007). *Automatización de una planta industrial*. Doctorado Interuniversitario en Automática y Robótica. Universidad de Alicante.
9. Ramírez Morales, D. (2013). *Establecimiento de una planta de biofertilizantes en el ejido Ignacio Ramírez, Durango*. Procuraduría Agraria. Secretaría de desarrollo agrario, territorial y urbano.
10. SIEMENS. (2013). *SIMATIC IPC, más PC industrial*. Siemens AG, Industry Sector, Industrial Automation Systems.
11. SIEMENS. (2012). *SIMATIC IPC. The More Industrial PC*. Siemens AG, Industry Sector, Industrial Automation Systems.
12. Whelan, Agustina. *Bioinsumos, un giro hacia la sustentabilidad*. Secretaría de agricultura, ganadería y pesca de Argentina.