

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i5.1409>

## **Simulador calibrador de mecanismos de control de flujo de acero en distribuidor de máquina de colada continua caso de grupo SIMEC**

Calibrator simulator of steel flow control mechanisms in distributor of continuous casting machine case of SIMEC group

**Luis Ángel Cuecuecha Sánchez**

luisangel.cuecuecha.s@uatx.mx  
<https://orcid.org/0009-0006-0143-2691>  
Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Tlaxcala – México

**Ever Juárez Guerra**

ever.juarez.g@uatx.mx  
Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Tlaxcala – México

**Marco Antonio Padilla Flores**

marco\_anto2410@outlook.com  
Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Tlaxcala – México

Artículo recibido: 15 de noviembre de 2023. Aceptado para publicación: 28 de noviembre de 2023.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

La importancia de este proyecto radica en la prevención de accidentes e incidentes que podrían afectar al personal operativo en la línea de producción de la planta Apizaco del grupo SIMEC. En el área de acería, se enfrenta un problema relacionado con equipos tecnológicamente obsoletos, lo que ha resultado en problemas de eficiencia en la producción, riesgos para la integridad física de los trabajadores y retrasos debido a posibles fallos en equipos críticos del proceso. Para abordar este problema, se llevó a cabo un análisis utilizando la técnica de las 8 D's y la metodología ACR (Análisis de Causa Raíz), un enfoque reactivo para identificar las causas subyacentes y problemas de eventos específicos, con el objetivo de resolverlos. Mediante este proceso, se identificó que la falta de control de las barras tapón era la causa raíz del problema. Para comprender mejor esta causa, se utilizó la herramienta del Diagrama de Ishikawa, comúnmente conocida como el "diagrama de pescado". Se llevó a cabo una lluvia de ideas para recopilar posibles causas, se ponderaron las más relevantes y, a través de un análisis de Pareto de 80/20, se identificó el problema principal que estaba afectando la producción y la seguridad en el área de acería de la planta Apizaco del grupo SIMEC.

*Palabras clave:* simulador, calibrador, mecanismos de control, flujo de acero, controlador lógico programable

## Abstract

The importance of this project lies in the prevention of accidents and incidents that could affect operating personnel on the production line of the Apizaco plant of the SIMEC group. In the steelmaking area, there is a problem related to technologically obsolete equipment, which has resulted in production efficiency problems, risks to the physical integrity of workers and delays due to possible failures in critical process equipment. To address this problem, an analysis was carried out using the 8 D's technique and the RCA (Root Cause Analysis) methodology, a reactive approach to identify the underlying causes and problems of specific events, with the aim of resolving them. Through this process, a lack of stopper bar control was identified as the root cause of the problem. To better understand this cause, the Ishikawa Diagram tool, commonly known as the "fish diagram," was used. A brainstorming session was carried out to compile possible causes, the most relevant ones were weighted and, through an 80/20 Pareto analysis, the main problem that was affecting production and safety in the steelworks area was identified. of the Apizaco plant of the SIMEC group.

**Keywords:** simulator, calibrator, control mechanisms, steel flow, programmable logic controller

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Cuecuecha Sánchez, L. Ángel, Juárez Guerra, E., & Padilla Flores, M. A. (2023). Simulador calibrador de mecanismos de control de flujo de acero en distribuidor de máquina de colada continua caso de grupo SIMEC. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(5), 1491 – 1502. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i5.1409>

## INTRODUCCIÓN

Industrias CH, S.A.B. de C.V. (ICH), una empresa mexicana con una trayectoria de más de 70 años, ha desempeñado un papel fundamental en el proceso de industrialización de México. Durante su larga historia, ICH ha evolucionado y diversificado su actividad, convirtiéndose en un actor clave en la producción y procesamiento de acero en el país. En la actualidad, ICH ostenta el título de ser la principal productora de aceros especiales en Norteamérica, además de ser líder en la producción de perfiles comerciales y estructurales en México.

La historia de ICH se remonta a 1934, cuando fue fundada bajo el nombre de Herramientas, S.A., centrándose inicialmente en la producción de herramientas de mano, construcción y agrícolas. Sin embargo, en los años 60, como parte de una estrategia de integración vertical, la empresa incursionó en la manufactura de aceros especiales y diversifica aún más su cartera de productos, incluyendo la fabricación de estructuras metálicas, grúas viajeras y la construcción de barcos, entre otras actividades significativas.

En 1991, ICH fue adquirida por la administración actual, que ha impulsado una estrategia de eficiencia y diversificación a través de la adquisición de empresas tanto dentro como fuera de México, en el sector del acero. Uno de los hitos más destacados en esta historia de crecimiento fue la adquisición del 82.5% de las acciones de Grupo Simec, S.A. de C.V. en 2001. Grupo Simec posee plantas fundidoras de acero ubicadas en Guadalajara, Jalisco, y Mexicali, Baja California, y se dedica a la fabricación de perfiles estructurales, aceros especiales, perfiles comerciales y varillas. Esta adquisición cimentó la posición de Simec como la principal subsidiaria de ICH y representó el 91% de las ventas netas del grupo en 2010.

En 2004, Simec dio otro paso significativo al adquirir los activos en México de Grupo Sidenor, lo que resultó en un aumento considerable de la capacidad de producción y ventas, consolidando su posición como uno de los principales fabricantes de aceros especiales en México. En 2005, la adquisición de Republic Engineered Products Inc., actualmente conocida como Republic Steel, posicionó a Simec como líder en el mercado de aceros especiales en Estados Unidos.

La expansión continuó en 2006, cuando Simec se estableció como el principal productor de aceros especiales en el continente americano tras consolidar los resultados de Republic Steel. En 2008, la adquisición de la Corporación Aceros DM, S.A. de C.V. y ciertas afiliadas, ubicada en San Luis Potosí, consolidó a ICH y Simec como el segundo productor de varilla en México y el principal productor mexicano de acero.

El año 2011 marcó un hito importante cuando Simec invirtió en la construcción de una nueva planta en Brasil, convirtiéndose en la primera empresa mexicana con presencia en ese país sudamericano. En 2012, Simec completó un programa de inversiones en su planta de San Luis Potosí, alcanzando una capacidad de 1 millón de toneladas de billet y palanquilla de acero, utilizadas para la producción de varilla, alambrón, alambre y productos derivados.

En 2015, Simec continuó su expansión con una inversión en una nueva planta de acería y laminación en Tlaxcala, México, con el objetivo de ampliar la producción de aceros especiales con dimensiones específicas. La planta comenzó a operar en junio de 2018.

En 2017, Simec aumentó la capacidad de su planta de Aceros D.M. mediante la adición de un molino de mayor capacidad y la construcción de una nueva planta de alambrón de alto y bajo carbón. Estas inversiones fortalecieron aún más la posición de Simec en el mercado del acero.

En 2018, Simec adquirió dos plantas en Brasil, en Itauna y Cariacica, aumentando su presencia en el país sudamericano y consolidándose como el tercer mayor productor de productos de acero largos y alambrón en Brasil, con una capacidad anual de producción de 1,100,000 toneladas.

Dentro de este contexto de crecimiento y expansión de Grupo Simec, se presenta un desafío crucial en su proceso de colada continua. El control automatizado del flujo de acero líquido en la zona de distribuidores se ha convertido en un elemento crítico para la eficiencia y la seguridad del proceso. La necesidad de actualizar y modificar el sistema de control automatizado mediante un PLC se ha vuelto imperativa, ya que su falta de calibración y ajuste adecuados puede ocasionar interrupciones en la producción, derrames de acero líquido y, en última instancia, representar un riesgo fatal tanto para la maquinaria como para el personal.

El objetivo de este proyecto es implementar un sistema de control automatizado con un PLC S7-700, adaptado a los recursos disponibles en la empresa, para mejorar la eficiencia del proceso y reducir los riesgos asociados al control de flujo de acero en la máquina de colada continua, que es una parte crítica en el proceso de fabricación de acero. Este proyecto busca optimizar la calibración y ajuste de los mecanismos de control, lo que se traducirá en una mayor seguridad y eficiencia en la producción de acero en Grupo Simec.

## **METODOLOGÍA**

La industria del acero desempeña un papel vital en la economía global y presta servicios a una variedad de industrias, desde la construcción hasta la fabricación de bienes de consumo. En este contexto, la eficiencia y la calidad de la producción de acero son factores clave para mantener la competitividad del mercado. Las ruedas contiguas son una parte importante a la hora de convertir metal líquido en productos semiacabados, como placas o lingotes. En este sentido, el control preciso del flujo de acero en los equipos de fundición de cordones se ha convertido en un factor crítico para garantizar la calidad del producto y la eficiencia del proceso. Una empresa siderúrgica líder, el Grupo SIMEC, enfrentó importantes desafíos técnicos al calibrar y ajustar los mecanismos de control de flujo de acero en sus plantas. La falta de controles adecuados puede provocar fugas de acero fundido, interrupciones en la producción e incluso riesgos graves para los equipos y la seguridad de los trabajadores. Para solucionar estos problemas, Grupo SIMEC desarrolló un proyecto innovador: la implementación de un "Simulador de Calibración de Mecanismos de Control de Flujo de Acero" para solucionar estos problemas específicos.

## **Simulación**

La simulación es una herramienta muy poderosa para evaluar y analizar sistemas nuevos y existentes. Permite predecir el proceso real, probarlo y lograr su configuración óptima. Los constantes cambios y novedades en los sistemas logísticos y de producción requieren mejoras y decisiones. La simulación es una buena herramienta de apoyo para este tipo de actividades. Basada en el análisis "qué pasaría si", la simulación permite reproducir prácticamente el proceso y estudiar su comportamiento, analizar el impacto de posibles cambios o comparar diferentes alternativas de diseño sin los altos costos de los experimentos a gran escala.

Con la simulación, los procesos se pueden medir o diagramar creando un modelo en un entorno virtual que contiene el sistema de producción de la fábrica. Con los procesos virtuales, se puede eliminar cualquier error o ineficiencia sin ningún impacto real en la planta de fabricación. Además, nos permite predecir los resultados. Con la simulación podemos analizar cualquier tipo, cambio o propuesta antes de su implementación sin coste adicional, de forma rápida, precisa y sin riesgos. Al simular y analizar procesos, podemos verificar el diseño y posicionamiento de los elementos que componen el proceso, optimizar los tiempos de ciclo y probar y optimizar el acceso, la operación y la prevención de colisiones.

## Calibración

La palabra calibración tiene diferentes significados según el contexto en el que se utilice, en este apartado hablamos de la calibración como una operación de control metrológico que debe realizarse periódicamente en instrumentos de medida de magnitudes físicas o químicas implicadas en procesos industriales. Dado que las actividades de calibración están estrechamente relacionadas con los procesos industriales, primero comprendamos qué son los procesos industriales. Un proceso industrial se puede definir como un conjunto de operaciones realizadas para lograr una transformación controlada de materiales, objetos o componentes para producir un producto deseado. Ya sea en la historia de las civilizaciones antiguas, durante la revolución industrial del siglo XIX, la fabricación moderna del siglo XX o el nuevo período de la Industria 4.0 del siglo XXI, siempre ha habido innumerables procesos industriales, algunos de los cuales son muy simples. Algunos son más complicados. Por ejemplo, la producción de cerveza o pan, la elaboración de cerveza, la producción de acero, la producción de energía o la producción de medicamentos y vacunas. Cada proceso se caracteriza por unas determinadas cantidades físico-químicas: presión, temperatura, humedad, densidad, caudal, acidez (pH) o conductividad, etc.

Estas cantidades se denominan variables de proceso. Para lograr un buen control de procesos se requiere información sobre los cambios o desarrollo de variables individuales, esta actividad se realiza mediante sondas e instrumentos de control de procesos. Es necesario un buen control de los procesos para lograr de forma fiable los resultados requeridos, la calidad requerida, optimizar los recursos y reducir el consumo de energía, al tiempo que se registra la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la calibración es un conjunto de acciones realizadas con una herramienta o dispositivo de medición en un orden sistemático, cuyos resultados registrados formalmente determinan el error (desviación) de la herramienta en relación con el valor especificado del instrumento de referencia (estándar). ) incertidumbre conocida. Varios conceptos metrológicos surgieron en relación con la calibración de instrumentos. Los más importantes son: error o sesgo, corrección, exactitud, precisión e incertidumbre.

## Control lógico programable

Un PLC es un dispositivo electrónico que está programado para realizar acciones de control de forma automática. Un PLC es el cerebro que activa partes mecánicas para realizar tareas que pueden ser peligrosas para los humanos o muy lentas o incompletas. Los PLC se utilizan actualmente en todo tipo de aplicaciones industriales, abordan los requisitos de control de procesos y secuenciación de máquinas en la industria, y han ingresado a aplicaciones domésticas y comerciales con mayor crecimiento durante la última década. La apariencia física del PLC se muestra a continuación (Figura 1). Con la ayuda del PLC, las fábricas evitan los problemas de operaciones peligrosas y altos costos de mantenimiento, y también logran aumentar significativamente la vida útil de las máquinas y equipos, aumentar la velocidad de producción, optimizar el uso de materias primas y aumentar la eficiencia de la Calidad de producción de productos terminados.

**Figura 1**

*Imagen de referencia de un PLC*

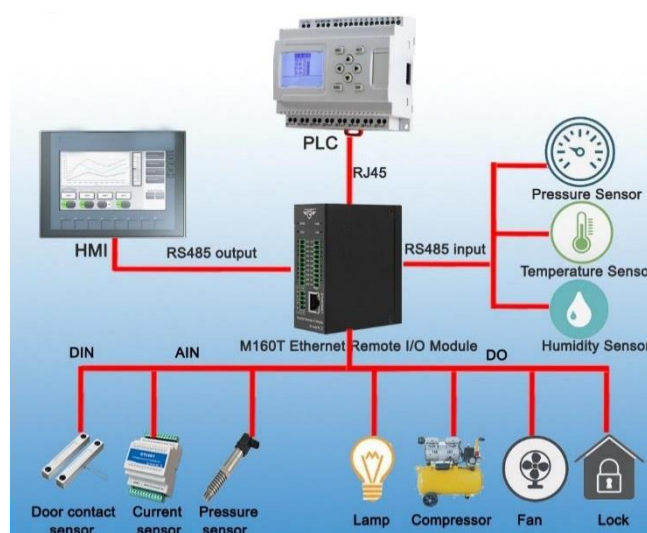


Debido a la falta de conocimiento sobre los sistemas basados en PLC, muchos industriales pueden gastar mucho dinero en mantenimiento, servicio y reparación de sus máquinas sin siquiera darse cuenta de que están presentes en todas las máquinas y pueden reiniciarse y repararse.

Además de ser útiles e indispensables, estos dispositivos también son relativamente sencillos de programar y pueden proporcionar mejoras significativas en el proceso de producción en fábrica, garantizar la calidad del producto terminado, prevenir desperdicios y accidentes, y ahorrar tiempo, dinero y riesgos. En cuanto a los ámbitos de aplicación del PLC, lo cierto es que está tan extendido que ha llegado a diversos sectores y más allá de lo que antes se consideraba ciencia ficción. Se utilizan principalmente en procesos que implican manipulación de máquinas. En la siguiente figura podrá ver diferentes áreas de aplicación del PLC (Figura. 2).

**Figura 2**

*Ejemplos de campos de aplicación de los PLC*



## **Familia SIMATIC**

Los controladores SIMATIC, incluida la serie S7, son conocidos por su robustez y versatilidad. Siemens ha establecido una posición líder en la industria en la entrega de soluciones de automatización de alta calidad para una amplia gama de aplicaciones, desde fabricación hasta energía. La serie S7 se ha convertido en una parte importante de las fábricas e instalaciones de producción de todo el mundo.

El simatic 7 cumple con el estándar IEC 61131-3, que define pautas para la programación de PLC y controladores lógicos programables. El estándar proporciona uniformidad y coherencia en la programación de PLC y promueve la interoperabilidad y la estandarización en la industria. Al cumplir con este estándar, Siemens garantiza que sus sistemas cumplan con los requisitos internacionales y satisfagan las necesidades de los clientes en todo el mundo. En resumen, la Etapa 7 supone un punto de inflexión en la automatización industrial. Como software de programa PLC de renombre mundial desarrollado por Siemens, desempeña un papel crucial en la optimización y el control de diversos procesos industriales. El cumplimiento de los estándares internacionales Step 7 demuestra el compromiso de Siemens con la calidad de la automatización y satisface las necesidades cambiantes de la industria.

## **Comunicación PROFIBUS**

La comunicación PROFIBUS es un estándar esencial en el ámbito de la automatización industrial. Este protocolo de comunicación, que se utiliza ampliamente en sistemas de control industrial, ha transformado la forma en que los dispositivos y componentes intercambian datos en entornos de producción.

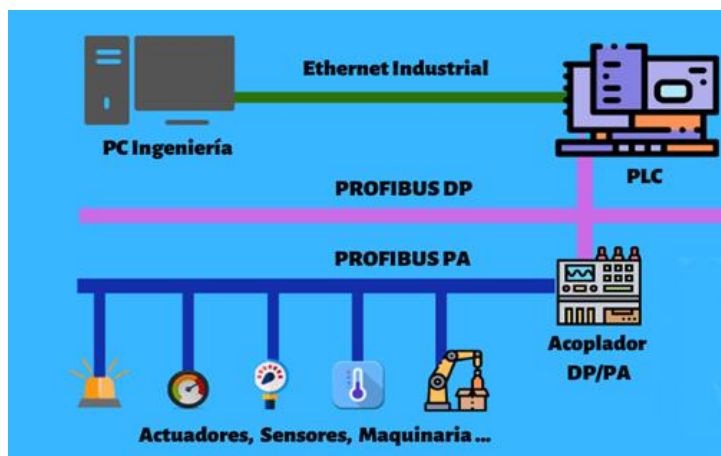
PROFIBUS, que proviene de "Process Field Bus" en inglés (bus de campo para procesos), es un estándar de comunicación industrial desarrollado en Alemania a mediados de la década de 1990. Su objetivo principal es permitir la comunicación confiable entre dispositivos y sistemas en entornos industriales, como fábricas, plantas de producción y maquinaria automatizada. A lo largo de los años, PROFIBUS ha evolucionado y se ha diversificado en diferentes variantes para adaptarse a diversas aplicaciones y se divide en dos variantes principales Figura 3:

PROFIBUS-DP (Decentralized Peripherals): Esta variante se utiliza principalmente para la comunicación entre controladores y dispositivos periféricos, como sensores, actuadores y unidades de E/S distribuidas. PROFIBUS-DP es conocido por su alta velocidad de transmisión y capacidad de conectar múltiples dispositivos en un solo bus.

PROFIBUS-PA (Process Automation): Diseñado específicamente para aplicaciones en la industria de procesos, PROFIBUS-PA se utiliza para la comunicación en entornos con condiciones adversas, como plantas químicas y refinerías. Ofrece una mayor resistencia a las interferencias electromagnéticas y puede soportar transmisiones a largas distancias.

**Figura 3**

*Ejemplo de comunicación PROFIBUS*



### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante la ejecución del proyecto, se llevaron a cabo una serie de actividades planificadas de acuerdo al cronograma de trabajo. Estas actividades fueron esenciales para la implementación del simulador calibrador de mecanismos de control de flujo de acero en el distribuidor de la máquina de colada continua en Grupo SIMEC. A continuación, se detallan los resultados de cada una de estas actividades:

**Análisis de necesidades:** Se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades de mantenimiento, identificando las actividades críticas que requerían solución. Esto proporcionó una base sólida para el desarrollo del proyecto.

**Conoce el proceso y área:** Se mapean las actividades desempeñadas por áreas específicas en el proceso productivo. Los indicadores de rendimiento permitieron identificar anomalías y desviaciones, lo que desencadenó un análisis más detallado a través de metodologías específicas (ver Sección Metodología).

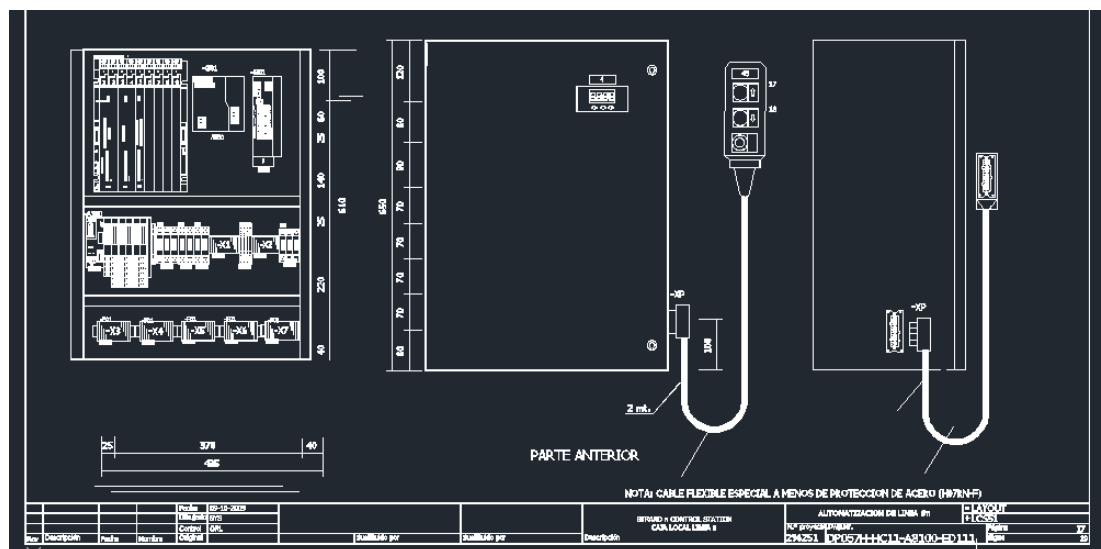
**Hacer un reconocimiento de equipo de proceso a implementar mejora:** Se propusieron mejoras en los equipos con el objetivo de aumentar la eficiencia de producción. Estas mejoras se tradujeron en mejoras significativas en el rendimiento, que se reflejaron en gráficas mensuales.

**Levantamiento de recursos materiales, humanos u horas hombre:** Se seleccionaron cuidadosamente los materiales necesarios para la implementación del proyecto. Se asignó personal específico para llevar a cabo el levantamiento de solicitudes de materiales y se estimaron las horas hombre requeridas para el proyecto.

**Layout de ubicación del sistema simulador:** Se determinó la ubicación estratégica para la instalación del simulador, asegurando su accesibilidad y eficiencia en el proceso de calibración (Figura 4).

### Figura 4

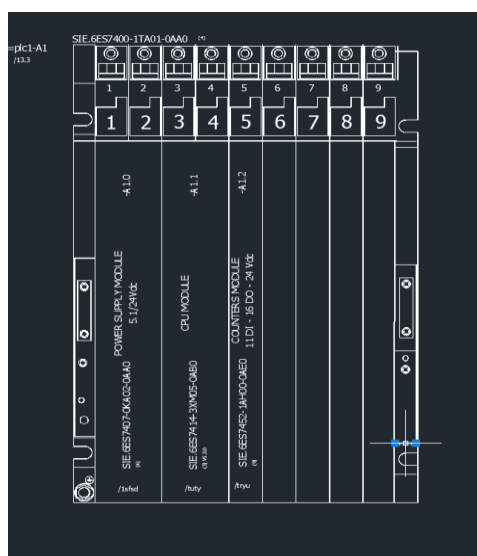
### Plano de caja gabinete y montaje de dispositivos



Propuesta de automatización: Se presentó una propuesta de integración que consideraba los recursos disponibles en la empresa y se desarrolló la ingeniería del proyecto, incluyendo el software y hardware necesarios, así como la programación en lenguaje de escalera compatible con la versión de PLC y software Step 7 (Figura 5).

### Figura 5

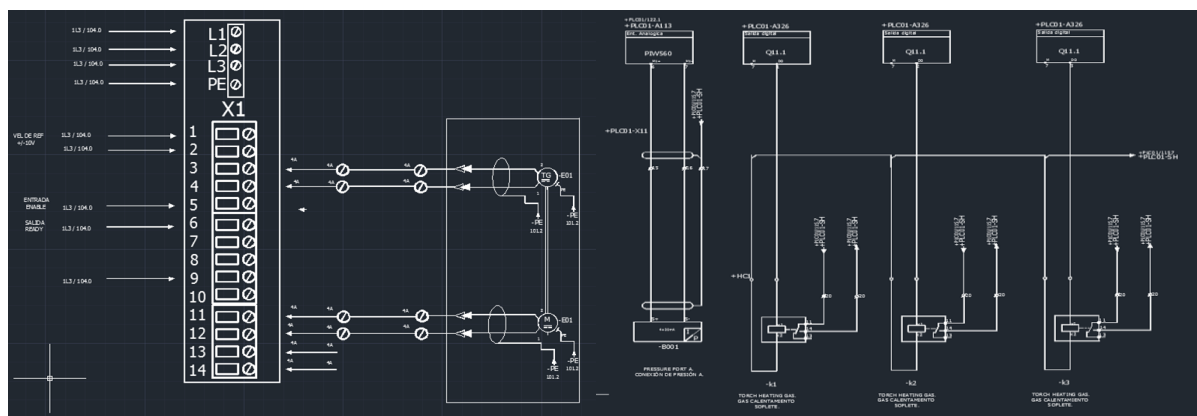
### Plano de caja gabinete y montaje de dispositivos



Realización de integración con el PLC y sus módulos de control: El programa de escalera desarrollado en Step 7 v5.5 se cargó en el PLC, asegurando una correcta integración con los módulos de control (Figura 6).

**Figura 6**

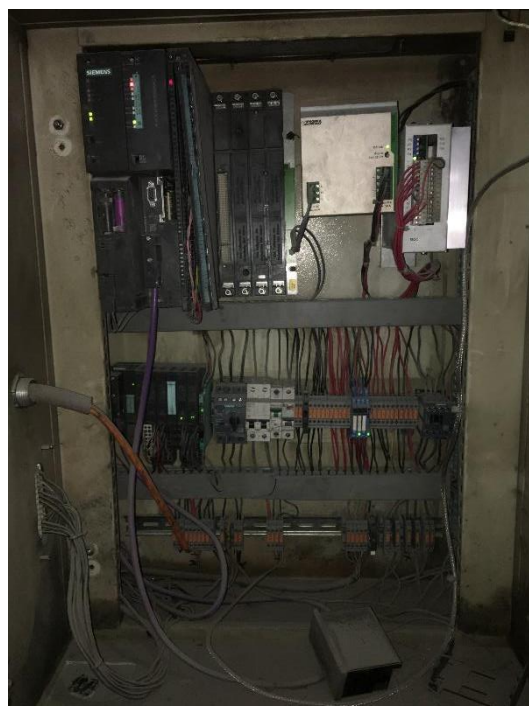
*Plano de conexiones*



Implementación del equipo en el área, puesta en marcha: El equipo se implementó en el área de distribuidores a distancia de acuerdo con la ubicación estratégica definida previamente. Se realizó la puesta en marcha para garantizar su funcionamiento óptimo. (Figura 7).

**Figura 7**

*Sistema Calibrador de mecanismos funcionando*



## CONCLUSIÓN

El Grupo SIMEC ha proseguido su proceso de transformación con determinación y visión. El proyecto "Simulador de Calibración de Mecanismos de Control de Flujo de Acero en Distribuidores Continuos de Hierro" es un viaje de innovación y mejora en el centro de la producción de acero. Desde el principio, el proyecto estuvo impulsado por la necesidad de perfeccionar el proceso de fundición continua, un paso

crítico en el que el acero fundido se transforma en estado sólido según especificaciones precisas. La ambición de eliminar riesgos, aumentar la eficiencia y garantizar la seguridad del operador se convirtió en el faro para el desarrollo de este proyecto. El análisis de requisitos marca el punto de partida y desglosa las principales actividades que requieren una solución. Fue aquí donde se plantaron las semillas de un proyecto que conduciría a una verdadera transformación del proceso de fabricación del acero. Con un profundo conocimiento de procesos y áreas, identifique anomalías y desviaciones y comience a construir una red de soluciones utilizando técnicas específicas.

El conocimiento de los equipos que necesitan mejoras se traduce en recomendaciones para mejorar la eficiencia. Los gráficos mensuales reflejan los resultados de estas mejoras y señalan el camino hacia una producción más optimizada. La selección de materiales y mano de obra es un paso esencial para lograr estas mejoras, así como estimar las horas-hombre requeridas para la finalización exitosa del proyecto. La ubicación estratégica del simulador se convierte en un lugar de encuentro que marca el espacio donde se encuentran la innovación y los procesos. Las propuestas de automatización se presentan en el siguiente capítulo, combinando los recursos disponibles con una visión de eficiencia y mejora. La programación del lenguaje de escalera del software en Step 7 v5.5 da vida al sistema simulador.

La detección de señales analógicas y digitales permite un control detallado de los componentes, mientras que la integración con los PLC y sus módulos de control constituye la columna vertebral de la solución. Las pruebas de laboratorio brindan la oportunidad de simular la calibración del equipo y verificar su funcionamiento. Se elaboran planos eléctricos y electrónicos que proporcionan un diagrama de cableado claro para el PLC y el ET200 y sus entradas y salidas analógicas. La implementación del equipo en la región marca un hito y es la culminación de los esfuerzos en curso en el programa. La capacitación de los operadores es clave para una implementación eficaz del simulador, lo que garantiza que la innovación se integre perfectamente en el proceso de fabricación. Los resultados se confirmaron no sólo en términos de funcionalidad, sino también en términos de mejoras en la satisfacción de los empleados y en los indicadores de desempeño. Con la aprobación del personal operativo, el proyecto finalmente se entregó al Gerente Regional de Mantenimiento, lo que marcó la finalización exitosa del proyecto. En retrospectiva, este proyecto es un testimonio de la capacidad de la industria para adoptar la innovación y cambiar sus procesos centrales. Es un viaje que lleva la eficiencia, la seguridad y la calidad de la producción de acero a un nuevo nivel.

## REFERENCIAS

- Åström, K. J., & Murray, R. M. (2008). *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press.
- Bequette, B. W. (2003). *Process Control: Modeling, Design, and Simulation*. Pearson.
- Di Cairano, S., & Bemporad, A. (2017). Identification and control of a quadrotor with the hybrid system toolbox. In *2017 European Control Conference (ECC)* (pp. 2096-2102). IEEE.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2016). *Modern Control Systems*. Pearson.
- García, M. et al. (2019). Calibration Techniques for Industrial Process Control Systems. *Journal of Industrial Engineering and Automation*.
- Johnson, C. D. (2017). *Process Control Instrumentation Technology*. Pearson.
- Lindeburg, M. R. (2020). *Control Systems Engineering*. PPI, A Kaplan Company.
- López, A. et al. (2018). Enhancing Safety in Steel Manufacturing Through Automation and Control. *Journal of Safety Engineering*.
- McMillan, G. K. (2010). *Advances in Reactor Measurement and Control*. CRC Press.
- Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A., & Doyle III, F. J. (2010). *Process Dynamics and Control*. Wiley.
- Smith, J. (2020). Automation and Control in the Steel Industry. *International Journal of Industrial Engineering*.
- Trumper, D. L., Murray, R. M., & Packard, A. (2005). A survey of applications in iterative learning control. *IEEE Control Systems Magazine*, 25(2), 74-84.