



Alternativa Tecnológica para la mejora de los Sistemas Scada en los Procesos Productivos de las Industrias Siderúrgicas, Estado Zulia

Technological Alternative For Scada Systems of Productive Processes in Steel Making Industries, Zulia State

MSc. Lester Luis Morales Rubio. Correo: lesterluismorales@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-0425-9071> / Siderúrgica Zuliana C.A.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo proponer la alternativa tecnológica para la mejora de los sistemas Scada en los procesos productivos de las industrias siderúrgicas del estado Zulia. El basamento teórico se consolidó mediante el análisis de publicaciones de autores como: Aner (2017), Bailey (2010) y Díaz (2010), entre otros. La investigación se enmarcó dentro de la modalidad descriptiva documental, proyecto factible con un diseño bibliográfico. La técnica de recolección de datos se estableció como una combinación de la observación directa y el análisis de contenido. Se estructuraron cuatro categorías, siete sub-categorías y 43 elementos de análisis, para su contrastación y teorización se construyeron matrices de análisis; los datos recolectados fueron interpretados mediante estudio estadístico. A partir del diagnóstico de la situación de los procesos productivos de la industria siderúrgica, se identificaron las tecnologías a estudiar como cuatro software asociados; se describió la supremacía técnica, ventajas y desventajas de cada uno; se determinaron los indicadores financieros y de riesgo, para finalmente seleccionar la alternativa tecnológica por medio de una matriz de decisión con condiciones jerarquizadas, utilizada en la propuesta de un proyecto factible de automatización a aplicar en estas industrias.

Palabras claves: Scada, HMI, PLC, automatización, tecnología, ejecución de proyectos.

Abstract

The objective of the study was to propose the technological alternative for the improvement of Scada systems in the production processes of the steel industries of the state of Zulia. The theoretical foundation was consolidated through the analysis of publications by authors such as: Aner (2017), Bailey (2010) and Díaz (2010), among others. The research was framed within the documentary descriptive modality, a feasible project with a bibliographic design. The data collection technique was established as a combination of direct observation and content analysis. Four categories, seven sub-categories and 43 analysis elements were structured; analysis matrices were constructed for contrast and theorization; The data collected were interpreted through a statistical study. Based on the diagnosis of the situation of the production processes of the steel industry, the technologies to be studied were identified as four associated software; the technical supremacy, advantages and disadvantages of each one were described; The financial and risk indicators were determined, to finally select the technological alternative through a decision matrix with hierarchical conditions, used in the proposal of a feasible automation project to be applied in these industries.

Keywords: Scada, HMI, PLC, automation, technology, project execution.



Introducción

La industria está abocada a una transformación digital que afectará a todas las empresas y todas tendrán la necesidad de adaptarse a esa transformación. Un modelo industrial donde la innovación sea colaborativa, los medios productivos estén conectados, las cadenas de suministro estén integradas, los canales de distribución y atención sean digitales. La Industria 4.0 se basa en tecnologías como: comunicaciones móviles, la nube (Cloud Computing), Internet de las cosas (IoT), Internet de los servicios (IoS), análisis de datos (Big Data), comunicaciones máquinas a máquinas (M2M), plataformas sociales, la impresión 3D, robótica avanzada y colaborativa, realidad aumentada, así como la ciber-seguridad.

Estas tecnologías deberán integrarse o vincularse a las tecnologías de automatización en las industrias, donde han presentado significativos avances, alrededor de los años sesenta la tendencia de automatización en las fábricas se resumía a que cada una debía resolver sus problemas de control por sí solas, para resolver un problema simplemente bastaba desarrollar un equipo electrónico específico para la solución. En los años setenta aparece una generación de autómatas capaces de controlar grandes cantidades de entradas y salidas de señales, y es en los años ochenta cuando se realiza la introducción al micro PLC (Controladores Lógico Programables, por sus siglas en inglés Programmable Logic Controllers).

La necesidad de visualizar las variables críticas de procesos productivos, de la mano con su control operacional mediante PLC, lleva a varios fabricantes a desarrollar paquetes de software capaces de comunicarse con los sistemas de control existentes, permitiendo así una flexibilidad de uso no imaginada hasta el momento como los sistemas Scada (Supervisory Control And Data Acquisition, o Control con Supervisión y Adquisición de Datos en español). Como cualquier software permite el acceso a datos remotos de un proceso y su control mediante las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, se trata de un software de monitorización o supervisión, ejecutor de la tarea de interface entre los niveles de control (PLC) y los de gestión, a un nivel superior.

Los sistemas Scada (Rodríguez, 2011) se encuentran en numerosos tipos de industrias debido a su gran utilidad permitiendo el control y supervisión de los procesos productivos, entre ella el sector eléctrico, planta de tratamiento de aguas, industrias de alimentos, textiles, automovilísticas, siderúrgicas, entre otras. Entre las prestaciones que ofrece esta herramienta a las industrias se encuentran: monitoreo, supervisión, adquisición de datos de los procesos en observación, visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos), mando, grabación de acciones o recetas, garantizar la seguridad de los datos y accesos, así como la posibilidad de programación numérica.

La industria del acero representa un factor clave de la economía mundial. Según publicaciones de la World Steel Association (WSA, 2019), para marzo de 2015 este sector industrial empleaba directamente a más de 2.000.000 de la población mundial, con más de 2.000.000 de contratistas y 4.000.000 de personas en industrias de soporte. Por tanto, considerando la posición de la industria del acero como proveedora de productos clave para las industrias automovilísticas, de construcción, transporte, energía eléctrica, equipos mecánicos; la industria del acero constituye la fuente de empleo de más de 50.000.000 de personas (Steele, 2019).



La producción mundial de acero crudo se incrementó de 851 megatoneladas (Mt) en 2001 a 1661 Mt para el año 2014, según la WSA (2015). Asimismo, el uso per cápita del acero en promedio a nivel mundial también se incrementó de 150 Kilogramos (Kg) en 2011 a 225 Kg en 2013. Estos valores demuestran la importancia del acero en las actividades industriales y la oportunidad de negocio que representa la industria a nivel mundial. En Venezuela, sin embargo, la situación de la industria del acero varía mucho del escenario internacional, pues la producción de acero crudo ha disminuido continuamente desde el 2007, año donde el país alcanzó su mejor valor histórico de producción con 5.005 Kilo-toneladas.

Según información del Ministerio del Poder Popular de Industrias y Producción Nacional (MPPI, 2021), la tasa de uso de la capacidad instalada de la principal siderúrgica de Venezuela, la Siderúrgica del Orinoco "Alfredo Maneiro", C.A. (Sidor) ha venido disminuyendo de 35% en 2010 a 22% en los últimos 10 años. Estos datos muestran la realidad de la industria del acero en Venezuela, donde la baja producción ha originado el desabastecimiento de gran parte del mercado. En el estado Zulia, es la Siderúrgica Zuliana, C.A. (Sizuca), la principal industria productora de acero en la fabricación de barras estriadas. La producción en esta empresa también se ha visto afectada en los últimos años, algunos de los factores causales es la necesidad de ahorro energético del sistema eléctrico nacional y la escasez de insumos productivos como la chatarra principalmente.

Los sistemas Scada (Bailey, 2010). representan una parte esencial de los procesos productivos de la industria siderúrgica, se encuentran en los procesos de acería y laminación permitiendo: la regulación eléctrica de electrodos de potencia para la fundición del acero en los hornos de arco eléctrico, el control de las recetas de materiales para la fabricación de diversos tipos de acero, la supervisión de altas temperaturas en etapas críticas del proceso, la regulación de flujos de agua en los sistemas de enfriamiento del acero, el control de la extracción de humos, el monitoreo de plantas de tratamiento de aguas, el control de motores del proceso de laminado, entre otros.

Los procesos de fundición de acero son unos de los procesos industriales más peligrosos del mundo debido a las altas temperaturas requeridas para fundir los metales. Los sistemas Scada ayudan a controlar los riesgos de estos procesos mediante el monitoreo de las temperaturas de los diferentes procesos, generando alarmas al presentarse variaciones que podrían terminar en terribles accidentes si las medidas correctivas no son tomadas en el momento.

En la industria siderúrgica existen indicadores establecidos a nivel internacional, estos miden la eficiencia de cada uno de los procesos productivos, entre ellos tenemos: Producción (ton), Productividad (ton/trabajador), Ganancia (USD/ton), Costo Operacional (USD/ton), Power-Off (min/heat), Power-On (min/heat), consumos, entre otros (Mora, 2009). Los sistemas Scada permiten medir gran parte de estos indicadores que sólo pueden ser medidos mediante la utilización de equipos electrónicos. La medición de cada uno de los indicadores clave de desempeño debe ser tanto exacta como precisa, por consiguiente, toda organización se ve en la necesidad de contar con tecnologías que ayuden a ejecutar esta tarea brindando los resultados esperados.

En el ámbito industrial de Venezuela, sin embargo, los avances tecnológicos se ven retrasados por las turbulencias presentes en el sector económico además de las carencias de una adecuada gestión tecnológica, afectando la actualización continua de



equipos y tecnologías quedando éstos en obsolescencia, como los sistemas operativos de computadoras y elementos de instrumentación para procesos operativos.

Los planteamientos realizados evidencian la importancia de los sistemas Scada en la industria siderúrgica, pero la situación de estas tecnologías difiere en el cumplimiento de lo mencionado. Los sistemas Scada a pesar de brindar gran parte de los datos recolectados por los dispositivos de campo para monitoreo de los procesos productivos, no consolidan la información de la forma necesaria según los indicadores establecidos para brindar un control y supervisión efectivo de los procesos, esto debido a diversos motivos como la falta de procesamiento de datos en los distintos niveles de automatización, reportes de proceso prediseñados por los software, e incompatibilidad de comunicación entre diversos equipos.

Los datos recolectados en los distintos niveles de automatización son consolidados de forma manual (tablas de MS Excel, bases de datos, entre otros) para cada final de mes realizar el reporte mensual de indicadores de proceso y cierres contables del área administrativa, dificultando su seguimiento diario para el control de desviaciones en el momento oportuno, además de no tener acceso a la información de manera online como remota fuera de las instalaciones de la industria, esto se traduce en toma de decisiones retrasadas por parte del personal ejecutivo que llevan a altos costos de producción y tiempos de interrupción.

El mantenimiento de los sistemas Scada juega otro papel clave en el desempeño de los procesos productivos de la industria siderúrgica. Una falla de un PLC donde se pierda el programa de determinado proceso no sólo genera un tiempo de interrupción significativo sino también la pérdida de registros de datos que pueden ser críticos. El disponer de repuestos críticos estandarizados para los sistemas Scada es más difícil cada día por ser tecnologías importadas y la falta de divisas en el país dificulta las adquisiciones.

Lo anterior conlleva a pronosticar mayor degradación de la industria siderúrgica nacional, producto de la falta de repuestos críticos, fallas o averías de los sistemas, tiempos de interrupciones elevados, entre otras. La inacción ante la problemática en un corto tiempo podría acentuar la escasez de barras estriadas en el mercado y por ende, la paralización de obras de construcción en progreso. De esta problemática surgió la necesidad de llevar a cabo una investigación para encontrar una alternativa tecnológica para ser aplicada en el control de los procesos siderúrgicos y el manejo de la información en tiempo real desde cualquier lugar, a su vez permita la toma de decisiones tanto efectivas como oportunas en las industrias siderúrgicas del estado Zulia.

Objetivo General

Seleccionar una alternativa tecnológica para la mejora de los sistemas Scada en los procesos productivos de las industrias siderúrgicas, Estado Zulia.

Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual de los sistemas Scada instalados en los procesos productivos de las industrias siderúrgicas.

Diagnosticar la situación de los mantenimientos en los procesos productivos de las industrias siderúrgicas.

Evaluar los aspectos técnicos de las alternativas tecnológicas para la mejora de los sistemas scada en los procesos productivos de las industrias siderúrgicas.

Evaluar los aspectos económicos y de riesgo de cada una de las alternativas.

Metodología

De acuerdo con los objetivos propuestos la investigación se catalogó de tipo documental, en concordancia con Hurtado (2015), quien la define como aquella cuyo objetivo es la verificación de relaciones entre variables o entre diferentes eventos a través de la búsqueda exhaustiva, sistemática y rigurosa, utilizando en forma precisa la documentación existente. En estas investigaciones las fuentes de información son documentos, archivos estadísticos, informes, estudios, publicaciones en revistas, entre otros (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

Por otro lado, la investigación correspondió a un proyecto factible por formular una propuesta de una alternativa tecnológica en función de la necesidad de las Industrias Siderúrgicas del Estado Zulia. Al respecto Lerma (2016) indica, este tipo de estudios consisten en la elaboración de una propuesta, un modelo o sistema como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social o una institución, en un área particular del conocimiento a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras.

El diseño de la investigación fue bibliográfico ya que toda la información recolectada para su desarrollo y posterior consecución de los objetivos planteados se realizó mediante la consulta de libros, manuales técnicos, revistas científicas, páginas web, datos estadísticos, entre otros. Gran parte de la información recolectada también fue extraída de los programas demostrativos creados por los distintos fabricantes. Según Navarro (2014), describe el diseño bibliográfico como aquel basado en su mayoría, en contenidos de orden teórico, en los cuales se reflejan las posiciones coincidentes y contradictorias de los enfoques o tendencias analizadas, así como la posición independiente del investigador.

Cuadro 1
Unidades de Análisis

Cantidad Documentos consultados	Categoría	Tipo de Material Bibliográfico
07 Documentos	Diagnóstico de los mantenimientos	Manuales, planos, estadísticas e informes
05 Documentos	Alternativa Tecnológica	Manuales de productos
10 Documentos	Aspectos Técnicos	Manuales de productos, páginas web, simuladores (demos)
06 Documentos	Aspectos Económicos	Libros, revistas, publicaciones de proveedores

Fuente: Elaboración propia (2018).

Las unidades de análisis poblacional quedaron conformadas por todos los programas (software) de sistemas Scada/HMI de aplicación industrial, específicamente los documentos, manuales, simuladores (demos), pruebas realizadas, y estadísticas de funcionamiento asociadas a ellos. Para la determinación de la muestra se seleccionaron cinco de los programas utilizados en el mundo por empresas de automatización y telecomunicaciones: Wonderware Intouch de Schneider Electric, FactoryTalk de Rockwell Automation, Proficy iFIX de GE Automation, Ignition de Inductive Automation, y Simatic WinCC de Siemens, tal como se presenta en el cuadro 1 de características de la unidad de análisis poblacional.

Resultados

La primera fase del desarrollo de la investigación fue diagnosticar la situación actual de los sistemas Scada dentro de la empresa siderúrgica estudiada, estudiándose la problemática desde dos sub-categorías: mantenimiento y pirámide de automatización; para ello se utilizó la técnica de la observación directa apoyada con matrices de análisis de datos. A nivel de mantenimiento se realizó un estudio de los siguientes elementos de análisis: repuestos, fallas, costos y tiempos de interrupción. Respecto de la pirámide de automatización se consideraron los siguientes niveles: Planificación de Recursos Empresariales (Aner, 2017), Sistema de Ejecución de Manufactura (MES), Sistema de Control Distribuido (DCS), Scada, Controladores Lógico Programables (PLC) y dispositivos de campo.



Figura 1: Pirámide de automatización
Fuente: Universidad Santo Tomás (2017).

El estudio de los niveles de repuestos críticos y de la estimación de costos por fallas o mantenimiento se realizó mediante la aplicación de un instrumento con una escala de Likert de 6 categorías: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo y no aplica (N/A); esto en base a los niveles reales estimados por inventarios de almacén y costos asociados a compras de repuestos o pérdida de dinero por fallas e interrupción de la producción. Se consideró un periodo de 3 años, comprendido entre 2015 - 2018 para el análisis de todas las fallas a nivel de mantenimiento según la pirámide de automatización, donde se clasificaron en función de la frecuencia y el tiempo. En la tabla 1 se muestra el resumen de los datos recolectados.

Con los datos recolectados en esta primera etapa se identificó, el nivel con mayor número de fallas y tiempo de interrupción, correspondiendo a los dispositivos de campo. Considerando el tiempo total por falla se tiene, en promedio una falla de un dispositivo de campo representa 19,09 minutos, mientras una falla de PLC representa 38.2 minutos (aproximadamente el doble), una situación similar se refleja con el nivel Scada. A pesar de que el nivel de dispositivos de campo representa el mayor número de fallas, estas fueron en su gran mayoría eventos puntuales y recurrencia baja, correspondiendo a distintos equipos, mientras en el PLC la cantidad de equipos es menor, por tanto se presentan frecuencias mayores (Díaz, 2010).

Tabla 1:
Datos de la situación de los mantenimientos

Mantenimiento Pirámide de Automatización	Repuestos	Fallas (N°)	Costos	Tiempos (minutos)
ERP	N/A	0	Bajo	0
MES	N/A	1	Bajo	19
DCS	Bajo	0	Bajo	0
Scada	Bajo	1	Alto	41
PLC	Muy Bajo	15	Alto	573
Dispositivos de campo	Alto	190	Medio	3628

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Al relacionar los elementos, análisis de fallas y tiempo, con respecto a repuestos y costos, se evidencia la criticidad del nivel PLC por tener poca cantidad de repuestos y mayores costos. Un aspecto evaluado a nivel de repuestos fue la obsolescencia de los equipos, cuando un dispositivo de campo en obsolescencia falla, éste puede ser fácilmente reemplazado por otro dispositivo de campo nuevo con mayores prestaciones.

Sin embargo a nivel de PLC, un módulo que falla sólo puede ser reemplazado por el mismo módulo, de lo contrario el sistema detecta un error, se puede instalar uno similar con la misma gama de producto, pero esto requiere una modificación del programa general lo que se refleja en mayor tiempo de interrupción, y si adicionalmente estos equipos presentan obsolescencia, la criticidad aumenta al no tener repuestos ni forma de conseguirlos. Durante la investigación se encontró un área de planta con toda la red de PLC en obsolescencia incluyendo del nivel Scada el conjunto de interfaces humano-máquina (HMI).

La segunda fase de la investigación se basó en la identificación de la alternativa tecnológica a utilizar en la propuesta del proyecto para brindar una solución a la problemática encontrada. Luego de investigar en el mercado los principales software en el área de los sistemas Scada, se seleccionaron cuatro opciones de estudio donde cada uno se evaluó considerando los siguientes elementos de análisis: fabricante, disponibilidad, políticas de garantía, robustez, seguridad, prestaciones, mantenibilidad, escalabilidad, eficacia, rendimiento, confiabilidad, aplicaciones y soporte.

La tabla 2 representa un resumen de la información recopilada para cada elemento de análisis estudiado con respecto a los distintos programas. Mediante una escala de ponderación se estableció un valor para cada elemento de análisis, en concordancia de los resultados obtenidos, se sumaron los valores de cada elemento por programa, resultando con la puntuación mayor el software 1.

En la siguiente etapa de la investigación se evaluaron los aspectos técnicos de las alternativas estudiadas considerando como principales sub-categorías: hardware y software; mientras los elementos de análisis considerados fueron: la madurez tecnológica, el análisis de brechas, la matriz de impacto y el posicionamiento. La madurez tecnológica se definió categorizando cada tecnología en las etapas: embrionaria, comercial o madura, según la información brindada por el proveedor y su tiempo en el mercado. En la figura 2 se muestra el gráfico de madurez tecnológica desarrollado.

Tabla 2.
Datos de las alternativas tecnológicas.

Subcategoría (SC) Unidad de análisis (UA)	Software 1	Software 2	Software 3	Software 4
Fabricante	<ul style="list-style-type: none"> • 182 años en el mercado • Presencia nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • 126 años en el mercado • Presencia nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • 171 años en el mercado • Presencia nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • 12 años en el mercado • Sin presencia nacional
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • El producto no se encuentra en el mercado nacional • Requiere importación. 	<ul style="list-style-type: none"> • El producto no se encuentra en el mercado nacional. • Requiere importación 	<ul style="list-style-type: none"> • El producto no se encuentra en el mercado nacional • Requiere importación 	<ul style="list-style-type: none"> • El producto se puede descargar por internet.
Políticas de garantía	<ul style="list-style-type: none"> • Productos certificados de fábrica • 1 año de garantía 	<ul style="list-style-type: none"> • Productos certificados de fábrica • 1 año de garantía 	<ul style="list-style-type: none"> • Productos certificados de fábrica • 1 año de garantía 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin garantía
Robustez	<ul style="list-style-type: none"> • Alta, en función de la arquitectura diseñada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta, en función de la arquitectura diseñada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta, en función de la arquitectura diseñada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Media, dificultad para la integración a otros sistemas.
Mantenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Alta • Fácil gestión de respaldos y reinstalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta • Fácil gestión de respaldos y reinstalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Media • Gestión de respaldos y reinstalación más complicada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja • Dificultad de la gestión de respaldos y reinstalación.

Subcategoría (SC) Unidad de análisis (UA)	Software 1	Software 2	Software 3	Software 4
Escalabilidad	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Sistema ampliable •Fácil conectividad a nuevos equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Sistema ampliable •Fácil conectividad a nuevos equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Sistema ampliable •Fácil conectividad a nuevos equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Media •Sistema ampliable.
Eficacia	<ul style="list-style-type: none"> •Altamente funcional. 	<ul style="list-style-type: none"> •Altamente funcional. 	<ul style="list-style-type: none"> •Altamente funcional. 	<ul style="list-style-type: none"> •Altamente funcional.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Soporte para seguridad integrada de Microsoft, Active Directory y tecnología SmartCard •Riesgo reducido de intervención y cambios no autorizados en el sistema •En sectores regulados y validados, las aplicaciones ayudan a cumplir los requisitos de seguridad más exigentes como FDA 21 CFR Parte 11 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Software no basado en Java •Control de acceso de usuarios por grupos •Registros de cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Control de acceso de usuarios por grupos y registro de eventos •Integrable a otros sistema de protección. 	<ul style="list-style-type: none"> •Media •Dependiente de otro software utilizado en el sistema operativo principal •Posee sistema de permisos por usuarios.
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Bajo nivel de falla. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Bajo nivel de falla. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Bajo nivel de falla. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta •Bajo nivel de falla.
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> •Todo tipo de industrias, incluyendo las siderúrgicas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Todo tipo de industrias, incluyendo las siderúrgicas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Todo tipo de industrias, incluyendo las siderúrgicas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Todo tipo de industrias, incluyendo las siderúrgicas.
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere de altos niveles de hardware para su óptimo funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere de niveles medios de hardware para su óptimo funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere de niveles medios de hardware para óptimo funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere de niveles medios de hardware para su óptimo funcionamiento

Subcategoría (SC) Unidad de análisis (UA)	Software 1	Software 2	Software 3	Software 4
Prestaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Visualización accesible desde cualquier lugar. • Integración abierta a dispositivos de diversas marcas. • Posibilidad de virtualización. • Flexibilidad de desarrollo en .NET. • Amplia biblioteca de símbolos. • Fácil actualización. • Protocolo de comunicación abierta que considera el internet de las cosas (IoT). 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualización accesible desde cualquier lugar. • Amplia biblioteca de símbolos. • Flexibilidad de desarrollo en .NET y HTML5. • Fácil actualización. • Fácil navegación por los elementos de las ventanas. • Alarmas inteligentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reportes basados en la web. • Operación remota y monitoreo. • Acceso móvil a indicadores de proceso. • Rápida identificación de puntos débiles. • Amplio almacenamiento de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor de alarmas y eventos parametrizable. • Acceso en navegador web (escritorio o móvil). • Programable en Java, Visual Basic, PHP e Python, entre otros. • Protocolo de comunicación abierta para distintas marcas. • Registro continuo de variables en base de datos.
Soporte	<ul style="list-style-type: none"> • 24 horas por call center y chat web • Programas de formación para ingenieros. 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 horas por call center y chat web. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultas mediante foros • Programas de formación de ingenieros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultas mediante foros.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

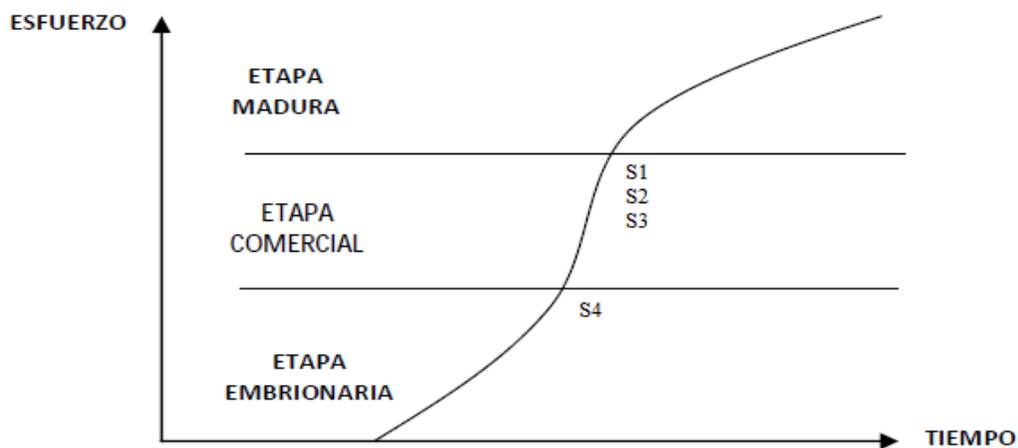


Figura 2: Madurez tecnológica
Fuente: Elaboración Propia (2021)

El análisis de brecha constituye una evaluación de la realidad, es decir, una comparación entre la tecnología o competencias que se poseen con respecto a aquellas tecnologías emergentes en el mercado. Además dicho análisis exige el desarrollo de estrategias específicas para cerrar cada brecha identificada. Consiste en determinar la diferencia entre la tecnología en uso por parte del usuario, con respecto a tecnologías emergentes o de punta comercialmente probada. En la tabla 3 se muestra un resumen del análisis de brecha realizado.

Tabla 3.
Análisis de brechas

Brechas respecto a la competencia	Muy alta			S4		
	Alta					
	Media				S1, S3	
	Baja					
	Muy baja				S2	
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta

Brechas respecto a la tecnología de punta

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Durante esta etapa, también se construyeron matrices de impacto para evaluar la importancia, urgencia, riesgo y valor de cada tecnología, igualmente se aplicó una escala Likert: muy baja, baja, media, alta y muy alta. En este sentido, la importancia (I), está relacionada con el trabajo que desempeñaran las tecnologías a futuro. La urgencia (U), está dada para la solución inmediata a la problemática de estudio.

El riesgo (R), está directamente asociado a la madurez y el dominio de la tecnología, para esta investigación se considera un riesgo medianamente bajo, quiere decir, son confiables y ya han sido probadas, con excepción del software 4, el cual mostró una propuesta en fase embrionaria. Por último la creación de valor (V), está asociada al tamaño de la oportunidad expresada generando beneficios sociales a la nación.

La siguiente fase de la investigación consideró el estudio de los aspectos económicos y de riesgo de cada una de las alternativas. Para ello se establecieron los siguientes elementos de análisis: el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), el costo anual uniforme, el valor de la inversión, análisis de sensibilidad y diagramas de tornado.

Cabe resaltar, en esta etapa se analiza de forma general los costos directos del software como principal característica, considerando las cantidades de equipos necesarios en función de la necesidad de la empresa, normalmente el valor del software a implantar está relacionado a la cantidad de licencias necesarias, es luego de la selección de la alternativa tecnológica que se realiza todo el estudio económico específico según las diversas propuestas. En esta etapa a pesar de los altos costos de los distintos programas estudiados, la mejor alternativa económica es el software 4 por ser un software libre de descarga gratuita, sin embargo a nivel técnico es la más riesgosa por ser una tecnología incipiente con bajo soporte.

Finalmente la quinta y última fase de la investigación consistió en la selección de la alternativa tecnológica en función de toda la información estudiada. Para justificar la

selección de la mejor alternativa se utilizó la técnica de matrices de decisión siguiendo la teoría del proceso analítico de jerarquía (AHP), resultando con la mejor puntuación el software 1 seleccionado para la propuesta del proyecto final.

Una vez definida la ingeniería básica del proyecto se procedió a realizar las respectivas solicitudes de cotizaciones para los principales proveedores de soluciones en automatización en el ámbito siderúrgico, luego al tener las distintas propuestas técnicas y económicas, se analizaron nuevamente los aspectos técnicos y económicos para cada propuesta, finalmente fue seleccionada la mejor alternativa según la metodología mencionada anteriormente.

Posteriormente, se elaboró la ingeniería de detalle del proyecto y se inició su desarrollo con la realización de todos los planos eléctricos del nuevo sistema. Los programas de PLC y HMI fueron desarrollados, revisados y probados en frío, previo a la fecha de ejecución. Para la instalación de los componentes y equipos del sistema se requirió llevar a cabo una parada mayor de planta, la cual tuvo una duración de 17 días continuos, con una semana de pruebas en caliente. El proyecto fue ejecutado exitosamente alcanzando los objetivos deseados, en la siguiente figura se muestra la planificación establecida.

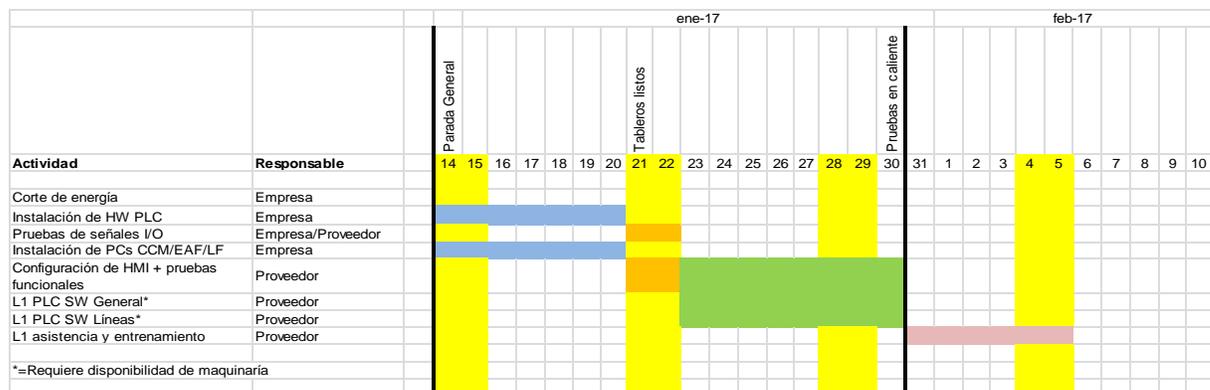


Figura 3: Planificación de la fase de ejecución
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Luego de un año de la ejecución del proyecto se validó el cumplimiento de los objetivos establecidos en las etapas iniciales, el sistema quedó operativo de forma continua, sin afectaciones al proceso productivo, además de poseer disponible los principales repuestos para solventar fallas en el menor tiempo posible. Gracias a la posibilidad de programación, ha sido posible realizar continuas mejoras, tanto en el software PLC, como HMI adquirido.

Conclusiones

El resultado de la investigación presentada fue el diseño de un proyecto para la gerencia de acería cuyo objetivo fue la actualización de todos los sistemas Scada, según la alternativa tecnológica seleccionada (software HMI) y el reemplazo de los PLC en obsolescencia del área de colada continua. El alcance del proyecto contempló el cambio de PLC en hardware y software, del modelo existente a la última versión del mercado



utilizada en otras áreas de la planta; la actualización del software HMI de las áreas de horno de arco eléctrico, horno de afino secundario y colada continua; así como también la adquisición de nuevo hardware y software (sistemas operativos) para las PC correspondientes a los HMI.

Es necesario contar con talento humano propio capacitado en la materia, vinculado al proyecto, de tal forma sean capaces de establecer los lineamientos del proyecto y continuar el desarrollo continuo de las funcionalidades de la herramienta aplicados a la industria luego de su implementación.

El software al ser seleccionado, instalado y puesto en operación en los procesos productivos debe actualizarle periódicamente con la última versión del mismo, operable de forma sencilla, y permita su actualización y desarrollo de nuevos reportes.

En proyectos de migración de un PLC existente a otro nuevo, no sólo es necesario considerar los niveles de Scada y PLC de la pirámide de automatización, también se debe incluir el nivel de los dispositivos de campo, esto debido a que durante el momento de realizar pruebas en frío de las distintas señales, se tienen equipos fuera de servicio (luces pilotos, pulsadores, instrumentos, entre otros), dificultando la realización de las pruebas por ende ocasionando posibles retrasos en los tiempos planificados.

Referencias Bibliográficas

- Aner (2017). Enterprise Resource Planning. Disponible: www.aner.com. Fecha de consulta: 18/04/2021.
- Bailey, D (2010). Practical Scada for Industry. 1era Edición. Elsevier. Universidad de Oxford.
- Díaz, J (2010). Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute of Technology. Serie Manuales.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Hill. España.
- Hurtado de Barrera, J. (2015). El Proyecto de Investigación Holística. 4ta Edición Ediciones Quiron. Cilea Sypal.
- Ministerio del Poder Popular de Industrias y Producción Nacional (MPPI, 2021). <https://www.industrias.gob.ve/>
- Navarro Ch. C. (2014). Epistemología y Metodología. 1era. Edición. Grupo Editorial Patria. México, D.F.
- Lerma G. H. (2016). Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y Proyectos. 5ta. Edición. Ecoe Ediciones. Bogotá – Colombia.
- Rodríguez, A. (2011) Sistemas Scada. Tercera Edición. Marcombo. México D. F.
- Steele, L (2019) Managing Tecnology. Tre stratic view. McGraw Hill.
- Universidad Santo Tomás (2017). Pirámide de automatización. Disponible: http://www.ustabuca.edu.co/gpresencia/gestion/usuarios/user10772/ustabmanga/file_s/img/vustabmanga374394320151016104352.png . Fecha: 18/04/2017.
- World Steel Association (2019). <https://worldsteel.org/>