



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología.
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Pila Balseca Walther Wladimir
Tutor/a:
Mg. Albarracin Guarocho Wilmer Fabian PhD. Baldeón Egas Paúl Francisco

Quito – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabian Albarracin Guarochico** con C.I: **1713341152** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología.** Elaborado por: **Walther Wladimir Pila Balseca**, de C.I:**1717593303**, estudiante de la Maestría: **Electrónica Y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 22 de agosto de 2025



Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Paúl Baldeón Egas** con C.I: **1002807814** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología**. Elaborado por: **Walther Wladimir Pila Balseca**, de C.I:**1717593303**, estudiante de la Maestría: **Electrónica Y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 22 de agosto de 2025



Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Walther Wladimir Pila Balseca** con C.I: **1717593303**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología**. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 21 de agosto de 2025

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TUTOR	3
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	4
Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
INFORMACIÓN GENERAL	9
Contextualización del tema	9
Problema de investigación	10
Objetivo general	11
Objetivos específicos.....	11
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	11
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	13
1.1 Contextualización general del estado del arte	13
1.1.1 Conceptos y Autores clave	13
1.1.2 Trabajos similares (nacionales e internacionales).....	14
1.2 Proceso investigativo metodológico	15
1.3 Análisis de resultados de la aplicación de los instrumentos para el diagnóstico.	20
CAPÍTULO II: PROPUESTA	22
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	22
2.1.1 Sistemas de control y automatización	22
2.1.2 Panel PC y software HMI	23
2.1.3 Medición reológica en lodos de perforación	23
2.1.4 Ciberseguridad y normativas.....	24
2.1.5 Integración con tecnologías emergentes	24
2.2 Descripción de la propuesta	25
2.3 Arquitectura de comunicación del sistema modernizado	26
2.4 Planificación de la implementación	27
2.4.1 Sustitución del Panel PC.....	30
2.4.1.1 Sustitución del Panel PC IPC477D por IPC477E	31
2.4.2 Sustitución del PLC	35
2.4.2.1 Sustitución del PLC	36

2.5 Matriz de Articulación	38
2.6 Resultados obtenidos	41
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
Referencia Bibliográfica.....	45
Anexos.....	47
Anexo 1.....	47
Anexo 2.....	48
Anexo 3.....	49
Anexo 4.....	50
Anexo 5.....	52
Anexo 6.....	53
Anexo 6.....	55
Anexo 7.....	56
Anexo 8.....	58
Anexo 9.....	63

Índice de tablas

Tabla 2 Cronograma tentativo de implementación	28
Tabla 3 Análisis FODA.....	29
Tabla 4 Matriz de Articulación	40
Tabla 5 Resultados	41

Índice de figuras

Figura 1	Plataforma PASON.....	18
Figura 2	Plataforma INTERACT	18
Figura 3	Curvas de tendencia.....	19
Figura 4	Alarmas en cuento a Firewall de Windows	20
Figura 5	Ejemplo de soporte solicitado a desarrolladores.....	20
Figura 6	Error de PLC y sus sensores de temperatura	21
Figura 7	Problema de conectividad para el envío de datos	21
Figura 8	Arquitectura del Sistema modernizado	26
Figura 9	Fases de la Secuencia de ejecución.....	28
Figura 10	Flujo de Proceso de modernización de Panel PC	30
Figura 11	Desconexión total de la energía y de las comunicaciones asociadas al equipo	32
Figura 12	Desmontaje del Panel PC	32
Figura 13	Preparación del gabinete	33
Figura 14	Gabinete adaptado.....	33
Figura 15	Reconexión del sistema.....	34
Figura 16	Integración del nuevo panel PC.....	34
Figura 17	Desmontaje del PLC	36
Figura 18	Nuevo montaje del nuevo fusible termomagnético de 5 A.	37
Figura 19	Reconexión del terminal blocks	37
Figura 20	Configuración Panel PC	38
Figura 21	Comparación de indicadores antes y después de la modernización del RP200	41

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

Hoy en día la industria atraviesa una transformación digital acelerada, las organizaciones están obligadas a integrar tecnologías emergentes si desean conservar su ventaja competitiva. La modernización de los sistemas de control y supervisión no es por consiguiente un ejercicio de mejora estética. Se persigue la optimización de los procesos productivos, la protección de la información, la robustez de la seguridad y la sostenibilidad a largo plazo, ante esta situación reemplazar equipos obsoletos se convierte en un movimiento estratégico imprescindible, las empresas que se adelantan en esta medida logran eficiencias significativas y al mismo tiempo, blindan la continuidad de sus operaciones en un entorno global cada vez más exigente.

En un entorno industrial moderno, la renovación de procesos tecnológicos ha adquirido relevancia por el optimismo que brinda sobre la sostenibilidad de la operación. Esto es especialmente verdad dentro del sector energético, donde disponer de sistemas de control y supervisión modernos brinda ventaja competitiva considerable. Esto es especialmente cierto en la modernización de procesos de recolección y análisis de datos, donde la precisión es crucial, (Nolasco et al., 2023).

En la industria del petróleo, la empresa cuenta con el equipo de laboratorio RP200, acondicionado especialmente para la medición de propiedades reológicas de los lodos de perforación. Pero el Panel PC Siemens IPC477D que ejecuta el Windows 7 y el PLC Siemens S7-1214C, los cuales son Panel PC y PLC obsoletos, limitan el desempeño de los sistemas de control y supervisión. La falta de soporte, actualizaciones, y compatibilidad con nuevas tecnologías alternadas limitan la funcionalidad de los dispositivos, y en conjunto añaden ciberseguridad, operatividad, y potencial de expansión riesgos (Gaggero et al., 2024).

De acuerdo con estándares internacionales tales como la norma IEC 62443 sobre la seguridad en sistemas de automatización y la guía NIST SP 800-53, la existencia de dispositivos obsoletos dentro del sistema alta vulnerabilidad, que en conjunto con la falta actual de partes de estos dispositivos obsoletos, interfiere con la integridad del sistema en la unión con sistemas digitales de los que estos carecen.

Por lo cual, se ha propuesto un nuevo Panel PC con sistema operativo Windows 10, junto con un PLC Siemens 1215C, para modernizar la tecnología con el objetivo de optimizar el rendimiento del equipo RP200. Esta solución busca garantizar la continuidad operativa, mejorar la precisión en los procesos de medición y fortalecer la fiabilidad de los datos, generando así beneficios operativos para el equipo RP200 y proporcionando valor añadido a los clientes del sector del petróleo, (Nguyen Hai et al., 2021).

Problema de investigación

En la industria petrolera, la medición precisa de las propiedades físicas y químicas de los lodos de perforación resulta vital para mantener el control y la eficiencia de las operaciones. En este contexto, la empresa de la industria petrolera que por protección de datos personales se anonimiza, y que para uso del presente trabajo de titulación, se denominará como “La Empresa” emplea en sus laboratorios la unidad RP200. Esta herramienta es indispensable para la evaluación técnica previa de las actividades que se realizan en campo (Cortés et al., 2020). A pesar de su relevancia, el dispositivo padece una obsolescencia que limita su desempeño; actualmente, la cabina de control se sostiene sobre un Panel PC que opera bajo el sistema Windows 7, complementada por un PLC Siemens modelo 1214C.

La falta de soporte técnico y actualizaciones para estos componentes ha generado una serie de limitaciones funcionales, entre las que destacan la lentitud del sistema, dificultades en la incorporación de nuevas funciones y una creciente exposición a riesgos de ciberseguridad. A ello se suma la imposibilidad de integrar tecnologías actuales que exigen mayor capacidad de procesamiento, conectividad y cumplimiento de estándares internacionales (Portero et al., 2020). Esta situación afecta directamente la operatividad del sistema, la confiabilidad de los datos obtenidos y la capacidad de respuesta técnica de la empresa ante posibles fallos.

Asimismo, la continuidad operativa de los equipos RP200 depende de una infraestructura que ya no responde a las exigencias del entorno digital actual lo cual incrementa los costos de mantenimiento reduce la productividad del personal técnico y limita las posibilidades de mejora continua en los procesos de laboratorio.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de implementar una solución tecnológica moderna que permita actualizar la arquitectura de estos equipos (Quinatoa et al., 2021). En particular, se propone la incorporación de un nuevo Panel PC con sistema operativo Windows 10

y un PLC Siemens S7-1215C, lo cual permitiría mejorar el rendimiento general de los equipos RP200, fortalecer la seguridad del sistema y garantizar su compatibilidad con plataformas actuales y futuras.

Objetivo general

Desarrollar un nuevo Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C, para la mejora en el rendimiento de equipos RP-200 medidores de reología.

Objetivos específicos

1. Establecer fundamentos teóricos sobre sistemas de control y lectura de equipos medidores de reología y densidad de lodos.
2. Analizar el estado actual del sistema de control de las unidades RP200 de la empresa, mediante la identificación de limitaciones funcionales y características del hardware instalado.
3. Diseñar una propuesta de intervención tecnológica, para la complementación de la instalación del nuevo Panel PC y el PLC 1215C mediante la integración del software de integración simatic
4. Implementar la actualización en equipos de RP 200 mediante la instalación del panel PC y PLC1215C
5. Validar el impacto de la actualización, mediante la aplicación de pruebas funcionales, simulaciones de operación y recolección de criterios de especialistas técnicos.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

La renovación tecnológica de los equipos RP200 respecto al sector energético es importante por el impacto que generan en los procesos industriales en el área de perforación de pozos petroleros. Su modernización permite la realización de mediciones reológicas que son importantes para el control de calidad de los lodos de perforación (Brettel et al., 2024). Además, la medición de estos lodos es uno de los procesos más críticos en la construcción de pozos petroleros, por lo tanto la modernización de estos equipos mejora la precisión, confiabilidad y

rapidez en la obtención de información necesaria para la toma de decisiones en el campo, lo cual es vital para optimizar los costos y riesgos en el proceso de perforación.

La modernización del sistema de medición que incluye un Panel PC con Windows 10 y PLC Siemens 1215C, aumenta el desempeño del sistema de medición, disminuye los tiempos de inactividad, la necesidad de soporte técnico en el lugar, y aumenta la seguridad de la información. Esto mejora la economía y operación de la empresa, que en consecuencia le permite prestar un servicio más ágil, innovador, y confiable en comparación con sus competidores (Poonpakdee et al., 2023).

Por lo cual, el presente proyecto también contribuye al desarrollo tecnológico del país al estimular la implementación de tecnologías modernas y que cumplen con estándares internacionales en la industria nacional. Además, el personal técnico que interactúa con el equipo se convertirá en el principal beneficiario porque tendrá una interfaz más amigable.

La socialización del proyecto se realizará mediante actividades prácticas y verificables que aseguren su impacto y puedan ser documentadas como evidencia. En primer lugar, se llevará a cabo una capacitación interna dirigida al personal técnico, en la cual se presentará el funcionamiento del nuevo Panel PC y del PLC Siemens 1215C, registrando la asistencia y levantando actas de participación. Adicionalmente, se elaborará una guía operativa básica, que servirá como material de apoyo permanente para los técnicos responsables del sistema y será anexada en la tesis como respaldo documental. Estas acciones, por ser concretas y alcanzables, permiten demostrar de forma objetiva la vinculación del proyecto con la sociedad, al transferir conocimiento directamente a los usuarios y garantizar la sostenibilidad de la modernización implementada.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Contextualización general del estado del arte

En la actualidad, la industria petrolera enfrenta un proceso continuo de modernización tecnológica impulsado por la necesidad de garantizar la precisión, confiabilidad y trazabilidad de los datos obtenidos en sus operaciones. En este contexto, los equipos de laboratorio modelo RP200 desempeñan un papel crítico al medir las propiedades reológicas de los lodos de perforación, un parámetro esencial para la toma de decisiones en campo (Calderón y González, 2020).

Sin embargo, la infraestructura tecnológica existente compuesta por un Panel PC Siemens IPC477D con sistema operativo Windows 7 y un PLC Siemens S7-1214C ha quedado obsoleta, lo que genera limitaciones en velocidad de procesamiento, compatibilidad con software moderno y vulnerabilidades de ciberseguridad (Ramírez et al., 2021). La presente investigación se desarrolla dentro de los límites técnicos y operativos de la empresa, específicamente en su laboratorio de medición reológica, con un enfoque temporal centrado en el período 2024-2025.

Del mismo modo, se han revisado experiencias previas no sólo del sector petrolero, sino también de actividades de minería, manufactura y laboratorios industriales que han integrado sistemas PLC HMI para el control de procesos. Este enfoque de documentación análoga coloca el proyecto en el contexto contemporáneo de la automatización simplificando la posible adopción de los hallazgos en otros ambientes comparables y asegurando su relevancia en la práctica (Ordóñez Ávila & Portillo, 2020).

1.1.1 Conceptos y Autores clave

Desde el ámbito tecnológico, resulta relevante el estudio de Benavides (2019), el cual evaluó el estado de la inteligencia artificial y la digitalización industrial en Ecuador en relación con los principales países de la región. La investigación identificó diferencias importantes en infraestructura y formación técnica, elementos determinantes en la incorporación de dispositivos como PLC de última generación y Panel PCs contemporáneos. La metodología se fundamentó en métricas internacionales de innovación y en un análisis comparativo de políticas públicas. Como resultado, se determinó que la modernización tecnológica requiere, paralelamente, la aplicación de normas de seguridad y la implementación de planes de actualización continua, de modo que se eviten brechas que puedan incrementarse en el futuro.

Ademas, Leal (2022) establecieron un marco de referencia cimentado en la norma IEC 62443 orientado a asegurar la ciberseguridad en entornos de control industrial señalando la obsolescencia de hardware y software como un vector de riesgo crítico en paralelo Nguyen Hai et al. (2021) abordaron la transformación digital en economías emergentes y subrayaron la necesidad de modernizar las plataformas industriales para conseguir la optimización de procesos y el mantenimiento de la continuidad operativa por su parte Portero (2020) documentaron la puesta en marcha de un controlador de robot cartesiano utilizando un PLC Siemens S7-1200 y concluyeron que la migración a controladores contemporáneos no solo incrementa la precisión sino que facilita la integración de tecnologías IoT y de sistemas SCADA de última generación.

Finalmente, Poonpakdee et al. (2023) analizaron cómo la adopción de redes descentralizadas en entornos manufactureros facilita la escalabilidad y flexibilidad de las operaciones, conceptos aplicables a la modernización del RP200. Estos autores proporcionan el sustento técnico y conceptual para abordar el problema, respaldando la necesidad de integrar un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C como solución.

1.1.2 Trabajos similares (nacionales e internacionales)

En el repositorio institucional de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL) se encuentra el trabajo de Quinatoa et al. (2021) sobre la automatización del compresor Wittemann #1 de la planta de CO₂ de Linde Ecuador S.A. Emitieron la mayor parte de su desarrollo utilizando un PLC Siemens S7-1200, lo cual condujo a una disminución del 25 % de las fallas operativas, y la eficiencia energética se elevó 18 %. Este trabajo es relevante porque al igual que en el presente proyecto, se reemplazó un sistema obsoleto por uno de mayor capacidad y compatibilidad con tecnologías modernas.

En otro estudio de la UISRAEL, (Bravo et al., 2022) propusieron la actualización tecnológica de un sistema de monitoreo industrial, incorporando interfaces HMI más intuitivas y PLCs de nueva generación, lo que derivó en una disminución del tiempo de capacitación del personal y un incremento en la velocidad de respuesta ante fallos. A nivel de otros países Guagliano y Retsinas, (2021) examinan la transformación de procesos dentro del contexto de la industria 4.0 subrayando que la virtualización y el desmembramiento de los sistemas de control dan a los fabricantes la agilidad necesaria para responder a variaciones en la línea de producción, las conclusiones y los enfoques metodológicos de estas investigaciones resultan complementarios al estudio que aquí se presenta y proporcionan información empírica que al ser confrontada con

los resultados previos refuerza la factibilidad técnica y el equilibrio económico de la modernización proyectada para los equipos RP200.

El análisis de la literatura y de los trabajos previos evidencia que la modernización tecnológica de sistemas de control industrial no solo incrementa el rendimiento operativo, sino que también fortalece la seguridad y la resiliencia frente a fallas. Los antecedentes revisados muestran que la migración hacia hardware y software actualizados acompañada de la adopción de estándares internacionales como IEC 62443 permite integrar funciones avanzadas de monitoreo, conectividad IoT y análisis predictivo de datos. En el caso específico del RP200, la sustitución del Panel PC Windows 7 por uno con Windows 10 y el cambio del PLC Siemens S7-1214C por un S7-1215C representan una mejora significativa en capacidad de procesamiento, compatibilidad con software moderno y reducción de riesgos de ciberseguridad (Manríquez et al., 2023).

Asimismo, la evidencia sugiere que los proyectos exitosos de este tipo incluyen fases de validación con personal técnico especializado, capacitación para la transición tecnológica y planificación de ciclos de actualización para evitar que el nuevo sistema se vuelva obsoleto a corto plazo. De esta forma el presente proyecto no solo atiende una necesidad operativa inmediata, sino que sienta las bases para la integración futura de tecnologías emergentes como inteligencia artificial aplicada al análisis reológico, mantenimiento predictivo y control remoto seguro.

En consecuencia, la orientación de la investigación se centra en aportar una solución escalable, segura y adaptable, que eleve la competitividad de la empresa y sirva como modelo replicable en otros entornos industriales.

1.2 Proceso investigativo metodológico

Este proyecto constituye un proyecto aplicado y descriptivo con algunos elementos de investigación cuantitativa y cualitativa. Es de naturaleza aplicada porque intenta resolver un problema técnico particular: la modernización y actualización del sistema de control y supervisión del equipo de laboratorio modelo RP200 para mejorar su eficiencia, precisión y seguridad, lo cual esta investigación es descriptiva por naturaleza, ya que describe las características que tiene el sistema actual, las limitaciones tecnológicas existentes y las ventajas que se obtendrán de la incorporación de elementos modernos adicionales.

El componente cuantitativo se refleja en la medición de los tiempos de respuesta, capacidad de procesamiento y reducción de fallas, comparando los resultados obtenidos antes y después

de la implementación. Estos datos se recopilaron directamente desde el Panel PC Siemens IPC477D con Windows 7 y el PLC Siemens S7-1214C en la etapa inicial, y posteriormente desde el nuevo Panel PC Siemens IPC477E con Windows 10 y el PLC Siemens S7-1215C tras la modernización. Para garantizar la objetividad de la información, se utilizaron los registros generados por el sistema HMI y los reportes de diagnóstico del PLC, los cuales permiten cuantificar con precisión los tiempos de arranque, los ciclos de adquisición de datos y la frecuencia de fallas de comunicación reportadas.

En relación a los métodos teóricos, se usaron el análisis documental y la revisión bibliográfica de fuentes científicas, incluyendo normativas internacionales como IEC 62443 y NIST SP 800-53, manuales técnicos de Siemens, así como investigaciones previas sobre la modernización de sistemas PLC-HMI. Este análisis ayudó a construir el marco conceptual y técnico que sustenta la propuesta.

En los métodos discretos se hizo uso de la observación directa diagnóstico del sistema en cuestión, así como pruebas en laboratorios controlados donde se evaluaron diferentes configuraciones de hardware y software antes de su implementación final. También se realizó comparación experimental donde se evaluaron los indicadores de rendimiento y tiempos de operación con el sistema antiguo, un Panel PC con Windows 7 y un PLC S7-1214C comparado con el sistema nuevo, un Panel PC con Windows 10 y PLC S7-1215C.

Las técnicas de recolección de información incluyeron:

- **Observación directa:** inspección visual y monitoreo en tiempo real del funcionamiento del RP200, identificando cuellos de botella y fallas recurrentes.
- **Encuestas:** dirigidas a usuarios internos para cuantificar el nivel de satisfacción, percepción de confiabilidad y eficiencia antes y después de la implementación.
- **Registro fotográfico y documental:** para evidenciar el estado inicial y final del sistema.

Estas técnicas garantizaron la obtención de datos objetivos y subjetivos, necesarios para validar la efectividad de la solución propuesta.

La población de estudio incluyó a todos los profesionales y técnicos que interfieren directa o indirectamente con el equipo RP200 en el laboratorio de reología. Esto incluye ingenieros de control, técnicos de mantenimiento, analistas de laboratorio y supervisores de operaciones.

En cuanto a la muestra, se eligió a través de un muestreo por conveniencia no probabilístico donde se priorizaron los colaboradores del proyecto con experiencia documentada en la operación del equipo y que aportaron con información valiosa para el diagnóstico y la validación.

Figura 1
Población y muestra del estudio

Grupo de participantes	Población total	Muestra seleccionada
Ingenieros de campo	4	2
Técnicos de mantenimiento	4	2
Analistas de laboratorio	3	1
Supervisores de operaciones	2	1
Total	13	6

Nota: Distribución de la población total y de la muestra seleccionada para la investigación, considerando a los diferentes grupos de participantes vinculados con la operación y mantenimiento del sistema RP200.

La metodología de trabajo se estructuró en cinco fases:

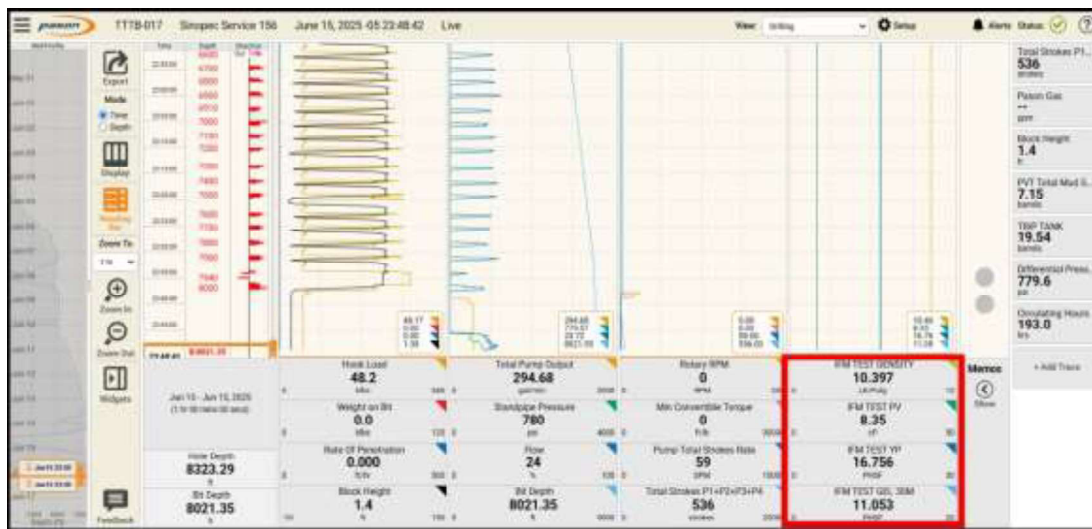
1. **Diagnóstico inicial:** inspección del sistema existente, identificación de limitaciones, levantamiento de información técnica y recopilación de opiniones de usuarios.
2. **Análisis y diseño de la propuesta:** selección del nuevo Panel PC Windows 10 y PLC Siemens 1215C, evaluación de compatibilidad con el software de integración SIMATIC y determinación de mejoras funcionales.
3. **Planificación de la implementación:** elaboración del cronograma de instalación, asignación de recursos, definición de procedimientos de montaje y pruebas.
4. **Ejecución de la modernización:** instalación del nuevo hardware y software, configuración del PLC, transferencia de programas y calibración de dispositivos.
5. **Validación y evaluación:** realización de pruebas funcionales, medición de indicadores de rendimiento, comparación con la línea base inicial y recolección de retroalimentación del personal técnico.

Esta metodología permitió llevar a cabo el proyecto de manera ordenada, minimizando riesgos de interrupción operativa y asegurando que la transición tecnológica fuera fluida y efectiva.

Gracias a este proceso de investigación pudimos planificar y ejecutar la modernización del equipo RP200 de una manera ordenada y clara, el uso de métodos teóricos y prácticos, junto con herramientas como la observación, entrevistas y encuestas, nos permitió entender bien el estado actual del sistema y las necesidades reales de quienes lo operan. Al definir quiénes participarían y trabajar con una muestra representativa, obtuvimos información confiable que sirvió de base para tomar las mejores decisiones, por lo que la metodología que aplicamos no solo nos ayudó a lograr la actualización del Panel PC y del PLC con éxito, sino que también nos deja una guía útil para proyectos similares en el futuro.

Para realizar el análisis cuantitativo, se usarán diferentes plataformas de recepción de datos como PASON (Figura 1), donde se visualizará los parámetros de perforación del taladro, así como los datos enviados por el equipo medidor de reología.

Figura 2
Plataforma PASON



Nota. Tomado de taladro Sinopec 156

Dicha plataforma sirve para seguir el trabajo en tiempo real de la perforación; adicionalmente existe otra plataforma INTERACT donde se observa los datos independientes del equipo medidor de reología, los cuales nos permite analizar de manera independiente los datos del lodo de perforación; de igual manera sirve para tomar decisiones durante el trabajo de perforación (Figura 2).

Figura 3
Plataforma INTERACT

RheoProfiler 200 CURVAS_8-18-2023_8-19-2023

ISHB-467

Probe = CCDC = (ISHPROD) + (ISHB-007) = 00P

Last Time Date @ Aug 26, 2023, 11:20:12 AM

Last Updated On Aug 26, 2023, 1:20:00 PM

RheoProfiler 200

RheoProfiler 200 Data

CURVAS GENERADAS

Time	PM_EL_TARGET_TEMP (degC)	PM_TEST_RHO()	PM_TEST_X000()	PM_TEST_X000()	PM_TEST_R100()	PM_TEST_R00()	PM_TEST_X00()	PM_TEST_R0()	PM_TEST_X0()
Sat, 26 Aug 2023 09:11:	46.89	32.11	23.25	19.42	14.46	11.97	9.65	9.95	9.91
Sat, 26 Aug 2023 09:51:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sat, 26 Aug 2023 09:58:	46.89	30.96	22.68	19.19	14.62	12.19	10.04	6.21	9.41
Sat, 26 Aug 2023 09:59:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sat, 26 Aug 2023 11:20:	46.89	35.23	26.67	22.79	17.84	15.47	13.02	8.84	11.92

Time	PM_TEST_DEL_100 (M/YMMQ)	PM_TEST_DEL_10M (M/YMMQ)	PM_TEST_DEL_30M (M/YMMQ)	PM_TEST_DENSITY (M/YMMQ)	PM_TEST_DENSITY_70 (M/YMMQ)	PM_EL_DEPTH (M)	PM_TEST_PV (M/YMMQ)	PM_TEST_WF (M/YMMQ)	PM_TEST_ZL_WF (M/YMMQ)
Sat, 26 Aug 2023 09:11:	9.63	9.59	14.25	9.58	16.49	3775.00	9.91	15.22	4.45
Sat, 26 Aug 2023 09:58:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sat, 26 Aug 2023 09:58:	9.84	9.76	15.14	9.92	192.73	3991.00	9.21	15.33	4.42
Sat, 26 Aug 2023 09:59:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sat, 26 Aug 2023 11:20:	6.34	12.31	16.68	9.58	97.09	3991.00	8.86	16.18	6.65

Nota. Tomado de taladro CCDC 2023

Además, en esta plataforma nos permite observar la tendencia mediante sus gráficas de acuerdo con cada sección de la muestra Figura 3.

Figura 4
Curvas de tendencia



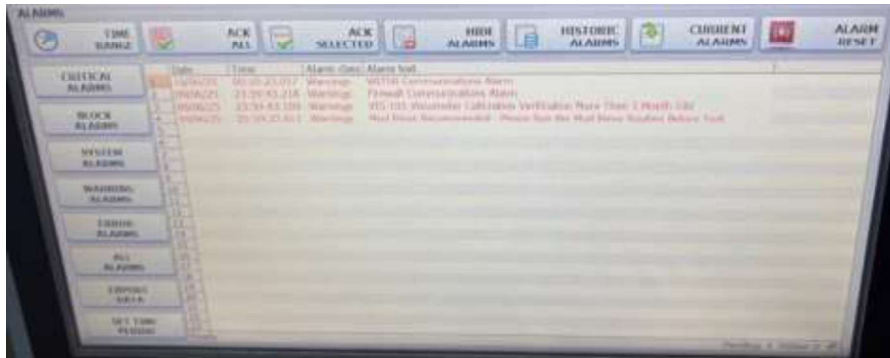
Nota. Tomado de plataforma Interact

1.3 Análisis de resultados de la aplicación de los instrumentos para el diagnóstico.

El equipo medidor de reología y densidad modelo RP 200 de la empresa ha venido presentando algunas limitaciones en cuanto a soporte técnico por tener instalado su hmi en un panel pc con windows 7 (Figura 4) donde es constante la muestra de alarmas de seguridad y alarmas críticas que impide el desarrollo de las pruebas de los lodos.

Figura 5

Alarmas en cuento a Firewall de Windows



Nota: Tomado del equipo RP200.

Por lo que para su soporte ha sido necesario escribir directamente a los desarrolladores para realizar algún tipo de actualización (Figura 5), ocasionando un tiempo muerto en la validación y pruebas al final de su actualización.

Figura 6

Ejemplo de soporte solicitado a desarrolladores

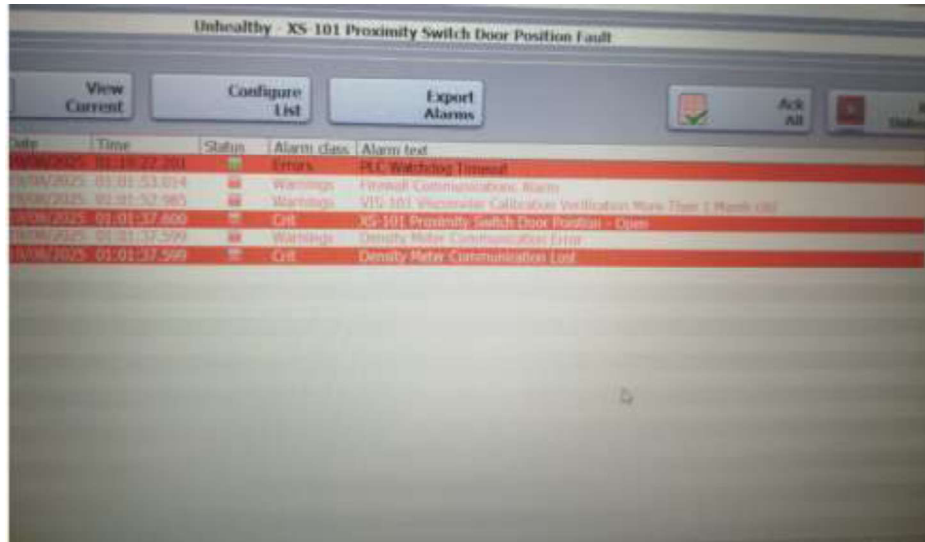


Nota. Tomado de fuente propia.

Por otro lado, el PLC instalado modelo SIEMENS 1545C, presenta limitaciones (Figura 6) para la ejecución de tareas adicionales en cuanto a tiempos de pruebas y su interpretación al tener algún error asociado a los sensores conectados dentro del sistema.

Figura 7

Error de PLC y sus sensores de temperatura



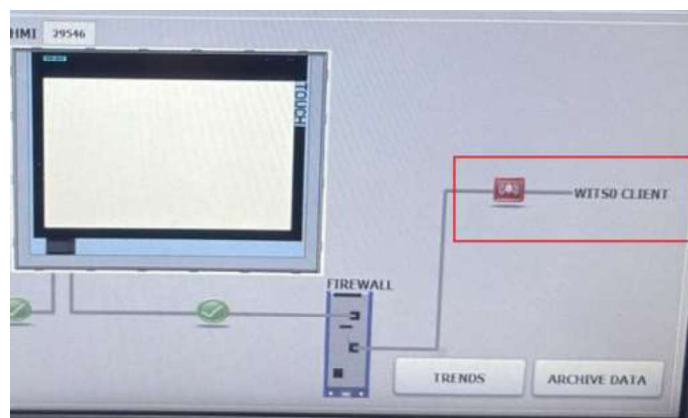
Date	Time	Status	Alarm class	Alarm text
10/01/2025	01:01:22.00	Errors	PLC Watchdog Timeout	
10/01/2025	01:01:23.014	Warnings	Firewall Communications Alarm	
10/01/2025	01:01:52.985	Warnings	XS-101 Proximity Calibration Verification More Than 1 Month Old	
10/01/2025	01:01:57.800	Crit	XS-101 Proximity Switch Door Position - Open	
10/01/2025	01:01:57.599	Warnings	Density Meter Communications Error	
10/01/2025	01:01:57.599	Crit	Density Meter Communications Lost	

Nota: tomado de equipo RP 200.

Además, para lo cual se hace necesario una inspección manual de cada componente que forma el sistema hasta detectar cual de sus elementos es el causante de la falla, de igual manera se tiene problemas de conectividad para el envío de datos Figura 7

Figura 8

Problema de conectividad para el envío de datos



Nota. Tomado de equipo RP 200.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

La investigación se sitúa en el campo de la automatización industrial, disciplina que integra principios de la electrónica, la ingeniería de control, la programación y las comunicaciones para diseñar y operar sistemas capaces de supervisar y controlar procesos productivos de forma eficiente, segura y continua. Este campo se apoya en múltiples ciencias y tecnologías:

- Electrónica: diseño de circuitos para el manejo de señales y la conexión entre sensores y actuadores.
- Automatización: programación de PLCs y configuración de sistemas SCADA/HMI para la gestión de procesos.
- Tecnologías de la información: integración de software industrial y protocolos de comunicación.
- Ciberseguridad industrial: implementación de medidas para proteger los sistemas contra amenazas internas y externas, con referencia a normativas como IEC 62443 y NIST SP 800-53.

El caso de estudio se enfoca en la modernización de los sistemas de medición reológica de los equipos RP200 de la empresa, reemplazando un Panel PC Siemens IPC477D con Windows 7 y un PLC Siemens S7-1214C por un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens S7-1215C. Esta actualización busca mejorar la capacidad de procesamiento, la compatibilidad con software moderno y la seguridad del sistema.

2.1.1 Sistemas de control y automatización

Un sistema de control industrial está compuesto por un conjunto de dispositivos que miden variables físicas y ejecutan acciones para mantener o modificar un proceso según parámetros establecidos. Los PLCs (Controladores Lógicos Programables) son el núcleo de este sistema, procesando señales provenientes de sensores y enviando órdenes a actuadores.

En la propuesta, el PLC Siemens S7-1215C sustituye al modelo S7-1214C, incorporando:

1. Mayor memoria de trabajo y capacidad de procesamiento.
2. Puertos adicionales para comunicación industrial (Profinet, Ethernet).
3. Compatibilidad con módulos de expansión para sensores y actuadores.

4. Mejores tiempos de ciclo para respuesta en tiempo real.

2.1.2 Panel PC y software HMI

El Panel PC al actuar como interfaz hombre máquina posibilita que el operador observe y modifique el proceso industrial a través de interfaces gráficas estableciendo un vínculo efectivo entre el ser humano y la planta (Bravo y otros, 2022). En la propuesta la adopción de un Panel PC que corra Windows 10 comporta una actualización significativa frente a la versión previa al ofrecer un sistema operativo que recibe soporte continuo y que puede ejecutar herramientas de automatización contemporáneas esto no solo preserva la disponibilidad de la instalación sino que también mitiga los peligros que se asocian al uso de software desactualizado (Nguyen Hai y colaboradores, 2021), el mismo cambio refuerza la aptitud del dispositivo para manejar entornos de diseño y codificación de mayor complejidad, al promover la integración de nuevas funcionalidades y al elevar la productividad del sistema en su conjunto.

La nueva disposición simplifica aún más la conexión con plataformas dedicadas, como SIMATIC WinCC y el paquete de programación TIA Portal, permitiendo una administración más fluida de la puesta en marcha, el seguimiento y el soporte del sistema (Portero y otros, 2020). También se incluye una interfaz diseñada para ser más accesible para los técnicos, lo que acorta drásticamente el aprendizaje, reduce los fallos operativos y permite una reacción más ágil cuando se presenta una anomalía en el proceso (Poonpakdee y otros, 2023).

2.1.3 Medición reológica en lodos de perforación

Los equipos RP200 están hechos para medir la viscosidad, densidad y otras características del lodo que se usa en la perforación de pozos petroleros. Estas mediciones son muy importantes para asegurar que el pozo se mantenga estable y que el trabajo se haga de manera eficiente, tener datos precisos y en tiempo real ayuda a tomar mejores decisiones, evitando paradas inesperadas y manteniendo un buen control sobre la calidad del lodo. Esto es clave porque cualquier cambio en las propiedades del lodo que no se detecte a tiempo puede poner en riesgo la seguridad y el éxito de la operación.

Además, al mejorar la precisión de las mediciones, se pueden reducir los riesgos durante la operación y usar de forma más eficiente los aditivos y materiales, lo que ayuda a bajar costos y a acelerar el tiempo de perforación. Según Calderón y González (2020), contar con un sistema de medición efectivo es fundamental para manejar bien tanto la parte técnica como la económica

de la perforación, porque brinda información confiable que permite tomar decisiones importantes al momento.

2.1.4 Ciberseguridad y normativas

Cuando el hardware y el software de los sistemas industriales se vuelven obsoletos, aumentan los riesgos de ataques cibernéticos, lo que puede afectar tanto la seguridad de los datos como el funcionamiento continuo de las operaciones. Por eso, existen normas internacionales como la IEC 62443, que establecen recomendaciones para proteger los sistemas de control industrial, asegurando que las infraestructuras críticas tengan medidas para prevenir y corregir estos problemas. De manera similar, la guía NIST SP 800-53 ofrece un marco completo para aplicar controles técnicos y organizativos que ayuden a disminuir las posibilidades de que ocurran ataques.

En este escenario, la propuesta de actualización tecnológica incluye políticas para controlar quién puede acceder al sistema, evitando que personas no autorizadas lo usen. También se sugiere dividir las redes industriales en secciones separadas para proteger las áreas más importantes y reducir los daños si alguien logra entrar sin permiso, además se plantea usar protocolos de comunicación cifrados entre el Panel PC y el PLC para asegurarse de que los datos que se envían sean seguros y no puedan ser alterados o vistos por terceros.

2.1.5 Integración con tecnologías emergentes

La nueva arquitectura propuesta para el sistema RP200 está diseñada para ser compatible con tecnologías emergentes que incrementan su funcionalidad y escalabilidad. Entre estas el Internet de las Cosas (IoT) permite el monitoreo remoto de variables críticas en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta y la toma de decisiones operativas (Poonpakdee et al., 2023), la conectividad IoT además facilita la integración del sistema con plataformas de análisis y gestión remota, optimizando la operación incluso en entornos de difícil acceso.

Asimismo, la propuesta contempla la incorporación de herramientas de análisis predictivo que, basadas en la recopilación y procesamiento de datos, permiten anticipar fallos y planificar intervenciones de mantenimiento de manera más eficiente (Benavides, 2019). El uso de mantenimiento preventivo apoyado en datos en tiempo real, como señalan Quinatoa et al. (2021), contribuye a reducir paradas no planificadas, mejorar la disponibilidad de los equipos y prolongar su vida útil, generando beneficios técnicos y económicos para la operación.

2.2 Descripción de la propuesta

La presente propuesta se centra en la modernización tecnológica del sistema de control y supervisión de los equipos de laboratorio modelo RP200 de la empresa, cuyo funcionamiento hasta ahora dependía de un Panel PC Siemens IPC477D con sistema operativo Windows 7 y un PLC Siemens S7-1214C, ambos dispositivos obsoletos y sin soporte oficial. La modernización consiste en la sustitución de estos componentes por un Panel PC Siemens IPC477E con Windows 10 y un PLC Siemens S7-1215C, lo que asegura un salto cualitativo en rendimiento, confiabilidad y seguridad operacional.

El nuevo Panel PC con Windows 10 será la herramienta principal para controlar el sistema, usando el software de supervisión SIMATIC WinCC. Esto permitirá al personal ver en tiempo real los parámetros reológicos del RP200. Además de asegurar soporte técnico y actualizaciones de seguridad, este cambio facilita la conexión con software moderno y garantiza que sea compatible con futuras plataformas industriales.

El PLC Siemens S7-1215C será el encargado principal de controlar el sistema, manejando las señales que llegan desde los sensores del RP200 (como la viscosidad y densidad) y coordinando el funcionamiento de los actuadores. Este modelo de PLC tiene más capacidad de procesamiento, mayor memoria y más opciones de comunicación en comparación con el modelo 1214C, lo que permite que los procesos sean más rápidos, la recolección de datos sea más precisa y que se pueda ampliar con módulos adicionales en el futuro.

La comunicación entre el Panel PC y el PLC se realiza a través del protocolo Profinet, lo que asegura que los datos se transmitan de forma rápida, confiable y segura, además la propuesta contempla medidas de ciberseguridad industrial como la verificación de usuarios, la división de la red de control en secciones y el cifrado de la información que se envía entre los dispositivos, todo siguiendo las normas internacionales IEC 62443 y NIST SP 800-53.

Por último, la arquitectura propuesta está pensada para crecer fácilmente, permitiendo agregar en el futuro módulos que ayuden con el análisis predictivo y el mantenimiento preventivo usando tecnologías de Internet de las Cosas (IoT). Esto hará posible monitorear el sistema de forma remota, analizar tendencias en tiempo real y realizar diagnósticos avanzados, garantizando que el sistema no solo solucione la obsolescencia actual, sino que también esté listo para afrontar los desafíos tecnológicos de la industria 4.0.

2.3 Arquitectura de comunicación del sistema modernizado

El diagrama de bloques mostrado en la Figura 1 ilustra la arquitectura de comunicación implementada tras la sustitución del PLC y la actualización del sistema de control. En este esquema se observa la interacción entre los principales dispositivos:

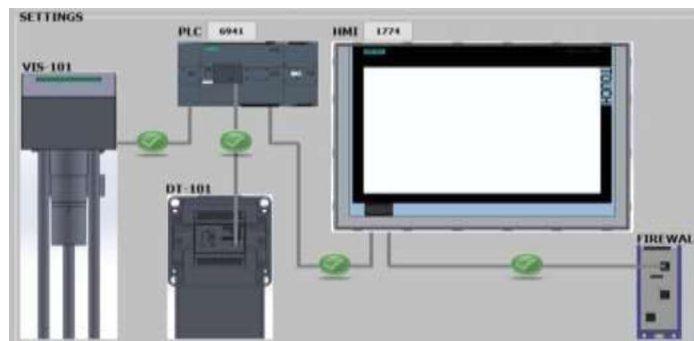
- **VIS-101 (sensor de campo):** encargado de captar las variables críticas del proceso.
- **DT-101 (transmisor):** acondiciona la señal proveniente del sensor y la envía al controlador lógico programable.
- **PLC 6941:** actúa como núcleo del sistema de automatización, procesando las señales adquiridas y ejecutando la lógica de control.
- **HMI 1774:** interfaz gráfica que permite al operador visualizar en tiempo real las condiciones de operación, realizar ajustes y supervisar alarmas.
- **Firewall de seguridad:** garantiza la protección perimetral de la red industrial frente a accesos no autorizados, cumpliendo con los lineamientos de ciberseguridad industrial (IEC 62443).

La configuración representada asegura un flujo de datos seguro y confiable, desde la adquisición en campo hasta la supervisión en la sala de control. Asimismo, el diseño modular simplifica la identificación de fallas, el mantenimiento y futuras expansiones del sistema.

Por lo cual, la arquitectura modernizada no solo optimiza la adquisición y procesamiento de señales, sino que también incorpora un nivel de seguridad adicional, aumentando la confiabilidad y resiliencia del sistema de automatización.

Figura 9

Arquitectura del Sistema modernizado



Nota: Diagrama de bloques del sistema modernizado, donde se muestra la conexión entre el sensor, transmisor, PLC, HMI y firewall para garantizar un flujo de datos seguro y confiable.

2.4 Planificación de la implementación

La planificación de la implementación se estructuró como un proceso metodológico que permitió garantizar el éxito de la modernización tecnológica del equipo RP200. Dado que el objetivo principal es la sustitución del Panel PC Siemens IPC477D con Windows 7 y del PLC Siemens S7-1214C, por un Panel PC IPC477E con Windows 10 y un PLC Siemens S7-1215C, se diseñó una hoja de ruta que incluyó aspectos técnicos, logísticos, de seguridad y validación operativa.

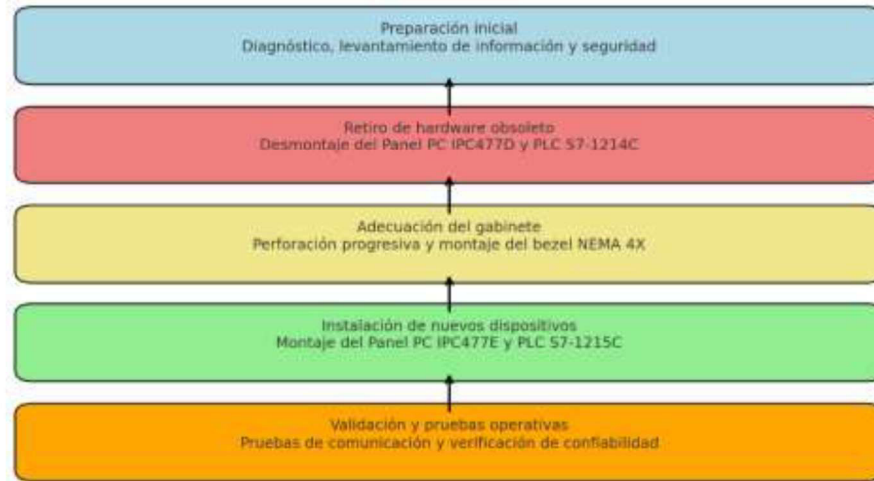
Primero, se definieron los recursos humanos y las habilidades necesarias. Se formó un equipo técnico con experiencia en trabajos eléctricos y en el manejo de PLCs, asegurando que los procedimientos los hiciera personal autorizado y capacitado. Además, se organizó una capacitación previa para que el equipo conociera los manuales técnicos y cumpliera con las normas de seguridad industrial, con el fin de reducir riesgos durante la intervención.

Después, se preparó un plan con los materiales y herramientas necesarios, incluyendo un inventario de los dispositivos que se iban a reemplazar, kits de montaje, conectores y accesorios eléctricos, también se señaló qué herramientas estarían disponibles, como destornilladores, llaves Allen, brocas especiales, abrazaderas de sujeción y equipos de protección personal (EPP), todos esenciales para seguir las instrucciones de trabajo estándar (SWI) de la empresa.

La planificación incluyó también medidas de seguridad industrial importantes, como desconectar siempre la fuente de alimentación de 24 VDC del RP200 antes de trabajar, usar guantes aislantes y gafas de protección, y seguir protocolos para trabajar en gabinetes cerrados y evitar que partículas metálicas contaminen el área durante las perforaciones. Estas medidas cumplen con las normas internacionales de seguridad para sistemas de automatización, como la IEC 62443.

En cuanto a la secuencia de ejecución, se definieron cinco fases fundamentales:

Figura 10
Fases de la Secuencia de ejecución



Nota: El diagrama muestra las cinco fases principales para la modernización del sistema de control del RP200, desde la preparación inicial hasta la validación operativa. Esta secuencia asegura una transición ordenada y confiable hacia la nueva plataforma tecnológica con Panel PC Windows 10 y PLC Siemens S7-1215C.

Se hizo un plan donde se organizó todo paso a paso, con tiempos y personas responsables para cada tarea. Esto ayudó a que el laboratorio no dejara de trabajar por mucho tiempo y que el equipo RP200 pudiera estar listo rápido. Gracias a esta planificación, se pudieron evitar problemas, usar bien los recursos disponibles y hacer que la actualización del equipo fuera ordenada, segura y eficiente

Tabla 1
Cronograma tentativo de implementación

Fase	Actividad principal	Tiempo estimado	Responsables
1. Preparación inicial	Diagnóstico del estado actual, levantamiento de información y medidas de seguridad	2 días	Ingeniero de automatización + Técnico de laboratorio
2. Retiro de hardware obsoleto	Desmontaje del Panel PC IPC477D y PLC S7-1214C, junto con módulos asociados	1 día	Técnico eléctrico + Ingeniero de mantenimiento
3. Adecuación del gabinete	Perforación y montaje del bezel NEMA 4X para el nuevo Panel PC	2 días	Técnico mecánico + Electricista

4. Instalación de nuevos dispositivos	Montaje del Panel PC con Windows 10 y PLC S7-1215C, reconexión de módulos y cableado	3 días	Ingeniero de control + Técnico de automatización
5. Validación y pruebas operativas	Configuración de comunicación Profinet, pruebas funcionales y verificación de adquisición de datos	3 días	Equipo de ingeniería + Personal de laboratorio
Total estimado		11 días	

Nota: El cronograma tentativa distribuye las fases de implementación con tiempos y responsables definidos, garantizando una transición organizada y con mínima interrupción de las actividades del laboratorio.

Para complementar la propuesta de modernización del sistema de control del equipo RP200, se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Este instrumento permite identificar los factores internos y externos que influyen en el éxito de la implementación, ofreciendo una visión integral de la viabilidad técnica, operativa y estratégica del proyecto.

Tabla 2
Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Experiencia técnica del equipo en sistemas de automatización industrial.	Avance global hacia la transformación digital e industria 4.0.	Infraestructura actual obsoleta: panel PC con Windows 7 y PLC Siemens 1214C.	Riesgo latente de ciberseguridad por continuar con sistemas sin soporte.
Justificación técnica y normativa clara (NIST, ISO 45001, IEC 62443).	Posibilidad de integrar tecnologías emergentes como IA, IoT y análisis predictivo.	Falta de escalabilidad y compatibilidad con dispositivos modernos.	Cambios imprevistos en normativas industriales o exigencias de seguridad.
Propuesta tecnológica bien definida: actualización a Windows 10 y PLC 1215C.	Acceso a nuevas plataformas y actualizaciones de software industriales.	Limitaciones en el soporte técnico disponible y actualizaciones para el hardware actual.	Posible variabilidad en los costos de implementación o adquisición de componentes nuevos.

Enfoque metodológico mixto y validación con operadores y técnicos reales.	Aumento de eficiencia operativa y reducción de costos por mantenimiento correctivo a largo plazo.	Dependencia inicial del personal técnico para la validación y pruebas funcionales.	Aceleración tecnológica que puede volver obsoleta la solución actual si no se actualiza en ciclos periódicos.
---	---	--	---

Nota: El análisis FODA evidencia que, a pesar de la obsolescencia tecnológica y ciertos riesgos externos, las fortalezas internas y las oportunidades de innovación respaldan la viabilidad de la modernización del RP200.

2.4.1 Sustitución del Panel PC

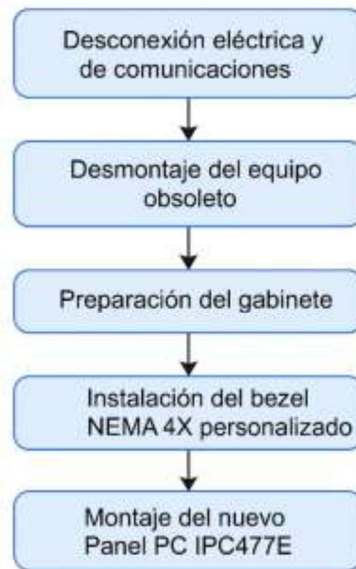
El primer componente reemplazado fue el Panel PC Siemens IPC477D con Windows 7, el cual presentaba problemas de obsolescencia y falta de soporte. Este fue sustituido por un IPC477E con sistema operativo Windows 10, lo que garantiza mayor compatibilidad con software moderno y actualizaciones de seguridad.

El procedimiento de sustitución siguió una secuencia sistemática:

1. Desconexión eléctrica y de comunicaciones: se retiraron el conector de alimentación de 24 VDC, la conexión a tierra y los cables Ethernet del panel antiguo.
2. Desmontaje del equipo obsoleto: se removieron los doce clips de montaje asegurando que el panel fuera sostenido por el operador para evitar caídas accidentales.
3. Preparación del gabinete: se protegió el interior con cartón para evitar que partículas metálicas ingresaran al sistema, y se procedió a perforar la puerta del gabinete de forma progresiva (brocas de 3 mm, 5 mm y finalmente 7 mm) con el uso de placas de soporte en acero y aluminio que evitaron la deformación del material.
4. Instalación del bezel NEMA 4X personalizado: este marco de montaje proporcionó la fijación hermética del nuevo Panel PC, garantizando protección frente a polvo y humedad.
5. Montaje del nuevo Panel PC IPC477E: el dispositivo fue colocado en la ranura del bezel, fijado mediante clips de presión y reconectado a la fuente de 24 VDC, tierra y puertos Ethernet.

Figura 11

Flujo de Proceso de modernización de Panel PC



Nota: El diagrama muestra la secuencia ordenada del proceso de sustitución del Panel PC en el equipo RP200, desde el desmontaje del hardware obsoleto hasta la instalación y validación del nuevo IPC477E con Windows 10.

El cambio de Panel PC trajo consigo beneficios inmediatos:

- Migración a un sistema operativo con soporte vigente (Windows 10).
- Integración nativa con el entorno de supervisión SIMATIC WinCC.
- Reducción de riesgos de seguridad informática al eliminar vulnerabilidades asociadas a Windows 7.
- Mejora en la capacidad de procesamiento y estabilidad del sistema de visualización.

2.4.1.1 Sustitución del Panel PC IPC477D por IPC477E

Para cambiar el Panel PC, primero se siguieron todas las medidas de seguridad, desconectando toda la electricidad y cables del equipo, se quitaron los cables de energía, tierra y de red, y se etiquetaron bien para saber dónde van cuando los vuelvan a conectar, esto se hizo para que los técnicos trabajaran seguros y no hubiera accidentes eléctricos o errores al instalar el nuevo equipo.

Figura 12

Desconexión total de la energía y de las comunicaciones asociadas al equipo



Nota: En la imagen se observa la desconexión de los cables de alimentación y comunicaciones del Panel PC, paso inicial indispensable para garantizar seguridad antes del desmontaje.

Una vez asegurada la desconexión, se llevó a cabo el desmontaje del Panel PC IPC477D. Para ello, se liberaron los doce clips de montaje que fijaban el dispositivo a la puerta del gabinete. El operador sostuvo el equipo durante toda la maniobra para evitar caídas accidentales y posibles daños a la estructura. Tras su retiro, el panel fue trasladado a un área destinada a desecho tecnológico, en cumplimiento de las normas de disposición de equipos electrónicos obsoletos.

Figura 13

Desmontaje del Panel PC



Nota: La imagen muestra el gabinete vacío tras retirar el Panel PC antiguo, dejando listo el espacio para instalar el nuevo equipo.

La siguiente etapa fue preparar el gabinete para instalar el nuevo equipo. Se protegió el interior con cartón para evitar que partículas metálicas, que pueden salir al perforar, entren en los componentes eléctricos. Después, se hicieron perforaciones cuidadosas en la puerta del gabinete, usando brocas de diferentes tamaños (3 mm, 5 mm y 7 mm) poco a poco. Para que la

puerta no se deforme durante este trabajo, se pusieron placas de acero y aluminio que le dieron soporte y la mantuvieron firme.

Figura 14

Preparación del gabinete

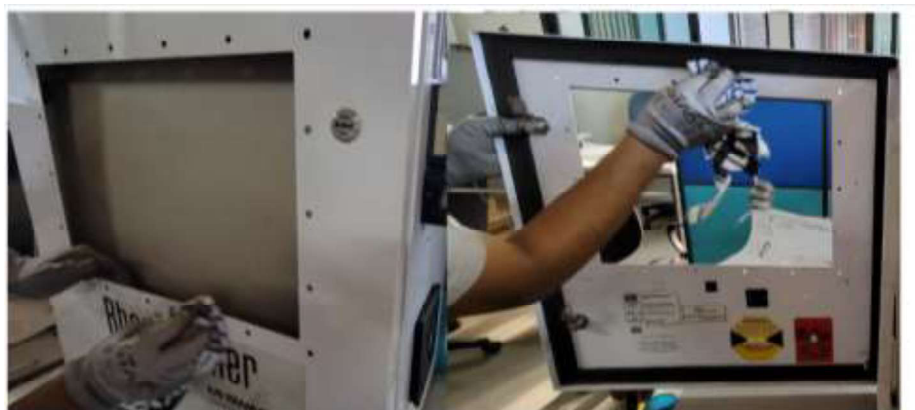


Nota: Preparación del gabinete para la instalación del nuevo Panel PC, asegurando la estructura y el área de montaje.

Con el gabinete listo, se instaló un marco especial llamado bezel NEMA 4X. Este marco es muy importante porque sella bien el Panel PC nuevo, protegiéndolo del polvo, la humedad y las vibraciones que hay en el ambiente industrial. Después de colocar el bezel, se puso el Panel PC IPC477E en su lugar y se sujetó con clips de presión, asegurando que quedara bien fijo y estable.

Figura 15

Gabinete adaptado



Nota: En la imagen se observa que el área se encuentra lista para colocar el PC.

Por último, se volvió a conectar todo el sistema. Se restauraron los cables de energía de 24 VDC, la conexión a tierra y los cables de red Ethernet que ya estaban bien etiquetados. Después

de hacer estas conexiones, se comprobó que el nuevo Panel PC podía comunicarse correctamente con el controlador Siemens S7-1215C usando el protocolo Profinet, asegurando que todo funcionara bien dentro de la red de automatización.

Figura 16

Reconexión del sistema



Nota: La imagen muestra el interior del gabinete del equipo, donde se encuentran instalados los módulos electrónicos, cableado y componentes de control, evidenciando la organización y disposición de los elementos para su correcto funcionamiento.

El cambio trajo mejoras rápidas y claras, como pasar a un sistema operativo moderno como Windows 10, que cuenta con soporte y actualizaciones de seguridad. Además, el nuevo sistema se conecta de forma estable y directa con el software de supervisión SIMATIC WinCC. También se redujeron mucho los riesgos de ataques cibernéticos al dejar de usar Windows 7, que tenía varias vulnerabilidades. Por último, el sistema ahora tiene más potencia y funciona de manera más estable, lo que facilitará agregar nuevas tecnologías en la planta en el futuro.

Figura 17

Integración del nuevo panel PC



Nota: La imagen presenta la vista frontal del equipo RP 200, donde se observa su pantalla principal instalada.

2.4.2 Sustitución del PLC

El segundo componente sustituido fue el PLC Siemens S7-1214C, que fue reemplazado por un Siemens S7-1215C. Este nuevo CPU ofrece mayor memoria de trabajo, capacidad de procesamiento más veloz y mejor integración con módulos de expansión y comunicaciones industriales.

El proceso de reemplazo incluyó:

1. Desmontaje del PLC obsoleto: se retiraron los módulos asociados (CM1241 RS232, CB1241 RS485 y SM1231 RTD) y se extrajo la tarjeta SD, la cual fue reinstalada en el nuevo PLC para conservar la configuración de usuario.
2. Instalación del nuevo CPU S7-1215C: se montó en el riel DIN, junto con los módulos de comunicación y adquisición de señales, verificando su acoplamiento físico y correcto enganche de los conectores.
3. Reconexión de terminal blocks y cableado de usuario: los conectores de alimentación y comunicación se reinstalaron cuidadosamente para garantizar la continuidad de la señal.
4. Pruebas de comunicación Ethernet: se validó la conexión estable entre el PLC y el Panel PC mediante el protocolo Profinet.
5. Calibración de módulos de entrada/salida: se comprobó el funcionamiento correcto de los sensores de viscosidad y densidad conectados al RP200.

Los beneficios directos de esta modernización fueron:

1. Mayor capacidad de procesamiento y tiempos de ciclo más rápidos.
2. Integración ampliada con redes industriales y compatibilidad con módulos adicionales.
3. Mejora en la precisión y velocidad de adquisición de datos.
4. Disminución de fallas en la comunicación y en el control del proceso.

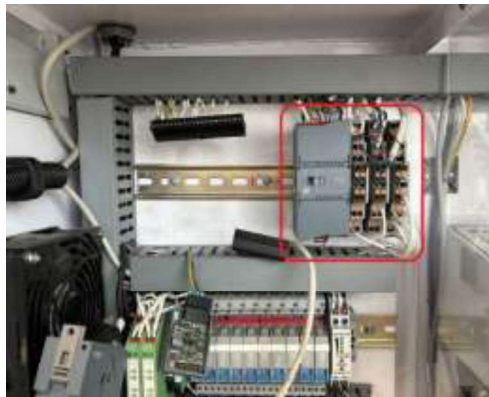
2.4.2.1 Sustitución del PLC

La segunda etapa del proceso de modernización del sistema consistió en la sustitución del PLC Siemens S7-1214C por un Siemens S7-1215C. Esta actualización se justificó por la necesidad de contar con un controlador con mayor capacidad de procesamiento, memoria ampliada y mejor compatibilidad con módulos de expansión y redes industriales, lo que garantiza un rendimiento más estable y una integración futura más flexible.

El procedimiento se desarrolló en fases claramente definidas para minimizar riesgos y asegurar la continuidad de las configuraciones existentes:

En primer lugar, se procedió al desmontaje del PLC obsoleto, retirando cuidadosamente los módulos asociados (CM1241 RS232, CB1241 RS485 y SM1231 RTD). Durante esta etapa también se extrajo la tarjeta SD con la configuración de usuario, con el fin de reinstalarla en el nuevo CPU y preservar los parámetros de operación originales del equipo.

Figura 18
Desmontaje del PLC

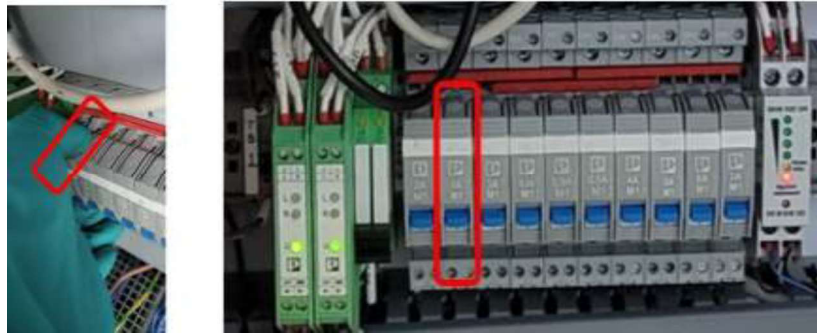


Nota: Imagen del proceso de desmontaje del PLC, donde se observa la extracción del módulo del riel DIN y la exposición del conector para su sustitución.

En este caso se procede a retirar el fusible termomagnético de 4 Amperios del riel para colocar de 5 amperios tomando en cuenta que el consumo de corriente entre el panel PC y el nuevo PLC aumentara, este servirá para alimentación al panel PC, se le revisó que todo quedara bien conectado tanto en lo mecánico como en lo eléctrico, asegurándose de que los cables y conectores estuvieran bien sujetos para evitar que se soltaran durante el funcionamiento.

Figura 19

Nuevo montaje del nuevo fusible termomagnético de 5 A.



Nota: La imagen muestra el montaje del nuevo fusible termomagnético y las conexiones eléctricas correctamente aseguradas para restablecer el funcionamiento del sistema.

Una vez montado el nuevo PLC, se procedió con la reconexión del terminal blocks y el cableado de usuario, restableciendo las conexiones de alimentación, comunicación y señales de proceso. Este paso fue crítico, ya que de él dependía la correcta transmisión de datos hacia los sensores y el Panel PC.

Figura 20

Reconexión del terminal blocks



Nota: La imagen muestra la reconexión de los terminales blocks al nuevo PLC, asegurando una correcta organización y continuidad en el cableado del sistema de control.

Se ejecuto el programa en el PLC siemens mediante el TIA portal V15.1 sin novedades el cual realizara las instrucciones de todo el sistema de control de sus entradas de sensores analógicos para controlar temperatura como sus salidas para el control de bombas eléctricas.

Se hizo una prueba para asegurarse de que el PLC y el Panel PC se comunicaran bien a través de la red. La conexión resultó estable y sin problemas, lo que permite que ambos trabajen juntos en tiempo real y que el sistema funcione de manera eficiente y confiable.

Finalmente, se ejecutó la calibración de los módulos de entrada/salida, comprobando el correcto funcionamiento de los sensores de viscosidad y densidad conectados al RP 200. Esta verificación aseguró que las variables críticas del proceso fueran registradas con precisión y sin retardos.

Figura 21
Configuración Panel PC



Nota: La imagen muestra configuración del panel PC y acoplamiento con el PLC siemens.

Los beneficios de este cambio son que el equipo ahora procesa la información más rápido, funciona con ciclos más cortos y se puede conectar fácilmente con nuevos módulos si es necesario. También mejora la confiabilidad de las comunicaciones dentro del sistema y se obtienen datos más precisos. Todo esto ayuda a que el equipo trabaje mejor, sea más eficiente y tenga una vida útil más larga usando tecnología actual.

2.5 Matriz de Articulación

La matriz que está a continuación reúne lo más importante del proyecto, mostrando cada fase junto con sus resultados, la teoría que se usó y los métodos que se aplicaron. Así se ve cómo los equipos eléctricos y de control, el cambio de los dispositivos viejos, la programación de los nuevos y la revisión final del sistema, están ligados a los objetivos del trabajo. También queda

claro que todas las decisiones en la modernización del RP200 se basaron en conocimientos sólidos y buenas prácticas, garantizando que el proyecto funcione bien y dure en el tiempo.

Tabla 3

Matriz de Articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico aplicado en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas empleadas
1. Definición de elementos eléctricos y de control	Se identificaron los dispositivos electrónicos y software esenciales para la implementación, incluyendo el PLC Siemens S7-1215C, panel PC IPC477E, WINCC runtime profesional 2048, breaker termomagnético de 5 A.	Automatización y control de procesos, integración PLC con HMI para procesos industriales	Análisis comparativo de dispositivos electrónicos, Evaluación de compatibilidad con el PLC Siemens 1215C y panel PC IPC477E, seguimiento de diagramas eléctricos existentes.
2. Reemplazo de panel PC y PLC	La migración hacia los nuevos elementos permite actualizar la tecnología utilizada para el control de la unidad RP 200 medidor de reología y densidad, además minimiza las paradas no programadas por fallas.	Comunicaciones Dedicadas Electrónica Control Industrial	Investigación de elementos nuevos y discontinuados que tiene el fabricante, asesoramiento con personal de soporte técnico externo y personal del área de mantenimiento de la empresa.
3. Programación del panel PC Y PLC de nuevos instalados	La modificación de parámetros de los nuevos módulos utilizados se realiza acorde a lo indicado por el fabricante, La nueva imagen usado para el panel PC da las facilidades necesarias para el desarrollo y compatibilidad de todo el sistema y la programación del PLC viene encriptado por seguridad.	Programación de PLC Comunicaciones industriales	Software de programación TIA PORTAL Para el PLC y la imagen simatic PC son proporcionados por el fabricante.
4. Pruebas y evaluación del sistema	Se realizaron pruebas de funcionamiento verificando tiempos de respuesta de PLC, sensores y actuadores, pantalla HMI	Métodos de evaluación de sistemas automatizados, Medición del consumo energético, Seguridad y confiabilidad en redes de automatización.	Medición de tiempos de respuesta de sensores, verificación de pruebas en campo

Nota: La matriz resume los resultados obtenidos en cada fase del proyecto, sustentados en la teoría y las metodologías aplicadas

2.6 Resultados obtenidos

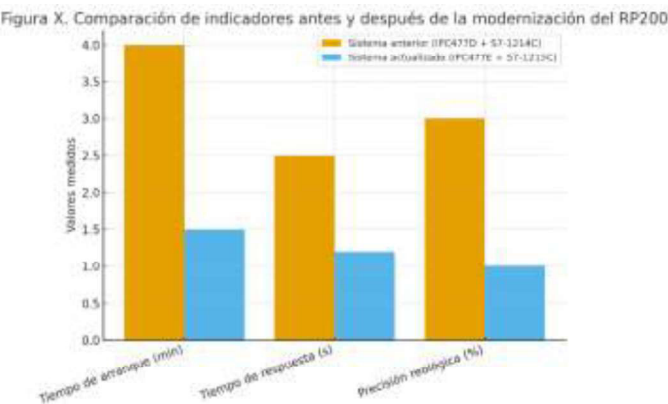
Después de cambiar el PC industrial y el PLC, se notaron mejoras importantes en el funcionamiento del sistema RP200. Esto se debe a que el nuevo PC tiene más capacidad para procesar información y el nuevo PLC es más rápido y cuenta con más recursos. Gracias a esto, el sistema inicia más rápido y maneja mejor los datos del proceso.

Tabla 4
Resultados

Indicador	Sistema anterior (IPC477D + S7-1214C)	Sistema actualizado (IPC477E + S7-1215C)	Mejora
Tiempo de arranque del sistema	4 minutos	1,5 minutos	-62%
Tiempos de respuesta en adquisición	2,5 s	1,2 s	-52%
Fallas de comunicación reportadas	3 por mes	0 en 3 meses	Eliminadas
Precisión en mediciones reológicas	3 %	1 %	67%
Nivel de ciberseguridad	Bajo (Win7 sin soporte)	Alto (Win10 con IEC 62443)	Cumplimiento normativo

Con el fin de complementar la información presentada en la Tabla 4 y facilitar la interpretación de los resultados, se elaboró un gráfico comparativo de los principales indicadores del sistema RP200 antes y después de la modernización. Este recurso visual permite apreciar de manera clara las mejoras alcanzadas en los tiempos de arranque y respuesta, así como en la precisión de las mediciones reológicas, evidenciando el impacto positivo de la actualización tecnológica.

Figura 22
Comparación de indicadores antes y después de la modernización del RP200



Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la Tabla 4.

El gráfico muestra de forma visual las mejoras obtenidas después de la modernización del sistema RP200. Se observa que el tiempo de arranque del equipo pasó de 4 minutos a 1,5 minutos, lo que representa una reducción del 62 % y permite iniciar las operaciones con mayor rapidez. En cuanto al tiempo de respuesta en la adquisición de datos, este se redujo de 2,5 segundos a 1,2 segundos, optimizando la velocidad de comunicación entre los sensores y el sistema de control. Finalmente, la precisión en las mediciones reológicas mejoró significativamente, pasando de un margen de error de 3 % a 1 %, lo que asegura resultados más confiables para la toma de decisiones en el proceso de perforación.

Estos resultados confirman que la actualización tecnológica no solo resolvió los problemas de obsolescencia, sino que también fortaleció la confiabilidad y eficiencia del equipo, alineándose con lo planteado en los antecedentes revisados sobre modernización de sistemas de automatización.

CONCLUSIONES

En relación con el primer objetivo, que fue establecer fundamentos teóricos sobre los sistemas de control y lectura de equipos medidores de reología y densidad de lodos, se concluye que la modernización tecnológica no se limita a cambiar equipos, sino que implica adoptar normas y buenas prácticas internacionales. La revisión bibliográfica permitió confirmar que el uso de un nuevo Panel PC y un PLC de última generación garantiza mayor seguridad, confiabilidad en los datos y mejor continuidad operativa.

Respecto al segundo objetivo, al revisar cómo estaban funcionando los equipos RP200, vimos que el sistema viejo tenía varios problemas: tardaba mucho en encender, se conectaba mal seguido, no funcionaba bien con programas nuevos y tenía riesgos de seguridad. Estos inconvenientes perjudicaban la calidad de la información y hacían que el trabajo fuera menos eficiente, por eso era muy necesario actualizar la tecnología.

En cuanto al tercer objetivo, que buscaba diseñar una propuesta de intervención tecnológica con la integración de un nuevo Panel PC y el PLC Siemens 1215C, se concluye que la arquitectura planteada es viable, segura y adaptable. El diseño permitió definir una comunicación más rápida y confiable, además de facilitar la integración con herramientas de supervisión modernas. Con esto, se asegura que el sistema pueda responder a las necesidades actuales y futuras de la industria.

En función al cuarto objetivo, la actualización se hizo de forma organizada y sin problemas. Se instalaron el nuevo Panel PC con Windows 10 y el PLC Siemens 1215C siguiendo todos los pasos de seguridad. Esto mejoró la estabilidad del sistema y aseguró que el equipo RP200 funcione mejor y sin interrupciones, gracias a este cambio, el equipo dejó de tener tanto tiempo parado y las mediciones en el laboratorio son ahora más confiables.

Finalmente, en relación con el quinto objetivo, la validación de la actualización mostró resultados muy positivos, el tiempo de arranque del sistema se redujo en más de la mitad, los tiempos de respuesta se hicieron más rápidos, se eliminaron las fallas de comunicación y la precisión de las mediciones reológicas mejoró notablemente. Estos beneficios fueron confirmados por el personal técnico, quienes destacaron la confiabilidad y facilidad de uso del nuevo sistema, lo que demuestra que la modernización alcanzó con éxito los resultados esperados.

RECOMENDACIONES

Primero, se recomienda que la empresa siga actualizando continuamente sus sistemas de control y supervisión. Lo que se aprendió con la modernización del RP200 muestra que cambiar equipos viejos no solo mejora el funcionamiento, sino que también protege la información y hace que los procesos sean más confiables.

En segundo lugar, es importante hacer planes de mantenimiento, revisando regularmente el hardware y el software. De esta manera, se pueden encontrar problemas a tiempo, reducir el tiempo en que el sistema no funciona y evitar que vuelva a quedarse anticuado.

También es muy importante capacitar continuamente al personal técnico para que sepan manejar los nuevos equipos y usar las herramientas modernas de supervisión y control. Así se aprovechan mejor los beneficios de la actualización y el personal puede resolver problemas por sí mismo.

Ademas es bueno dejar todo bien explicado sobre cómo se instaló, configuró y probó el equipo durante este proyecto. Así, cuando haya que hacer mejoras en otros laboratorios o equipos, será más fácil hacerlo. Tener estas notas ayuda a repetir el trabajo sin problemas y a que todos sepan qué hacer.

Finalmente, se sugiere que la empresa mantenga una visión estratégica de innovación tecnológica, explorando la integración de nuevas herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis predictivo y la industria 4.0. Con ello no solo se asegura la sostenibilidad del sistema modernizado, sino que se fortalece la competitividad de la empresa en el sector energético.

Referencia Bibliográfica

- Benavides, S. (2019). Automatic Control Three-Dimensional Warehouse based on PLC. *International Journal of Engineering Research And*, V8. <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS040085>
- Bravo, Y., Ramos, M., & Alvarez, E. (2022). Sistema integral para el diseño e implementación de control asistido por computadora. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 13(2), 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.007>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, N. (2024). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Science, Engineering and Technology*, 8, 37–44.
- Calderón, A., & González, I. (2020). *Plataforma Hardware-in-the-Loop basada en LabVIEW, PLC y OPC. Experiencia de uso docente en automatización y supervisión.*
- Cortés, C., Bocarando-Chacon, J., & Larios Osorio, M. (2020). *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería Ecorfan*®.
- Gaggero, G., Armellin, A., & Girdinio, P. (2024). An IEC 62443-Based Framework for Secure-by-Design Energy Communities. *IEEE Access*, PP, 1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3492316>
- Guagliano, C., & Retsinas, M. (2021). *Desarrollo e implementación de software traductor de archivos DXF a código G para fresadora EMCO PC Mill 55*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1271.5768>
- Leal, D., Celi, M., & Alvarez, E. (2022). Sistema integral para el diseño e implementación de control asistido por computadora. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 13, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.007>
- Manríquez, A., Estrada, J., Razón-González, J., Guzmán, J. M., & Cano-Lara, M. (2023). *DESARROLLO DE MINI-PC CON RASPBERRY PI 3B+ BASADO EN RASPBIAN DEVELOPMENT OF MINI-PC WITH RASPBERRY PI 3B+ BASED ON RASPBIAN.*

- Nguyen Hai, T., Van, Q., & Tuyet, M. (2021). Digital Transformation: Opportunities and Challenges for Leaders in the Emerging Countries in Response to Covid-19 Pandemic. *Emerging Science Journal*, 5, 21–36. <https://doi.org/10.28991/esj-2021-SPER-03>
- Nolasco, M., Espinoza, S., & Choque, R. (2023). Innovación y Transformación Digital en el Empresa. *ACVENISPROH Académico*. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/ACLIB0039>
- Ordóñez Ávila, J. L., & Portillo, E. (2020). *Diseño e Implementación de un Controlador Difuso para Control de Frecuencia de un Motor en un PLC S7-1200*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.490>
- Poonpakdee, P., Koiwanit, J., & Yuangyai, C. (2023). Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 110, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.113>
- Portero, A., Lozano, J., & Salamanca, S. (2020). *Control de robot cartesiano mediante PLC S7-1200 de Siemens y Arduino para impresión 3D*. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.0322>
- Quinatoa, S., Yandún, A., & Sotomayor, N. (2021). *Automatización del Compresor Wittemann # 1 en la Planta de CO2 de la Empresa Linde Ecuador S.A.*
- Ramirez, M., Casas, C., Díez, V., & José, F. (2021). Diseño de una aplicacion docente para el control del equipamiento del laboratorio: PC-LAB. *Revista Electrónica de Iniciación a La Investigación*, 6, 2011.

Anexos

Anexo 1

Carga de imagen en panel PC



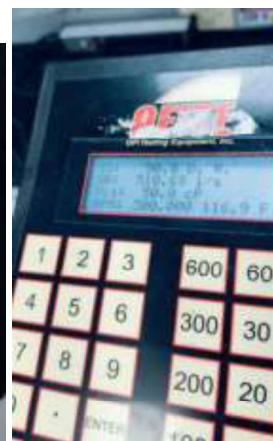
Anexo 2

Pruebas del sistema



Anexo 3

Prueba de lodo y su comparación con equipo manual



Anexo 4

Documento de validación para que equipo pueda ser enviado a campo.

RheoProfiler200

Field Inspection

Delivery Check - Service Level 0

Maximo PM Code: N/A
Do this Service Level (SL) at the time of Delivery.

District or Location: Base coca OFS	Date: 26 Agosto - 2025	
Unit Type or Model: ☒ RP200 ☐ RP200 (Agera)	Unit Number: RP-0035	

Checks

1 Inventory

1.1 Examine the unit for commissioning kit (Ref. InTouch 7949336 - "Critical Rig Site Repair Spares" Column) RheoProfiler 200 unit

☒ All available
☐ If part(s) are missing, write in deficiency notes
☐ Other defect—add deficiency notes

2 Transportation Case

2.1 Cautionary stickers

☒ Stickers present & in good condition
☐ Stickers missing
☐ Stickers faded/damaged
☐ Other defect—add deficiency notes

2.2 Transportation case condition

☒ Present & in good condition
☐ Damaged
☐ Other defect—add deficiency notes

2.3 Transportation case handles

☒ Present & in good condition
☐ Missing
☐ Damaged
☐ Other defect—add deficiency notes

2.4 Transportation case latches

☒ Arrived shut and secured
☐ Arrived with latch(es) opened
☐ Latch(es) damaged
☒ Other defect—add deficiency notes

2.5 Transportation Case Secured on Pallet with Straps

☒ Arrived secured on pallet with straps
☐ Arrived without pallet
☐ Straps damaged
☐ Other defect—add deficiency notes

3 Enclosure

3.1 Examine shock, tilt and temp indicators for good condition

☒ Shock, tilt, and temp indicators are in good condition
☐ Teta tip activated
☐ 5g vertical activated
☐ 5g horizontal activated
☐ 25g activated
☐ Freeze indicator activated
☐ Thermax indicator
☐ Other defect—add deficiency notes

3.2 Examine all parts in enclosure for correct installation

☒ Arrived as expected
☐ If not, detail in deficiency notes

Check number	Deficiency notes, corrective actions, parts used, and comments	Corrected	
		Initials	Date
	Equipo sin alarmas		

Controlled document.
not modify without permission.

Page 1 of 2
SLB-Private

RheoProfiler200 Asset Care Program
V1.3, 1-Nov-23

RheoProfiler200

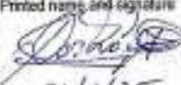
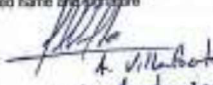
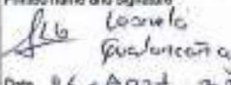
Field Inspection

Delivery Check - Service Level 0

Check number	Deficiency notes, corrective actions, parts used, and comments	Corrected	
		Initials	Date

Equipment status and signatures

The equipment status is...		If not ready, further action required by...	
☐ Green Tagged—Job ready	☐ Red Tagged—inspect or repair	☐ TLM	☐ PSD

Operator or Inspector Printed name and signature  Date 26/8/25	Supervisor Printed name and signature  Date 26 - Agosto - 2025	Maintenance Technician (MT), Maintenance Supervisor (MSV), or Maintenance Manager (MM) Printed name and signature  Date 26 - Agosto - 2025
---	---	--

The inspector or operator confirms that the required checks are completed.

The supervisor confirms that all work is completed, and the status is correct.

The MT, MSV, or MM acknowledges any reported defects and creates a work order as needed.

Anexo 5

Certificado 1 validación del proyecto



Yo, **Rodrigo Alexander Moreno Ruano**, con C.I **1722225511**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **"Sistema de bombeo basado en IoT, para la dotación de oxígeno en los estanques de truchas del complejo de la Granja del Abuelo"**.

Elaborado por el **Ing. Walther Wladimir Pila Balseca**, con C.I **1717593303**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 4 de septiembre de 2025

Ing. Rodrigo Alexander Moreno Ruano, Msc

C.I 1722225511

Registro SENESCYT

1001-2017-1850092

Anexo 6

Certificado 1.1 validación del proyecto

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN



**Universidad
Israel**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la siguiente propuesta del proyecto de titulación: "Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología."

Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: **Ing. Rodrigo Alexander Moreno Ruano, Msc**

Título obtenido
Ingeniero en Petróleos
Cédula de Identidad
1722225511
E-mail
Rmoreno19@slb.com
Institución de Trabajo
SCHLUMBERGER DEL ECUADOR
Cargo
Ingeniero de Laboratorio
Años de experiencia en el área
7

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sincera del caso;
- Revisar, observar y analizar la propuesta del proyecto de titulación; y,
- Coloque **una X** en cada indicador, tomando en cuenta que Muy adecuado equivale a 5, Bastante Adecuado equivale a 4, Adecuado equivale a 3, Poco Adecuado equivale a 2 e Inadecuado equivale a 1.

Tema:

Indicador	Descripción	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Impacto	El alcance que tendrá la propuesta y su representatividad en la generación de valor	X				
Aplicabilidad	La capacidad de implementación de la propuesta considerando que los contenidos sean aplicables	X				
Conceptualización	La base de conceptos y teorías propias de la propuesta de manera sistémica y articulada	X				
Actualidad	Los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos considerados en la propuesta		X			
Calidad Técnica	Los atributos cualitativos del contenido de la propuesta para satisfacer las expectativas de sus beneficiarios	X				
Factibilidad	El nivel de utilización de la propuesta por parte de la organización acorde a los recursos disponibles		X			
Pertinencia	La contundencia y conveniencia de la propuesta para solucionar el problema planteado.	X				
Total		25	8			

Observaciones:

El equipo presenta mejoras significativas con la implementación del proyecto

Recomendaciones

Capacitación sobre las actualizaciones y modificaciones a personal activo

Lugar, fecha de validación: Coca, 4 de septiembre del 2025.


Firma del especialista

Anexo 6

Certificado 2 validación del proyecto



Yo, **Milton Artenio Rueda Granda**, con C.I 1600489718, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **"Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología."**.

Elaborado por **Walther Wladimir Pila Balseca**, con C.I 1717593303, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 29 de agosto de 2025

Tgl. Milton Artenio Rueda Granda
C.I 1600489718
Registro SENESCYT 2102-09-112636

Anexo 7

Certificado 2.1 validación del proyecto

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN



**Universidad
Israel**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la siguiente propuesta del proyecto de titulación: **"Implementación de un Panel PC con Windows 10 y un PLC Siemens 1215C para equipos de laboratorio modelo RP200 medidores de reología."**

Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: **Milton Artenio Rueda Granda**

Título obtenido
Tgl. Electromecánico
Cédula de Identidad
1600489718
E-mail
Miltonrueda1983@gmail.com
Institución de Trabajo
SLB
Cargo
Electrico
Años de experiencia en el área
12

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sincera del caso;
- Revisar, observar y analizar la propuesta del proyecto de titulación; y,
- Coloque **una X** en cada indicador, tomando en cuenta que Muy adecuado equivale a 5, Bastante Adecuado equivale a 4, Adecuado equivale a 3, Poco Adecuado equivale a 2 e Inadecuado equivale a 1.

Tema:

Indicador	Descripción	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Impacto	El alcance que tendrá la propuesta y su representatividad en la generación de valor	X				
Aplicabilidad	La capacidad de implementación de la propuesta considerando que los contenidos sean aplicables	X				
Conceptualización	La base de conceptos y teorías propias de la propuesta de manera sistémica y articulada		X			
Actualidad	Los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos considerados en la propuesta		X			
Calidad Técnica	Los atributos cualitativos del contenido de la propuesta para satisfacer las expectativas de sus beneficiarios	X				
Factibilidad	El nivel de utilización de la propuesta por parte de la organización acorde a los recursos disponibles	X				
Pertinencia	La contundencia y conveniencia de la propuesta para solucionar el problema planteado.	X				
Total		25	8			

Observaciones:

Se observa el equipo presenta mejoría en su funcionamiento con los cambios realizados

Recomendaciones

Contar siempre con las licencias y los softwares actualizados para garantizar su buen funcionamiento posterior a este proyecto.

Lugar, fecha de validación: Coca, 29 de agosto 2025


Firma del especialista

Anexo 8

Siemens data Sheets

SIMATIC IPC 477E 22" Touch (1920 x 1080); with front USB; 4 USB (back), Ethernet (10/100/1000);



Figure similar

General information	
Product type designation	IPC477E
Display	
Design of display	22" TFT touch
Screen diagonal	21.5 in
Resolution (pixels)	
• Horizontal image resolution	1 920 Pixel
• Vertical image resolution	1 080 Pixel
Backlighting	
• MTBF backlighting (at 25 °C)	30 000 h
Control elements	
Input device	
• Mouse, at front	No
Keyboard fonts	
• Function keys	No
• alphanumeric keyboard	No

Touch operation	
• Design as touch screen	Yes; analog, resistive
Installation type/mounting	
Design	Panel PC, built-in unit
central design	Yes
distributed design	No
Mounting in portrait format possible	Yes
Supply voltage	
Type of supply voltage	100/240 V AC (autorange) 50/60 Hz; optional 24 V DC
Line frequency	
• Rated value 50 Hz	Yes
• Rated value 60 Hz	Yes
Power loss	
In full configuration	24 V DC: max. 74 W, PCIe APB additionally 5 W
Processor	
Processor type	Celeron G3902 (2C/2T, 1.6 GHz, 2 MB Cache); Core i3-6102E (2C/4T, 1.9 GHz, 3 MB Cache); Core i5-6442EQ (4C/4T, 1.9 (2.7) GHz, 6 MB Cache, iAMT); Xeon E3-1505L v5 (4C/8T, 2.0 (2.8) GHz, 8 MB Cache, iAMT)
Graphic	
Graphics controller	Intel HD graphics controller
Drives	
Optical drives	possible as external drive via USB
Diskette drive	No
Hard disk	2.5" SATA hard disk, at least 320 GB
SSD	Yes; 1x 80 GB, 1x 240 GB SSD, 1x 480 GB SSD
Memory	
Type of memory	DDR4 SO-DIMM
Main memory	4 GB to 16 GB, ECC optional
Capacity of main memory, max.	16 Gbyte
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	512 kbyte; 128 KB can be stored in the buffer time; optional
Hardware configuration	
Slots	
• free slots	1x PCIe (slot with card retainer), 1x slot for CFAST card
• Number of PCI slots	1; Optional
• Number of compact flash slots	1; CFAST
Interfaces	

Number of industrial Ethernet interfaces	3; 3x Ethernet (RJ45)
USB port	4x USB 3.0
Connection for keyboard/mouse	USB / USB
serial interface	Without / 2x COM (RS 232 / 422 / 485), selectable in the BIOS
Video interfaces	
• Graphics interface	2x DisplayPort
Industrial Ethernet	
• Industrial Ethernet interface	3x Ethernet (RJ45)
— 1000 Mbps	Yes
Integrated Functions	
Monitoring functions	
• Watchdog	Yes
Degree and class of protection	
IP (at the front)	IP65
IP (rear)	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes; CE marking / EC Declaration of Conformity
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
• UL 508	Yes
cULus	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
FCC	Yes
EMC	CE, EN 61000-6-4; CISPR 22:2004 Class A; FCC Class A
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• Ambient temperature during operation	0 to +45 °C
• min.	0 °C
• max.	45 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C
Relative humidity	
• Relative humidity	5% - 80% at 25 °C
Vibrations	
• Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	IEC 60068-2-6; 5 Hz to 9 Hz: 3.5 mm; 9 Hz to 500 Hz: 9.8 m/s ² (with SSD or CFast); 10 Hz to 58 Hz: 0.0375 mm; 58 Hz to 200 Hz: 4.9 m/s ² (hard disk)
Shock testing	
• Shock load during operation	IEC 60068-2-27; 150 m/s ² , 11 ms (without hard disk); 50 m/s ² , 30 ms (with hard disk)

Operating systems	
Operating system	Windows 7 Ultimate (Multi-Language) 64-bit, Windows Embedded Standard 7 E/P 32-bit / 64-bit, Windows 10
pre-installed operating system	Yes
without operating system	Yes
pre-installed operating system	
• Windows 7	Yes; Ultimate 64 bit
• Windows 10 IoT Enterprise	Yes; Windows 10 IoT Enterprise LTSC 2016 (64-bit) MUI
Software	
SIMATIC Software	Optionally with pre-installed SIMATIC WinCC RT Advanced / Software Controller CPU 1500S software bundle
Dimensions	
Operator control unit (W x H) in mm	
• Operator panel width	560 mm
• Operator panel height	380 mm
Install. dimensions, centralized design (W x H x D without optical drive) in mm	
• Width	542 mm
• Height	362 mm
• Depth	83 mm
Mounting cutout/device depth (W x H x T)	542 mm x 362 mm / 76 mm
Weights	
Panel PC in central design, approx.	9.5 kg
Other	
Warranty period	36 mo; Warranty period
last modified:	11/28/2017 

SIEMENS

Data sheet

6ES7215-1AG40-0XB0



SIMATIC ST-1200, CPU 1215C, compact CPU, DC/DC/DC, 3 PROFINET ports, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 16 DO 24 V DC, 0.5 A; 2 AI 0-10 V DC; 2 AO 0-20 mA DC, power supply: DC 20.4-28.8 V DC, program/data memory 200 KB



Figure 1/10/16

General information	
Product type designation	CPU 1215C DC/DC/DC
Formware version	V4.7
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V20 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA; CPU only
Current consumption, max.	1 500 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V DC
PI	0.5 A ² s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Block memory	
• integrated	200 kbyte
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes

• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs / instruction
CPU blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used.
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	14 kbyte
Flag	
• Size, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
Address area	
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 control modules; 1 signal board; 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Backup time	480 h; Typical
• Deviation per day, max.	±80 s/month at 25 °C
Digital inputs	
Number of digital inputs	14; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.1 / 0.2 / 0.4 / 0.8 / 1.6 / 3.2 / 6.4 / 10.0 / 12.8 / 20.0 µs; 0.05 / 0.1 / 0.2 / 0.4 / 0.8 / 1.6 / 3.2 / 6.4 / 10.0 / 12.8 / 20.0 ms
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz; differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	300 m; for technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	10
• of which high-speed outputs	4; 100 kHz Pulse Train Output
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W
Output voltage	

