

**DISEÑO DE PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MIGRACIÓN DEL  
SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL SECTOR OIL & GAS PARA LA  
EMPRESA OMNICON**



**MARIA ALEJANDRA TRUJILLO TRUJILLO**

Trabajo de grado en Automática Industrial

Modalidad Práctica Profesional

Director de Trabajo de Grado:

Mtr. Oscar Amaury Rojas Alvarado

Asesor de la Empresa:

Ing. Gustavo Andres Ramirez Torres

**Universidad del Cauca**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**

**Programa de Ingeniería en Automática Industrial**

**Popayán, 2022**

MARIA ALEJANDRA TRUJILLO TRUJILLO

**DISEÑO DE PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MIGRACIÓN DEL  
SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL SECTOR OIL & GAS PARA LA  
EMPRESA OMNICON**

Informe presentado a la facultad de  
Electrónica y Telecomunicaciones de la  
Universidad del Cauca para la obtención del  
título de:

Ingeniera en Automática Industrial

Director de Trabajo de Grado:  
Mtr. Oscar Amaury Rojas Alvarado

**Universidad del Cauca**  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Programa de Ingeniería en Automática Industrial**  
**Popayán, 2022**

## Dedicatoria

Dedicado a mi Familia y a todas las personas que hicieron parte incondicional en esta etapa de formación profesional y personal, acompañada de tantas traspasos, tristezas y alegrías.

Esto es por ustedes.

## Agradecimientos

a Dios por la vida y grandiosa oportunidad de estudiar en la Universidad del Cauca, la cual me ha brindado las mejores experiencias y aprendizajes para ser una profesional integra.

Agradecer a mis padres Doly y Agustín por el esfuerzo durante esta etapa académica. A mis queridos hermanos que son un gran modelo a seguir.

Sin dudarle también a Maria Hoyos y Sebastian Mendez por sus sabios consejos, pero sobre todo por su amistad, que me ha hecho una mejor persona profesional.

Al director de este trabajo de grado, Ingeniero Oscar Amaury por todos los conocimientos brindados y por su guía en este ejercicio.

Por supuesto a la Familia Omnicon por permitirme y brindarme los conocimientos para llegar a feliz término esta práctica laboral en cabeza del Ingeniero Gustavo Ramirez y el equipo de trabajo.

## **Resumen**

En esta monografía se diseña la propuesta de automatización para la migración, estandarización, integración y mejora de un sistema de monitoreo y control en el sector Oil & Gas. La migración de los sistemas de control en una planta, surgen a partir de la concurrencia de fallos en los sistemas y con ello los impactos económicos que se pueden generar, debido a la obsolescencia de las tecnologías, dado que los equipos que están en el fin de su ciclo de vida presentan dificultades para dar mantenimiento y soporte para estos. Adicional el hardware antiguo también puede carecer de características técnicas que los sistemas actuales pueden ofrecer para optimizar los procesos. La propuesta de migración diseñada pretende planificar la implementación de una integración de un sistema de control bajo estándares internacionales de automatización de procesos y con tecnología que permita al Cliente de Omnicon enfrentar los desafíos del mercado competitivo de la industria actual.

## **Abstract**

This monograph designs the automation proposal for the migration, standardization, integration and improvement of a monitoring and control system in the Oil & Gas sector. The migration of the control systems in a plant, arise from the concurrence of failures in the systems and with it the economic impacts that can be generated, due to the obsolescence of the technologies, since the equipment that is in the end of their life cycle present difficulties in providing maintenance and support for them. Additionally, old hardware may also lack technical features that current systems can offer to optimize processes. The designed migration proposal intends to plan the implementation of a control system integration under international process automation standards and with technology that allows the Omnicon Client to face the challenges of the current industry competitive market.

## Índice

1	Introducción.....	14
1.1.	Objetivos.....	16
1.1.1.	Objetivo General .....	16
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	16
2	Capítulo 2. Generalidades.....	17
2.1.	Reseña Histórica de Omnicon .....	17
2.1.1.	Misión.....	18
2.1.2.	Visión .....	18
2.2.	Rol Desempeñado en Omnicon: Junior Solution Designer .....	18
3	Capítulo 3. Marco de Referencia.....	20
3.1.	Gestión de Proyectos .....	20
3.1.1.	Planificación.....	21
3.2.	Automatización Industrial .....	22
3.3.	Sistema de Control Distribuido (DCS).....	23
3.3.1.	PC o Controlador de Ingeniería.....	24
3.3.2.	Controlador de Distribución.....	24
3.3.3.	Estación de Operación o HMI.....	24
3.3.4.	Redes de comunicación y protocolo.....	25

3.4.	Migración de los sistemas de Control.....	25
3.5.	Estándares en la automatización Industrial .....	25
3.5.1.	El estándar ANSI/ISA 88 para control de lotes.....	26
3.5.2.	El estándar ANSI/ISA 95 para comunicación MES y ERP a MES .....	26
3.5.3.	Estándar ANSI/ISA 99 en ciberseguridad industrial.....	27
3.5.4.	Estándar técnico ANSI/ISA 101 Human-Machine Interfaces.....	27
4	Capítulo 4. Análisis del Requerimiento.....	30
4.1.	Contextualización y Análisis de Proyecto .....	30
4.2.	Arquitectura Actual .....	32
4.2.1.	Hardware de Arquitectura Actual .....	33
4.2.2.	Análisis de Obsolescencia.....	37
4.3.	Alcance .....	39
4.4.	Actividades Fuera del Alcance del Proyecto.....	40
5	Capítulo 5. Diseño de Arquitectura de Control .....	41
5.1.	Tecnología propuesta.....	41
5.1.1.	Filosofía PlantPax .....	41
5.2.	Diseño de Arquitectura.....	44
5.2.1.	Topología de Red .....	45
5.2.2.	Hardware de Arquitectura Propuesta .....	48
5.2.3.	Software .....	56

5.2.4.	Gabinetes y Accesorios de Montaje .....	58
5.3.	Gestión de Proveedores .....	60
5.3.1.	Equipos Allen Bradley .....	60
5.3.2.	Protecciones, Fuentes, cableado.....	61
5.3.3.	Gabinetes .....	61
5.3.4.	Software y otros componentes .....	61
6	Capítulo 6. Estrategia de Ejecución.....	62
6.1.	Actividades .....	62
6.1.1.	Levantamiento de Información y Documentación de Diseño .....	62
6.1.2.	Migración a PlantPax de la programación del sistema de Control .....	63
6.1.3.	Migración del sistema de Supervisión y entorno gráfico HMI .....	64
6.1.4.	Pruebas FAT, SAT, comisionamiento y puesta en marcha.....	64
6.1.5.	Actualización de OWS, Servidores y Equipos de Comunicación.....	65
6.1.6.	Instalación y Modificación en los Gabinetes de Control .....	65
6.1.7.	Soporte Post-Arranque .....	66
6.1.8.	Capacitación y Documentación AS-BUILD .....	66
6.2.	Cronograma y Organigrama .....	67
6.2.1.	Cronograma.....	69
6.2.2.	Organigrama.....	70
6.3.	Viáticos .....	71

7	Capítulo 7. Análisis Presupuestal .....	73
7.1.	Propuesta comercial detallada de Componentes Hardware y Software .....	73
7.2.	Propuesta comercial detallada de Servicios de Ingeniería y Viáticos .....	80
7.3.	Resumen de costos del Proyecto .....	80
8	Capítulo 9. Conclusiones .....	82
9	Bibliografía.....	83
10	Abreviaciones .....	88
11	Anexos .....	90

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Señales de control físicas de las áreas actuales del campo Norte.....	35
<b>Tabla 2</b> Hardware de Control de Tablero Booster .....	35
<b>Tabla 3</b> Hardware de Control de Tablero Almacenamiento .....	36
<b>Tabla 4</b> Hardware de Control de Tablero Separadores .....	36
<b>Tabla 5</b> Hardware de Control de Tablero Filtros .....	37
<b>Tabla 6</b> Señales Físicas para arquitectura propuesta.....	47
<b>Tabla 7</b> Servidores, OWS y Redes.....	51
<b>Tabla 8</b> Hardware de Tablero Principal .....	52
<b>Tabla 9</b> Hardware de Tablero Booster .....	53
<b>Tabla 10</b> Hardware de Tablero Almacenamiento 1 .....	53
<b>Tabla 11</b> Hardware de Tablero Separadores .....	54
<b>Tabla 12</b> Hardware de Tablero Filtros .....	55
<b>Tabla 13</b> Hardware de Tablero Almacenamiento 2 .....	56
<b>Tabla 14</b> Software requerido para para la propuesta de implementación .....	57
<b>Tabla 15</b> Accesorios de conexión y ensamble .....	59
<b>Tabla 16</b> Esfuerzo de Ingeniería y Perfiles Profesionales.....	68
<b>Tabla 17</b> Viáticos para Transporte, Hospedajes y Alimentación.....	72
<b>Tabla 18</b> Hardware de Tablero Principal .....	73
<b>Tabla 19</b> Hardware de Tablero Booster .....	74
<b>Tabla 20</b> Hardware de Tablero Almacenamiento 1 .....	75
<b>Tabla 21</b> Hardware de Tablero Separadores .....	76
<b>Tabla 22</b> Hardware de Tablero Filtros .....	76

<b>Tabla 23</b> Hardware de Tablero Almacenamiento 2 .....	77
<b>Tabla 24</b> Servidores, OWS y Switch .....	78
<b>Tabla 25</b> Costo Software.....	79
<b>Tabla 26</b> Panel y Accesorios.....	79
<b>Tabla 27</b> Costos de Servicio de Ingeniería y Gastos Asociados .....	80
<b>Tabla 28</b> Resumen de Costos en USD .....	80
<b>Tabla 29</b> Resumen de Costos en COP .....	81

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Líneas de Negocio de Omnicon .....	18
<b>Figura 2</b> Grupo de Procesos de Planificación (PMBOK) .....	22
<b>Figura 3</b> Ciclo de vida del HMI .....	28
<b>Figura 4</b> Pirámide de Automatización Industrial .....	30
<b>Figura 5</b> Arquitectura Actual de Campo Norte - Área 1 .....	32
<b>Figura 6</b> Árbol de proyectos de un Backup de referencia .....	34
<b>Figura 7</b> Estado de ciclo de vida de controladores .....	38
<b>Figura 8</b> Estado de ciclo de vida de pantallas HMI .....	39
<b>Figura 9</b> Ejemplo de instrucciones Add-On .....	43
<b>Figura 10</b> Ejemplo: importar bibliotecas de objetos globales con PlantPAx .....	43
<b>Figura 11</b> Tipos de arquitectura escalable con PlantPAx .....	44
<b>Figura 12</b> Arquitectura Propuesta para Campo Norte – Área 1(Visio) .....	46
<b>Figura 13</b> Arquitectura Propuesta para Campo Norte - Área 1 (IAB) .....	48
<b>Figura 14</b> Requisitos de Hardware mínimos sugeridos para el servidor .....	49
<b>Figura 15</b> Switch Stratix compatibles con PlantPAx .....	50
<b>Figura 16</b> Hardware de controladores redundantes de procesos y estándar .....	51
<b>Figura 17</b> Distribución de equipos general para tablero tipo 3 .....	60
<b>Figura 18</b> Línea de Tiempo de la ejecución del proyecto .....	70
<b>Figura 19</b> Organigrama Propuesto .....	71

## Introducción

La automatización de los procesos nace de la necesidad de disminuir los costos de manufactura, aumentar la eficiencia y calidad de los productos [1]. La automatización industrial es un tema que juega un papel muy importante en la industria actual [2], pues la tecnología evoluciona de modo permanente y no es posible quedar atrás en esta carrera, de este modo, las compañías se ven en la necesidad de innovar y mejorar sus procesos para estar a la vanguardia y estar en la capacidad de mantenerse competitivos en el mercado actual y la industria Oil & Gas no es la excepción, lo anterior conduce a la búsqueda de las nuevas tecnologías, siendo una de estas inclinaciones la automatización de procesos [3].

Los sistemas de control Industrial (ICS, industrial control system) como los DCS, PLC y SCADA son sistemas robustos fiables y generalmente tienen ciclos de vida largos, pero no hay que abusar de este, pues extender demasiado la vida útil de estos puede traer inconvenientes como aumentar la tasa de fallos del hardware (la conocida Curva de la Bañera o de Davies) y con ella, el número de incidentes de seguridad y/o paradas imprevistas de la producción [4].

A medida que el ICS envejece, se incrementa su necesidad de mantenimiento y soporte, y para sistemas especialmente antiguos esto se hace difícil, dado que el personal con conocimientos suficientes comienza a escasear. Tampoco resulta fácil conseguir repuestos cuando hemos dejado envejecer demasiado nuestro ICS [5]; además los sistemas más antiguos ciertamente carecen de las capacidades técnicas y características de los más nuevos [6], dada las circunstancias y con miras a dar solución a estos inconvenientes se hace necesario realizar migraciones en los equipos de los sistemas de control a tecnologías actuales.

La estandarización de procesos de fábrica se ha convertido en una herramienta a alcanzar por muchas empresas Colombianas [7], esta consiste en establecer un procedimiento o método

para realizar una actividad o conjunto de actividades específica con el fin de minimizar tiempos, reducir costos operativos, eliminar errores entre otras cosas, lo anterior en el control de procesos implica manejar estándares de programación para los equipos que se tienen en la planta. Así como es importante la estandarización de los procesos también lo es para los equipos que se implementan en las plantas, pues tener muchas marcas implica tener personal capacitado en todas estas y esto impacta directamente en costos de capacitación o contratación de talento humano especializado para el manejo de los equipos, debido a esto es de vital importancia que cuando se quiera integrar un sistema nuevo a uno existente tener en cuenta la marca o línea que más se maneja en la planta.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el presente proyecto tiene como objetivo dar solución a la problemática planteada, presentando una propuesta comercial de diseño integral para actualizar, estandarizar e integrar un sistema de supervisión y control del sector Oil & Gas para la empresa Omnicon, usando diferentes herramientas de diseño para obtener la propuesta óptima, con buenas prácticas y estandarización que genere valor al cliente.

Este documento se divide en capítulos que se describen a continuación:

- El capítulo 1 presenta la introducción, la cual sintetiza el contenido del documento, el enfoque del trabajo y la estructura de este.
- El capítulo 2 detalla las generalidades de la empresa y del rol ocupado durante las prácticas profesionales.
- El capítulo 3 presenta el marco de referencia que incluye los conceptos claves para comprender el desarrollo del proyecto.
- El capítulo 4 detalla el análisis del requerimiento del Cliente, para determinar el alcance de la propuesta.

- El capítulo 5 expone el diseño de la arquitectura de control del proyecto de automatización.
- El capítulo 6 plantea la estrategia de ejecución propuesta para la implementación.
- El capítulo 7 y 8, expone el análisis presupuestal y elaboración del documento técnico comercial que se presentara al cliente.

## **1.1. Objetivos**

### ***1.1.1. Objetivo General***

Diseñar la propuesta de automatización para la migración, estandarización, integración y mejora de un sistema de monitoreo y control de la marca Allen Bradley del sector Oil & Gas desarrollada por la compañía Omnicon.

### ***1.1.2. Objetivos Específicos***

- Recopilar la información documentada del requerimiento actual del sistema de monitoreo y control del cliente de Omnicon.
- Definir la arquitectura y tecnología requerida para el sistema de control para planta del sector Oil & Gas.
- Estimar actividades, tiempos de ingeniería y oferta comercial necesarios para la implementación de la migración del sistema de monitoreo y control en el cliente de Omnicon.

## Capítulo 2. Generalidades

### 2.1. Reseña Histórica de Omnicon

Omnicon es una compañía fundada en Cali, Valle del Cauca en el año 1992, a partir de la necesidad de brindar soluciones tecnológicas en la industria de la región, con el pasar de los años se ha ido expandiendo por el territorio nacional estableciendo filiales en el norte y centro del país, así como también, a nivel internacional ha logrado desarrollar proyectos en más de 65 países de todo el mundo [8].

La compañía está dedicada a ofrecer soluciones tecnológicas en diferentes sectores productivos como; alimentos, bebidas, petróleo, gas, farmacéutico, minería, cemento, química, farmacéutica y cuidado personal. Las propuestas e implementaciones se diseñan integrando el desarrollo tecnológico y sostenible de la industria junto con el conocimiento de las operaciones, los procesos y las tecnologías de la información, sin dejar de lado que estas puedan servir de base para el crecimiento e implementación de nuevas soluciones inteligentes de información industrial futuras [8].

Además, maneja tres líneas de negocio para dar soporte a las necesidades, requerimientos u oportunidades de los clientes; Consulting, la consultoría es el primer paso para entender el estado actual del negocio y el proceso para identificar las brechas para alcanzar los objetivos que el cliente tiene, de este modo diseñar estrategias tecnológicas que cierren dichas brechas. Smart Manufacturing, manufactura inteligente es el proceso por el cual se transforman los datos en información relevante para la toma de decisiones. Automation, en automatización se prepara toda la infraestructura tecnológica para mejorar el rendimiento y adaptar el sistema para integraciones futuras [8].

**Figura 1**  
*Líneas de Negocio de Omnicon*



Nota. Adaptada de [9].

### **2.1.1. Misión**

En Omnicon, acompañamos a nuestros clientes en la realización de sus sueños, a través de consultoría gestión y ejecución de proyectos en múltiples disciplinas de la ingeniería, soportados en un modelo organizacional que promueve talento y compromiso.

### **2.1.2. Visión**

Ser la compañía de ingeniería preferida al diseñar y desarrollar soluciones tecnológicas innovadoras que contribuyan al éxito de nuestros clientes alrededor del mundo.

## **2.2. Rol Desempeñado en Omnicon: Junior Solution Designer**

En esta posición se convierten las necesidades del cliente en soluciones, creando propuestas que generen valor para el cliente, iniciando con entendimiento del proceso productivo del cliente y los desafíos que estos tienen, analizando la infraestructura tecnológica y operacional que existe

y de qué manera se está aprovechando y de acuerdo a las brechas que se puedan identificar a corto, mediano o largo plazo ofertar una propuesta optima dando solución a las inconvenientes que se identificaron previamente.

Este rol tiene alta importancia en el engranaje de la organización, pues es ahí donde se estructuran todas las propuestas para los diferentes proyectos de ingeniería que surgen a partir de las necesidades y/o “dolencias” que los clientes compartan o desde el equipo de ingeniería, consultoría o comercial se identifiquen posterior a visitas a planta. Para desarrollar el marco de ejecución de un proyecto es necesario analizar toda la información previa relacionada al mismo, así como también los recursos tecnológicos y humanos que se encuentran en la zona de intervención, de esta manera dar el mayor uso posible de los recursos disponibles para la implementación. El diseño de la propuesta va entrelazado con la operación interna de Omnicon en la definición de las actividades y esfuerzo de ingeniería requerido, pues la estimación debe tener la mínima desviación en cuanto a la estrategia de ejecución planeada versus la ejecución real, por eso es relevante la comunicación entre las diferentes áreas de la compañía.

### Capítulo 3. Marco de Referencia

En este capítulo se abordarán tópicos relevantes para entender el desarrollo del presente proyecto de automatización sobre la migración del sistema de monitoreo y control de un cliente de la compañía Omnicon.

En primera instancia se da un contexto sobre la gestión de proyectos enfocado en la fase de planificación de estos. En segundo lugar, se abordan los temas relacionados a la automatización industrial, sistemas de control y estándares para los mismos.

#### 3.1. Gestión de Proyectos

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos [10]. En la industria los proyectos surgen a partir de fallos que se presenten en el proceso productivo de una planta o desde observaciones y análisis de rendimiento, productividad y calidad realizados en pro de la mejora de los sistemas.

Para desarrollar los proyectos hay que realizar una gestión de este aplicando metodologías que permitan planificar, dirigir actividades y recursos del proyecto. Según el PMBOK [10] lo anterior se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 4 procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco Grupos de Procesos. Estos cinco Grupos de Procesos son:

- **Inicio:** En esta fase se define la problemática y/o necesidad pro resolver, así como analizar la factibilidad del proyecto identificar los beneficios que podría traer el mismo para la compañía.
- **Planificación:** En esta fase se definen todas las actividades que se requieren para el desarrollo del proyecto, es necesario revisar el alcance del proyecto, definir

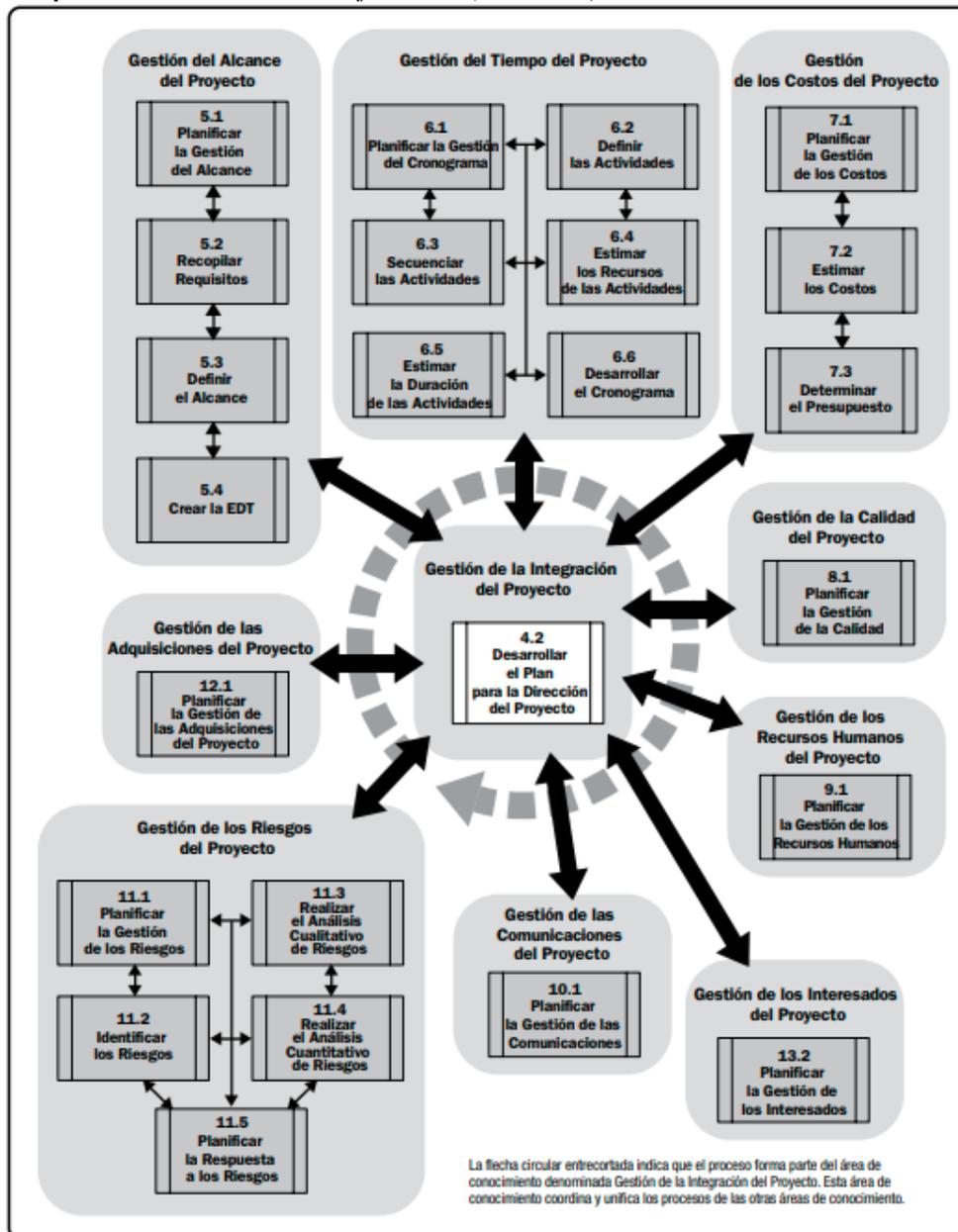
entregables, y estimar esfuerzo de trabajo y recursos para llevarlo a cabo. El presente documento se enfocará en esta etapa del proyecto planteado.

- **Ejecución, Monitoreo y Control:** En esta etapa se ejecutan las actividades planteadas en la fase de planeación a fin de satisfacer las especificaciones de este. Los procesos de monitoreo y control son requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes [10].
- **Cierre:** En esta fase se debe evaluar y verificar el cumplimiento de los objetivos planteados en el inicio del proyecto.

### ***3.1.1. Planificación***

Los procesos de planificación están compuestos por aquellas técnicas realizadas para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. La planificación desarrolla el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo.

**Figura 2**  
*Grupo de Procesos de Planificación (PMBOK)*



Nota. Adaptado de [10].

### 3.2. Automatización Industrial

La automatización industrial supone una herramienta indispensable a la hora de fabricar una cantidad de productos de alta calidad en un tiempo récord, pues su función principal radica en

crear máquinas y sistemas tecnológicos capaces de realizar tareas repetitivas y mecánicas que puedan sustituir la intervención humana y aumentar la producción. La automatización de procesos industriales, por lo tanto, permite que el tiempo de fabricación se reduzca, que los operadores reduzcan su carga laboral y que el margen de error sea cada vez menor en el área de producción [11].

Las industrias relacionadas con la automatización son básicamente la industria manufacturera y la industria de procesos. La industria manufacturera (Discrete Parts Manufacturing) se caracteriza por la presencia de máquinas herramienta de control numérico por ordenador como núcleo de sistemas de fabricación flexible. En cuanto a la industria de procesos (Continuous Manufacturing), existen fábricas de productos de naturaleza más o menos continua, como la industria petroquímica, cementera, de la alimentación, farmacéutica, etc. [12].

Respecto a las necesidades de automatización, la industria de procesos tiene un nivel consolidado en cuanto a salas de control con sistemas de control distribuido (DCS), y el uso de autómatas programables para tareas secuenciales o para configurar sistemas redundantes seguros ante fallos, entre otros elementos [12].

### **3.3. Sistema de Control Distribuido (DCS)**

Un sistema de control distribuido (DCS) es un sistema de control automatizado que consta de elementos de control distribuidos de forma geográfica en la planta o área de control. Se diferencia del sistema de control centralizado, donde un único controlador situado en una ubicación central se encarga de la función de control, pero en el DCS cada elemento de proceso, máquina o grupo de máquinas es controlado por un controlador específico [13].

Este tipo de sistema de control industrial está conectado por una red de comunicación de alta velocidad. Mientras que cada controlador funciona de forma autónoma, existe un control de

supervisión central a cargo de un operario. Un DCS lo constituyen tanto elementos de software como de hardware. Los costes de instalación se reducen al mínimo gracias a la simplicidad de la instalación local con la mayoría de los controladores [13].

Un sistema de control distribuido es funcionalmente similar al control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) actual. Normalmente, un sistema SCADA se utiliza en situaciones en las que el centro de control se encuentra más alejado [13]. Un DCS está conformado por varios elementos que se definirán a continuación:

### ***3.3.1. PC o Controlador de Ingeniería***

Este controlador es el responsable de la supervisión de todos los controladores de proceso distribuidos. En este controlador se ejecutan algoritmos de control y configuración de varios dispositivos. La comunicación de red entre el PC de procesamiento y el PC de ingeniería se puede implementar mediante configuraciones simples o redundantes [13].

### ***3.3.2. Controlador de Distribución***

Puede colocarse cerca de dispositivos de campo (sensores y actuadores) o en un lugar determinado donde estos dispositivos de campo estén conectados mediante un enlace de comunicación. Recibe las instrucciones de la estación de ingeniería como el punto de ajuste y otros parámetros. Además, controla directamente los dispositivos de campo [13].

### ***3.3.3. Estación de Operación o HMI***

Se utiliza para supervisar gráficamente los parámetros de toda la planta y para registrar los datos en sistemas de bases de datos en las plantas. La visualización de tendencias de varios parámetros del proceso proporciona una visualización efectiva y una fácil monitorización [13].

#### ***3.3.4. Redes de comunicación y protocolo***

Las redes de comunicación se utilizan para el intercambio de datos, controlabilidad de datos y flexibilidad para conectar varios dispositivos. Están formadas por cables para transmitir los datos, tales como cables coaxiales, cables de cobre, cables de fibra óptica y sistemas inalámbricos. Los protocolos de comunicación seleccionados dependen del número de dispositivos que se conecten a esta red [13].

### **3.4. Migración de los sistemas de Control**

Una migración es un proyecto en el que parte o todo el sistema de control es reemplazado por otro, al mismo tiempo o por etapas. La elección de una opción u otra depende de múltiples condicionantes (económicos, afectación a la producción, posibilidad de hacerla coincidir con una parada por mantenimiento de las instalaciones, etc.) [5].

Una migración no es algo muy frecuente a lo largo de la vida útil de una instalación industrial. Un proyecto de migración supone una oportunidad única para preservar (o incluso rescatar) el know how que durante años el personal de la planta ha estado incluyendo en el ICS con cada cambio en su configuración. A menudo esas modificaciones no están formalmente documentadas y el único registro existente son las configuraciones en el ICS [5].

### **3.5. Estándares en la automatización Industrial**

Los estándares de la industria son reglas técnicas y de procedimiento que generalmente siguen la mayoría de los miembros de una industria. El cumplimiento de las normas es voluntario, en diversos grados; por ejemplo, seguir el estándar puede ser opcional, pero puede ser imposible vender productos que no se produzcan de acuerdo con un estándar [14].

Algunos estándares de la industria son internacionales y reflejan la naturaleza global de la comunidad empresarial. Otros pueden ser nacionales o pueden abarcar varios países estrechamente asociados como los miembros de la Unión Europea. Organizaciones como el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) establecen estándares con aportes de representantes de la industria y consumidores [14].

Hay diferentes tipos de estándares para el medio ambiente, para las industrias, para la gestión de calidad entre muchos otros. En este caso profundizaremos en algunos de los estándares de la IT industrial que se usan a diario para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas de producción en las plantas de procesos:

### ***3.5.1. El estándar ANSI/ISA 88 para control de lotes***

El estándar ANSI/ISA 88 define el método más común y efectivo para definir sistemas de control para la automatización de la producción por lotes o para arranques y paradas continuas y discretas [15].

### ***3.5.2. El estándar ANSI/ISA 95 para comunicación MES y ERP a MES***

El estándar ANSI/ISA 95 define el método más utilizado para intercambiar información entre un sistema ERP industrial, como SAP u Oracle, y la multitud de sistemas de planta de producción. También se ha convertido en el estándar de facto para definir los sistemas de gestión

de la producción MES y las especificaciones de gestión de operaciones de fabricación (MOM) [15].

### ***3.5.3. Estándar ANSI/ISA 99 en ciberseguridad industrial***

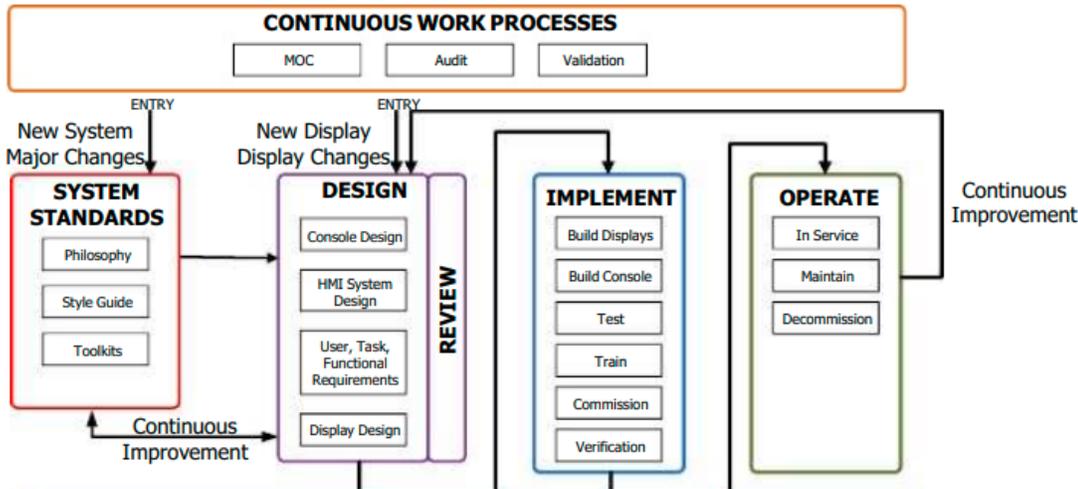
El estándar ANSI/ISA 99 es el marco de referencia internacional para diseñar instalaciones de producción en red efectivas y seguras [15], teniendo en cuenta que la integridad y la disponibilidad son factores muy importantes para la ciberseguridad de los sistemas industriales.

### ***3.5.4. Estándar técnico ANSI/ISA 101 Human-Machine Interfaces***

El estándar ANSI/ISA 101 está enfocado a definir un estándar basado en buenas prácticas para el diseño y desarrollo de interfaces hombre-maquina en aplicaciones industriales. De acuerdo a [16] el propósito de este estándar es abordar la filosofía, el diseño, la implementación, la operación y el mantenimiento de las interfaces hombre-máquina (HMI) para los sistemas de automatización de procesos, incluidos múltiples procesos de trabajo a lo largo del ciclo de vida de la HMI.

Este estándar nos brinda pautas aplicables a cualquier proceso industrial que implemente el uso de HMI para interactuar con el proceso y el sistema de control, la aplicación de las prácticas de alto desempeño de este, permite mejorar la ergonomía visual del operador, así como reducir el tiempo de operación y toma de decisiones. Para la gestión del HMI el estándar ANSI/ISA 101 lo hace a través de un ciclo de vida, el cual tiene diferentes fases que se interconectan entre si generando retroalimentación continua.

**Figura 3**  
*Ciclo de vida del HMI*



Nota. Ciclo de vida del HMI de acuerdo con el estándar ISA 101. Adaptado de [16].

Para un mejor entendimiento el ciclo de vida se puede dividir en las siguientes fases: Estandarización del sistema, diseño, implementación y operación en las cuáles hay una interacción de mejora continua entre varias de ellas como se observa en la figura 2.

#### **3.5.4.1. Estándares del sistema**

Según [16] esta fase es la base del ciclo de vida del HMI, incluye el planteamiento de la filosofía de diseño, la guía de estilo y el kit de herramientas, lo mencionado anteriormente se debe mantener durante todo el ciclo de vida.

#### **3.5.4.2. Diseño**

En esta fase se debe proponer y establecer el diseño de la consola de la HMI en cuanto a software y hardware, diseñar el sistema del HMI, definir los usuarios que van a existir, así como tareas otros requerimientos funcionales y finalmente y no menos importante el diseño de los displays (jerarquía, navegación, etc.).

#### **3.5.4.3. Implementación**

En esta fase como su nombre lo indica se implementa lo diseñado y planteado en las fases previas integrando el software y hardware requerido, de acuerdo a [16] esta fase incluye: construir pantallas, construir consola(s), pruebas, capacitación, comisionamiento y verificación del sistema.

#### **3.5.4.4. Operación**

En la fase final se pone en operación el sistema con todo su ciclo de vida y esta fase incluye actividades de mantenimiento y fin del ciclo de vida para realizar la gestión de cambios e iniciar el proceso nuevamente.

Estos estándares de IT industrial e informes técnicos definen las mejores prácticas para implementar el control automático y manual en los sistemas que residen por encima del controlador lógico programable (PLC) y el nivel del sistema de control distribuido (DCS), y que realizan el control básico que mantiene la producción en funcionamiento [15].

## Capítulo 4. Análisis del Requerimiento

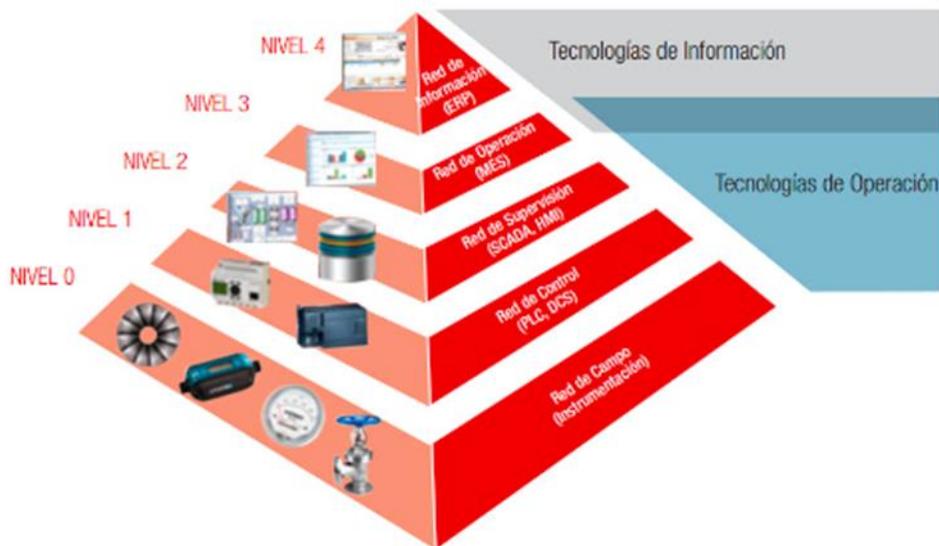
En este capítulo se hará el análisis del requerimiento del cliente para definir el alcance general y los alcances específicos para el desarrollo del proyecto de automatización sobre la migración del sistema de monitoreo y control de un cliente de la compañía Omnicon.

En primera instancia se contextualiza el proyecto y se analiza el estado actual del área de la planta que se va a intervenir, así como la descripción de la arquitectura actual con la que se cuenta. En segundo lugar, se identifica el hardware que tiene la planta y el análisis de obsolescencia de estos.

### 4.1. Contextualización y Análisis de Proyecto

El desarrollo de este proyecto se centrará en las capas de la pirámide de automatización correspondientes a; Nivel 1 que hace referencia a la red de control, Nivel 2 que se refiere a la red de supervisión.

**Figura 4**  
*Pirámide de Automatización Industrial*



Nota. Adaptado de [17].

El proyecto para la migración del sistema de control de la planta del sector Oil & Gas surge a partir la identificación de obsolescencia de varios equipos de control, dado que genera gran impacto al momento de requerir soporte o mantenimiento para estos, adicional el costo de los repuestos va aumentando o en el peor escenario, no es posible conseguirlos, debido a que su vida útil ya termino por lo que los proveedores ya no los ofrecen. Otra necesidad es la estandarización de la programación de los sistemas de monitoreo y control ya que se generan altos costos cuando se requiere implementar nuevas rutinas o lógicas de control, pues al no tener un lineamiento establecido para realizar dicha actividad, el personal tarda más tiempo en el entendimiento del entorno que se quiera modificar y/o actualizar. Adicional se han presentado fallas concurrentes de comunicación de las diferentes subáreas, por lo que los operadores no pueden ver desde el cuarto de control lo que sucede realmente en sitio.

Con lo mencionado previamente se fijan los siguientes requerimientos:

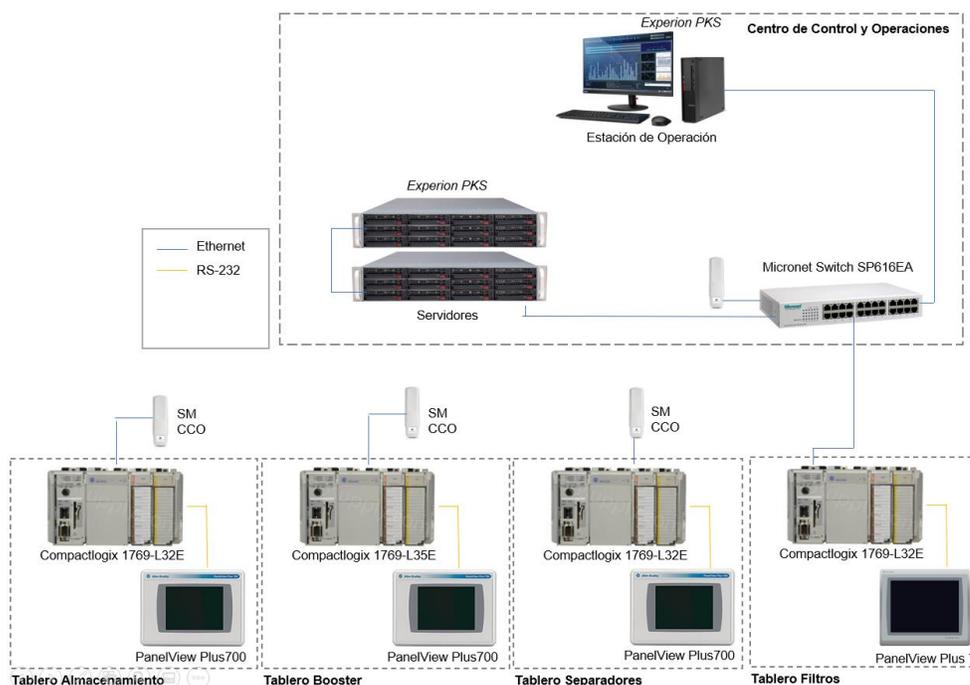
- Eliminar obsolescencia tecnológica: migrar el hardware de control de referencias que su vida útil ya se encuentre en estado **activo madura** o **descontinuado** por el fabricante, dado que esto genera que los diferentes proveedores no brinden soporte y tampoco tengan disponibilidad de repuestos para esos equipos. A nivel de software actualizar versiones que ofrezca el fabricante.
- Estandarización: cambiar el sistema de control para que solo haya equipos de un solo fabricante, dado que esto impacta en costos de mantenimiento, capacitación, licenciamiento y stock de repuestos.
- Integración y gestión de los sistemas de operación: al tener un sistema estandarizado se logra integrar la información de diferentes puntos en la estación de operación y así lograr gestionar los datos para obtener históricos, reportes,

balances entre otros para mejorar la gestión de alarmas y eventos que puedan ocurrir en la planta.

## 4.2. Arquitectura Actual

Actualmente el campo Norte – Área 1 cuenta con una base instalada (Hardware) principalmente de marca Rockwell Automation, con una arquitectura tipo estrella donde la información es concentrada por un switch micronet SP614EA que se comunica con los servidores y las estaciones de trabajo, el sistema de supervisión y control se encuentra asociado con al sistema Experion PKS de Honeywell. En los tableros de control de esta área hay controladores CompactLogix y panel view que están en periodo de obsolescencia, estos se conectan al centro de control y operaciones (CCO) por comunicación Ethernet y por radio frecuencia con una antena de Access Point al CCO, sin embargo, este tipo de comunicación está presentando muchas fallas y los operadores no pueden ver lo que realmente pasa en las subáreas desde el centro de operaciones.

**Figura 5**  
*Arquitectura Actual de Campo Norte - Área 1*

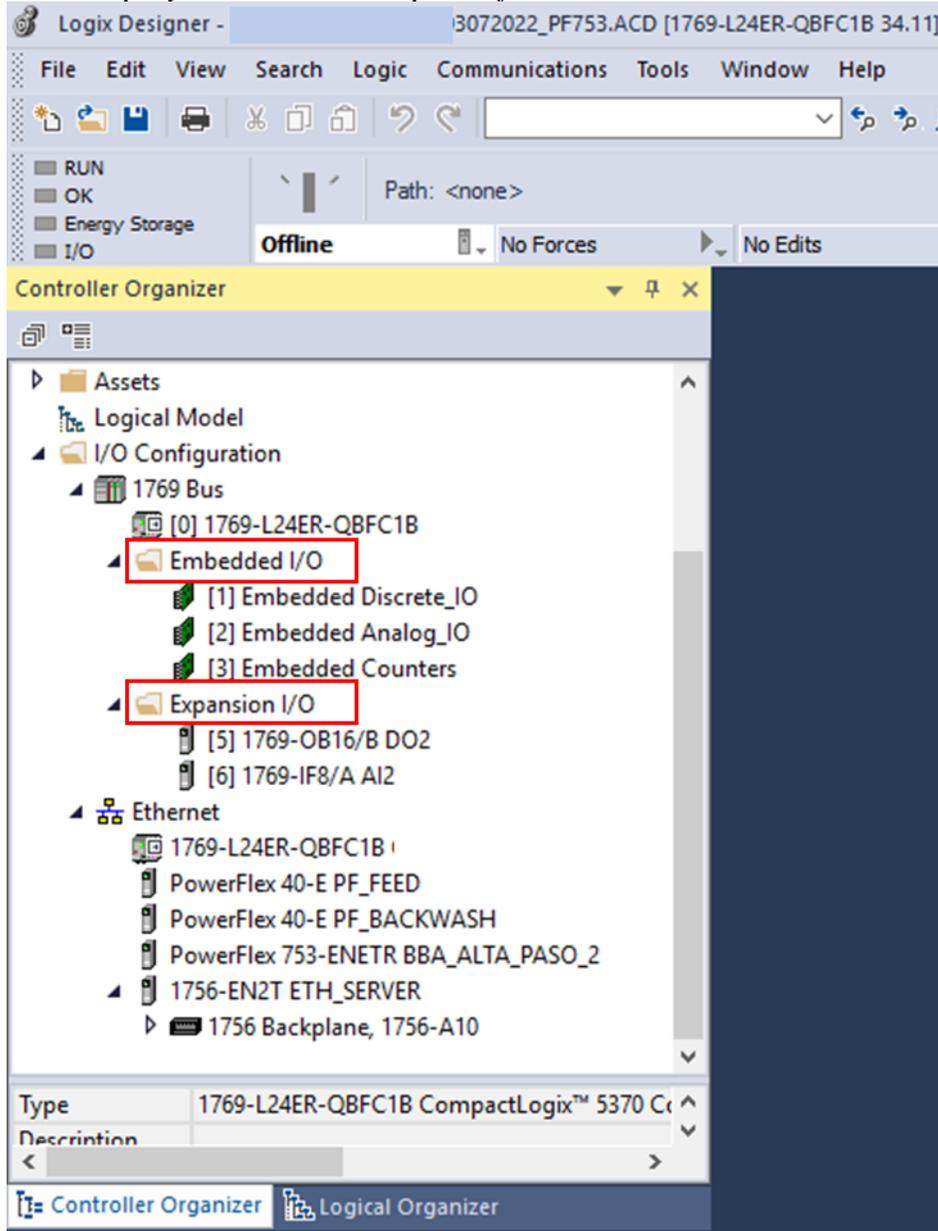


Nota. Elaboración propia basado en información técnica suministrada por el cliente.

#### ***4.2.1. Hardware de Arquitectura Actual***

Para especificar el hardware de control con el que cuenta una planta, es necesario ejecutar los backups compartidos por el cliente de los diferentes controladores y pantallas panel view, para desarrollar este proceso se apoya de los programas de la suite de rockwell Automation como studio 5000, RSlogix 500, Factorytalk View Studio entre otros según se requiera, en estos se puede obtener las referencias de los equipos y/o módulos de los sistemas, además esto nos da una base para posteriormente realizar la estimación de tiempos de ingeniería requerido para las actividades teniendo en cuenta la complejidad de los programas así como el número de señales.

**Figura 6**  
*Árbol de proyectos de un Backup de referencia*



Nota: Configuración de configuración de I/O de módulos embebidos y módulos de expansión que tiene un PLC 1769-L24. Adaptado de programa Studio 5000 versión 34.01 (Backup de referencia).

En la figura anterior se puede observar el árbol de proyectos en el software Studio 5000, sobre el cual se ejecutó un backup de referencia para obtener la cantidad de módulos así como las referencias de los mismos, de esta manera calcular el número de señales con ocupación y

disponibles sobre el PLC, de la figura anterior se puede determinar que el procesador es un 1769-L24ER-QBFC1B, el cual tiene módulos embebidos de entradas digitales, análogas y contadores, adicional dos módulos de expansión de 16 salidas digitales (1769-OB16) y 8 entradas análogas (1769-IF8). De esta manera se ejecutarán los backups de todos los controladores existentes en la planta norte. A continuación, se calcula y se especifica el número de señales existentes en la arquitectura actual, así como el hardware de control inidentificado (módulos, procesadores, pantallas) y se organizan de acuerdo con cada tablero de control:

**Tabla 1**

*Señales de control físicas de las áreas actuales del campo Norte*

<b>Subárea</b>	<b>DI</b>	<b>DO</b>	<b>AI</b>	<b>AO</b>
Booster	16	26	6	8
Almacenamiento 1	42	16	20	8
Separadores	26	26	8	8
Filtros	42	20	10	10
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>88</b>	<b>44</b>	<b>34</b>

Nota. Señales físicas de la arquitectura actual. (AI: Entradas análogas, AO: Salidas Análogas, DI: Entradas digitales, DO: Salidas digitales).

**Tabla 2**

*Hardware de Control de Tablero Booster*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado (Lifecycle)</b>
1769-L35E	Controller, CompactLogix, 1.5MB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash	1	Descontinuado
1769-IQ16	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	1	Activo
1769-OB32	32 Point 24VDC Output Module	1	Activo
1769-IF4	4 Channel Analog Current/Voltage Input Module	2	Activo
1769-OF8C	8 Channel Analog Current Output Module	1	Activo

2711P-RDT7CM	LED Display Module, Touch Screen, PanelView Plus 6 700, Marine	1	Descontinuado
--------------	--	---	---------------

**Tabla 3**  
*Hardware de Control de Tablero Almacenamiento*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado (Lifecycle)</b>
1769-L32E	Controller, CompactLogix, 750KB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash	1	Descontinuado
1769-IQ16	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	3	Activo
1769-OB16	16 Point 24 VDC Sourcing Output Module	1	Activo
1769-IF8	8 Channel Analog Current/Voltage Input Module	3	Activo
1769-OF8C	8 Channel Analog Current Output Module	1	Activo
2711P-RDT7CM	LED Display Module, Touch Screen, PanelView Plus 6 700, Marine	1	Descontinuado

**Tabla 4**  
*Hardware de Control de Tablero Separadores*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado (Lifecycle)</b>
1769-L32E	Controller, CompactLogix, 750KB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash	1	Descontinuado
1769-IQ16	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	2	Activo
1769-OB32	32 Point 24 VDC Output Module	1	Activo
1769-IF8	8 Channel Analog Voltage/Current Input Module	1	Activo
1769-OF8C	8 Channel Analog Current Output Module	2	Activo
2711P-RDT7CM	LED Display Module, Touch Screen, PanelView Plus 6 700, Marine	1	Descontinuado

**Tabla 5**  
*Hardware de Control de Tablero Filtros*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado (Lifecycle)</b>
1769-L32E	Controller, CompactLogix, 750KB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash	1	Descontinuado
1769-IQ16	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	3	Activo
1769-OB32	32 Point 24 VDC Output Module	1	Activo
1769-IF8	8 Channel Analog Voltage/Current Input Module	2	Activo
1769-OF8C	8 Channel Analog Current Output Module	2	Activo
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1	Activo

#### **4.2.2. Análisis de Obsolescencia**

A continuación, se realizará el análisis de obsolescencia de los equipos identificados previamente.

##### **4.2.2.1. Controladores**

Los controladores de los tableros de control actuales (Almacenamiento1, Booster, separadores, Filtros) del Área 1, tienen procesadores 1769-L32E y 1769-L35E los cuales pertenecen a la familia de controladores Logix de Rockwell, la cual ofrece un sistema pequeño y potente, cuenta con puertos de comunicación integrador Ethernet, puerto serial incorporado, módulos de E/S compactos que proporciona montaje en riel DIN [18]. Sin embargo, estos se encuentran en un ciclo de vida inactivo y no están disponible para venta desde el 20 de diciembre de 2020.

**Figura 7**  
Estado de ciclo de vida de controladores

 <b>Allen-Bradley</b> <small>by ROCKWELL AUTOMATION</small>	 <b>Allen-Bradley</b> <small>by ROCKWELL AUTOMATION</small>
<p>Catalog #: 1769-L32E            Controller, CompactLogix, 750KB            Memory, Ethernet Port, Serial            Port, Compact Flash</p> <p>Lifecycle status: ● DISCONTINUED</p>	<p>Catalog #: 1769-L35E            Controller, CompactLogix, 1.5MB            Memory, Ethernet Port, Serial            Port, Compact Flash</p> <p>Lifecycle status: ● DISCONTINUED</p>
<p>Rockwell Automation announces that as of December 20, 2020, the Controller, CompactLogix, 750KB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash will be discontinued and no longer available for sale. Customers are encouraged to remove references to the affected product(s).</p> <p><b>Discontinued Date:</b> December 20, 2020  <b>Replacement Category:</b> Functional Replacement</p>	<p>Rockwell Automation announces that as of December 20, 2020, the Controller, CompactLogix, 1.5MB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash will be discontinued and no longer available for sale. Customers are encouraged to remove references to the affected product(s).</p> <p><b>Discontinued Date:</b> December 20, 2020  <b>Replacement Category:</b> Engineering Replacement</p>
<b>a)</b>	<b>b)</b>

Nota. Estado de ciclo de vida de controladores. a) CompactLogix 1769-L32E descontinuado desde diciembre 20 de 2020. b) CompactLogix 1769-L35E descontinuado desde diciembre 20 de 2020. Adaptado de [19] y [20].

#### 4.2.2.2. Pantallas HMI

El panel HMI que se encuentran en los gabinetes de control son panel view 700 (2711P-RDT7CM) pantalla táctil de 7 pulgadas con gráficos a color, esta referencia está en la sección almacenamiento 1, Booster y separadores y se encuentra en estado de obsolescencia. El panel view plus 7 (2711P-T7C22D9P) es una pantalla táctil de 7 pulgadas, con tipo de visualización color TFT, resolución 640x480 VGA y esta activa.

**Figura 8**  
Estado de ciclo de vida de pantallas HMI



Catalog #: 2711P-RDT7CM  
LED Display Module, Touch Screen,  
PanelView Plus 6 700, Marine

Lifecycle status: ● DISCONTINUED

Rockwell Automation announces that as of December 30, 2021, the LED Display Module, Touch Screen, PanelView Plus 6 700, Marine will be discontinued and no longer available for sale. Customers are encouraged to remove references to the affected product(s).

**Discontinued Date:** December 30, 2021  
**Replacement Category:** No planned RA replacement

a)



Catalog #: 2711P-T7C22D9P Disponibilidad preferida

PanelView Plus 7 Graphic Terminal

Lifecycle status: ● ACTIVE

b)

Nota: Estado de ciclo de vida de pantallas. a) Panel view 700 2711P-RDT7CM descontinuado desde diciembre 30 de 2021. b) Panel view plus 7 activa. Adaptado de [21] y [22].

### 4.3. Alcance

A partir del análisis realizado previamente, para el proyecto se plantea actualizar, estandarizar, integrar y mejorar una estación petrolera con equipos de la marca Rockwell Automation (RA), definiendo los siguientes alcances específicos:

- Migrar la lógica de control de toda la arquitectura a filosófica PlantPAx de RA.
- Migrar el diseño de las pantallas HMI actual bajo estándares de alto desempeño, migrar el hardware del panel view que se encuentre en periodo de obsolescencia.
- Suministrar hardware para actualizar los procesadores que estén descontinuados por Point I/O para cambiar de control local a control centralizado, de tal manera que las subáreas queden como RTU de un PLC principal que centralice la información. Lo anterior comprende las áreas de; Almacenamiento1, Booster, Separadores y Filtros.

- Implementar redundancia centralizada para PLC principal de la arquitectura, incluir suministro de todos los equipos de control, accesorios de montaje para montaje de nuevo tablero.
- Migración de la aplicación SCADA Experion PKS a FactoryTalk View utilizando librerías de proceso PlantPAx.
- Servicio técnico para instalación de equipos y migraciones de Servidor y Workstation, así como para la adecuación de los tableros de control, elaboración y actualización de planos.
- Implementar un tablero de control nuevo para la subárea de Almacenamiento 2 como RTU al PLC principal, suministro de panel view y programación de esta con el estándar de alto rendimiento. Incluir lo accesorios de montaje y servicio técnico requerido.
- Para los ítems previos incluir pruebas, puestas en servicio y soporte post-arranque.

#### **4.4. Actividades Fuera del Alcance del Proyecto**

- Parametrización o calibración de instrumentación.
- Suministro, instalación y mantenimiento de instrumentación de campo.
- Suministro o implementación de tubería o cableado eléctrico para las señales de campo.
- Tendido o instalación de cableado desde gabinete hasta instrumentos.
- Montaje de tablero en campo.
- Alquiler de instalaciones para impartir la capacitación.
- Intervenciones en áreas diferentes a la contemplada en el alcance de la oferta.
- Todo lo no contemplado en el alcance de la oferta.

## Capítulo 5. Diseño de Arquitectura de Control

En este capítulo se define la tecnología a implementar, así como el diseño de la arquitectura propuesta para el proyecto de automatización sobre la migración del sistema de monitoreo y control de un cliente de la compañía Omnicon.

En primer lugar, se define y explica la tecnología que se va a emplear. En segundo lugar, se determina el diseño de la arquitectura y las bases que se tienen en cuenta para la construcción de esta y finalmente se determina el hardware requerido para la propuesta de implementación realizada.

### 5.1. Tecnología propuesta

Para el proyecto se establece que el hardware de control será estandarizado de la marca Rockwell Automation, tomando en cuenta que un alto porcentaje de la base montada en el campo Norte, área 1 es de la ya mencionada, además se propone cambiar la lógica de control a filosofía PlantPax ya que esta permite tomar decisiones óptimas y más rápida sobre el proceso. El sistema de supervisión Experion PKS de Honeywell se propone migrarlo a FactoryTalk View, con el fin de estandarizar la marca para esta área. El hardware en estado de obsolescencia se migrará por equipos que se encuentren en su ciclo de vida activo, los equipos del centro de control y operación se implementarán marca Dell y cumpliendo los requerimientos de hardware requeridos para el software a instalar, las pantallas HMI se diseñarán con prácticas de alto rendimiento siguiendo la norma ANSI/ISA 101.

#### 5.1.1. Filosofía PlantPax

PlantPax es un sistema de control multitareas de la suite de Rockwell Automation que proporciona un enfoque moderno de control distribuido que según [23] este sistema comparte

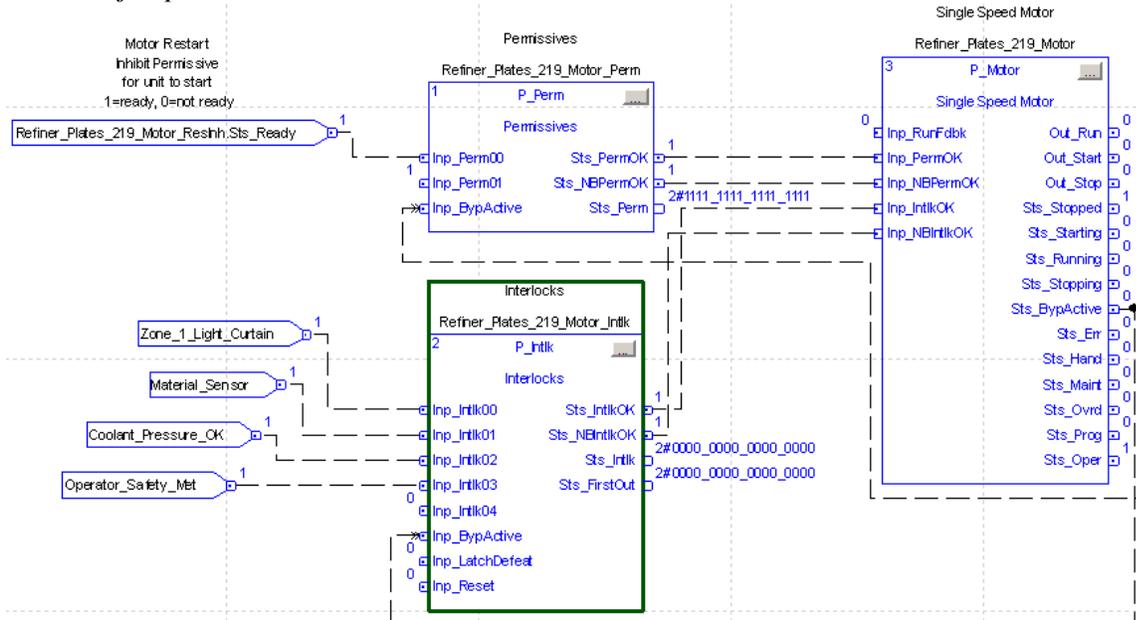
tecnología común (sistema Integrated Architecture) con el resto de las disciplinas de automatización en la planta. Este enfoque crea un flujo de información transparente entre las oportunidades de optimización de la planta, y habilita la empresa conectada. Además, PlantPAX está construido con base a normas industriales abiertas para contribuir a apoyar la integración de los componentes del sistema y para ofrecer conectividad a sistemas empresariales de alto nivel.

Para la implementación de cada uno de los controladores de proceso a migrar se utilizarán las librerías de proceso de PlantPAX, esta es una biblioteca predefinida de códigos de controlador (instrucciones Add-On), elementos de pantalla (objetos globales) y plantillas que le permiten montar rápidamente grandes aplicaciones con estrategias probadas, funcionalidad avanzada y resultados conocidos [23]. Esta filosofía fue creada teniendo en cuenta las normas internacionales sobre aspectos como color, funcionalidad y símbolos, estos objetos son una excelente opción para muchos sectores industriales.

#### **5.1.1.1. Instrucciones Add-On**

Las instrucciones add-on son lógicas de control encapsuladas que pueden reutilizarse dentro de un proyecto, cada una de estas se pueden exportar para ser usadas en otros proyectos creando bibliotecas generales para agilizar la ingeniería en un proyecto, de acuerdo a [23] las instrucciones Add-On también pueden firmarse con una fecha y hora específicas, de modo que las revisiones de las mismas puedan gestionarse entre proyectos.

**Figura 9**  
Ejemplo de instrucciones Add-On

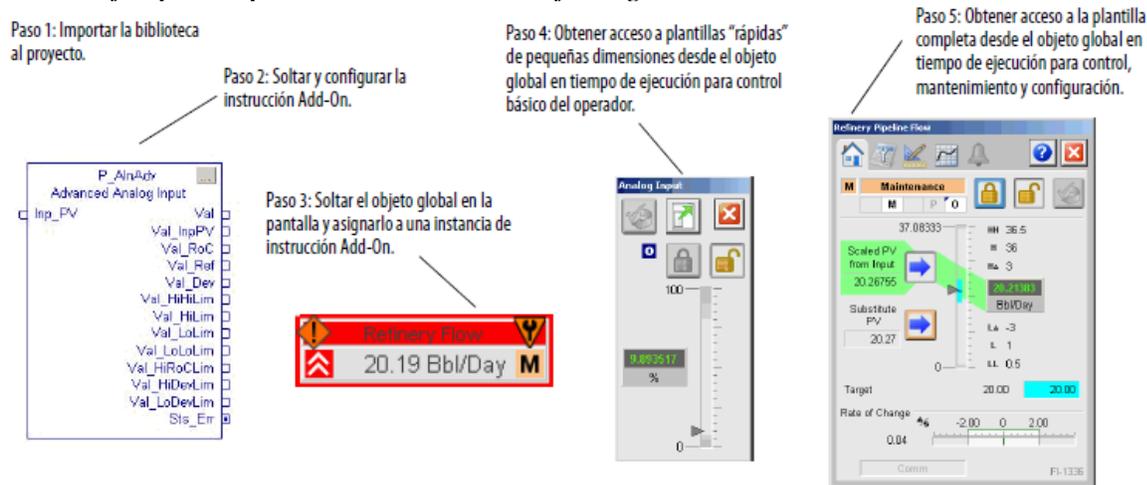


Nota. Instrucciones add-on con algunas de sus características. Adaptado de [23].

### 5.1.1.2. Configuración Basada en Objetos

Con la biblioteca de objetos de proceso de Rockwell Automation, el usuario final puede configurar una aplicación de control mediante objetos predefinidos para las funciones comunes, lo que aporta a reducir el tiempo de ingeniería.

**Figura 10**  
Ejemplo: importar bibliotecas de objetos globales con PlantPax



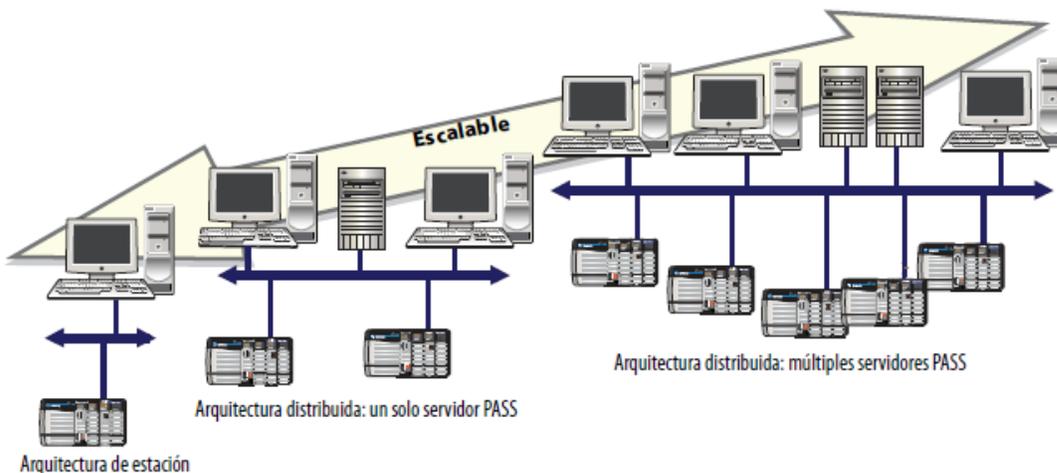
Nota: En la figura se puede observar una serie de pasos para hacer uso de las bibliotecas de objetos globales que ayudan a reducir el tiempo de implementación. Adaptado de [23].

Cuando se unen a los elementos de pantalla y a las plantillas en el programa de software FactoryTalk View Studio, estos objetos simplifican la configuración del dispositivo en un entorno de arrastrar y soltar (como se muestra en la ilustración). Los elementos de pantalla (objetos globales) tienen asociada una plantilla que aparece al hacer clic en ellos. Estas plantillas le permiten operar y configurar las instrucciones. Cuando se añaden funciones de soporte adicionales, tales como condiciones permisivas o de enclavamiento, las plantillas de estas funciones quedan accesibles directamente a la plantilla del objeto asociado. [23]

## 5.2. Diseño de Arquitectura

Para el diseño de la arquitectura de control y teniendo en cuenta que el sistema PlantPAx permite crear propuestas de control distribuido escalable, flexible y abierto. Rockwell ofrece una guía para definir las arquitecturas y como cada una brinda escalabilidad al sistema. Dentro de los tipos de arquitectura está; arquitectura estación, distribuida - un solo servidor PASS y distribuida - varios servidores PASS.

**Figura 11**  
Tipos de arquitectura escalable con PlantPAx



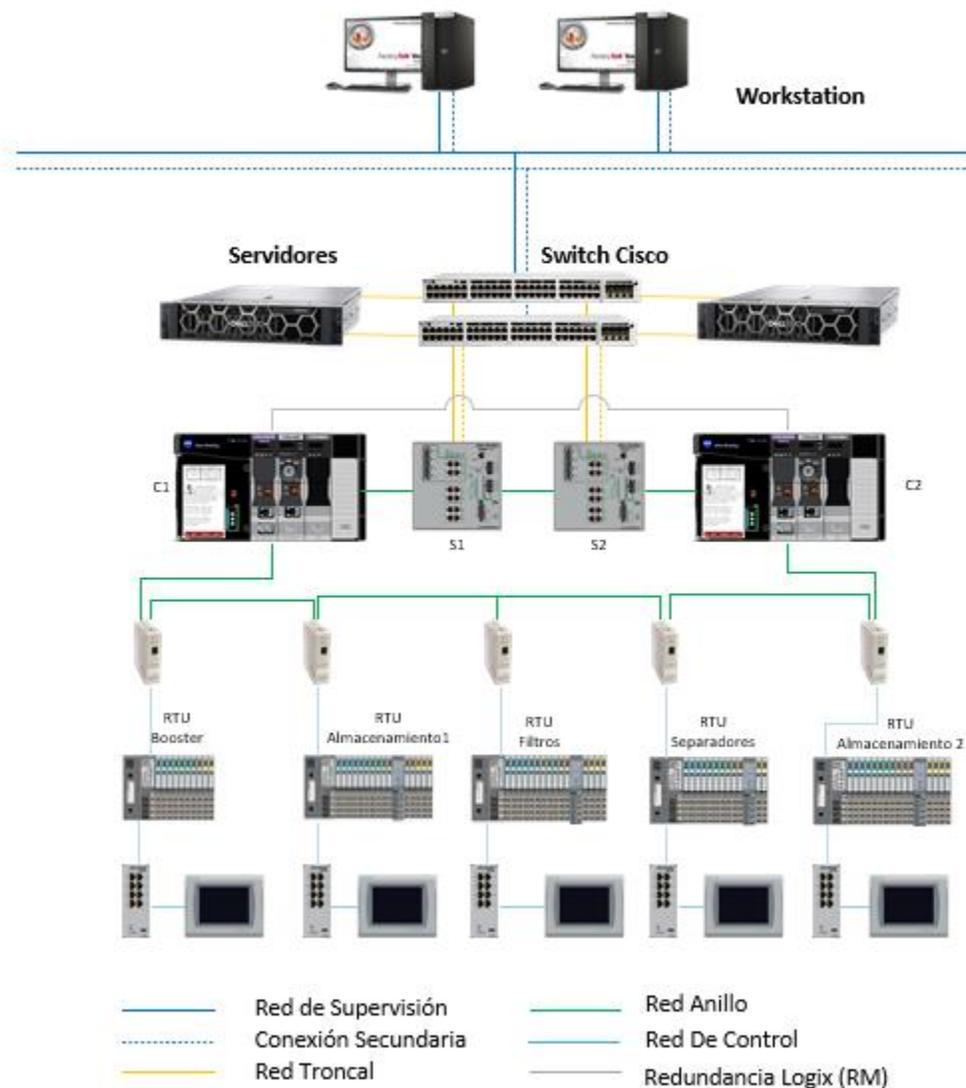
Nota. Adaptado de [24].

### ***5.2.1. Topología de Red***

La topología de red que se propone es basada en las topologías de referencia de PlantPAX, específicamente la topología DLR resiliente que ayuda a impedir la pérdida de comunicación entre dispositivos ante fallos, los dispositivos multipuestos (puertos EtherNet/IP™ incorporados) dotados de la tecnología DLR se conectan directamente a los nodos adyacentes y forman una topología en anillo en los dispositivos finales. Si se detecta una interrupción en la red, dicha red proporciona una ruta alternativa para reenvío de los datos a fin de ayudar a recuperar la red [24].

La arquitectura contempla la migración del sistema de supervisión a FactoryTalk View de Rockwell Automation, también se contempla la actualización de switch Cisco y servidores de aplicación, el sistema de control del área 1 se plantea en red tipo anillo-estrella y cada gabinete de control correspondiente a Booster, Almacenamiento 1, Separadores y Filtros, quedarán como RTU del PLC principal (P1). Adicional se requiere montar un gabinete nuevo denominado Almacenamiento 2 para recolectar las señales de unos equipos nuevos en campo.

**Figura 12**  
**Arquitectura Propuesta para Campo Norte – Área 1(Visio)**



Nota. Arquitectura DLR resiliente, en la cual se utilizan Gateway redundantes (S1 y S2) para brindar resiliencia de red DLR al resto de la red, se implementará un controlador primario (P1) y un controlador secundario (P2). La topología en anillo se recupera después de un punto de fallo (en 3 ms o menos).

Elaboración propia en software Visio con datos de [24].

Esta topología se propone teniendo en cuenta esas necesidades y requerimientos operativos identificados con el cliente, por el lado de la obsolescencia tecnológica se proponer migrar la

arquitectura anterior que es una arquitectura totalmente descentralizada por una arquitectura centralizada y redundante con I/O descentralizados con referencias actualizadas y con un periodo de vida útil amplio, para suplir la necesidad de mejorar las comunicaciones se implementan switch de distribución y servidores redundantes que permiten tener una mayor disponibilidad, seguridad y robustez de las comunicaciones. El sistema de supervisión esta enlazado a una topología tipo anillo, dadas las condiciones de distribución físicas de la planta permite cubrir largas distancias.

En la figura 11 se puede observar la arquitectura de red propuesta elaborada con el software de la suite de Rockwell Automation denominado Integrated Architecture Builder o IAB, esta herramienta brinda asistencia avanzada para diseñar las redes de control industrial, en el cual se puede verificar las conexiones correctas de acuerdo con la compatibilidad de cada equipo, así como también los accesorios de conexión y fuente requerido de acuerdo con el hardware seleccionado.

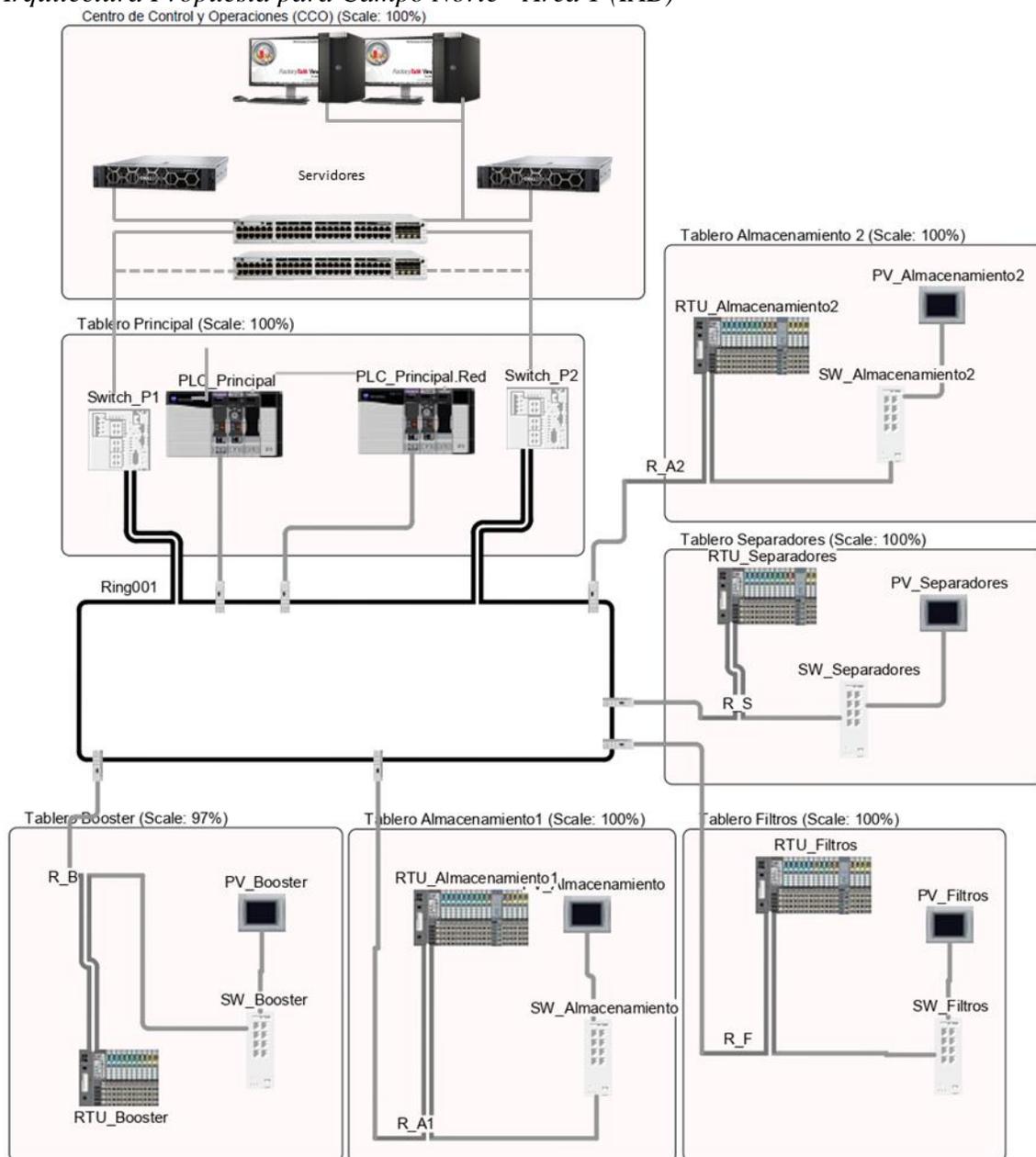
Para la implementación de la arquitectura en IAB para hacer el correcto dimensionamiento, se debe tener en cuenta la cantidad de señales que se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 6**  
*Señales Físicas para arquitectura propuesta*

<b>Subárea</b>	<b>AI</b>	<b>AO</b>	<b>DI</b>	<b>DO</b>
Booster	21	26	6	8
Almacenamiento 1	42	21	21	11
Separadores	26	26	11	7
Filtros	42	21	11	11
Almacenamiento 2	32	26	13	16
<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>120</b>	<b>62</b>	<b>53</b>

Nota. Cantidad de señales por subárea que se requiere implementar en la nueva arquitectura de control. El número de señales I/O ya contempla la reserva del 30% requerida por el cliente.

**Figura 13**  
**Arquitectura Propuesta para Campo Norte - Área 1 (IAB)**



Nota. Diseño de arquitectura de control en software Integrated Architecture Builder, se puede identificar los equipos de control principales que hacen parte de cada gabinete de control. Elaboración Propia.

### 5.2.2. Hardware de Arquitectura Propuesta

Para seleccionar los equipos se tomó de referencia las especificaciones basadas en la caracterización del sistema PlantPAx de acuerdo a [24]. Cabe resaltar que estas especificaciones se pueden modificar para mejorar el rendimiento del sistema en caso de ser necesario.

### 5.2.2.1. Servidores

El servidor del sistema de automatización de procesos es un elemento indispensable del sistema que aloja componentes de software esenciales para hacer funcionar el sistema. Entre los componentes esenciales del software se incluyen el servidor de datos, el servidor de HMI y el servidor de alarmas [24].

El número de servidores se determina de acuerdo con la arquitectura y la cantidad de software que se requieran instalar, dado que cada programa tiene unos requerimientos mínimos de hardware, teniendo en cuenta lo mencionado para la arquitectura del presente proyecto se contemplan 2 servidores en redundancia basados en las siguientes recomendaciones.

**Figura 14**  
*Requisitos de Hardware mínimos sugeridos para el servidor*

Categoría	Requisito
Hardware - Infraestructura virtual	<p>El PASS-C se probó en un entorno virtual utilizando Stratus zTC Edge T10i con</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel i7-8700T (o mayor)</li> <li>• CPU de 2.4 GHz mín.</li> <li>• 32 GB de RAM mín.</li> <li>• Cableado para Ethernet redundante</li> </ul>
Hardware - Infraestructura tradicional	<p>En el caso de sistemas con menos de 2000 puntos de E/S, el PASS - Consolidado incluye servidores de HMI, recolección de datos, toma de decisiones y gestión de activos. Estas herramientas combinadas componen un sistema PlantPAx básico en un solo servidor al que se le conoce como "consolidado".</p> <p>Hay que instalar el PASS en una computadora de clase servidor. A continuación se presentan ejemplos de especificaciones basadas en la caracterización del sistema PlantPAx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel® Xeon</li> <li>• CPU de 3.60 GHz mín.</li> <li>• 32 GB de RAM mín.</li> </ul>
Sistema operativo	Sistema operativo Windows Server 2016 de 64 bits
Software adicional de otros fabricantes	Software antivirus

Nota. Los requisitos de hardware observados en la figura son sugeridos. Adaptado de [24].

### 5.2.2.2. Estación de Trabajo del Operador (OWS)

La estación de trabajo de operador (OWS) es la interfaz gráfica que permite intervenir en los procesos. La OWS permite interactuar con el operador y no está concebida para realizar actividades de desarrollo o mantenimiento, aunque estas operaciones son posibles si se desea [24]. Para este proyecto se proponen dos estaciones de operación para facilitar la interacción de los operadores en el campo.

### 5.2.2.3. Switches

Para la red de supervisión y control se deben tener switch administrable que puedan enviar mensajes específicos a grupos multidifusión y los switches no administrados lo que hacen es inundar de mensajes a todos los puertos de la VLAN. Para asegurar el rendimiento, RA recomienda el uso de switches Stratix y/o Cisco.

**Figura 15**  
*Switch Stratix compatibles con PlantPAX*

Si	Entonces
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisor</li> <li>• Encaminamiento de información a otras redes</li> </ul>	Switches de capa 3 <sup>(1)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stratix 5410™</li> <li>• Stratix 5400™</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión de estaciones de trabajo, sensores y hardware de control</li> <li>• Redes aisladas</li> </ul>	Switches de capa 2 <sup>(1)</sup> Stratix 5410 Stratix 5400 Stratix 5700™
Alta disponibilidad a nivel de switch	Switch de capa 3 <sup>(1)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stratix 5410</li> </ul>

(1) Para los cables de vinculos ascendentes entre las capas 2 y 3, se recomienda fibra para obtener mejor funcionamiento del sistema.

Nota. Switch stratix sugeridos por RA. Adaptado de [23].

### 5.2.2.4. Controladores

Teniendo en cuenta la topología de red propuesta presenta redundancia, los controladores ControlLogix permiten la redundancia en las redes EtherNet/IP. Para un sistema PlantPAX, necesita los siguientes componentes:

**Figura 16**  
**Hardware de controladores redundantes de procesos y estándar**

<b>Categoría</b>	<b>Número de cat.</b>
Controladores redundantes de procesos	ControlLogix 1756-L81EP, 1756-L83EP, 1756-L85EP
Controladores redundantes estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ControlLogix 1756-L73, 1756-L74, 1756-L75<sup>(1)</sup></li> <li>• ControlLogix 1756-L81E, 1756-L82E, 1756-L83E, 1756-L84E, 1756-L85E</li> </ul>
Módulo de redundancia	1756-RM2 <sup>(2)</sup>
Interfases Ethernet estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para conexión DLR directa: 1756-EN2TR</li> <li>• Para conexión PRP directa: 1756-EN2TP</li> <li>• Para las demás conexiones: 1756-EN2T, 1756-EN2F</li> </ul>

Nota. Hardware sugerido para controladores redundantes, tener en cuenta que según [24] Los controladores ControlLogix 1756-L71 y 1756-L72 no se recomiendan para sistemas PlantPAx debido a restricciones de memoria. Adaptado de [24].

De acuerdo con la topología propuesta a continuación, se enlistan los equipos requeridos para la implementación, ordenados por subáreas de control.

**Tabla 7**  
**Servidores, OWS y Redes**

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Workstation	Base Precision 3930 Rack XCTO Intel Xeon E-2224G, 4 núcleos, 8 MB de memoria caché, 3.5 Ghz, 4.7 Ghz Turbo con Gráficos UHD 630, 64 GB, 4 x 16 GB, DDR4, ECC, Unidad de disco duro SATA de 3.5", 2 TB y 7200 RPM, Teclado con cable Dell KB216, Mouse cableado Dell MS116	2
Servidor	Servidor en rack PowerEdge R550 Intel® Xeon® Silver 4310 2.1G, 12C/24T, 10.4GT/s, 18M Cache, Turbo, HT (120W) DDR4-2666, DIMM Velocidad de hasta 2933 MT/s, 16 ranuras DIMM DDR4, Cantidad máxima de RAM RDIMM de 1 TB, 2TB 7.2K RPM SATA 6Gbps 512n 3.5in Hot-plug Hard Drive	2
Monitor	MONITOR	2

	DE 24 Dell Monitor de 24 - P2422H - Full HD 1080p, tecnología IPS, tecnología Comfort View Plus	
Catalyst 9300	Cisco Catalyst 9300: 24 Copper 10/100/1000 ports	2
F5E10-10M5Y	Panduit Fiber Patchcord: Duplex Zipcord Multimode 50 micron (OM2) ,LC Male / LC Male, 1.6mm diameter, 2-Conductor, Orange Riser, 2 meters	8

Nota. Para la instalación de los nuevos servidores se reutilizará el rack ya existente para tal fin, la consola de operaciones será suministrada por el Cliente.

**Tabla 8**  
*Hardware de Tablero Principal*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1756-A4	1756 Chassis 4 slots	2
1756-PA72	85-265 VAC Power Supply (5V @ 10 Amp)	2
1756-EN2TR	EtherNet 10-100M Bridge Module (2-Ports)	2
1756-L83E	Logix5580E Controller With 10 Mbytes Memory	2
1756-RM2	Redundancy Module	2
1756-RMC1	Redundancy Module Cable, 1M	2
1756-N2	Slot Filler module for standard ControlLogix chassis	2
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	2
1783-HMS8T4CGN	Stratix 5400, 8 copper 10/100 ports, 4 combo 10/100/1000 ports, Layer 2 FW, Supports 3xDLR	2
1783-SFP100FX	100BASE-FX Stratix Fiber SFP, 100 Mbit connectivity over Multimode fiber	4
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1

Nota. Para el gabinete principal es necesario suministrar todos los accesorios de conexión (borneras, fuentes, breaker, etc.), así como el gabinete en cerramiento Nema 4x o su homólogo en IP66.

**Tabla 9**  
*Hardware de Tablero Booster*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	3
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	10
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	4
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	1
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	2
F5E10-10M2Y	Panduit Fiber Patchcord: Duplex Zipcord Multimode 50 micron (OM2) ,LC Male / LC Male, 1.6mm diameter, 2-Conductor, Orange Riser, 2 meters	1
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1
1606-XLB240E	Basic Power Supply, 24-28V DC, 240 W, 90-264V AC Input Voltage,10.0A	1
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features,6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet,18-30 V DC	1
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1

Nota. En el tablero Booster se migra el PLC L35E por entradas distribuidas modulares con Point I/O, para cambio de control local a control centralizado (RTU del PLC principal), , también se suministra el módulo ETAP para la conexión DLR, un switch no administrable para conexión de la PV y el cableado de comunicación necesario.

**Tabla 10**  
*Hardware de Tablero Almacenamiento 1*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	6
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	3

1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	3
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	3
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1

Nota. En el tablero de almacenamiento se migra el PLC L32E por entradas distribuidas modulares con Point I/O, para cambio de control local a control centralizado (RTU del PLC principal), , también se suministra el módulo ETAP para la conexión DLR, un switch no administrable para conexión de la PV y el cableado de comunicación necesario.

**Tabla 11**  
*Hardware de Tablero Separadores*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	1
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	1
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	1
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	2
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	2
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1

2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1

Nota. En el tablero Separadores se migra el PLC L32E por entradas distribuidas modulares con Point I/O, para cambio de control local a control centralizado (RTU del PLC principal), , también se suministra el módulo ETAP para la conexión DLR, un switch no administrable para conexión de la PV y el cableado de comunicación necesario.

**Tabla 12**  
*Hardware de Tablero Filtros*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	6
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15
1734-OW4	4-Point Relay Output Module	1
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	2
1734-IE4C	4-Channel High-Density Analog Current Input Module	2
1734sc-IE4CH	4 Channel Analog Input Module with HART Protocol	1
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	3
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1

Nota. En el tablero Filtros se migra el PLC L32E por entradas distribuidas modulares con Point I/O, para cambio de control local a control centralizado (RTU del PLC principal), , también se suministra el módulo ETAP para la conexión DLR, un switch no administrable para conexión de la PV y el cableado de comunicación necesario.

**Tabla 13**  
*Hardware de Tablero Almacenamiento 2*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1
1734-IB8	24V DC 8-Point Sink Input Module	4
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	4
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	2
1734sc-IE4CH	4 Channel Analog Input Module with HART Protocol	1
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	4
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features,6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet,18-30 V DC	1
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1

Nota. Para el gabinete Almacenamiento 2 es necesario suministrar todos los accesorios de conexión (borneras, fuentes, breaker, etc.), así como el gabinete en cerramiento Nema 4x o su homólogo en IP66.

### 5.2.3. Software

Adicional al hardware es necesario obtener licenciamiento de software para realizar la implementación, el cual se especifica a continuación:

#### 5.2.3.1. FactoryTalk Historian

Es una herramienta que brinda la infraestructura de datos para captura, gestión y análisis de la información de los procesos de operación, este sistema es fácil de adoptar ya que es fácil de poner en línea, gracias a las interfaces estándar y los procedimientos de instalación automatizados con sistemas de control Logix [25]. Para la propuesta se requiere un servidor historian de 5000 tags para el proceso.

#### **5.2.3.2. FactoryTalk View**

Este software HMI permite monitorear y controlar aplicaciones desde algo muy sencillo como una máquina hasta sistemas distribuidos con múltiples usuarios. Este sistema integrado con controladores Logix, gráficos reutilizable, configuración de alarmas permiten generar desarrollos aplicaciones rápidas, escalar arquitecturas y mantener fácilmente los sistemas cuando y donde lo necesite [26].

#### **5.2.3.3. Studio 5000 Logix Designer**

Este entorno de diseño permite realizar una programación intuitiva y se concentra en el diseño rápido y virtual, así como en la reutilización y colaboración. Esta es una solución de aplicación escalable que se utilizar para programar y configurar cualquiera de los controladores de la familia logix5000 [27].

#### **5.2.3.4. PlantPAx**

El sistema de control distribuido de RA utiliza una plataforma de automatización común para la integración entre las áreas de la planta, este sistema cuenta con marcos diseñados que permiten conectar datos históricos y en tiempo real a herramientas de analítica e informes [28].

**Tabla 14**

*Software requerido para para la propuesta de implementación*

<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
-------------------	--------------------	-----------------

9518M-HST5KT40	Historian SE - 5000 tags perpetual	1
9701M-VWSTDENTT60	FactoryTalk View Studio Enterprise Perpetual	1
9701M-VWSDRT10	FactoryTalk View SE Client Perpetual	2
9701M-VWSDT20	FactoryTalk View SE Server 250 Display Perpetual	2
9528C-PASS10T21	PlantPAx PASS medium 10 client	2
9324M-RLDT30	Studio 5000 Professional Perpetual	1
WinServer2016	Windows Server 2016	2
SEP-NEW-S-1-25-1Y	Endpoint Protection, Initial Subscription License with Support, 1-24 Devices 1 YR	2
FQC-08981	Win Pro-10 Win64 Spanish Latam 1pk DSP OEI DVD (Para PC Nuevo, entrega física, NO es transferible)	2

#### **5.2.4. Gabinetes y Accesorios de Montaje**

Para el proyecto solo se requiere implementar 2 tableros nuevos, correspondientes a tablero principal y tablero Almacenamiento 2, la dimensión sugerida de los gabinetes es: Ancho 80 cm x Alto 200 cm x Profundidad 60 cm, con cerramiento nema 4x o P66 para ubicación en intemperie. El diseño de los tableros nuevos, aseguran como mínimo un 30% de capacidad de reserva instalada, adicional estarán provistos de un 40% de espacio para instalación de futuros módulos I/O, también estarán equipados de pernos de izaje removibles, para asistir y facilitar la instalación.

A continuación, se listan los accesorios principales requeridos para los gabinetes y los nuevos equipos a integrar en los tableros de control.

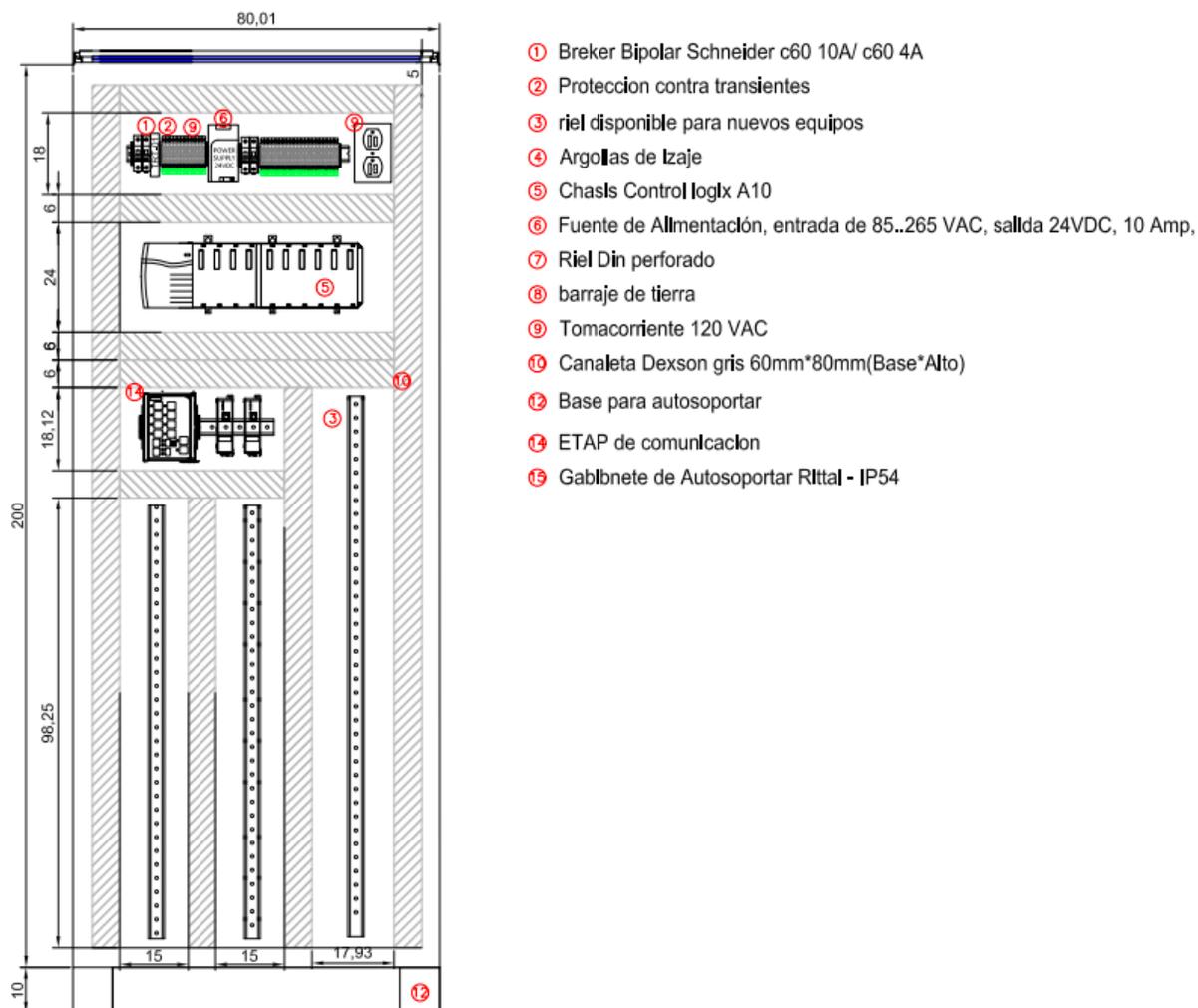
**Tabla 15**  
*Accesorios de conexión y ensamble*

<b>Referencia</b>	<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>
1489-M2C100	AB	BREAKER BIPOLAR 10 AMP 25 KA
4983-DS120-402	AB	PROTECCIONES PARA LINEAS DE ALIMENTACION (DPS)
1492-JDG3FB	AB	Borna doble porta fusible, sencilla y tierra
2500110	Rittal	Luminaria LED 600 lumen, alimentación a 100-230VAC. Montaje por clip o atornillado. No incluye pulsador de puerta.
H000X034H1C	Panduit	CARTUCHO PARA MARCACIÓN DE CABLE DE 18 - 12 AWG EN POLIOLEFIN DE 2.44 METROS COLOR BLANCO
2510000	Rittal	PORTAESQUEMAS PLÁSTICO DIN A4 VERT.
S-BCU43865	Nacional	GUIA HORIZONTAL DE COBRE PUESTA A TIERRA
N/A	Nacional	CABLE VEHICULO #20, #16, #14
1492-GM35	AB	MARCADORES DE BLOQUE

Nota. Accesorios principales de conexión y ensamble para los tableros, adicional se requieren otros accesorios menores como tapas de bornas, puentes, riel DIN, canaletas, fusibles, marcación general de activos pasivos y activos con marca Panduit, Cableado y demás insumos para el correcto ensamble.

La distribución de los equipos en los tableros a implementar se manejará similar a la observada en la figura 14, en la cual en la parte superior se encuentran los equipos de protección y alimentación, seguido se ubican los controladores y/o Point I/O según aplique, después se sitúan los equipos de comunicación como los switches, en la parte inferior está el espacio para las borneras y espacio adicional para implementaciones futuras.

**Figura 17**  
Distribución de equipos general para tablero tipo 3



Nota. Distribución general de equipos para un tablero tipo 3, no se presentan los mismos equipos correspondientes a tablero principal y almacenamiento 2, pero la distribución en estos será similar. Las medidas de la figura son en centímetros. Adaptado de Intranet de Omnicon [9].

### 5.3. Gestión de Proveedores

Con la definición de equipos realizada previamente y especificaciones técnicas y cantidades establecidas, se procede a identificar los aliados estratégicos que tiene Omnicon para solicitar las cotizaciones de los componentes para realizar la migración.

#### 5.3.1. Equipos Allen Bradley

Omnicon es integrador Gold de Rockwell Automation, por lo anterior se puede obtener buenas ofertas en equipos, sin embargo, RA tiene un distribuidor autorizado en Colombia para distribuir el hardware y software que es Melexa, ellos serán el canal por el cual se solicitarán los equipos y software requerido de la suite de Rockwell en Colombia.

### ***5.3.2. Protecciones, Fuentes, cableado***

Para obtener los equipos para protección de equipos, alimentación a 120 VAC o 24VDC, cableado y marcación general de activos y pasivos, se cuenta con los siguientes aliados: Phoenix Contact, Colsein, Mem, Panduit y Melexa.

### ***5.3.3. Gabinetes***

Para cotizaciones de gabinetes en cerramiento Nema o IP, contamos con Rittal quien ofrece una gran cantidad de gabinetes pequeños, compactos con cerramientos robustos. Otro aliado es Cofrecol quien ofrece gabinetes con cerramiento americano IP y los elabora a medida.

### ***5.3.4. Software y otros componentes***

Hardy solutions es una compañía que ofrece soluciones en sistemas de pesajes (basculas, controladores, celdas de carga, etc) y Omnicon es el distribuidor autorizado en Colombia.

Para componentes de networking como servidores, estaciones de operación y otros equipos, las compañías aliadas son Cisco, Netmask, Dell, Poverexpress, Melexa y TInformatica.

## Capítulo 6. Estrategia de Ejecución

En este capítulo se definen las actividades necesarias para el proyecto, así como el esfuerzo de ingeniería para cada una de ellas y los recursos requeridas para llevarlo a cabo el proyecto de automatización sobre la migración del sistema de monitoreo y control de un cliente de la compañía Omnicon.

### 6.1. Actividades

A continuación, se presentan la descripción de las actividades generales o macro para la ejecución del proyecto.

#### 6.1.1. *Levantamiento de Información y Documentación de Diseño*

El levantamiento de información comprende la recolección de la información y BackUP's referente a los dispositivos que intervienen en la operación. Esta información se revisará con el cliente en campo. Se establecerá la arquitectura preliminar, el total de variables a registrar en el historiador, número de pantallas y programas de las pantallas de operación y supervisión. También se debe realizar la validación del funcionamiento actual del sistema; esta actividad se desarrollará en conjunto con los operadores y el personal de ingeniería del cliente, verificando el funcionamiento del sistema actual, las desviaciones, los instrumentos y componentes habilitados y deshabilitados, para generar un criterio de aceptación y una única fuente de funcionamiento del sistema, así como la revisión de documentación correspondiente a manuales operativos, manuales de mantenimientos y filosofía de control.

Posteriormente se elaborará el documento de diseño, en este se registrará toda la información obtenida y analizada, así como las recomendaciones y conclusiones que se generen en la trayectoria del proyecto. Este documento incluye los siguientes ítems:

- Plan de migración

- Listado de señales SCADA
- Listado PLC y HMI
- Diseño y Navegación en Pantallas.
- Listado de Hardware y Software.

Esta actividad también comprende la elaboración del protocolo de pruebas FAT (Factory Acceptance Testing) y pruebas SAT (Site Acceptance Testing), las primeras hacen referencia a las pruebas realizadas en las instalaciones del proveedor en este caso Omnicon, las SAT son las pruebas ejecutadas en sitio de ejecución del proyecto del Cliente, para ambas se crea una lista de verificación que se define en conjunto con el cliente, para comprobar el correcto funcionamiento del sistema [29].

Todos los documentos de diseño deberán ser revisados, validados y aprobados por el cliente en dos sesiones programadas con el mismo.

### ***6.1.2. Migración a PlantPax de la programación del sistema de Control***

En esta actividad se desarrolla la programación de lógica de control en las subáreas de control correspondientes a Booster, Almacenamiento 1, Almacenamiento 2, Separadores y Filtros. También la configuración redundante del PLC Principal. Se utilizarán las librerías de proceso PlantPAX de Rockwell Automation. Este desarrollo incluirá pantallas de Overview (esquema general), Faceplate de cada dispositivo, Alarmas, Tendencias (Integradas con el FT Historian), manejo de seguridades, Status de Redes y Controladores [30]. Toda la programación quedará comentada, la depuración de códigos o programación “fantasma” encontrados, en caso de encontrarse programación o código escrito que no tenga funcionalidad alguna, éste será depurado

previa validación de la documentación de la subárea, de las pruebas realizadas y aprobación de la interventoría.

### ***6.1.3. Migración del sistema de Supervisión y entorno gráfico HMI***

Se desarrollará la configuración del sistema de supervisión en FactoryTalk View en arquitectura cliente servidor, actualización del entorno gráfico existente del sistema de control siguiendo el estándar internacional ANSI/ISA 101, con el objetivo de mejorar y reducir el riesgo de la operación de las pantallas HMI Booster, Almacenamiento 1, Almacenamiento 2, Filtros, y Separadores.

### ***6.1.4. Pruebas FAT, SAT, comisionamiento y puesta en marcha***

Comprende todas las pruebas requeridas para asegurar que la migración a PlantPAX, actualización del entorno gráfico, instalación de equipos y demás se realice de forma satisfactoria y no represente riesgos para el proceso durante o después de la migración, lo anterior incluye:

- Pruebas de las bases de datos y la lógica de control del sistema, lo anterior con el objetivo de identificar posibles desviaciones con la misma y corregirlos. En caso de requerirse se deberán citar talleres en conjunto con operaciones/ingeniería para aclarar, validar o proponer la lógica apropiada acorde a la filosofía de operación o manual de operaciones.
- Pruebas FAT: Pruebas de la aplicación en ambiente de simulación y pruebas. Para estas pruebas se utilizará el protocolo de pruebas aprobado por el cliente y se realizaran en las instalaciones de OMNICON donde se contará con toda la infraestructura para las pruebas.

- Pruebas SAT: Se deberá realizar pruebas de secuencias, en conjunto con personal instrumentista del contrato de mantenimiento se deberá probar los elementos del sistema de shutdown con sus respectivos elementos iniciadores y actuadores finales, lazos de control, alarmas y todas las señales identificadas en los criterios iniciales y en el protocolo de pruebas SAT. El formato de pruebas SAT deberá incluir como mínimo pruebas continuas de lazo, verificación de lectura en sitio en compañía del personal de instrumentación y al menos dos variaciones en cualquier punto dentro del rango de medición/operación del instrumento. Validación de activación de alarmas o interlocks, despliegue en el banner de alarmas, historización. Los gabinetes suministrados también deberán ser objeto de estas pruebas [30].

Para todos los casos se deberá garantizar que en el log de eventos (registro de eventos) deberán quedar registrados los cambios de configuración de alarmas y enclavamientos, y el perfil que realizó tal cambio.

#### ***6.1.5. Actualización de OWS, Servidores y Equipos de Comunicación***

En esta actividad se preparará la infraestructura para desmontar los equipos y estaciones de cómputo a cambiar para adecuar el espacio para la instalación de los nuevos componentes, para posterior configuración e instalación de clientes y software correspondiente.

#### ***6.1.6. Instalación y Modificación en los Gabinetes de Control***

Modificación de los gabinetes existentes y operativos del sistema de control en las diferentes subáreas a intervenir para instalación del nuevo hardware asociado a la actualización de componentes del sistema por tiempo de vida y/o implementación de nuevas funcionalidades.

Se realizará el diseño (distribución) de los tableros de la subárea Almacenamiento y Principal, así como la instalación y configuración de los módulos de control a instalar detallados en el capítulo anterior.

En los gabinetes existentes (Filtros, Almacenamiento 1, Booster y Separadores) se realizará la integración de los nuevos equipos (Terminal HMI, I/O, módulos de comunicación y switch).

#### ***6.1.7. Soporte Post-Arranque***

Se prestará el servicio de soporte Post-Arranque en planta al personal de mantenimiento y operación durante tres (3) días durante 24 horas y dos (2) días en horario normal para verificar la operación estable del sistema y realizar los ajustes al sistema, de ser necesario.

#### ***6.1.8. Capacitación y Documentación AS-BUILD***

Se dará una capacitación formal al personal sobre las operaciones del sistema. Esta capacitación se efectuará en las instalaciones del cliente, está dimensionada para un número máximo de 4 personas durante 5 sesiones en horario normal. En estas se explicará el desarrollo realizado y el manejo de fallas de la aplicación, así como también la navegación de las nuevas pantallas del sistema, lazos de control, tendencias, históricos, alarmas, reportes, etc.

La elaboración de la documentación As-Build o dossier de construcción final, el cual incluye actualización y elaboración de lo siguiente:

- Arquitectura de control implementada.

- Diseño y Navegación en Pantallas.
- Librerías y Típicos para dispositivos de campo y mímicos.
- Listado de controladores y HMI.
- Actualización lista de despliegues HMI
- Listado de Software.
- Listado de repuestos recomendados indicando procesadores, módulos de I/O y elementos de comunicaciones con sus respectivas ubicaciones.
- Plan de Inspecciones y Pruebas, incluyendo los protocolos de pruebas FAT y SAT diligenciados.
- Matriz causa - efecto
- Manual de Operación y Mantenimiento actualizados con enfoque en las actividades objeto de esta actualización.
- Certificados de Cumplimiento de conformidad de Normas y Estándares.
- Certificados de Garantía de los equipos.
- Documentos de configuración, lógicas, datasheets.
- Copia de la programación de cada uno de los procesadores y/o equipos instalados.
- Informe detallado de las actividades ejecutadas.

## **6.2. Cronograma y Organigrama**

Para las actividades mencionadas anteriormente se realizó la estimación del esfuerzo de ingeniería, también se definieron los perfiles profesionales teniendo en cuenta la operación de la compañía y la experiencia de los perfiles asignados, con lo cual se establecieron los tiempos por cada actividad.

**Tabla 16**  
*Esfuerzo de Ingeniería y Perfiles Profesionales*

Actividad	Ingeniero 1		Ingeniero 2		Técnico 1		Líder de Proyecto	
	C	O	C	O	C	O	C	O
Reunión de apertura	1	1	1	1				
Visita técnico - comercial para el levantamiento de información	5		5					
Estudio de información	1	10	1	10				
Aclaración y documentación de requerimientos		1		1				
Elaboración de documento de diseño		5		5				
Elaboración protocolos de pruebas FAT		1		1				
Elaboración de protocolos de pruebas SAT		1		1				
Revisión de documento de diseño		2		2				
Gestión de compras		3						
Programación de PLC		25		25				
Programación HMI		25		25				
Ejecución de protocolos de pruebas FAT		15		15		2		
Corrección después pruebas		3		3				
Instalación Networking	1		1		1			
Configuración de redes	3		3		3			
Configuración de servidores	3		3		3			
Configuración de workstations	1		1					
Ejecución de protocolos de pruebas SAT	16		16		10			

Comisionamiento y puesta en marcha	5		5		5			
Soporte POST-ARRANQUE	5		5					
Capacitación	5	1						
Elaboración de documentación AS-BUILT	3	5	3	5				
Validación de Información técnica sobre los gabinetes de control						4		
Elaboración de Planos eléctricos para los componentes de control						14		
Desmontaje de equipos de control						5		
Montaje de equipos						12		
Administrativa							4	29
Gestión de permisos de trabajo para actividades y cursos de seguridad	18		18		9			

Nota. Se especifican los tiempos requeridos para cada actividad en sitios (campo) y en oficina, así como los perfiles profesionales correspondientes. EL tiempo está expresado en días (O: Oficina, C: Campo).

### 6.2.1. Cronograma

Como estrategia de ejecución del proyecto se propone un estimado de SIETE (7) meses para desarrollar la totalidad del proyecto con CUATRO (4) recursos asignados, correspondiente a (DOS) 2 ingenieros en automatización industrial, UN (1) técnico en automatización y UN (1) líder de proyecto, los anteriores perfiles con mínimo 5 años de experiencia en desarrollo de proyectos similares.

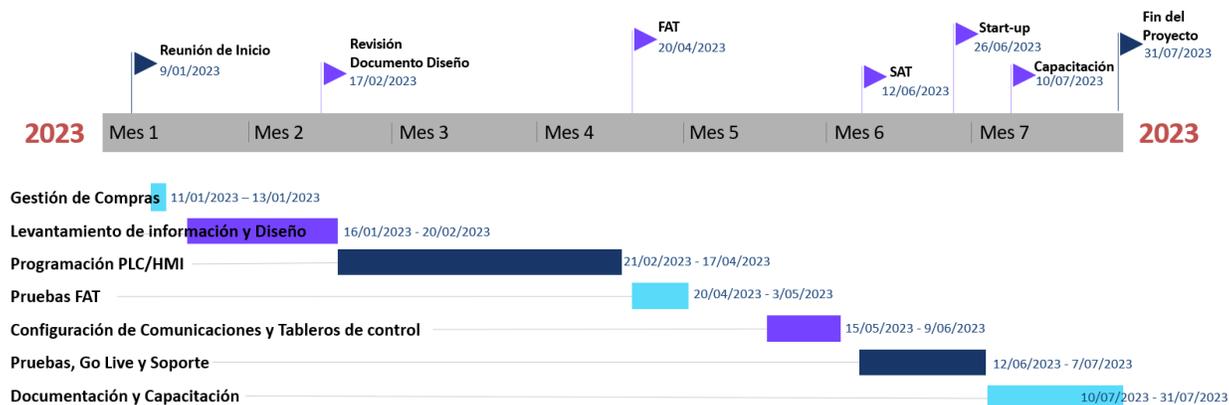
Es de notar que posterior a la reunión de inicio del proyecto entre el Cliente y Omnicon se debe realizar la gestión de compra, esto con el fin de que al momento de la implementación en

sitio del sistema los equipos hayan sido entregado por los proveedores, debido a que actualmente se están presentando tiempos de entrega muy altos.

Para la ejecución de pruebas SAT se consideran QUINCE (15) días, de los cuales son SEIS (6) días dominicales, en lo anterior participan 2 perfiles (Ingeniero 1 y 2).

Durante todo el desarrollo el líder del proyecto estará supervisando las actividades y otras actividades administrativas para la correcta ejecución de la implementación.

**Figura 18**  
*Línea de Tiempo de la ejecución del proyecto*



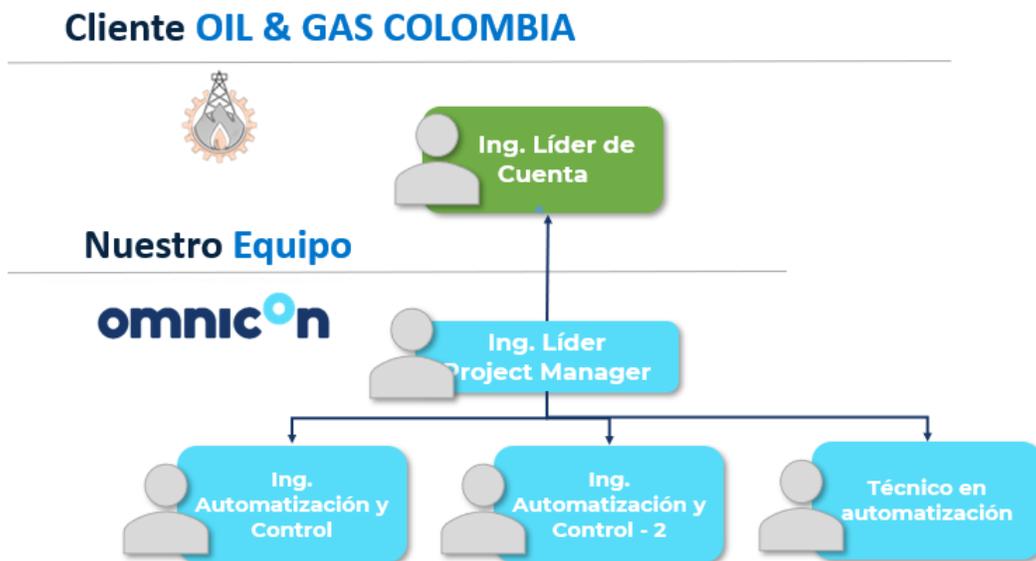
Nota. Línea de Tiempo en la que se puede ver el panorama general de ejecución indicando las actividades principales de este, cabe notar que las fechas propuestas pueden estar sujetas a cambios debido a acuerdo entre el cliente y Omnicon y/o retrasos en entrega de equipos. Elaboración propia basado en la identidad corporativa de Omnicon.

EL cronograma detallado se puede observar en el anexo A.

### 6.2.2. Organigrama

La estructura jerárquica de los actores requeridos para el desarrollo del proyecto se puede observar en la figura 16, todo el equipo de Omnicon que se propone tiene amplia experiencia en implementación de migraciones en diferentes sectores productivos.

**Figura 19**  
*Organigrama Propuesto*



Nota. El organigrama propone un ingeniero líder de proyecto, dos ingenieros en automatización y control y 1 técnico del equipo de Omnicon, y se cuenta con un líder de proyecto del cliente, es de resaltar que estos son los actores directos de la fase de ejecución del proyecto.

### 6.3. Viáticos

Para estimar los gastos requeridos para la ejecución del proyecto es necesario definir claramente la cantidad de visitas a planta, a continuación, se definen los traslados requeridos:

- El primer traslado a sitio será durante SIETE (7) días para las actividades de levantamiento de información y parte del análisis de esta, donde participaran el ingeniero 1 e ingeniero 2.
- El segundo viaje a campo será para la instalación, configuración, pruebas y puesta en servicio del área a intervenir, este se considera durante DOS (2) meses, en el cual estarán todo el tiempo los dos ingenieros, mientras que el técnico estará solamente UN (1) mes.

- El último viaje es durante UNA (1) semana para impartir la capacitación al personal de operación y mantenimiento de la planta sobre la implementación que se realizará.

Para cubrir la estadía se debe incluir los rubros para alimentación completa (desayuno, almuerzo, cena), traslado desde Cali hasta el municipio de ejecución lo que comprende tiquetes aéreos y el transporte desde la oficina hasta el aeropuerto, transporte local y otros gastos imprevistos. Como transporte local se toma la estrategia de renta de UNA (1) camioneta 4x4 de acuerdo con el número de días que se requiera por visita a planta. En el rubro de alimentación se contabiliza en número de días en planta por la cantidad de recursos y de igual manera para hospedaje, para el anterior se consideran días adicionales correspondientes a días de viaje y fines de semana.

**Tabla 17**

*Viáticos para Transporte, Hospedajes y Alimentación*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Alimentación	151
Hospedaje	151
Tiquetes Aéreos	10
Transporte al Aeropuerto	10
Renta de Camioneta	151
Otros (Overoles, Documentación e Imprevistos)	N/A

## Capítulo 7. Análisis Presupuestal

En este capítulo se definen los costos presupuestados para el proyecto, los cuales comprenden los componentes software y hardware, así como costos de la ingeniería y gastos asociados a esta, posteriormente se realiza el análisis de fiabilidad del proyecto basados en la rentabilidad de este.

### 7.1. Propuesta comercial detallada de Componentes Hardware y Software

Una vez se tienen las cotizaciones solicitadas a los aliados estratégicos, se inicia una actividad de análisis de costo, tiempos de entrega y forma de pago del hardware y software, cuando los tiempos de entrega son muy altos (mayor a 6 meses) se gestiona con los proveedores referencias similares a las solicitadas que puedan tener tiempos de entrega óptimos, al mismo tiempo que se solicitan descuentos adicionales para obtener el mejor precio, todo este proceso se realiza con apoyo de un analizador de negocio de la Compañía donde se puede calcular la rentabilidad que se obtiene por la venta de los equipos y realizar ajustes según se requiera para el beneficio del Cliente y Omnicon.

En las siguientes tablas se podrá observar el costo de cada una de las referencias solicitadas, es importante recalcar que se oferta el hardware importado y el software se presenta en moneda americana USD (dólares), debido a que los proveedores cotizan en la misma y dada la volatilidad alta de la tasa representativa del mercado (TRM) es un riesgo presentar los componentes en moneda colombiana COP, dado que la TRM puede variar desde el día que se presenta la oferta hasta el día que realmente se factura y algunas de las partes interesadas se puede ver afectada.

**Tabla 18**  
*Hardware de Tablero Principal*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1756-A4	1756 Chassis 4 slots	2	USD 621.00	USD 1,242.00
1756-PA72	85-265 VAC Power Supply (5V @ 10 Amp)	2	USD 1,709.00	USD 3,418.00

1756-EN2TR	EtherNet 10-100M Bridge Module (2-Ports)	2	USD 5,351.00	USD 10,702.00
1756-L83E	Logix5580E Controller With 10 Mbytes Memory	2	USD 20,767.00	USD 41,534.00
1756-RM2	Redundancy Module	2	USD 9,079.00	USD 18,158.00
1756-RMC1	Redundancy Module Cable, 1M	2	USD 313.00	USD 626.00
1756-N2	Empty Slot Filler for 1756 Chassis	2	USD 54.00	USD 108.00
1783-HMS8T4CGN	Stratix 5400, 8 copper 10/100 ports, 4 combo 10/100/1000 ports, Layer 2 FW, Supports 3xDLR	2	USD 5,087.00	USD 10,174.00
1783-SFP100FX	100BASE-FX Stratix Fiber SFP, 100 Mbit connectivity over Multimode fiber (Temperature Rating: -40 to +85 degrees C)	4	USD 347.00	USD 1,388.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	2	USD 1,125.00	USD 2,250.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 90,224.00</b>

**Tabla 19**  
*Hardware de Tablero Booster*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1	USD 1,048.00	USD 1,048.00
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	3	USD 197.00	USD 591.00
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	10	USD 30.00	USD 300.00
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	4	USD 225.00	USD 900.00
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	1	USD 1,574.00	USD 1,574.00
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	2	USD 957.00	USD 1,914.00
F5E10-10M2Y	Panduit Fiber Patchcord: Duplex Zipcord Multimode 50 micron (OM2) ,LC Male / LC Male, 1.6mm diameter, 2-Conductor, Orange Riser, 2 meters	1	USD 756.00	USD 756.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1	USD 1,125.00	USD 1,125.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00

1606-XLB240E	Basic Power Supply, 24-28V DC, 240 W, 90-264V AC Input Voltage,10.0A	1	USD 370.00	USD 370.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features,6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet,18-30 V DC	1	USD 3,548.00	USD 3,548.00
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1	USD 1,026.00	USD 1,026.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 13,776.00</b>

**Tabla 20**  
*Hardware de Tablero Almacenamiento 1*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1	USD 1,048.00	USD 1,048.00
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	6	USD 197.00	USD 1,182.00
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15	USD 30.00	USD 450.00
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	3	USD 225.00	USD 675.00
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	3	USD 1,574.00	USD 4,722.00
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1	USD 327.00	USD 327.00
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	3	USD 957.00	USD 2,871.00
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features,6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet,18-30 V DC	1	USD 3,548.00	USD 3,548.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1	USD 1,026.00	USD 1,026.00
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1	USD 83.00	USD 83.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1	USD 1,125.00	USD 1,125.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 17,681.00</b>

**Tabla 21**  
*Hardware de Tablero Separadores*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1	USD 1,048.00	USD 1,048.00
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	1	USD 197.00	USD 197.00
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	1	USD 30.00	USD 30.00
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	1	USD 225.00	USD 225.00
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	2	USD 1,574.00	USD 3,148.00
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1	USD 327.00	USD 327.00
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	2	USD 957.00	USD 1,914.00
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1	USD 1,026.00	USD 1,026.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1	USD 3,548.00	USD 3,548.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1	USD 1,125.00	USD 1,125.00
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1	USD 83.00	USD 83.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
SUBTOTAL				<b>USD 13,295.00</b>

**Tabla 22**  
*Hardware de Tablero Filtros*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1	USD 1,048.00	USD 1,048.00
1734-IV8	24V DC 8-Point Source Input Module	6	USD 197.00	USD 1,182.00
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15	USD 30.00	USD 450.00
1734-OW4	4-Point Relay Output Module	1	USD 290.00	USD 290.00
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	2	USD 225.00	USD 450.00

1734-IE4C	4-Channel High-Density Analog Current Input Module	2	USD 835.00	USD 1,670.00
1734sc-IE4CH	4 Channel Analog Input Module with HART Protocol	1	USD 898.00	USD 898.00
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1	USD 327.00	USD 327.00
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	3	USD 957.00	USD 2,871.00
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1	USD 1,026.00	USD 1,026.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00
2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1	USD 3,548.00	USD 3,548.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1	USD 1,125.00	USD 1,125.00
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1	USD 83.00	USD 83.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 15,592.00</b>

**Tabla 23**  
*Hardware de Tablero Almacenamiento 2*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
1734-AENTR	1734 2-Port EtherNet/IP Adapter	1	USD 1,048.00	USD 1,048.00
1734-IB8	24V DC 8-Point Sink Input Module	4	USD 200.00	USD 800.00
1734-TOP	One-Piece Terminal Base, 8-point, Screw Clamp Terminals	15	USD 30.00	USD 450.00
1734-OB8	24V DC 8-Point Source Output Module	4	USD 225.00	USD 900.00
1734-IE8C	8-Channel High-Density Analog Current Input Module	2	USD 1,574.00	USD 3,148.00
1734sc-IE4CH	4 Channel Analog Input Module with HART Protocol	1	USD 898.00	USD 898.00
1734-EP24DC	24V DC Expansion Power Module	1	USD 327.00	USD 327.00
1734-OE4C	4-Point Analog Current Output Module	4	USD 957.00	USD 3,828.00
1783-LMS8	Stratix 2500 Lightly Managed Switch with 8x10\100Base-T	1	USD 1,026.00	USD 1,026.00
1585J-M4TBJM-2	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 2 m	1	USD 70.00	USD 70.00

2711P-T7C22D9P	Graphic Terminal, Performance Model, Extended Features, 6.5 in., TFT Color, Standard Aspect Ratio, Touch screen, Device Level Ring Ethernet, 18-30 V DC	1	USD 3,548.00	USD 3,548.00
1783-ETAP2F	EtherNet/IP Tap w/ 1 copper port, 2 fiber ports	1	USD 1,125.00	USD 1,125.00
1585J-M8HBJM-10	1589 Ethernet cables, 8 conductores, RJ45, straight male, standard, RJ45, straight male, tela 600V, 600V, 10 m	1	USD 83.00	USD 83.00
1606-XLB480E	1606 XLB Power Supply 480W 24V, 20A DC OK relay	1	USD 554.00	USD 554.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 17,805.00</b>

**Tabla 24**  
*Servidores, OWS y Switch*

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
Workstation	Base Precision 3930 Rack XCTO Intel Xeon E-2224G, 4 núcleos, 8 MB de memoria caché, 3.5 Ghz, 4.7 Ghz Turbo con Gráficos UHD 630, 64 GB, 4 x 16 GB, DDR4, ECC, Unidad de disco duro SATA de 3.5", 2 TB y 7200 RPM, Teclado con cable Dell KB216, Mouse cableado Dell MS116	2	USD 2,765.00	USD 5,530.00
Servidor	Servidor en rack PowerEdge R550 Intel® Xeon® Silver 4310 2.1G, 12C/24T, 10.4GT/s, 18M Cache, Turbo, HT (120W) DDR4-2666, DIMM Velocidad de hasta 2933 MT/s, 16 ranuras DIMM DDR4, Cantidad máxima de RAM RDIMM de 1 TB, 2TB 7.2K RPM SATA 6Gbps 512n 3.5in Hot-plug Hard Drive	2	USD 5,317.00	USD 10,634.00
Monitor	MONITOR DE 24 Dell Monitor de 24 - P2422H - Full HD 1080p, tecnología IPS, tecnología Comfort View Plus	2	USD 1,769.00	USD 3,538.00
Catalyst 9300	Cisco Catalyst 9300: 24 Copper 10/100/1000 ports	2	USD 12,309.00	USD 24,618.00
F5E10-10M5Y	Panduit Fiber Patchcord: Duplex Zipcord Multimode 50 micron (OM2) ,LC Male / LC Male, 1.6mm diameter, 2-Conductor, Orange Riser, 2 meters	8	USD 106.00	USD 848.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 45,168.00</b>

**Tabla 25**  
**Costo Software**

Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total USD
9518M-HST5KT40	Historian SE - 5000 tags perpetual	1	USD 50,100.00	USD 50,100.00
9701M-VWSTDENTT60	FactoryTalk View Studio Enterprise Perpetual	1	USD 3,779.00	USD 3,779.00
*9528C-PASS10T21	PlantPAX PASS medium 10 client	2	USD 12,989.00	USD 25,978.00
9324M-RLDT30	Studio 5000 Professional Perpetual	1	USD 12,735.00	USD 12,735.00
WinServer2016	Windows Server 2016	2	USD 1,096.00	USD 2,192.00
SEP-NEW-S-1-25-1Y	Endpoint Protection, Initial Subscription License with Support, 1-24 Devices 1 YR	2	USD 63.00	USD 63.00
FQC-08981	Win Pro 10 Win64 Spanish Latam 1pk DSP OEI DVD (Para PC Nuevo, entrega física, NO es transferible)	2	USD 240.00	USD 480.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD 95,390.00</b>

Nota. \*Teniendo en cuenta el paquete de software PlantaPax incluye un servidor HMI con pantallas ilimitadas, 10 estaciones de cliente y conexiones de cliente HTML ilimitadas basadas en navegador. No se incluyen individual las licencias mencionadas (FT View Server y Client).

**Tabla 26**  
**Panel y Accesorios**

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total COP
Suministro de TABLERO ALMACENAMIENTO 2, ACCESORIOS Dimensiones 80cm x 200cm x60cm Alto x Ancho x Profundidad, cerramiento NEMA 4X / IP66, Materiales y accesorios de ensamble como Canaletas ranuradas, Riel DIN, Breakers de protección, Kit de Iluminación interna, Bolsillo porta-esquemas, Bornas de alimentación y conexionado, marcación general de activos pasivos y activos con marca Panduit, Cableado y demás insumos para el correcto ensamble.	1	COP 19,707,000	COP 19,707,000
Suministro de TABLERO PRINCIPAL, ACCESORIOS Dimensiones 80cm x 200cm x60cm Alto x Ancho x Profundidad, cerramiento NEMA 4X / IP66, Materiales y accesorios de ensamble como Canaletas ranuradas, Riel DIN, Brekers de protección, Kit de Iluminación interna, Bolsillo porta-esquemas, Bornas de alimentación y conexionado, marcación general de activos pasivos y activos con marca Panduit, Cableado y demás insumos para el correcto ensamble.	1	COP 16,788,000	COP 16,788,000
<b>SUBTOTAL</b>			<b>COP 36,495,000</b>

Nota. El costo del panel y accesorios es presentado en moneda colombiana, dado que los proveedores de estas referencias si cotizan en la misma.

## 7.2. Propuesta comercial detallada de Servicios de Ingeniería y Viáticos

Con los tiempos definidos para las actividades y la asignación de perfiles se procede a validar con la operación de la compañía si los perfiles requeridos tienen disponibilidad y de esa manera asignar las tarifas de acuerdo con esto. Para obtener los costos de las actividades se realiza en el analizar de negocio que nos permite analizar la rentabilidad del negocio sin dejar de lado que sea un valor final atractivo para el Cliente.

**Tabla 27**  
*Costos de Servicio de Ingeniería y Gastos Asociados*

Descripción	Cantidad	Total COP
Servicios Profesionales para Levantamiento de Información y Documento de Diseño	7 MESES	COP 66,030,000
Servicios Profesionales para Migración a PlantPax de la programación del sistema de Control		COP 56,050,000
Servicios Profesionales para Migración del sistema de Supervisión y entorno gráfico HMI		COP 56,050,000
Servicios Profesionales para Pruebas FAT, SAT, comisionamiento y puesta en marcha		COP 104,121,744
Servicios Profesionales para Actualización de Estaciones de Operación, Servidores y Equipos de Comunicación		COP 18,601,000
Servicios Profesionales para Instalación y Modificación en los Gabinetes de Control		COP 23,275,000
Servicios Profesionales para Soporte Post-Arranque		COP 13,434,006
Servicios Profesionales para Capacitación y Documentación AS-BUILD		COP 29,146,000
Gastos Asociados (Alimentación, Hospedaje y Transporte)		GL
<b>SUBTOTAL</b>		<b>COP 463,704,750</b>

## 7.3. Resumen de costos del Proyecto

A continuación, se presenta el resumen de costos de la implementación del proyecto segmentado por divisas (dólares y Pesos colombianos):

**Tabla 28**  
*Resumen de Costos en USD*

Descripción	Total USD
Hardware de Tablero Principal	USD 90,224.00

Hardware de Tablero Booster	USD 13,776.00
Hardware de Tablero Almacenamiento 1	USD 17,681.00
Hardware de Tablero Separadores	USD 13,295.00
Hardware de Tablero Filtros	USD 15,592.00
Hardware de Tablero Almacenamiento 2	USD 17,805.00
Servidores, OWS y Switch	USD 45,168.00
Software	USD 95,390.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>USD 308,931.00</b>

**Tabla 29***Resumen de Costos en COP*

<b>Descripción</b>	<b>Total COP</b>
Servicios Profesionales de Ingeniería para la migración del sistema de control de Planta Norte – Área 1	COP 366,707,750
Gastos Asociados (Alimentación, Hospedaje y Transporte)	COP 96,997,000
Panel y Accesorios	COP 36,495,000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>COP 500,199.750</b>

El valor de la propuesta es TRESCIENTOS OCHO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y UN dólares americanos (USD 308,931.00) en HARDWARE Y SOFTWARE; y QUINIENTOS MILLONES CIENTO NOVENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS CINCUENTA pesos colombianos (COP 500,199.750) en SERVICIOS PROFESIONALES, GASTOS Y ACCESORIOS, más el IVA de ley o las retenciones asociadas al país de ejecución.

## Capítulo 9. Conclusiones

Con las visitas a campo y los diferentes encuentros virtuales y presenciales con el cliente se logró recopilar la información requerida para analizar la propuesta óptima para la migración del sistema de supervisión y control.

Con el levantamiento de información y análisis de esta, se diseñó la arquitectura de control para el sistema estableciendo la tecnología a implementar, dando cumplimiento al objetivo de cliente de eliminar obsolescencia, robustecer el sistema de control y estandarizar el área en cuanto a hardware y procedimientos de programación.

A través de las herramientas de diseño, la propuesta de arquitectura definitiva y conocimientos técnicos de diferentes actores, se obtuvo el hardware y software necesario para actualizar el sistema de control.

Se definieron las actividades y tiempos necesarios para el desarrollo del proyecto basados en el alcance de este, cantidad de equipos y estrategia de ejecución.

Se elaboro una propuesta técnico-comercial de valor para nuestro cliente, en la que se plasmó el análisis del requerimiento y beneficios de la implementación, así como la estructura de costos óptima para el proyecto. La propuesta se presenta en el Anexo B.

Finalmente, se presentó la oferta al cliente, detallando la arquitectura de control, así como la estrategia de ejecución planteada, siendo una sesión satisfactoria para ambas partes.

### Bibliografía

- [1] V. T. CRUZ, “APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL UTILIZANDO PLANTAS DIDÁCTICAS CON VARIABLES TÍPICAS,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, 2018. doi: <http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/8267/IEtacrv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [2] G. Lyu and R. W. Brennan, “Towards IEC 61499-Based Distributed Intelligent Automation: A Literature Review,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 17, no. 4, pp. 2295–2306, Apr. 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3016990.
- [3] D. de M. Garcia and A. Urdaneta, “Vista de MODELO PARA EL CONTROL DE PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA,” *Rev. Electron. Estud. Telemat.*, vol. 9, 2010, Accessed: Jun. 15, 2022. [Online]. Available: <http://ojs.urbe.edu/index.php/telematique/article/view/2542/2341>
- [4] “Migración de Sistemas de Control.” <http://www.cruxar.com.ar/es/migracion-de-sistema-de-control.php> (accessed Jun. 15, 2022).
- [5] V. D. P. Mateo, “MIGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIALES (ICS),” 2018. <https://es.linkedin.com/pulse/migración-de-sistemas-control-industriales-ics-parra-mateo> (accessed Jun. 15, 2022).
- [6] J. Delsing, F. Rosenqvist, O. Carlsson, A. W. Colombo, and T. Bangemann, “Migration of industrial process control systems into service oriented architecture,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 5786–5792, 2012, doi: 10.1109/IECON.2012.6389039.
- [7] D. F. G. ESCOBAR, “ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE FÁBRICA Y

- ELABORACIÓN DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA ITC INGENIERÍA DE PLÁSTICOS INDUSTRIALES,” 2009. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6848/T04834.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Jun. 15, 2022).
- [8] “Omnicon | Industrial Consulting and Automation | Resultancy.” <https://omnicon.co/> (accessed Jun. 10, 2022).
- [9] Omnicon, “¡Welcome to our Intranet!” <https://omnicon.sharepoint.com/SitePages/Inicio.aspx> (accessed Sep. 27, 2022).
- [10] Project Management Institute, *La Herramienta Esencial para Todo Director de Proyecto*. 2013. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=2714fbb5-516b-ee77-63f4-591ffc12987f&documentId=21b03ec4-a5e4-316f-b7b4-20882f2bb88d>
- [11] “¿Qué es la Automatización Industrial y para qué sirve?,” 2020. <https://www.edsrobotics.com/blog/que-es-la-automatizacion-industrial/> (accessed Jun. 15, 2022).
- [12] P. Ponsa, R. Vilanova, P. Ponsa, A. Ramon, and V. Arbós, “Automatización de procesos mediante la guía GEMMA AULA POLITÈCNICA / COMPUTACIÓN Y CONTROL,” vol. I, pp. 11–17, 2005.
- [13] “Qué es un Sistema de Control Distribuido (DCS) | Aula21.” <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-de-control-distribuido/> (accessed Jun. 15, 2022).
- [14] “¿Qué son los estándares de la industria? - Spiegato.” <https://spiegato.com/es/que-son-los-estandares-de-la-industria> (accessed Jun. 15, 2022).
- [15] “4 estándares de IT industrial y su uso en sistemas de producción,” 2020.

- <https://tecnologiaparalaindustria.com/4-estandares-de-it-industrial-y-su-uso-en-sistemas-de-produccion/> (accessed Jun. 15, 2022).
- [16] American National Standard, *Ansi/Isa-101.01-2015*, no. July. 2015.
- [17] “Noti\_infosegura: Principales vulnerabilidades de seguridad que pueden existir en los 5 niveles de la pirámide de automatización industrial – Seguridad de la información,” 2016. [https://www.uv.mx/infosegura/general/noti\\_ciberseguridad-41/](https://www.uv.mx/infosegura/general/noti_ciberseguridad-41/) (accessed Oct. 26, 2022).
- [18] Rockwell Automation, “1769 CompactLogix Controllers User Manual,” 2013. [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-en-p.pdf) (accessed Sep. 22, 2022).
- [19] R. Automation, “1769-L32E Controller, CompactLogix, 750KB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash | Allen-Bradley Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/details.1769-L32E.html> (accessed Sep. 22, 2022).
- [20] “1769-L35E Controller, CompactLogix, 1.5MB Memory, Ethernet Port, Serial Port, Compact Flash | Allen-Bradley Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/details.1769-L35E.html> (accessed Sep. 22, 2022).
- [21] “2711P-RDT7CM LED Display Module, Touch Screen, PanelView Plus 6 700, Marine | Allen-Bradley Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/details.2711P-RDT7CM.html> (accessed Sep. 22, 2022).
- [22] “2711P-T7C22D9P PanelView Plus 7 Graphic Terminal | Allen-Bradley Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/details.2711P-T7C22D9P.html> (accessed Sep. 22, 2022).
- [23] R. Automation, “Sistema de control distribuido PlantPAX,” pp. 1–124, 2016, [Online].

Available:

[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/proces-rm001\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/proces-rm001_-es-p.pdf)

- [24] Rockwell Automation, “Sistema de control distribuido PlantPAx Guía de selección,” *Publicación de Rockwell Automation PROCES-SG001N-ES-P*, 2021. [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/proces-sg001\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/proces-sg001_-es-p.pdf) (accessed Sep. 22, 2022).
- [25] Rockwell Automation, “FactoryTalk Historian Site Edition | FactoryTalk Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/software/factorytalk/operationsuite/historian/site-edition.html> (accessed Sep. 29, 2022).
- [26] Rockwell Automation, “La fabricación inteligente comienza con la empresa conectada | Automatización de Rockwell | Página principal.” <https://commerce.rockwellautomation.com/rockwell/en/USD/?isFirstTimeUser=no> (accessed Sep. 29, 2022).
- [27] Rockwell Automation, “Studio 5000 Logix Designer | FactoryTalk Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/products/software/factorytalk/designsuite/studio-5000/studio-5000-logix-designer.html> (accessed Sep. 29, 2022).
- [28] Rockwell Automation, “Migración del sistema de control distribuido | Rockwell Automation Colombia.” <https://www.rockwellautomation.com/es-co/capabilities/process-solutions/process-systems/distributed-control-system-migration.html> (accessed Sep. 29, 2022).

- [29] “Qué son las pruebas FAT y SAT.” <https://acpautomatismos.com/que-son-las-pruebas-fat-y-sat/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [30] Omnicon, “Especificaciones Tecnicas del Proyecto,” 2022. <https://omnicon.sharepoint.com/SitePages/Inicio.aspx>

## Abreviaciones

**DCS** – Distributed Control System (Sistema de control distribuido)

**SCADA** – Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

**ICS** - Industrial Control Systems (Sistemas de Control Industrial)

**ANSI/ISA** – American National Standards Institute/ Instrument Society of America (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares/ Sociedad de Instrumentos de América)

**MES** – Manufacturing Execution System (Sistema de ejecución de manufactura)

**ERP** – Enterprise Resource Planning (Sistema de Planeación de Recursos Empresariales)

**MOM** – Manufacturing Operations Management

**PLC** – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

**CCO** – Centro de Control y Operaciones

**HMI** – Human-Machine Interface (Interfaz Hombre – Maquina)

**DLR** – Device Level Ring (Red de anillo a nivel de dispositivo)

**CCM** – Motor Control Center (Centro de Control de Motores)

**RTU** – Remote Terminal Unit (Unidad Terminal Remota)

**IAB** – Integrated Architecture Builder

**OWS** – Operator Work Station (Estación de operación del operador)

**VLAN** – Virtual Local Area Network (Red de área local virtual)

**RA** – Rockwell Automation

**PV** – Panel View

**I/O** – Input/Output

**TRM** – Tasa Representativa del Mercado

**USD** – dólares americanos

**COP** – pesos colombianos





