

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DISEÑO DE UN ENLACE ENTRE UN SISTEMA DE CONTROL SCHNEIDER CON UN SISTEMA
DCS 800XA PARA UNA PLANTA DE CICLONES EN UN TRANQUE DE RELAVES**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Daniel Esteban Pereira Serra

Profesor Guía:

Mag. Loreto Marín Carcey



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: DISEÑO DE UN ENLACE ENTRE UN SISTEMA DE CONTROL SCHNEIDER CON UN SISTEMA DCS 800XA PARA UNA PLANTA DE CICLONES EN UN TRANQUE DE RELAVES

Nombre del candidato(a): Daniel Esteban Pereira Serra

Carrera / Grado: Ingeniería en Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Campus: Sede José Miguel Carrera Departamento: ELINF

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Loreto Marin Carcey, en mi calidad de profesor(a)

guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 8. 4. 2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 08-04-2026

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: comunicación OPC, Sistema 800xA, Kepserver, Planta Relaves, PLC Connect.

En el presente trabajo de título se desarrolla un diseño orientado a establecer la comunicación entre un sistema de control suministrado por Schneider Electric y un sistema de monitoreo basado en una arquitectura DCS, proporcionada por ABB.

El documento se estructura en 3 capítulos y una conclusión. En el primer capítulo se aborda la problemática que da origen al proyecto y el análisis de su posible solución. Para ello, se estudian en profundidad las 6M (Material, Máquina, Métodos, Medio ambiente, Medición y Mano de obra) como factores que contribuyen al problema, junto con la identificación de las partes afectadas e interesadas, es decir, los stakeholders. A partir de este análisis, se proponen distintas alternativas de solución, las cuales son evaluadas con el fin de seleccionar la opción mas factible. Posteriormente, se desarrolla el marco teórico asociado a la solución seleccionada y se definen tanto el objetivo general como los objetivos específicos del proyecto.

En el segundo capítulo se presenta el diseño de la solución seleccionada, detallando la estructura y configuración empleadas en cada uno de los componentes de la arquitectura de monitoreo DCS y en la base de datos OPC.

En el tercer capítulo se realiza la evaluación económica del proyecto, cuantificando aspectos como las horas hombre requeridas, su valorización y el costo de los componentes necesarios en caso de implementar el diseño propuesto. Asimismo, se expone la justificación económica de llevar a cabo el proyecto.

Finalmente, en la conclusión se expone como el desarrollo realizado permite dar respuesta al objetivo general y a los objetivos específicos definidos en el primer capítulo.

INDICE

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....	2
1 ANTECEDENTES GENERALES.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1 MATERIAL	4
1.1.2 MÁQUINA	5
1.1.3 MÉTODO	5
1.1.4 MEDIO AMBIENTE.....	5
1.1.5 MEDICIÓN	6
1.1.6 MANO DE OBRA	6
1.1.7 DIAGRAMA ISHIKAWA.....	6
1.1.8 STAKEHOLDERS	8
1.1.9 REQUISITOS.....	9
1.2 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.2.1 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN MEDIANTE SERVIDOR OPC.....	10
1.2.2 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN MEDIANTE CONTROLADOR AC 800M	11
1.2.3 MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA COMPATIBILIDAD DE MARCAS.....	12
1.2.4 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA	12
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	14
1.3.1 CONCEPTOS GENERALES DE COMUNICACIÓN OPC	14
1.3.2 KEPSERVEREX.....	17
1.3.3 SISTEMA 800XA	20
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	25
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	27
2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	28
2.1 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC SCHNEIDER Y SERVIDOR KEPSERVEREX...28	
2.1.1 ESTRUCTURA DE TRABAJO KEPSERVEREX	28
2.1.2 CONFIGURACIÓN PARA CONEXIÓN A CLIENTE PLC SCHNEIDER 165.182.181.82	30
2.1.3 CREACIÓN DE VARIABLES EN “KEPSERVEREX”	34
2.2 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE KEPSERVEREX Y SISTEMA 800XA.....	36

2.2.1	CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS.....	36
2.2.2	ENLACE DE ESTRUCTURA DE CONTROL CON ESTRUCTURA DE SERVICIOS	41
2.2.3	COMPROBACIÓN DE SERVICIOS EN CORRECTA EJECUCIÓN.....	43
2.3	DISEÑO DE GRÁFICAS DISPLAY PG2 PARA MONITOREO Y CONTROL.....	44
2.3.1	CREACIÓN DE OBJETOS TÍPICOS EN LA ESTRUCTURA DE OBJETOS.....	44
2.3.2	CREACIÓN Y ENLACE DE OBJETOS EN LA ESTRUCTURA DE CONTROL.....	46
2.3.3	CREACIÓN DE DISPLAYS PG2 EN LA ESTRUCTURA FUNCIONAL	48
2.4	CONCLUSIONES IMPLEMENTACIÓN	52
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS		53
3	EVALUACIÓN DE COSTOS.....	54
3.1	ANÁLISIS DE COSTOS	54
3.1.1	EVALUACIÓN DE COSTOS DISEÑOS DEL ENLACE DE COMUNICACIÓN	54
3.1.2	EVALUACIÓN DE COSTOS IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE DE COMUNICACIÓN	57
3.1.3	EVALUACIÓN DE COSTOS UNIFICADO	59
3.1.4	CARTA GANTT PROYECTADA	59
3.2	JUSTIFICACIÓN DEL GASTO.....	60
CONCLUSIONES.....		64
BIBLIOGRAFÍA.....		66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Diagrama Ishikawa Causa-Efecto	7
Figura 1-2 Configuración de dispositivos sin tecnología OPC	16
Figura 1-3 Configuración de dispositivos con tecnología OPC.....	17
Figura 1-4 Interfaz principal KEPServerEX 6.....	18
Figura 1-5 Propiedades “Channel1”	19
Figura 1-6 Propiedades “Device1”	20
Figura 1-7 Aplicación Engineering Workplace	21
Figura 1-8 Control Structure.....	21
Figura 1-9 Functional Structure.....	22
Figura 1-10 Object Type Structure	23
Figura 1-11 Service Structure	24
Figura 1-12 Workplace Structure	25
Figura 2-1 Servicios instalados por KEPServerEX	29
Figura 2-2 Configuración para conexión con PLC Schneider.....	29
Figura 2-3 Apertura de “KEPServerEX Configuration”	30
Figura 2-4 Estructura jerárquica predeterminada en “KEPServer Configuration”	31
Figura 2-5 Configuración Channel1 pestaña General	32
Figura 2-6 Configuración Channel1 pestaña Ethernet Communications.....	32
Figura 2-7 Configuración de las propiedades del Device1 pestaña General	33
Figura 2-8 Configuración de las propiedades del Device1 pestaña Scan Mode	33
Figura 2-9 Tipos de datos configurables en KEPServerEX	34
Figura 2-10 Ejemplo de datos de tipo Boolean, las direcciones corresponden a la 000408 y la 000409 en KEPServerEX.....	35
Figura 2-11 Ejemplos de datos tipo DWord, las direcciones corresponden a la 406032 y 406034 en KEPServerEX.....	35

Figura 2-12 Ejemplos de datos tipo Float, las direcciones corresponden a la 411030 y 411086 en KEPServerEX.....	35
Figura 2-13 Ejemplos de datos de tipo Word, las direcciones corresponden a la 40014 y 40016 en KEPServerEX.....	36
Figura 2-14 Proveedor de servicio “SP_WIN-2012-XA” contenido en “SG_TOVE_IV” del servicio “OpcDA_Connector”	37
Figura 2-15 Parámetro Adapter Identity del aspecto “Service Group Definition” en el objeto “SG_TOVE_IV”	38
Figura 2-16 Parámetro “OPC server identity, ProgID” en aspecto “Service Provider Definition” del objeto “SP_WIN-2012-XA”	38
Figura 2-17 Proveedor de servicio “SP_WIN-2012-XA” contenido en “SG_TOVE_IV” del servicio “PLC Server”	39
Figura 2-18 Procesos de servidor activos para “Service Group” “SG_TOVE_IV” del servicio “PLC Connect”	40
Figura 2-19 Configuración de nodo para servicio PLC Connect “SG_TOVE_IV”	40
Figura 2-20 Configuración de aspecto “Source Definition” para objeto “TOVE_IV” en la estructura de control.....	41
Figura 2-21 Data Source servicio “OpcDA_Connector” enlazada a objeto TOVE_IV de la estructura de control.....	42
Figura 2-22 Data Source servicio “PLC Server” enlazada a objeto TOVE_IV de la estructura de control.....	42
Figura 2-23 Aplicación “AFW Service Connection Status” del sistema 800xA con servicios “PLC Server” y “OpcDA_Connector” funcionando correctamente.....	43
Figura 2-24 Objeto típico VLV4 con todos los datos asociados a él.....	45
Figura 2-25 Ícono VLV4.....	45
Figura 2-26 Faceplate VLV4	46
Figura 2-27 Objeto PLC Controller Type anidado en Objeto PLC Controllers Type	47
Figura 2-28 Aspecto “Signal Configuration” de dato en objeto instanciado	47
Figura 2-29 Aspecto “Deploy” del objeto “PLC Generic Control Network”	48

Figura 2-30 Estructura funcional proyecto	49
Figura 2-31 Aspectos “Graphic Display PG2” del Area “Pantallas Krontec”	49
Figura 2-32 Pantalla HMI en estándar ASM (escala de grises).....	50
Figura 2-33 Click derecho sobre gráfico PG2	50
Figura 2-34 Ventana “Element Explorer”	51
Figura 3-1 Carta Gantt proyectada para diseño e implementación del proyecto	60
Figura 3-2 Proceso de extracción Mina Rajo Abierto.....	61
Figura 3-3 Proceso de extracción Mina subterránea	61
Figura 3-4 Proceso de Obtención del cobre.....	62
Figura 3-5 Esquema de un Tranque de Relaves	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Stakeholders del proyecto.....	8
Tabla 1-2 Tabla explicativa calificación de puntajes parte 1.....	13
Tabla 1-3 Tabla explicativa calificación de puntajes parte 2.....	13
Tabla 1-4 Ponderación comparativa entre distintas soluciones propuestas.....	13
Tabla 3-1 Evaluación de costos en HH para el Diseño del enlace de comunicación	56
Tabla 3-2 Evaluación de costos implementación del enlace de comunicación	58
Tabla 3-3 Resumen evaluación de costos para diseño e implementación del proyecto.....	59
Tabla 3-4 Proyección de actividades con cantidad de días necesarios por actividad	59

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos en la industria moderna es lograr la integración eficiente entre sistemas de control de distintos fabricantes, garantizando la interoperabilidad, la confiabilidad y la disponibilidad de la información en tiempo real. La evolución de las tecnologías de automatización ha permitido implementar soluciones cada vez más robustas y estandarizadas, donde la comunicación entre controladores, servidores y sistemas de supervisión desempeña un papel fundamental para la operación continua de los procesos industriales.

En este contexto, los protocolos de comunicación abiertos, como OPC (OLE for Process Control), se han convertido en herramientas esenciales para interconectar plataformas heterogéneas dentro de un mismo entorno productivo. Estos estándares permiten que dispositivos de diferentes marcas compartan información de manera estructurada, evitando la dependencia de protocolos propietarios y facilitando la expansión o modernización de los sistemas de control existentes.

El presente trabajo tiene como propósito diseñar la comunicación entre un sistema de control del fabricante Schneider Electric y un sistema DCS 800xA del fabricante ABB, mediante la utilización del servidor OPC Kepserver como interfaz de comunicación intermedia. Además, se desarrollará la configuración en el entorno Engineering Workplace del sistema 800xA, junto con el diseño de las pantallas de operación para una planta de ciclones perteneciente a un tranque de relaves, permitiendo el monitoreo y control de los parámetros operativos de la instalación.

Con ello, se busca demostrar la viabilidad técnica de la integración entre sistemas de control de distintos proveedores, optimizando la supervisión del proceso y fortaleciendo la interoperabilidad en entornos industriales complejos.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

En los procesos de producción a gran escala, la cantidad de información que debe ser monitoreada y controlada es extensa. Al revisar el “Modelo Purdue” propuesto por la ISA-95 se puede notar que los procesos industriales se jerarquizan por niveles. El nivel 0 corresponde a la capa física, donde se encuentran sensores y actuadores. El nivel 1 corresponde a la capa de control básico, donde se encuentran los equipos PLC, RTU, etc. Luego, en el nivel 2, se encuentra todo lo que respecta a la Supervisión, control y operación de los procesos, tales como SCADA, HMI y DCS.

Este capítulo aborda una problemática detectada en torno a los niveles 2 y 3 del “Modelo Purdue”, el método con el cual se pretende dar una solución, los requerimientos o prerequisites para aplicarla y los objetivos, tanto general como específicos propuestos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una planta de ciclones de un tranque de relaves, los procesos son controlados mediante equipos suministrados por el fabricante “Schneider”. Estos equipos son operados desde una sala de control equipada con un sistema DCS ABB, identificado como sistema 800xA.

Cuando se desea implementar una red de control, lo esperado es utilizar el mismo proveedor para los diferentes equipos, esto se debe a que cada fabricante integra la arquitectura para los protocolos de comunicación de una determinada forma, generando incompatibilidades para realizar una conexión directa de equipos de distinta marca.

Considerando la información antes descrita, se identifica un problema para comunicar el sistema de control y el sistema de monitoreo DCS para la planta de ciclones de un tranque de relaves.

Para entender de mejor forma, se ha realizado un análisis Causa-Efecto, donde las causas se identifican con el criterio de las 6 M y el efecto corresponde al problema previamente identificado.

1.1.1 MATERIAL

La causa material corresponde a aquella que abarca las materias primas, componentes, suministros y cualquier insumo físico que entre en el sistema, por así decirlo es algo que se está manipulando y que causa un efecto.

Si se entiende el sistema como la comunicación entre 2 dispositivos, y el efecto como un problema para comunicarlos entre sí, el componente o suministro manipulado corresponde, a los datos que se están intercambiando.

Por lo tanto, se definen 3 causas materiales:

- Incompatibilidad entre las arquitecturas de datos nativas utilizadas por los sistemas de control Schneider y el sistema DCS 800xA.
- Diferencias en la forma de estructurar, representar y organizar los datos de proceso entre ambas plataformas.
- Ausencia de un modelo de datos común que permita un intercambio directo y homogéneo de información.

1.1.2 MÁQUINA

La causa máquina es aquella que agrupa todas las posibles causas relacionadas con los equipos, herramientas y tecnologías utilizadas en el sistema.

Por ello, la causa máquina que se identifica en el problema descrito corresponde a:

- Dependencia de algún componente intermedio para el intercambio de información entre los sistemas.

1.1.3 MÉTODO

En esta causa, se agrupan los procedimientos, políticas, instrucciones de trabajo, normas, reglamentos, planes y la forma en que se ejecuta el proceso.

Para el caso de esta problemática, se asocia a las causas en la forma del diseño y gestión de la comunicación entre los sistemas, obteniendo las siguientes causas método:

- Diseño con diferentes proveedores para el sistema de control y el sistema DCS en la etapa de ingeniería de la planta de ciclones de un tranque de relaves.

1.1.4 MEDIO AMBIENTE

La causa medio ambiente, se refiere a las causas externas que influyen en la estabilidad del proceso, en este caso la comunicación. A continuación, se indican las causas sobre el medio ambiente identificadas para la problemática:

- Condiciones de operación continua (24/7) que dificultan la intervención del sistema de control para realizar la comunicación con el sistema DCS 800xA.

1.1.5 MEDICIÓN

Se refiere a las causas que se relacionan con la falta de control y visibilidad del problema. En este caso se descarta como una causa relevante para el problema, dado que la falla en la comunicación entre los sistemas de control no se origina por la ausencia de mecanismos de supervisión, evaluación o validación de los datos intercambiados, sino por incompatibilidades estructurales previas entre las arquitecturas de información de ambas plataformas.

Aun cuando existieran criterios más robustos de medición o monitoreo de la calidad de los datos, estos no evitarían la ocurrencia del problema, sino que únicamente facilitarían su detección o diagnóstico.

1.1.6 MANO DE OBRA

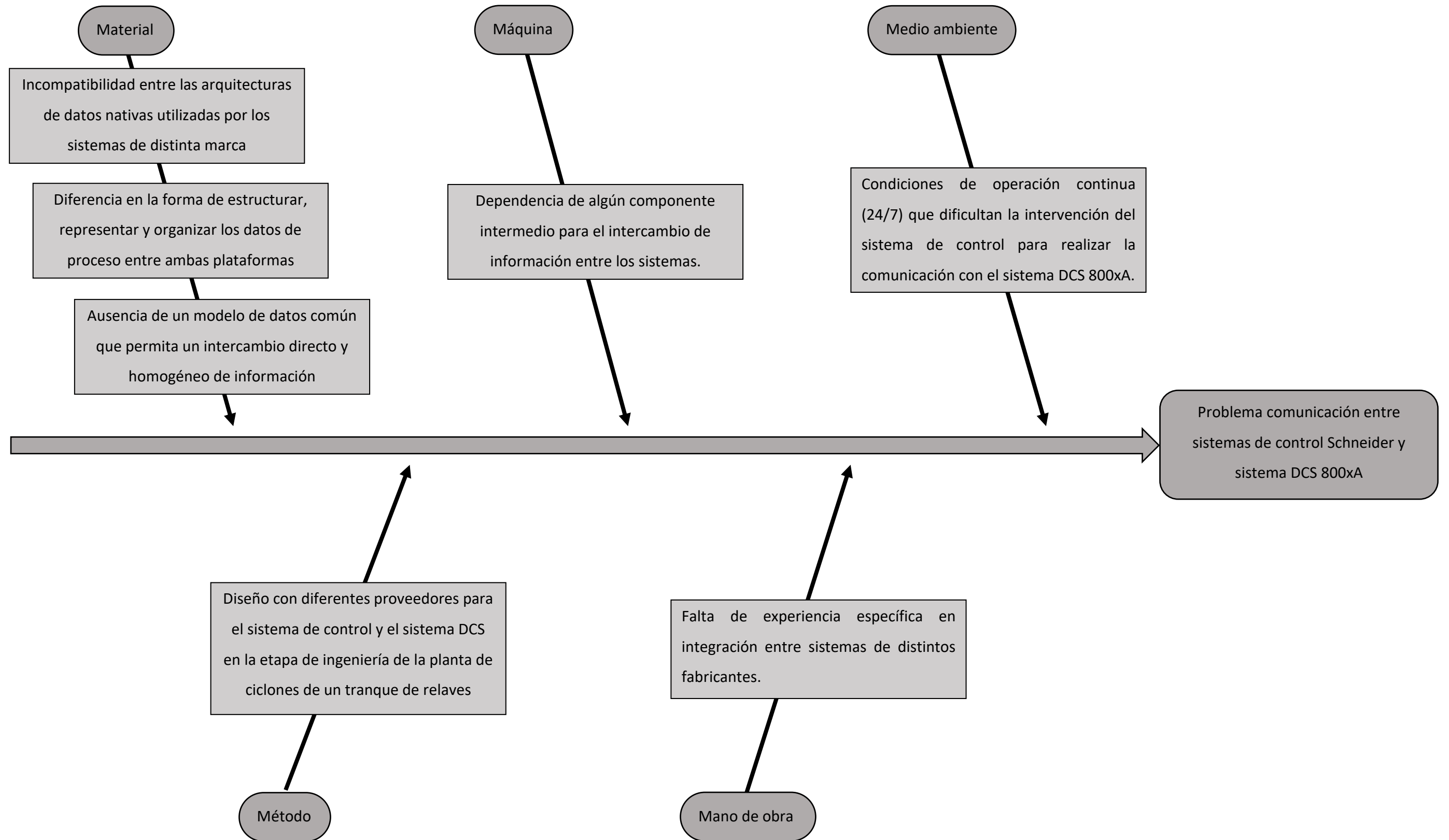
Se refiere a recursos humanos que pueden causar un problema o variación en un proceso, como la falta de capacitación, errores, mala comunicación o fatiga en el personal.

Para este caso dado que se trata de la comunicación entre 2 sistemas de distinta marca, el factor humano que puede llegar a afectar el proceso corresponde a:

- Falta de experiencia específica en integración entre sistemas de distintos fabricantes.

1.1.7 DIAGRAMA ISHIKAWA

Una vez analizada la descomposición del problema en sus 5 causas principales, se confecciona el diagrama de Ishikawa (véase la Figura 1-1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-1 Diagrama Ishikawa Causa-Efecto

1.1.8 STAKEHOLDERS

A continuación, se presentan e identifican los actores que tienen interés o impacto en el desarrollo del proyecto, así como su rol y nivel de influencia a la hora de tomar una decisión sobre la forma de solucionar la problemática identificada (véase la Tabla 1-1):

Tabla 1-1 Stakeholders del proyecto

Stakeholders	Rol/Interés	Nivel de influencia
Gerencia de proyectos	Canaliza los requerimientos definidos por Gerencia Operación y Mantenimiento	Bajo
Gerencia de Mantenimiento	Cliente interno, define los requerimientos	Alto
Gerencia de Operación	Cliente interno, define los requerimientos	Alto
Proveedor del DCS/PLC	Integración tecnológica	Medio

Fuente: Elaboración propia

a) Gerencia de proyectos

Corresponden a los clientes finales, siendo estos quienes canalizan los requisitos definidos por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia de Mantenimiento.

Su nivel de influencia es bajo, dado que los requisitos para la integración de alguna solución vienen entregados por las Gerencias de Operaciones y Mantenimiento, y se encuentran establecidos técnicamente por el proveedor de los sistemas de control y DCS.

b) Gerencia de Mantenimiento

Corresponden a un cliente interno para la Gerencia de Proyectos y su nivel de influencia sobre la solución es Alta, dado que estos junto con la Gerencia de Operaciones, definen los requisitos del diseño y posterior implementación.

c) Gerencia de Operaciones

Corresponden a un cliente interno para la Gerencia de Proyectos y su nivel de influencia sobre la solución es alta, dado que estos junto con la Gerencia de Mantenimiento, definen los requisitos del diseño y posterior implementación.

d) Proveedor del DCS/PLC

Corresponden a aquellos que suministran tanto el sistema de control como el DCS, son estos quienes definen los alcances técnicos para la solución, teniendo un impacto medio sobre la decisión final.

1.1.9 REQUISITOS

Para el diseño de una solución a la problemática, se han definido algunos requisitos mínimos para las propuestas de soluciones.

a) Estándar ASM

El primer requisito para el sistema DCS, es diseñar despliegues gráficos siguiendo el estándar ASM, el cual corresponde a un estándar de escala de grises.

Este estándar, define que los colores para los despliegues gráficos deben ser tenues y de preferencia encontrarse en la escala de grises, evitando de esta forma un encandilamiento en la vista de los operadores.

b) Seguir estructura de P&ID

Para el diseño de los despliegues gráficos, se han entregado P&ID que describen el proceso de la planta.

Se requiere que los despliegues gráficos o pantallas, se diseñen gráficamente similar a estos diagramas.

c) Diseñar una conexión para comunicación entre PLC Schneider y DCS 800xA

Finalmente, se requiere diseñar una conexión para comunicar un sistema de control Schneider y un sistema DCS 800xA.

1.2 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

A continuación, se proponen 3 posibles soluciones para el problema descrito. La mejor de las 3, será escogida para ser diseñada en capítulos posteriores.

1.2.1 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN MEDIANTE SERVIDOR OPC

En los sistemas de control industriales, existe un estándar de comunicación denominado OPC (OLE for Process Control), basado en la tecnología OLE (Object Linking and Embedding), que permite el intercambio abierto y universal de información entre dispositivos y sistemas de distintos fabricantes. Gracias a este estándar, es posible establecer comunicación entre un PLC de una determinada marca y un sistema de supervisión o control de otro proveedor, garantizando la interoperabilidad dentro de la arquitectura de automatización.

Para el diseño descrito en este trabajo, se propone emplear la interfaz OPC suministrada por “Kepware”, denominada “KEPServerEX”, utilizada para la configuración del traspaso de datos entre los controladores PLC Schneider, encargados del control de los procesos de la planta de ciclones, y el sistema DCS 800xA, a través del cual se monitorean y controlan los distintos parámetros operativos de la planta.

Esta solución es la de mayor preferencia por las Gerencias de Mantenimiento, Operación y por ende para la Gerencia de Proyectos, dado que la planta ya cuenta con un servidor OPC con

“KEPServerEX 6.6” y solo se requiere la incorporación de una extensión de licencia para el manejo de 5000 tags, la cual se encuentra alrededor de los 2000 usd.

Además, se estima que previo al diseño, la implementación de esta solución considera alrededor de 2 semanas, tomando en cuenta la creación de los tags y las configuraciones necesarias en el software para comunicarse con el PLC.

1.2.2 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN MEDIANTE CONTROLADOR AC 800M

Cuando se tiene comunicación directa entre un sistema 800xA y un controlador ABB, en este caso un AC 800M, no se requiere la participación de ningún software de terceros como “KEPServerEX” para establecer el traspaso de información.

En este diseño, se propone integrar un controlador AC 800M a la red en vez de un servidor OPC. Este controlador, debe contar con un puerto Modbus TCP/IP Ethernet para recopilar la data entregada por los PLCs Schneider, y conectarse con el sistema 800xA. En este caso, el controlador AC 800M funciona como servidor, mientras que el sistema 800xA funciona como cliente para acceder a los datos.

Esta solución ha sido aceptada por la Gerencia de Operaciones, pero dado el impacto al itinerario de mantenciones que produce esta solución, considerando que integra un controlador físico, la Gerencia de Mantenimiento ha rechazado la propuesta. Por ende, a pesar de que los proveedores de los sistemas indican la factibilidad de la solución, Gerencia de proyectos ha rechazado la propuesta.

Además, para la implementación de esta solución, se requiere la incorporación de un controlador AC 800M con puerto Modbus TCP/IP Ethernet el cual se encuentra valorizado alrededor de los 1300 a 2000 usd dependiendo de las especificaciones requeridas.

Esta solución posterior al diseño estima una duración de 2 semanas en su implementación, sin considerar los plazos de entrega del producto.

1.2.3 MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA COMPATIBILIDAD DE MARCAS

Una posible solución, un poco más invasiva en su implementación, es el diseño de una migración del sistema de control o del sistema DCS a la misma marca de su contra parte. Es decir, se propone la migración del sistema de control a la marca ABB o en su defecto la migración del sistema DCS a la marca Schneider.

En caso de realizar una migración del sistema de control a la marca ABB, se debe cambiar todos los controladores Schneider por controladores AC800M, esto implica varios miles de dólares pudiendo alcanzar incluso los millones de dólares.

Por otro lado, realizar una migración del sistema DCS a la marca Schneider, implica migrar las estaciones de toda la planta al DCS Foxboro, esto implica varios miles de dólares pudiendo alcanzar incluso los millones de dólares en licencias y equipos.

Esta solución, ha sido calificada como deficiente por Gerencia Operaciones, y muy deficiente por Gerencia Mantenimiento, dado que cambia completamente la estructura de trabajo de ambas Gerencias. Los proveedores han calificado la solución como buena, dado que es viable técnicamente. Finalmente, Gerencia Proyectos califica la solución como deficiente, dado que promedia la calificación entre Gerencia Operaciones y Gerencia Mantenimiento.

Además, esta solución tiene un alto consumo en horas de trabajo, alcanzando desde los 6 meses de trabajo a varios años, además de implicar detenciones de planta y producción.

1.2.4 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVAS

Con los datos obtenidos previamente, se confecciona una tabla de ponderación (véase Tabla 1-4) entre las diferentes soluciones donde un mayor puntaje indica una mayor factibilidad (véase Tabla 1-2 y Tabla 1-3).

Tabla 1-2 Tabla explicativa calificación de puntajes parte 1.

Calificación	5	4	3	2	1
Significado	Aceptable	Regular	Deficiente	Muy Deficiente	Malo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-3 Tabla explicativa calificación de puntajes parte 2.

Calificación	10	9	8	7	6
Significado	Óptimo	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Adecuado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-4 Ponderación comparativa entre distintas soluciones propuestas

Factor	Ponderación	Implementación con OPC		Implementación con Controlador AC 800M		Migración marca sistemas	
		Calificación	(P) x	Calificación	(P) x	Calificación	(P) x
Precio	4	10	40	9	36	4	16
Tiempo de ejecución	2	7	14	6	12	5	10
Preferencia Gerencia Operaciones	1	8	8	8	8	3	3
Preferencia Gerencia Mantenimiento	1	8	8	2	2	2	2
Preferencia Gerencia Proyectos	0,3	8	2,4	5	1,5	3	0,9
Preferencia proveedores sistemas	0,7	7	4,9	7	4,9	7	4,9
Viabilidad para mantención	1	7	7	8	8	4	4
Total	10		84,3		72,4		40,8

Fuente: Método de Ponderación de Factores o de Factores Ponderados, Ricardo carlevari, Youtube

Por lo tanto, dada la cuantificación en la Tabla 1-4, la solución “Migración de marca en los sistemas” se califica como la menos competitiva, “Implementación con Controlador AC 800M” se califica como mediamente competitiva y “Implementación con OPC” se califica como la solución más competitiva y por ende se selecciona para su diseño.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Previo al diseño de la solución seleccionada, es necesario tomar conocimiento de algunos conceptos clave utilizados y las diferentes plataformas que se utilizarán.

1.3.1 CONCEPTOS GENERALES DE COMUNICACIÓN OPC

El estándar OPC (OLE for Process Control) nació a mediados de la década de 1990, en un contexto donde las industrias enfrentaban un problema creciente: la falta de interoperabilidad entre equipos y sistemas de distintos fabricantes. Cada empresa desarrollaba sus propios protocolos propietarios, lo que hacía extremadamente complejo conectar, por ejemplo, un PLC de una marca específica con un sistema SCADA de otra.

Para resolver esta problemática, en 1995 un grupo de empresas lideradas por Microsoft, Fisher-Rosemount, Intellution, Rockwell Software y Opto 22 creó la organización conocida como OPC Foundation. Su objetivo fue desarrollar un estándar abierto que aprovecha las tecnologías existentes de Microsoft, específicamente OLE, COM y DCOM, para permitir que distintas aplicaciones industriales pudieran compartir datos de forma estandarizada y en tiempo real dentro del entorno Windows.

La primera versión, conocida como OPC Classic, fue publicada en 1996 bajo el nombre OPC Data Access (OPC DA). Esta especificación permitía que cualquier software compatible con Windows pudiera leer y escribir variables desde un servidor OPC, sin importar el tipo de dispositivo de origen. Posteriormente se añadieron otras expresiones, como OPC HDA (Historical Data Access), para acceder a datos históricos almacenados, y OPC A&E (Alarms and Events), para la gestión de eventos y alarmas.

A pesar de su gran adopción, OPC Classic dependía fuertemente de la arquitectura Windows y del protocolo DCOM, lo que limitaba su portabilidad, seguridad y facilidad de configuración en redes distribuidas. Durante la década de los años 2000, la automatización comenzó a demandar arquitecturas más abiertas, seguras y multiplataforma. En respuesta, la OPC Foundation inició el desarrollo de una nueva generación del estándar que integrara todas las especificaciones anteriores en una única arquitectura común, independiente del sistema operativo.

Finalmente, en el año 2008, se publicó oficialmente OPC UA (Unified Architecture), marcando un salto tecnología significativo. A diferencia de sus antecesores, OPC UA dejó de depender de DCOM y Windows, pudiendo ejecutarse en entornos Linux, sistemas embebidos y plataformas cloud. Además, integró en una sola arquitectura los modelos de datos, alarmas, históricos y seguridad, introdujo protocolos modernos de transporte de datos como TCP/IP, HTTPS y WebSockets, añadió mecanismos de seguridad avanzados como cifrado, firmas digitales y autenticación, y estableció una estructura de información orientada a objetos, ideal para entornos Industria 4.0 y IIoT (Industrial Internet of Things).

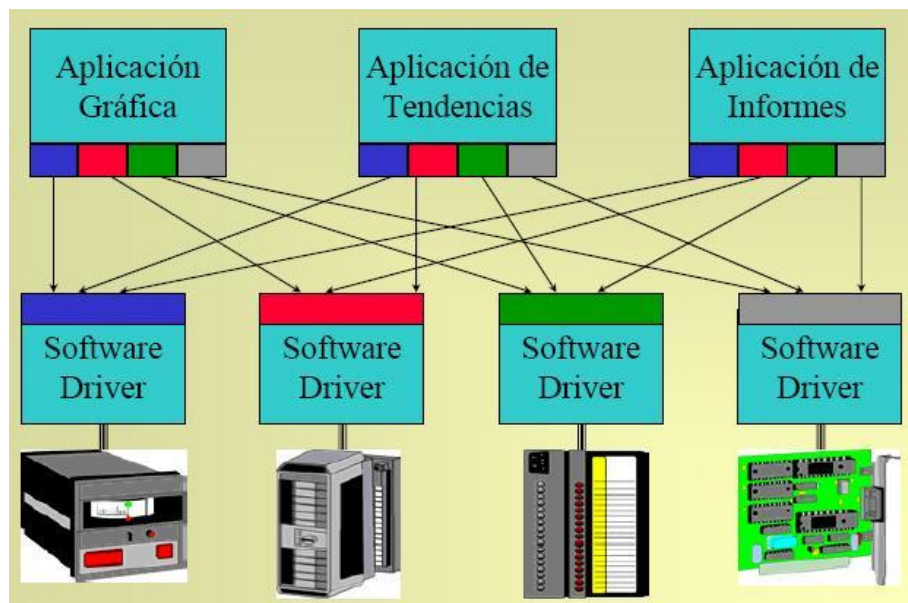
Actualmente, OPC UA se ha consolidado como el estándar de comunicación industrial más utilizado a nivel mundial, adoptado por fabricantes como ABB, Siemens, Schneider Electric, Rockwell Automation, Yokogawa y Emerson, y reconocido por la IEC bajo la norma IEC 62541.

El estándar OPC es un mecanismo de comunicación industrial que permite el intercambio de información entre diferentes dispositivos y sistemas de control, independientemente del fabricante o plataforma utilizada. El término OLE (Object Linking and Embedding) proviene de una tecnología desarrollada por Microsoft, la cual permite que distintas aplicaciones intercambien información y objetos de manera dinámica dentro del entorno Windows. En el ámbito industrial, este concepto se adaptó para posibilitar la vinculación e incrustación de datos de proceso entre sistemas de control y supervisión, dando origen al estándar OPC.

El principal objetivo de OPC es garantizar la interoperabilidad entre equipos, facilitando el flujo de datos desde el nivel de campo, donde se ubican los PLC, sensores y actuadores, hacia los

niveles superiores como SCADA o DCS. A diferencia de métodos tradicionales de comunicación, donde cada fabricante debía implementar su propio protocolo propietario, OPC actúa como una interfaz universal que traduce los datos de los dispositivos a un formato estándar, accesible por cualquier aplicación compatible. De esta forma, se eliminan las dependencias entre sistemas heterogéneos, simplificando la integración y el mantenimiento de la arquitectura de control.

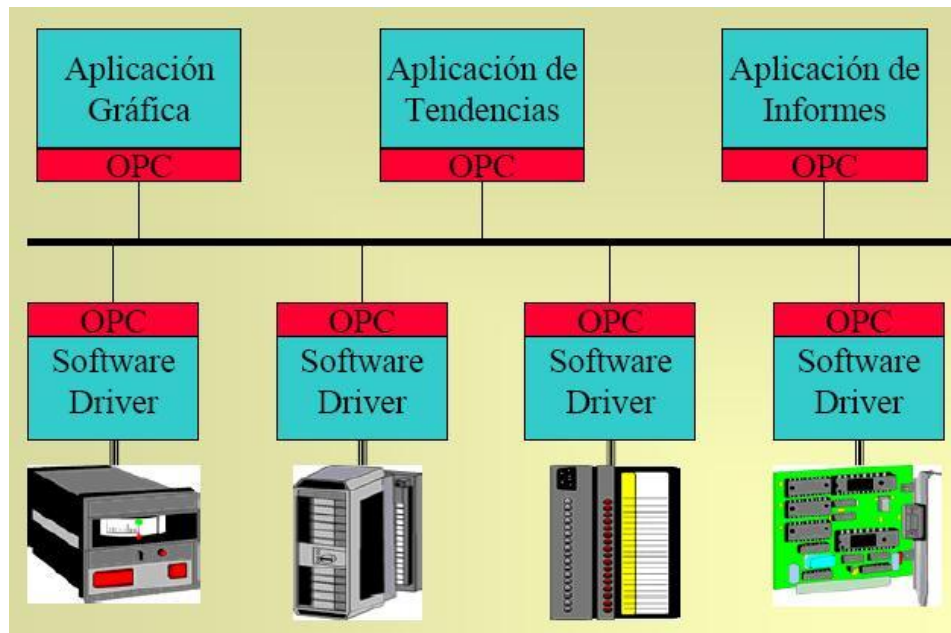
Para ilustrar lo descrito, se puede observar la Figura 1-2, donde se muestra una red de dispositivos sin tecnología OPC. En este caso, cada aplicación, como la aplicación gráfica, la aplicación de tendencias o la aplicación de informes, necesita un driver específico para comunicarse con cada dispositivo de campo, generando una estructura compleja y difícil de manejar.



Fuente: <https://instrumentacionycontrol.net/la-tecnologia-opc-ole-for-process-control-hasta-el-cansancio/>

Figura 1-2 Configuración de dispositivos sin tecnología OPC

En contraparte, cuando los dispositivos de campo y las aplicaciones cuentan con soporte OPC, ya no es necesario disponer de un driver específico por dispositivo. En este caso, un servidor OPC actúa como intermediario entre los equipos de campo y las aplicaciones cliente, como los sistemas SCADA, las tendencias y los reportes, simplificando de gran manera la arquitectura del sistema de control, como se aprecia en la Figura 1-3.



Fuente: <https://instrumentacionycontrol.net/la-tecnologia-opc-ole-for-process-control-hasta-el-cansancio/>

Figura 1-3 Configuración de dispositivos con tecnología OPC

Entre las principales ventajas del uso de OPC en entornos industriales se destacan su interoperabilidad, al permitir integrar equipos de distintos fabricantes sin necesidad de drivers específicos, su escalabilidad, al facilitar la expansión del sistema sin modificar la estructura base de comunicación, su estandarización, ya que utiliza un modelo común de acceso a datos reduciendo la complejidad del desarrollo, su seguridad, especialmente en las versiones modernas como OPC UA que incorpora cifrado, autenticación y control de acceso, su compatibilidad, al poder operar en diversas plataformas y sistemas operativos, y su mantenimiento simplificado, ya que los cambios en equipos o sistemas no afectan al resto de la arquitectura.

1.3.2 KEPSERVEREX

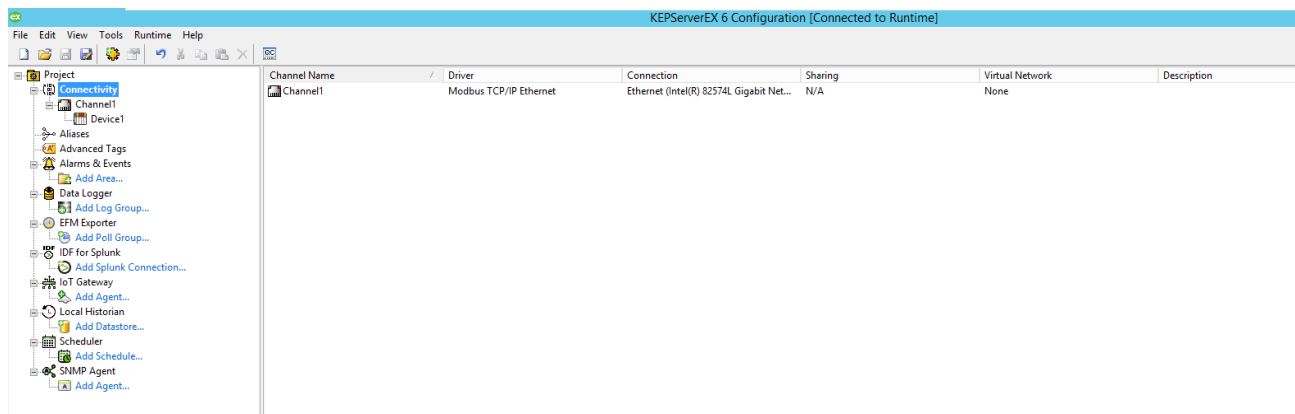
“KEPServerEX”, es un servidor de comunicación industrial desarrollado por la empresa Kepware Technologies, que actúa como una plataforma de conectividad entre dispositivos de automatización y aplicaciones de software, utilizando principalmente el estándar OPC como

medio de intercambio de datos. Su función principal es servir de puente entre los equipos de campo (como PLC, controladores, sensores, medidores o instrumentos) y las aplicaciones de nivel superior, tales como SCADA, DCS, historiadores o sistemas de gestión empresarial.

“KEPServerEX” implementa el modelo cliente-servidor OPC, donde el software opera como servidor OPC, encargándose de recopilar la información proveniente de múltiples protocolos industriales (por ejemplo, Modbus, Siemens S7, Allan-Bradley DF1, EtherNet/IP, DNP3, entre otros) y ponerlos a disposición de las aplicaciones cliente OPC, que pueden leer o escribir datos en tiempo real mediante una interfaz estandarizada.

1.3.2.1 INTERFAZ

“KEPServerEX” cuenta con una interfaz simple e intuitiva, la cual se muestra en la Figura 1-4 “Interfaz principal KEPServerEX 6”.

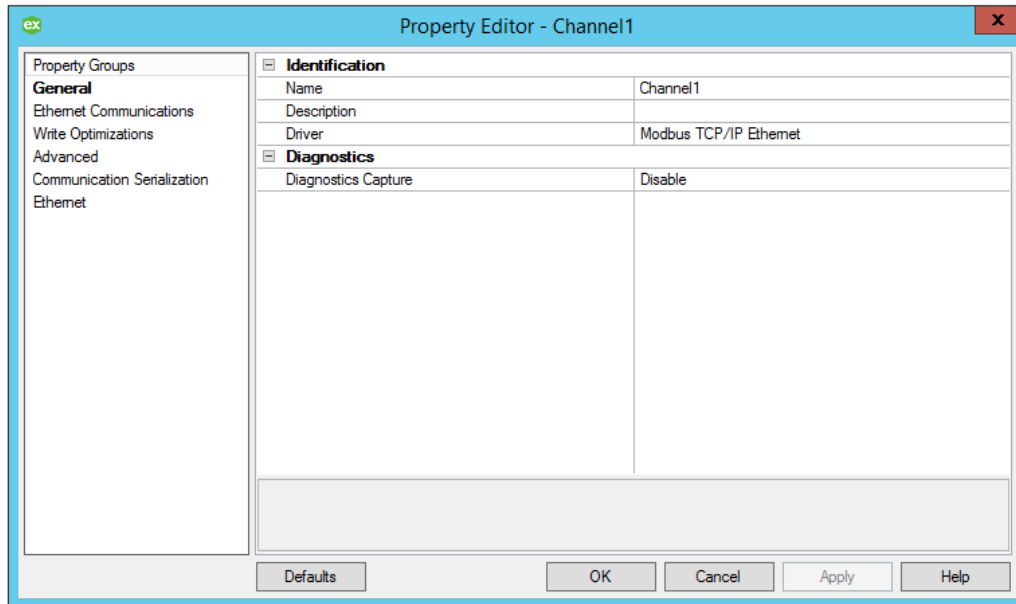


Fuente: Elaboración propia

Figura 1-4 Interfaz principal KEPServerEX 6

En la parte izquierda de la interfaz se observa el árbol de proyecto, donde se visualiza el nombre genérico del proyecto junto con las subcategorías que dependen de él. Dentro de la subcategoría denominada “Connectivity”, es posible agregar diferentes canales (Channels) según el driver de comunicación que se desee utilizar. Para este caso, se ha configurado un canal

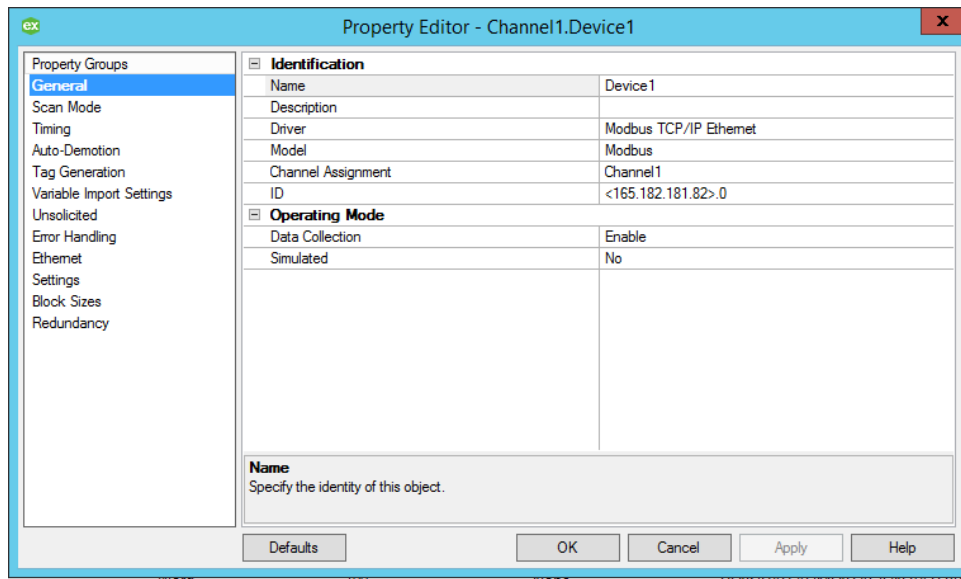
llamado “Channel1” correspondiente al driver “Modbus TCP/IP Ethernet”, tal como se aprecia en la Figura 1-5 “Propiedades Channel1”.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-5 Propiedades “Channel1”

Finalmente, dentro de la pestaña “Channel1” se encuentra una subcategoría denominada “Device1” (véase Figura 1-6), donde se realiza la configuración de los diferentes tags y la asociación con un PLC en específico. En este ejemplo, se ha configurado un dispositivo con la dirección IP 165.182.181.82, correspondiente al PLC conectado al canal mencionado anteriormente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-6 Propiedades “Device1”

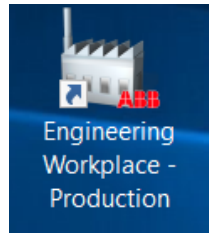
1.3.3 SISTEMA 800xA

El Sistema 800xA es una plataforma de automatización industrial desarrollada por ABB, diseñada para integrar en un mismo entorno todas las funciones de control, supervisión, seguridad, instrumentación, mantenimiento y gestión de operaciones de planta. Su arquitectura combina las capacidades de un DCS tradicional con herramientas avanzadas de gestión de información y operación, ofreciendo una visión unificada del proceso y del estado de los activos.

Para efectos de este trabajo, se hace énfasis únicamente en la estructura Workplace del sistema. El Workplace, dependiendo del rol de usuario que lo esté ocupando, puede adoptar 2 configuraciones, “Operator Workplace”, el cual está orientado a la supervisión y control del proceso en tiempo real, con acceso a alarmas, tendencias y comandos de control, y el “Engineering Workplace”, el cual está destinado al personal de ingeniería y mantenimiento, y permite realizar tareas de configuración, modificación de estrategias de control, descarga de programas, y gestión de displays gráficos.

1.3.3.1 ESTRUCTURA ENGINEERING WORKPLACE

Para este trabajo, es necesario comprender mejor las estructuras que posee la aplicación “Engineering Workplace” (véase Figura 1-7).



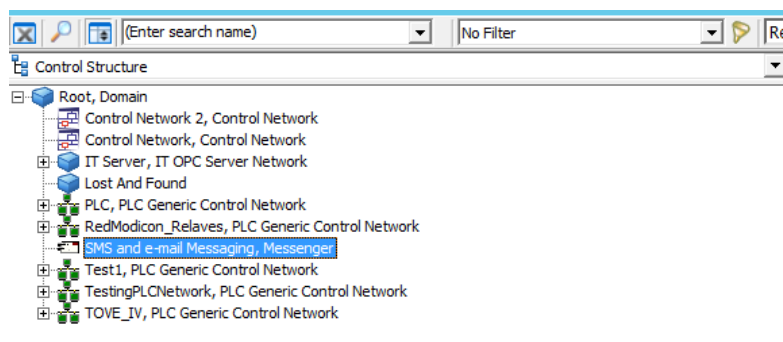
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-7 Aplicación Engineering Workplace

A continuacion se mencionan las 5 estructuras más relevantes.

a) Control Structure

La estructura de control corresponde al segmento del sistema donde se define la configuración y programación de los distintos dispositivos de campo que forman parte de la aplicación (véase la Figura 1-8). Dentro de esta estructura se incluyen todos los parámetros necesarios para establecer la comunicación y el intercambio de datos entre los equipos. En particular, la configuración que permite la comunicación del sistema a través del protocolo OPC UA se encuentra asociada a un objeto denominado “PLC Generic Control Network”, el cual contiene los ajustes y propiedades requeridas para la conexión con los dispositivos externos.

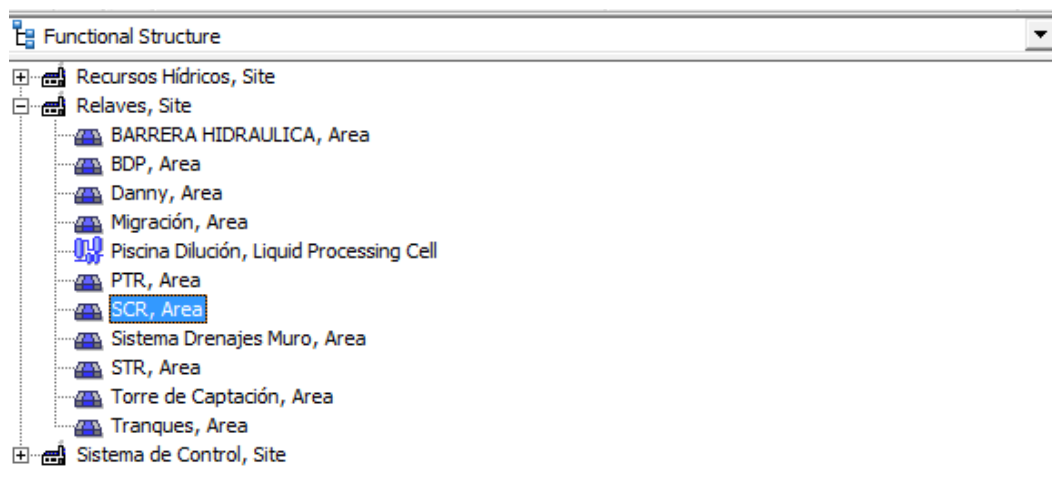


Fuente: Elaboración propia

Figura 1-8 Control Structure

b) Functional Structure

La estructura funcional corresponde al segmento del sistema donde se configuran las interfaces visuales destinadas al operador (véase la Figura 1-9). En esta sección se diseña la estructura de la planta DCS, permitiendo el monitoreo y control de las distintas variables del proceso. Desde aquí es posible crear y editar displays gráficos, además de vincular las variables provenientes de otras estructuras (principalmente desde la estructura de control) con los elementos visuales del sistema. De este modo, el operador puede supervisar el estado de la planta y ejecutar acciones de control directamente desde las pantallas diseñadas en esta interfaz.



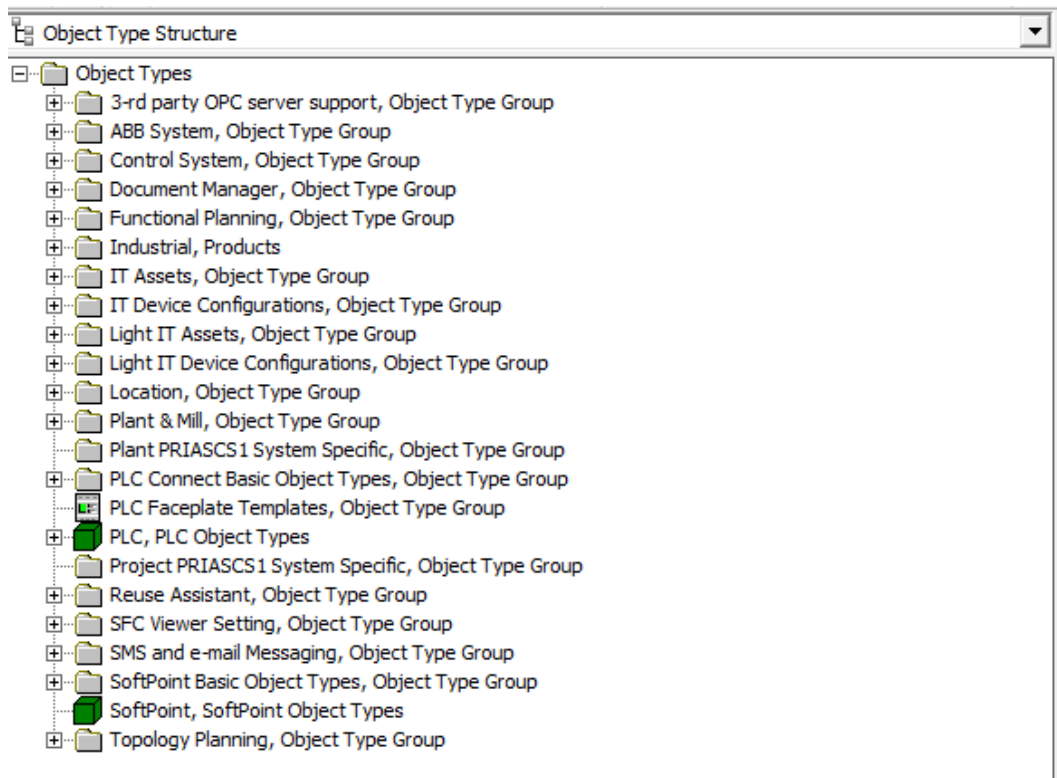
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-9 Functional Structure

c) Object Type Structure

La estructura de objetos típicos corresponde a la sección del sistema destinada a la creación y gestión de plantillas o modelos de equipos (véase la Figura 1-10). En esta estructura es posible definir objetos genéricos, como una señal digital, una válvula o un motor, que contienen la configuración base, los aspectos asociados y la lógica de control común para ese tipo de

dispositivo. Posteriormente, estos objetos pueden instanciarse dentro de la estructura funcional, reutilizando su configuración y asegurando uniformidad en el diseño, la operación y el mantenimiento del sistema.



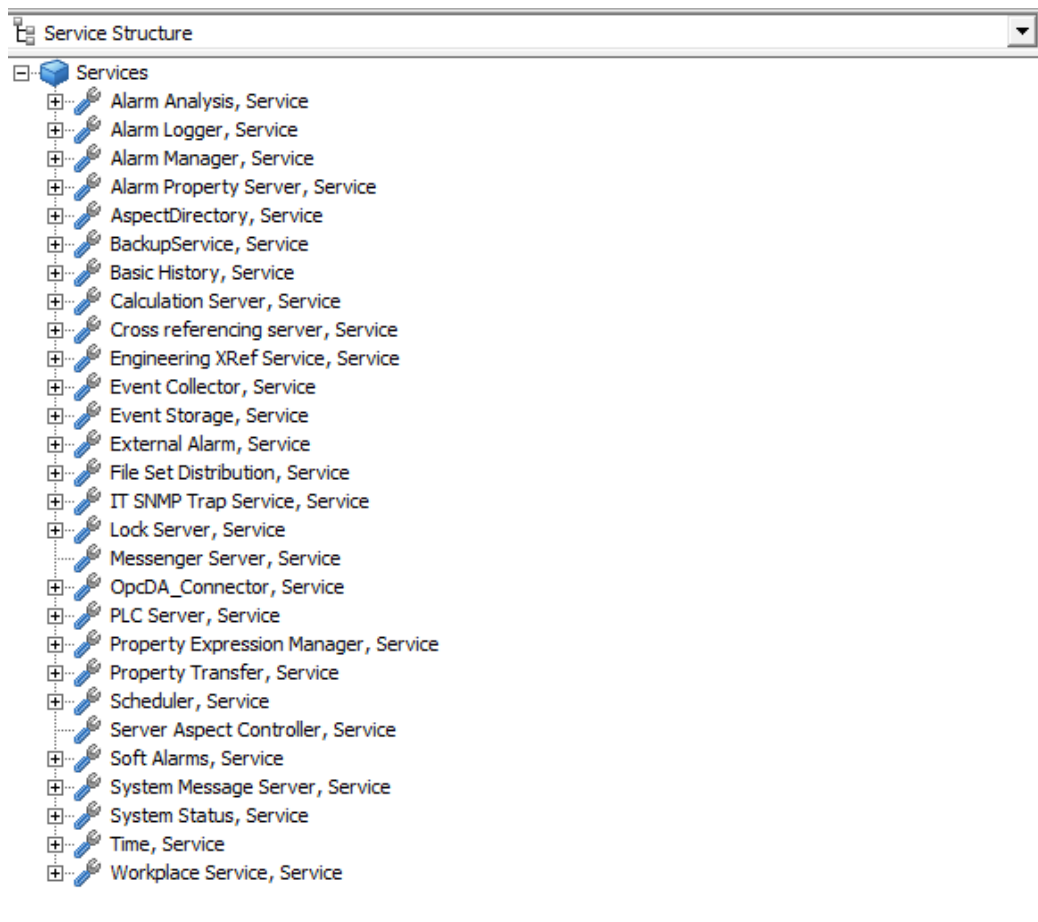
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-10 Object Type Structure

d) Service Structure

La estructura de servicios corresponde a la sección del sistema destinada a la administración de los servicios del entorno 800xA, es decir, de aquellos componentes y procesos que permiten el correcto funcionamiento, la comunicación y el soporte de las diferentes funciones dentro de la plataforma (véase la Figura 1-11). En esta estructura se agrupan y gestionan los servicios de sistema (System Services), tales como la comunicación entre nodos, la sincronización de datos, la distribución de alarmas y eventos, la configuración de seguridad, el control de acceso de usuarios y la asignación de roles o privilegios. Asimismo, incluye los servicios

asociados a la conectividad mediante OPC UA, aspecto de particular relevancia para el desarrollo del presente trabajo.



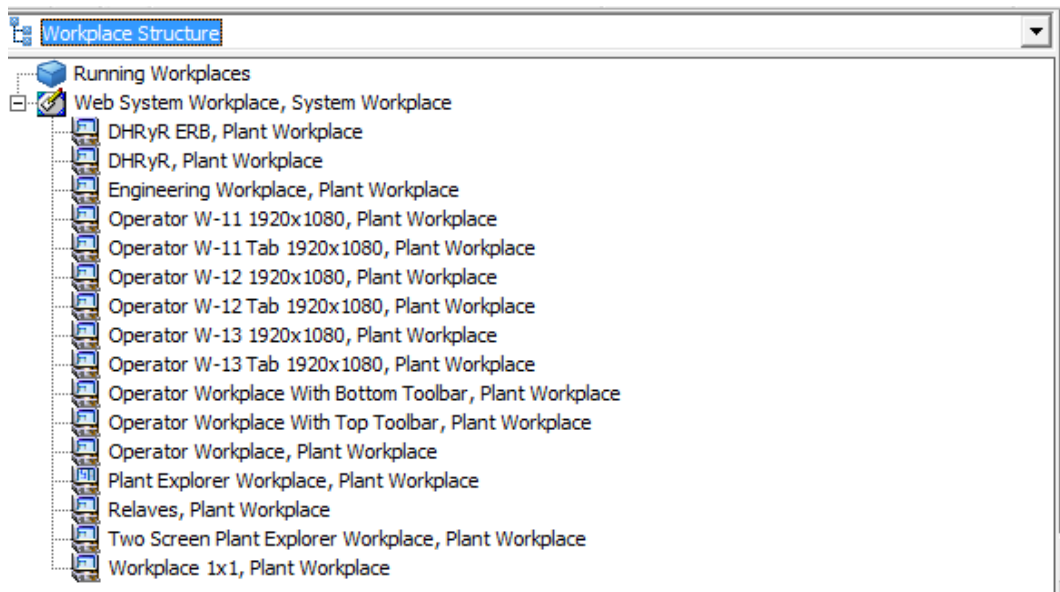
Fuente: Elaboración propia

Figura 1-11 Service Structure

e) Workplace Structure

Por último, la estructura Workplace corresponde al espacio donde se configura la apariencia y el comportamiento gráfico de la estación de operación (véase Figura 1-12). En esta sección se define cómo se visualizarán los displays de la planta durante la operación, permitiendo establecer la disposición general de las ventanas y los elementos de supervisión. Dentro de esta estructura se crea un Workplace y se configuran componentes esenciales como el banner de

alarmas, el banner de botones y otras propiedades visuales y funcionales relevantes para la operación segura y eficiente de la planta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-12 Workplace Structure

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para el correcto desarrollo del proyecto, se definen el objetivo general y los objetivos específicos.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un enlace de comunicación entre un sistema de control Schenider y un sistema de monitoreo y control DCS 800xA.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Diseñar un enlace de comunicación entre un PLC Schneider y un servidor Kepserver.
- b. Diseñar un enlace de comunicación entre un servidor Kepserver y un sistema DCS 800xA.
- c. Diseñar gráficos display para el monitoreo y control de una planta de ciclones.
- d. Realizar un estudio de costos.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

El siguiente capítulo da a conocer el proceso mediante el cual se da cumplimiento a los objetivos específicos definidos anteriormente.

2.1 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC SCHNEIDER Y SERVIDOR KEPSERVEREX

Para lograr implementar la solución seleccionada, se hace necesario, en primera instancia, el diseño de un enlace de comunicación entre un PLC de la familia Schneider y un servidor OPC, el cual, para efectos de este trabajo, corresponde a “KEPServerEx” de la familia de “Kepware”.

La función que cumple este servidor OPC, es el manejo de la base de datos de las diferentes variables utilizadas en el control del proceso. Este se instala como un software, el cual ejecuta servicios en el sistema operativo posibilitando la comunicación OPC en la red a través del servidor. Además, ofrece una interfaz gráfica, para crear y configurar la base de datos a utilizar.

A continuación se describe la configuración en cada uno de los niveles jerárquicos de la estructura de proyecto utilizados por “KEPServerEx”.

2.1.1 ESTRUCTURA DE TRABAJO KEPSERVEREX

El modo de funcionamiento de “KEPServerEX” es mediante la estructura Servidor-Cliente, donde el ordenador que se encuentra ejecutando el servicio “KEPServerEX 6.6 Runtime” funciona como Servidor (véase la Figura 2-1), y los equipos que se encuentran conectados por OPC funcionan como clientes.

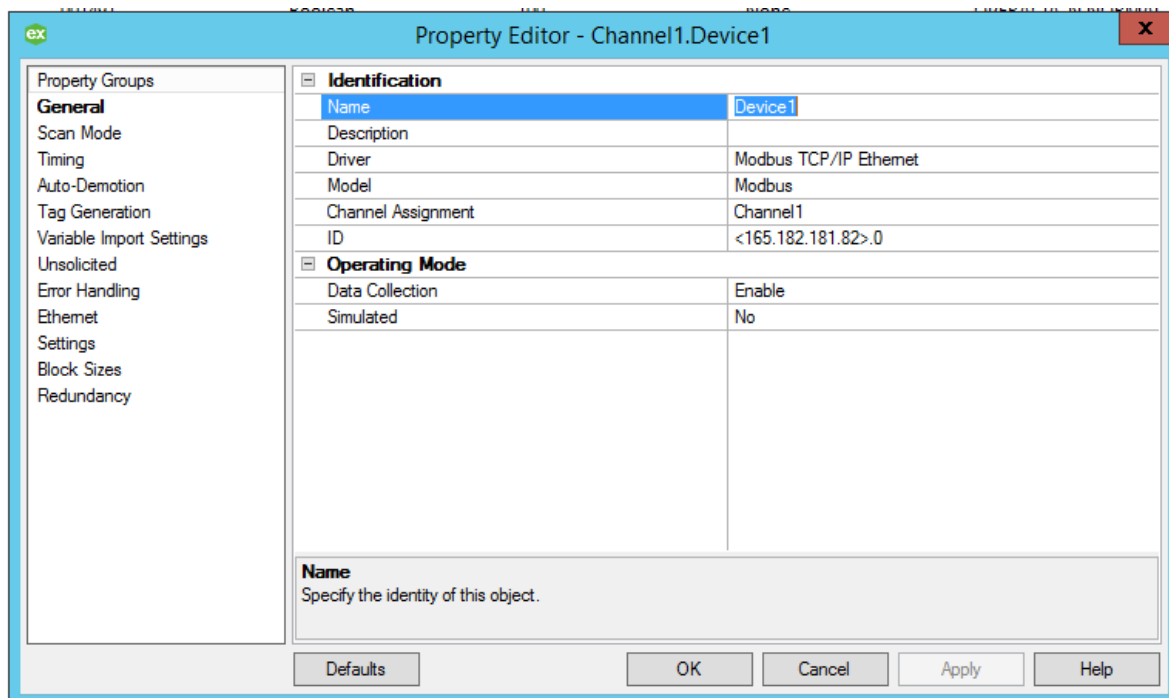
KEPServerEX 6.6 Config API Service	Config API Service component of KEServerEX 6.6	Running
KEPServerEX 6.6 Event Logger	Event logger component of KEServerEX 6.6	Running
KEPServerEX 6.6 Historian	Historian component of KEServerEX 6.6	
KEPServerEX 6.6 IoT Gateway	IoT Gateway component of KEServerEX 6.6	
KEPServerEX 6.6 Key Service	Key service component of KEServerEX 6.6	Running
KEPServerEX 6.6 OPC .NET	Kepware OPC .NET Server 6.6	
KEPServerEX 6.6 Runtime	Runtime component of KEServerEX 6.6	Running
KEPServerEX 6.6 Store and Forward	Store and Forward component of KEServerEX 6.6	

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1 Servicios instalados por KEServerEX

Es de esta forma, que “KEServerEX” recopila y almacena los datos de los clientes en su almacenamiento para luego ser transmitidos.

En el diseño propuesto para este trabajo, los clientes corresponden a un PLC Schneider con ip 165.182.181.82 (véase la Figura 2-2) y una estación de ingeniería 800xA con ip 165.182.181.90, ambos conectados al servidor “KEServerEX” con ip 165.182.181.90. Nótese que la ip del servidor “KEServerEX” y la estación de ingeniería 800xA coinciden, esto ya que se han diseñado para funcionar dentro del mismo computador.



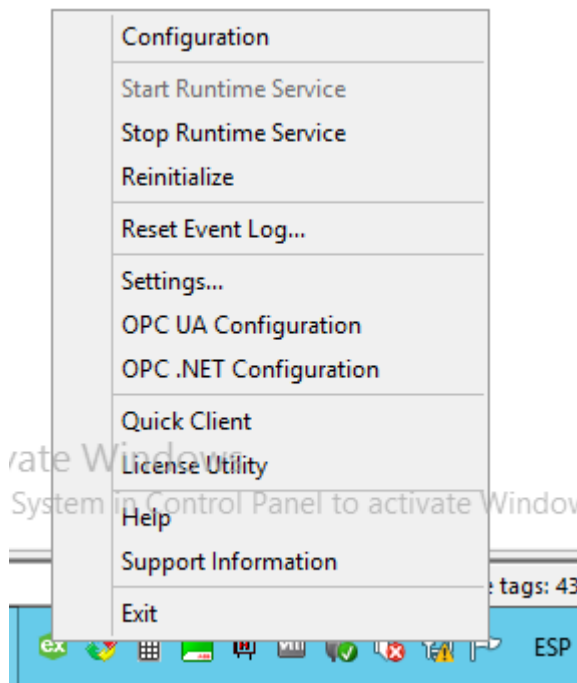
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2 Configuración para conexión con PLC Schneider

2.1.2 CONFIGURACIÓN PARA CONEXIÓN A CLIENTE PLC SCHNEIDER 165.182.181.82

El enfoque de esta sección es explicar la configuración realizada en el software “KEPServerEX” para la recopilación y almacenamiento de datos desde el cliente Schneider con ip 165.182.181.82.

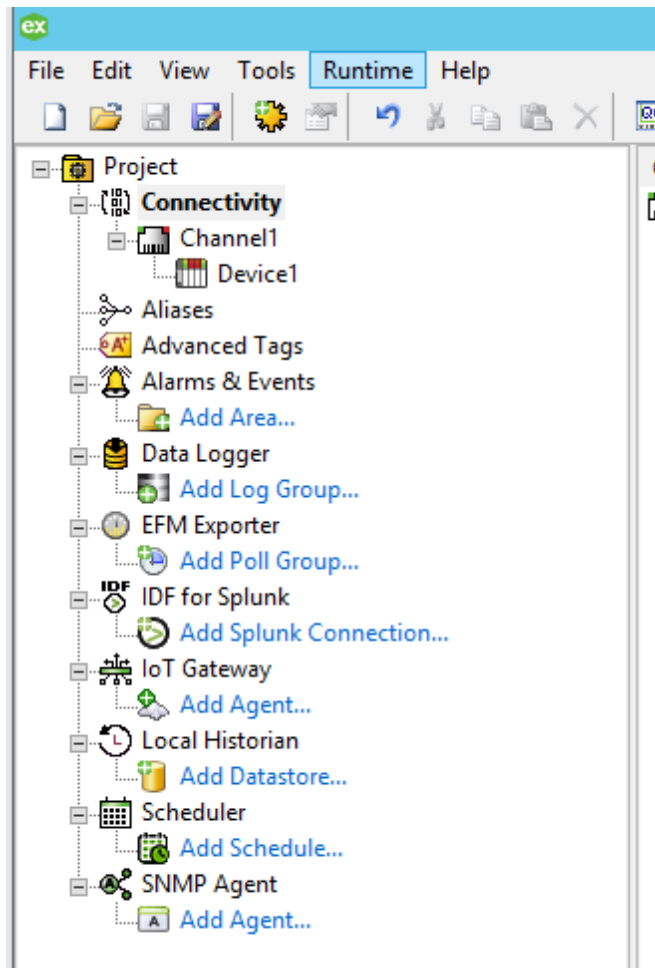
En primera instancia, se debe abrir la interfaz de “KEPServerEX Configuration” desde la barra de tareas (véase la Figura 2-3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3 Apertura de “KEPServerEX Configuration”

Ya en la aplicación, se puede observar la estructura jerárquica de proyecto que se encuentra por defecto (véase la Figura 2-4). La estructura de interés para este trabajo es “Project” -> “Connectivity” -> “Channel1” -> “Device1”.

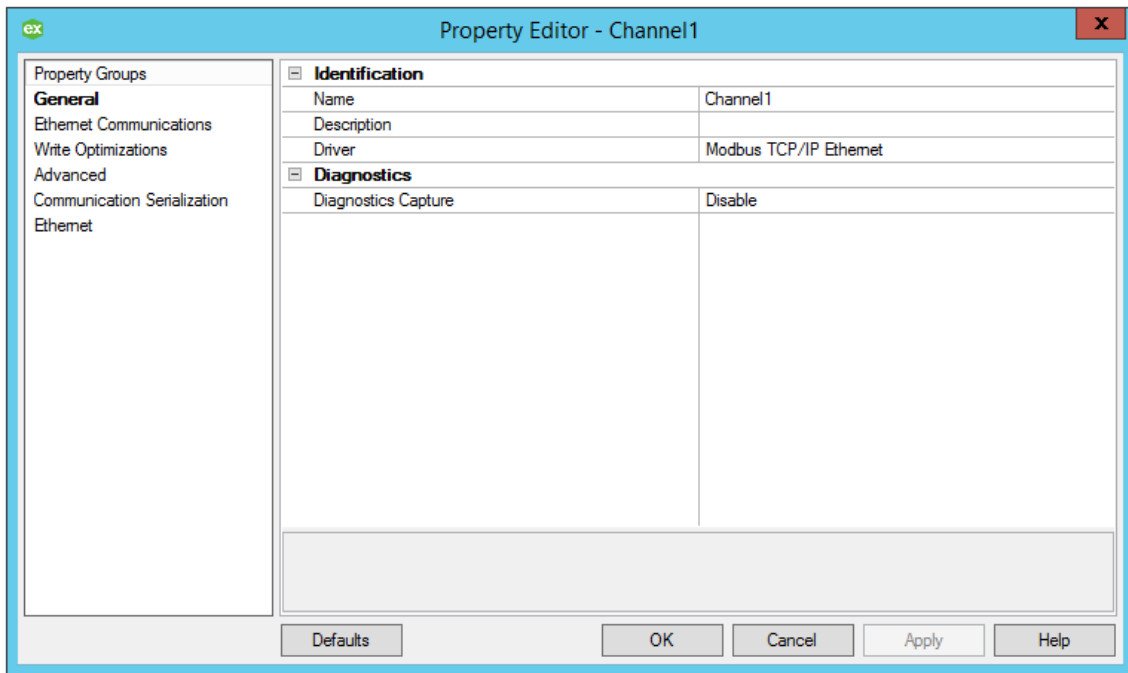


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-4 Estructura jerárquica predeterminada en “KEPServer Configuration”

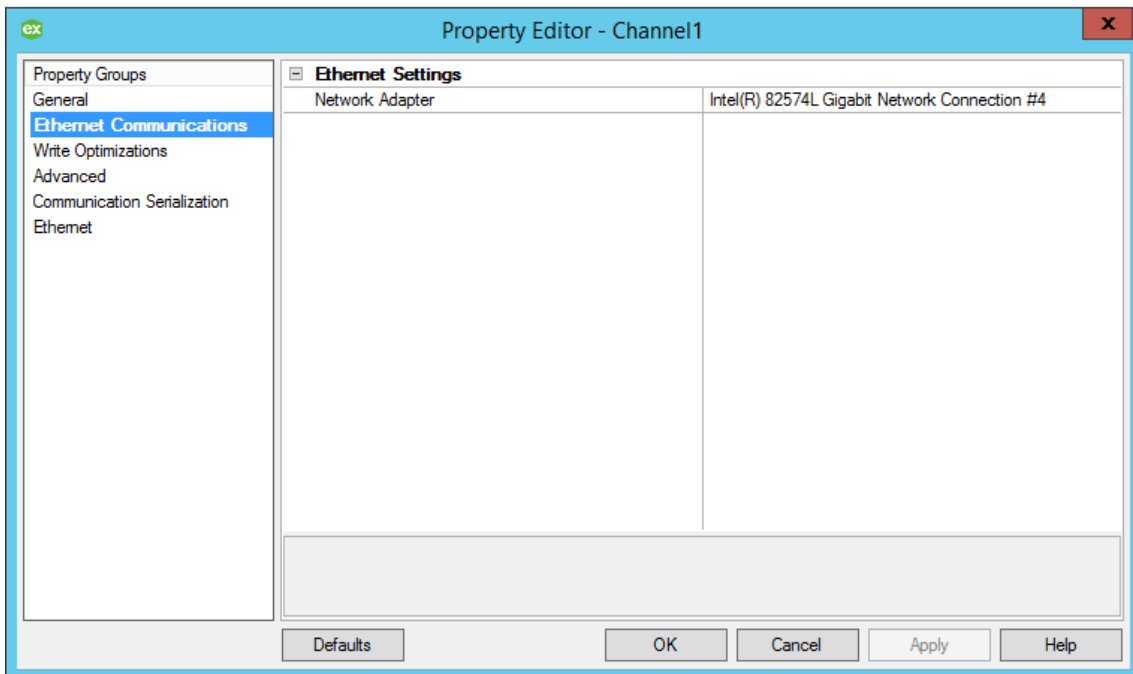
En el nivel jerárquico “Channel1”, se configuran el driver de comunicación a utilizar, así como también la tarjeta de comunicación a través de la cual llegan los datos al servidor.

Para efectos de este trabajo, los datos enviados desde el cliente Schneider se encuentran en el protocolo Modbus TCP/IP Ethernet (véase la Figura 2-5) y los datos están ingresando al servidor por la tarjeta de red Ethernet (Intel(R) 82574L Gigabit Network Connection #4) (véase la Figura 2-6).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-5 Configuración Channel1 pestaña General

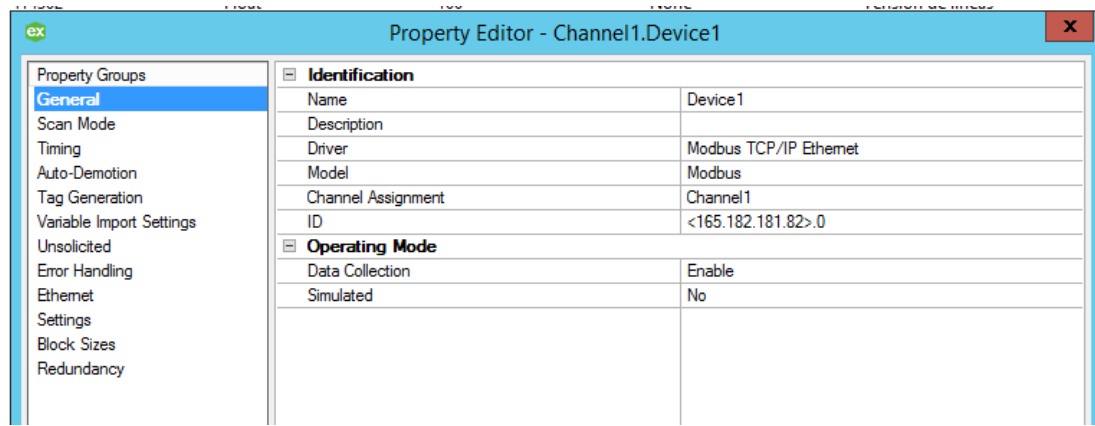


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-6 Configuración Channel1 pestaña Ethernet Communications

En el nivel jerárquico “Device1”, se configura la dirección del dispositivo cliente con el que se realiza el intercambio de datos, así como también la frecuencia con que se actualizan (Scan Rate).

Para efectos de este trabajo, la dirección ip del dispositivo es 165.182.181.82 (véase la Figura 2-7), y la frecuencia para obtención de datos se ha configurado en función del “Scan Rate” del cliente (véase la Figura 2-8).



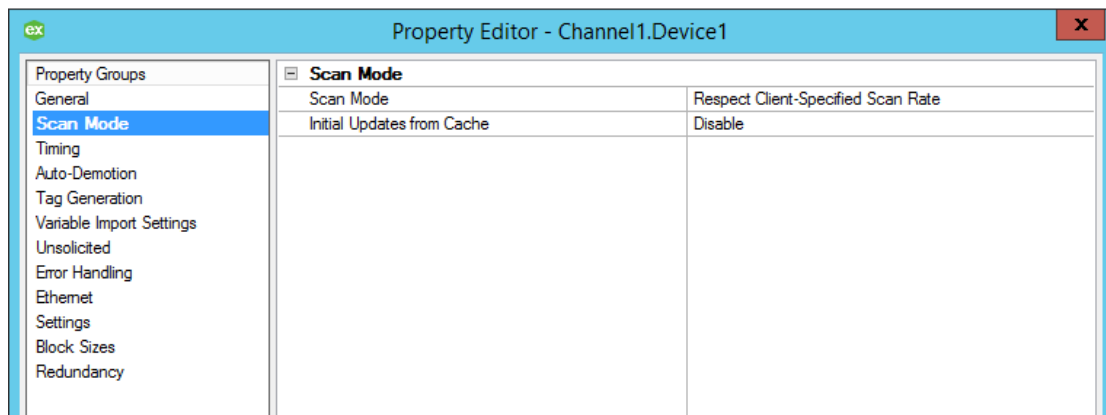
The screenshot shows the 'Property Editor - Channel1.Device1' window. On the left, a list of 'Property Groups' includes General, Scan Mode, Timing, Auto-Demotion, Tag Generation, Variable Import Settings, Unsolicited, Error Handling, Ethernet, Settings, Block Sizes, and Redundancy. The 'General' group is selected. The main area displays two sections: 'Identification' and 'Operating Mode'.

Identification	
Name	Device1
Description	
Driver	Modbus TCP/IP Ethernet
Model	Modbus
Channel Assignment	Channel1
ID	<165.182.181.82>.0

Operating Mode	
Data Collection	Enable
Simulated	No

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-7 Configuración de las propiedades del Device1 pestaña General



The screenshot shows the 'Property Editor - Channel1.Device1' window with the 'Scan Mode' group selected in the left pane. The main area displays the 'Scan Mode' section with two properties.

Scan Mode	
Scan Mode	Respect Client-Specified Scan Rate
Initial Updates from Cache	Disable

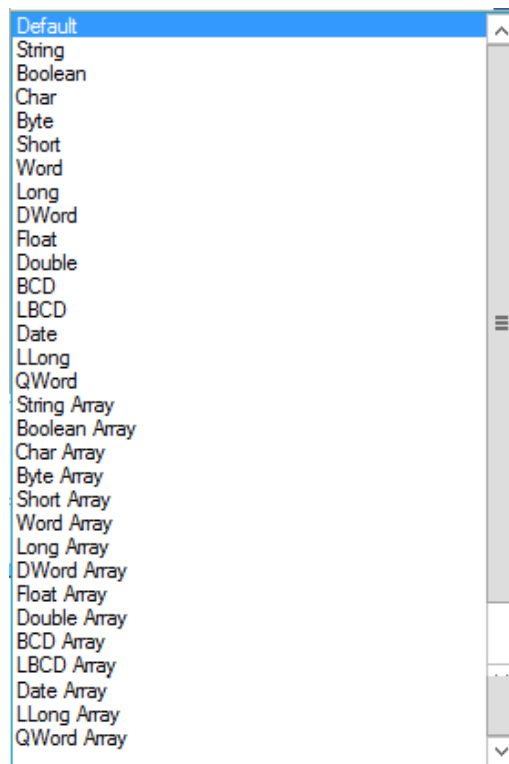
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-8 Configuración de las propiedades del Device1 pestaña Scan Mode

2.1.3 CREACIÓN DE VARIABLES EN “KEPSERVEREX”

Cuando ya se tiene configurada correctamente la jerarquía de “KEPServerEX”, el siguiente paso es la creación de la base de datos utilizada por el cliente.

Esta creación es realizada en el nivel jerárquico “Device1”, en el cual se pueden configurar una gran variedad de tipos de datos (véase la Figura 2-9), donde los tipos de datos entero se deben declarar tipo Word, los reales como Float y los doble entero como DWord.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-9 Tipos de datos configurables en KEPServerEX

Para configurar las direcciones a las que apunta cada uno de los datos, existe una codificación mediante cantidad de números utilizados y un sub fijo de identificación.

Es por esto, que para los datos de tipo Boolean, la dirección se debe expresar con 6 dígitos, siendo el sub fijo de identificación el numero “0” (véase la Figura 2-10). Además, la dirección declarada en “KEPServerEX” tiene un desfase de 1 bit con respecto a la dirección que es entregada

por el cliente Schneider, es decir, la dirección utilizada en el cliente Schneider para el tag “5911_HS_0229_A” corresponde a la 407, mientras que en “KEPServerEX” se debe utilizar la 408.

 5911_HS_0229_A	000408	Boolean	100
 5911_HS_0229_B	000409	Boolean	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-10 Ejemplo de datos de tipo Boolean, las direcciones corresponden a la 000408 y la 000409 en KEPServerEX

Para los datos de tipo DWord, la dirección se debe expresar con 6 dígitos, siendo el sub fijo de identificación el numero “40” (véase la Figura 2-11). Además, al igual que con los datos anteriores, la dirección declarada en “KEPServerEX” tiene un desfase de 1 bit con respecto a la dirección que es entregada por el cliente Schneider. Este tipo de dato se utiliza para expresar datos de tipo DWord o DInt.

 BDP_001_bMMOD	406032	DWord	100	None
 BDP_001_bMMODT	406034	DWord	100	None

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-11 Ejemplos de datos tipo DWord, las direcciones corresponden a la 406032 y 406034 en KEPServerEX

Los datos de tipo Float se deben expresar con 6 dígitos, siendo el sub fijo de identificación el número “41” (véase la Figura 2-12). Este tipo de datos también debe desplazarse en 1 bit debido al desfase entre “KEPServerEX” y el cliente Schneider. Este tipo de datos se utiliza para expresar datos de tipo Float o Reales.

 PV_DIT_0807	411030	Float	100	None
 PV_FIT_0115	411086	Float	100	None

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-12 Ejemplos de datos tipo Float, las direcciones corresponden a la 411030 y 411086 en KEPServerEX

Los últimos tipos de datos utilizados para efecto de este trabajo corresponden a los de tipo Word, estos se deben expresar en 5 dígitos con el sub fijo de identificación “4” (véase la Figura 2-13). También se debe desplazar en 1 bit las direcciones declaradas y sirven para expresar datos de tipo Word y Entero.

5911_DV_275	40014	Word	100	None
5911_DV_285	40016	Word	100	None

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-13 Ejemplos de datos de tipo Word, las direcciones corresponden a la 40014 y 40016 en KEPServerEX

Una vez comprendida la configuración necesaria a realizar para la creación de la base de datos, se toma los datos entregados por el ingeniero especialista en Schneider y se crean las variables en “KEPServerEX”. En total, se crean 4512 variables asociadas al proceso de la planta de ciclones lo cual toma aproximadamente 3 días de 8 horas de trabajo (24 HH).

2.2 DISEÑO DE ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE KEPSERVEREX Y SISTEMA 800XA

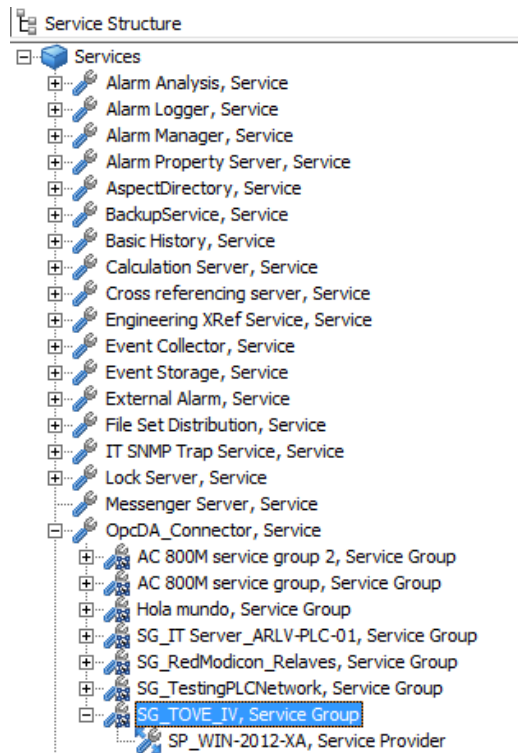
Para realizar la conexión entre el sistema 800xA y una base de datos con acceso mediante OPC, se debe utilizar la opción de conectividad entregada por el fabricante ABB, denominada “PLC Connect”.

Esta opción del sistema sirve para la integración de PLCs y RTUs mediante OPC DA, además de entregar objetos típicos para el enlace entre la base de datos y las HMI.

2.2.1 CONFIGURACIÓN DE SERVICIOS

La implementación de “PLC Connect” requiere la creación de 2 proveedores de servicios en la “Service Structure” del sistema 800xA. El primero, debe ubicarse en el servicio

“OpcDA_Connector”. Allí debe crearse un objeto del tipo “Service Group” para luego crear en su interior un proveedor de servicios. Para efectos de este trabajo al “Service Group” se le ha asignado el nombre de “SG_TOVE_IV” mientras que al proveedor de servicios se le ha asignado el nombre de “SP_WIN-2012-XA” (véase la Figura 2-14).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-14 Proveedor de servicio “SP_WIN-2012-XA” contenido en “SG_TOVE_IV” del servicio “OpcDA_Connector”

En el aspecto “Service Group Definition” del objeto “SG_TOVE_IV”, en la pestaña “Special Configuration”, el parámetro “Adapter Identity” debe quedar enlazado a la ruta “ABB.AdsOPCAdapter.1” (véase la Figura 2-15) donde se encuentra una librería de adaptadores ya configurados y listos para ser usados en el proveedor de servicios.

Aspects of 'SG_TOVE_IV'	Modified	Modified by	Desc...	Inherited	Category name	Version
☐ Alarm Expression	4/25/2008 4:25:4...	ABB 800xA Base	Aspe...	True	Alarm Expression	1
☐ Name	3/18/2025 2:33:5...	800xAInstall	The ...	False	Name	1
☒ Object Icon	5/6/2003 6:34:04...	ABB 800xA Base	Icon ...	True	Object Icon	1
☐ Service Group Definition	3/27/2025 4:03:5...	800xAInstall		False	Service Group ...	1
☐ Service Group Type Reference	3/18/2025 2:33:5...	800xAInstall	This ...	False	Service Group	1
☐ Service Structure	3/27/2025 4:03:5...	800xAInstall	[Serv...	False	Service Structure	1

Configuration Special Configuration Status Adapter identity: ABB.AdsOPCAdapter.1 ☒ Allow parallel redundancy ☒ Do not use standard lock server for process object locking

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-15 Parámetro Adapter Identity del aspecto “Service Group Definition” en el objeto “SG_TOVE_IV”

En el aspecto “Service Provider Definition” del objeto “SP_WIN-2012-XA”, en la pestaña “Special Configuration”, el parámetro “OPC Server Identity, ProgID” debe quedar enlazado a la ruta “Kepware.KEPServerEX.V6” (véase la Figura 2-16) indicando de esta forma, que los datos obtenidos con el servicio OPC DA deben ser extraídos desde el servidor “KEPServerEX”.

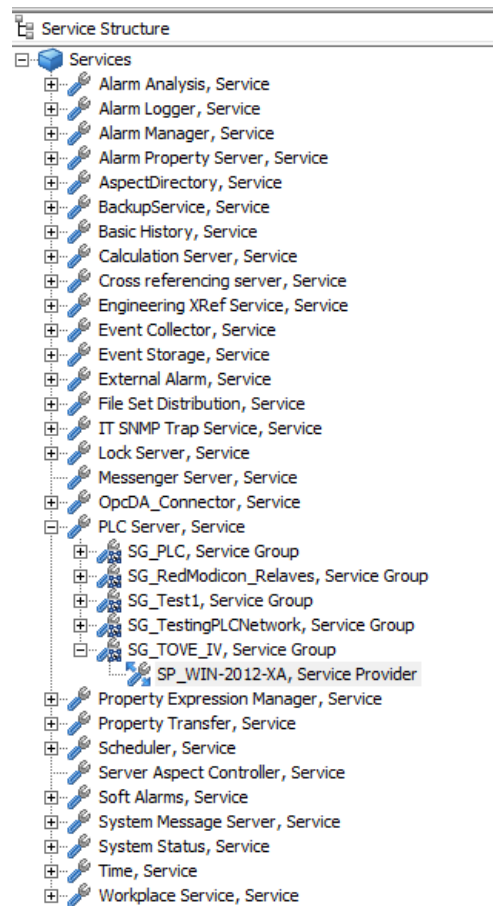
Aspects of 'SP_WIN-2012-XA'
☐ Alarm Expression ☒ Name ☐ Node Administration Structure ☒ Object Icon ☐ Service Provider Definition ☐ Service Provider Type Reference ☐ Service Structure

Configuration Special Configuration Status OPC server identity, ProgID: Kepware.KEPServerEX.V6 OPC server description: KEPServerEX 6.6
--

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-16 Parámetro “OPC server identity, ProgID” en aspecto “Service Provider Definition” del objeto “SP_WIN-2012-XA”

El segundo proveedor de servicios que se debe crear tiene que ubicarse en el servicio “PLC Server”, allí debe crearse un objeto del tipo “Service Group” para luego crear en su interior un proveedor de servicios. Para efectos de este trabajo al “Service Group” se le ha asignado el nombre de “SG_TOVE_IV” mientras que al proveedor de servicios se le ha asignado el nombre de “SP_WIN-2012-XA” (véase la Figura 2-17).

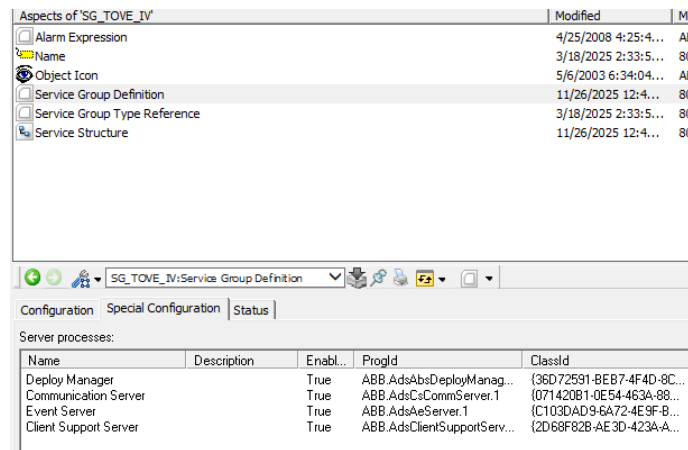


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-17 Proveedor de servicio “SP_WIN-2012-XA” contenido en “SG_TOVE_IV” del servicio “PLC Server”

En el aspecto “Service Group Definition” del objeto “SG_TOVE_IV”, en la pestaña “Special Configuration”, se puede observar los procesos de servidor que se encuentran habilitados, para efectos de este trabajo basta con los que se encuentran configurados por defecto, los cuales son

“Deploy Manager”, “Communication Server”, “Event Server” “Client Support Server” (véase la Figura 2-18).



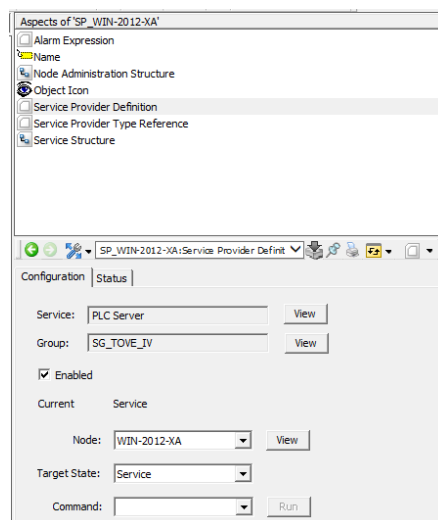
Aspects of 'SG_TOVE_IV'		Modified	Mc
☐	Alarm Expression	4/25/2008 4:25:4...	AB
☒	Name	3/18/2025 2:33:5...	80
☒	Object Icon	5/6/2003 6:34:04...	AB
☐	Service Group Definition	11/26/2025 12:4...	80
☐	Service Group Type Reference	3/18/2025 2:33:5...	80
☐	Service Structure	11/26/2025 12:4...	80

Name	Description	Enabl...	Progid	ClassId
Deploy Manager		True	ABB.AdsAbsDeployManag...	{36D72591-BEB7-4F4D-8C...
Communication Server		True	ABB.AdsCsCommServer.1	{071420B1-0E54-463A-88...
Event Server		True	ABB.AdsAeServer.1	{C103DAD9-6A72-4E9F-B...
Client Support Server		True	ABB.AdsClientSupportServ...	{2D68F82B-AE3D-423A-A...

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-18 Procesos de servidor activos para “Service Group” “SG_TOVE_IV” del servicio “PLC Connect”

Finalmente, en el aspecto “Service Provider Definition” del objeto “SP_WIN-2012-XA”, en la pestaña “Configuration”, el parámetro “Node” debe encontrarse apuntando al computador que contiene el sistema 800xA que usa la configuración “PLC Connect”, para efectos de este trabajo, corresponde al nodo “WIN-2012-XA” (véase la Figura 2-19).



Aspects of 'SP_WIN-2012-XA'

- ☐ Alarm Expression
- ☒ Name
- ☐ Node Administration Structure
- ☒ Object Icon
- ☐ Service Provider Definition
- ☐ Service Provider Type Reference
- ☐ Service Structure

Configuration | Status

Service: PLC Server View

Group: SG_TOVE_IV View

☒ Enabled

Current Service

Node: WIN-2012-XA View

Target State: Service

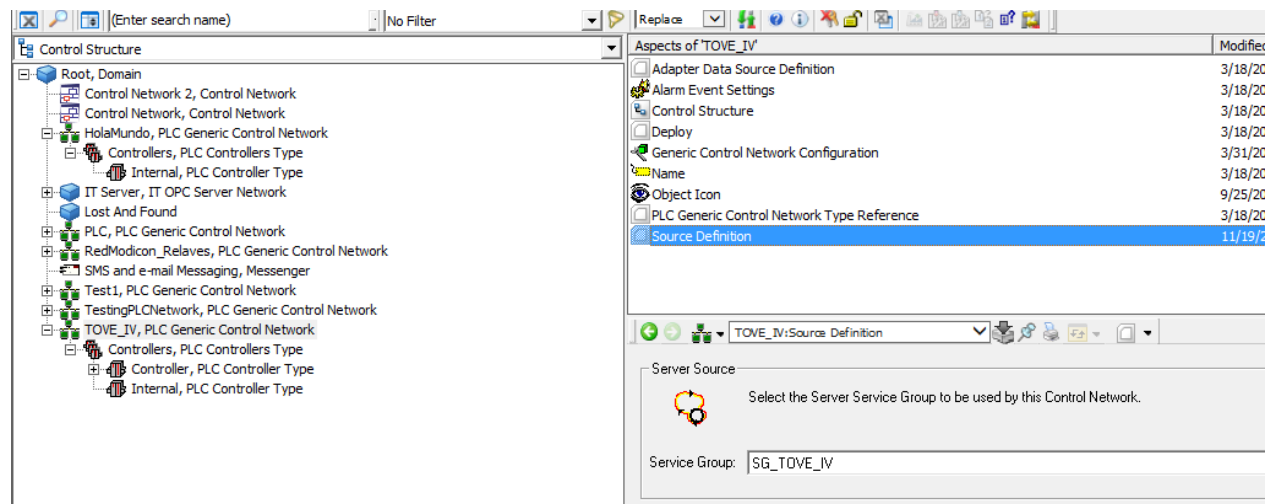
Command: Run

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-19 Configuración de nodo para servicio PLC Connect “SG_TOVE_IV”

2.2.2 ENLACE DE ESTRUCTURA DE CONTROL CON ESTRUCTURA DE SERVICIOS

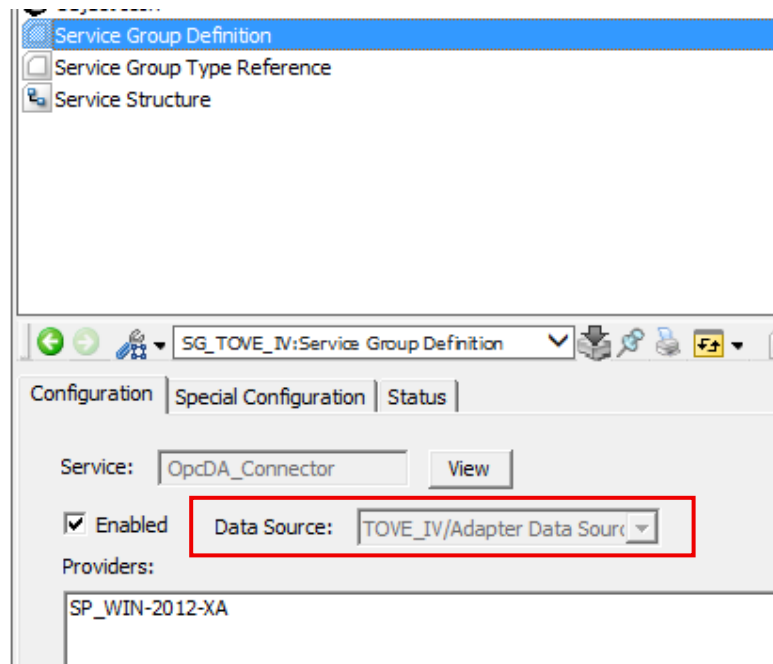
En la estructura de control, se configura los objetos que se comunican con la base de datos ubicada en “KEPServerEX”. Este tipo de objeto se denomina “PLC Generic Control Network” y se conecta con los servicios de “PLC Connect” --> “SG_TOVE_IV” y “OpcDA_Connector” --> “SG_TOVE_IV” a través del aspecto “Source Definition” (véase Figura 2-20).



Fuente: Elaboración propia

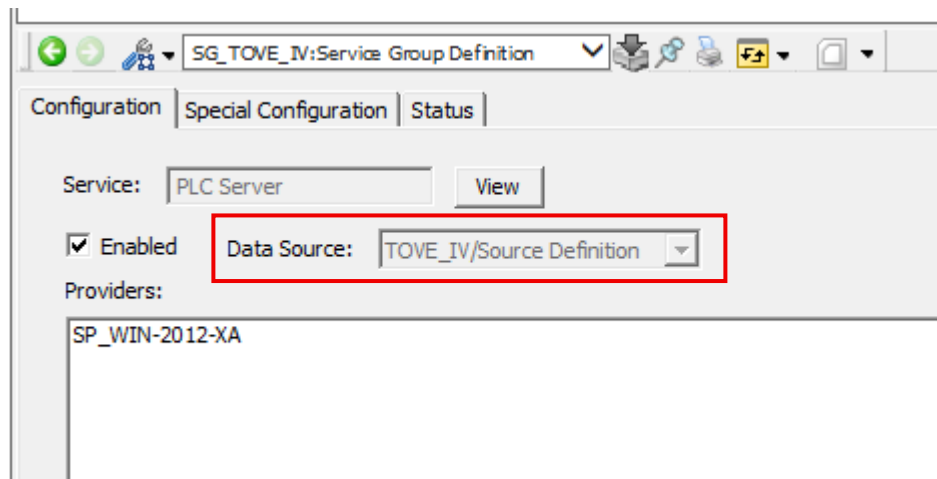
Figura 2-20 Configuración de aspecto “Source Definition” para objeto “TOVE_IV” en la estructura de control

Una vez enlazada la estructura de control, se comprueba en la estructura de servicios, que tanto el servicio “PLC Connect” --> “SG_TOVE_IV” como el servicio “OpcDA_Connector” --> “SG_TOVE_IV” se encuentren enlazados al objeto “TOVE_IV” de la estructura de control (véase la Figura 2-21 y Figura 2-22).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21 Data Source servicio “OpcDA_Connector” enlazada a objeto TOVE_IV de la estructura de control.

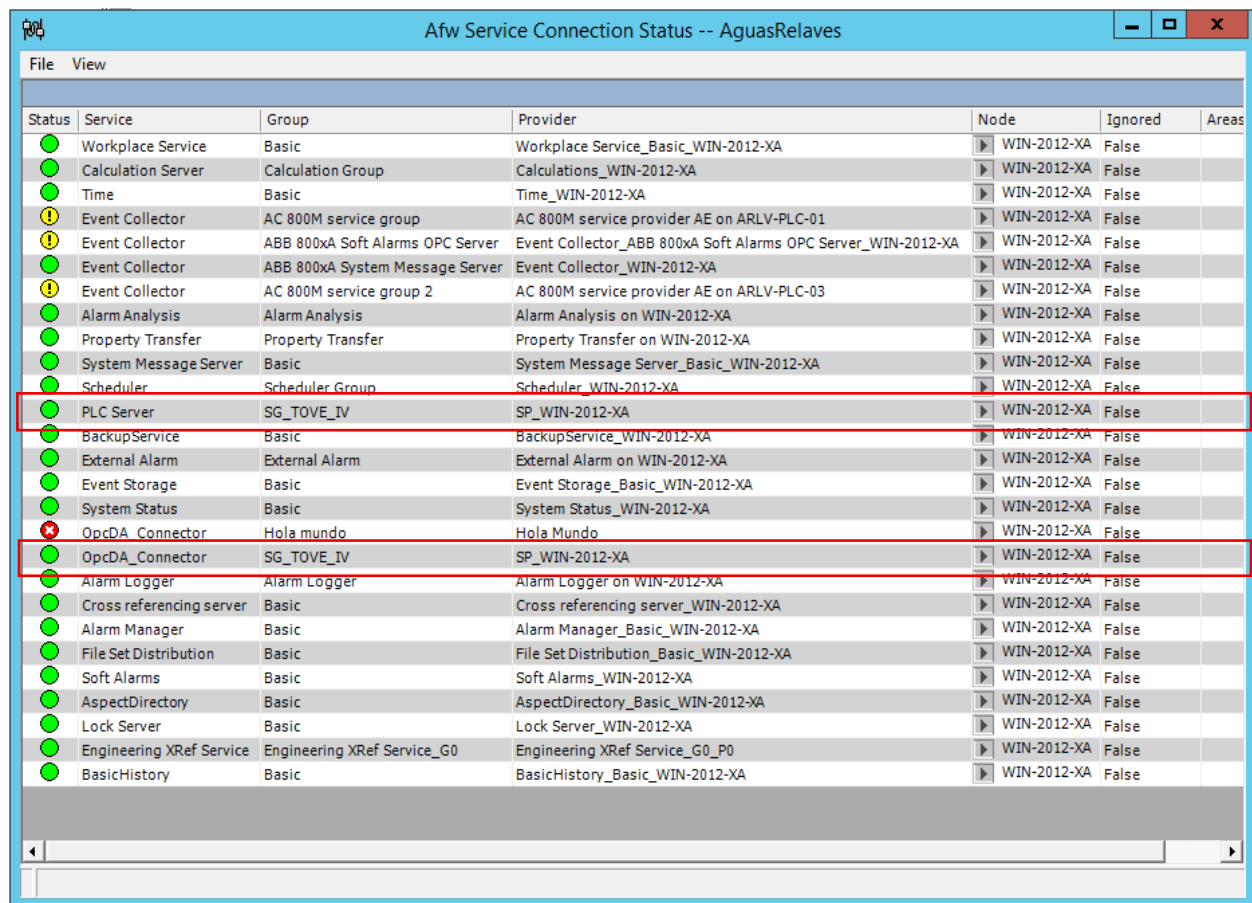


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22 Data Source servicio “PLC Server” enlazada a objeto TOVE_IV de la estructura de control.

2.2.3 COMPROBACIÓN DE SERVICIOS EN CORRECTA EJECUCIÓN

Ya configurados los servicios y enlazados con la estructura de control, se debe monitorear la correcta ejecución de estos, para ello, se ejecuta la aplicación “AFW Service Connection Status” del sistema 800xA, donde se muestra el listado de todos los Servicios configurados y el estado en que se encuentran (véase la Figura 2-23).



Status	Service	Group	Provider	Node	Ignored	Areas
●	Workplace Service	Basic	Workplace Service_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Calculation Server	Calculation Group	Calculations_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Time	Basic	Time_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Event Collector	AC 800M service group	AC 800M service provider AE on ARLV-PLC-01	WIN-2012-XA	False	
●	Event Collector	ABB 800xA Soft Alarms OPC Server	Event Collector_ABB 800xA Soft Alarms OPC Server_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Event Collector	ABB 800xA System Message Server	Event Collector_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Event Collector	AC 800M service group 2	AC 800M service provider AE on ARLV-PLC-03	WIN-2012-XA	False	
●	Alarm Analysis	Alarm Analysis	Alarm Analysis on WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Property Transfer	Property Transfer	Property Transfer on WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	System Message Server	Basic	System Message Server_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Scheduler	Scheduler Group	Scheduler_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	PLC Server	SG_TOVE_IV	SP_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	BackupService	Basic	BackupService_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	External Alarm	External Alarm	External Alarm on WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Event Storage	Basic	Event Storage_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	System Status	Basic	System Status_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	OpcDA_Connector	Hola mundo	Hola Mundo	WIN-2012-XA	False	
●	OpcDA_Connector	SG_TOVE_IV	SP_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Alarm Logger	Alarm Logger	Alarm Logger on WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Cross referencing server	Basic	Cross referencing server_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Alarm Manager	Basic	Alarm Manager_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	File Set Distribution	Basic	File Set Distribution_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Soft Alarms	Basic	Soft Alarms_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	AspectDirectory	Basic	AspectDirectory_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Lock Server	Basic	Lock Server_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	
●	Engineering XRef Service	Engineering XRef Service_G0	Engineering XRef Service_G0_P0	WIN-2012-XA	False	
●	BasicHistory	Basic	BasicHistory_Basic_WIN-2012-XA	WIN-2012-XA	False	

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23 Aplicación “AFW Service Connection Status” del sistema 800xA con servicios “PLC Server” y “OpcDA_Connector” funcionando correctamente

Como se puede apreciar en la Figura 2-23, el color verde en la columna “Status” indica un correcto funcionamiento del servicio, por lo cual se concluye que se ha realizado correctamente

la configuración para el enlace entre la estructura de control del sistema 800xA y la base de datos “KEPServerEX”.

2.3 DISEÑO DE GRÁFICAS DISPLAY PG2 PARA MONITOREO Y CONTROL

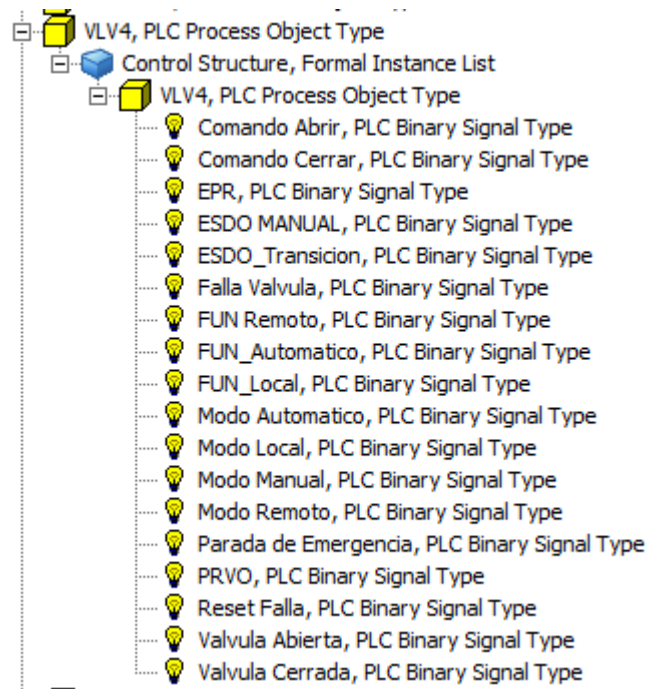
La última parte del desarrollo de este trabajo consiste en la creación de las gráficas display PG2 para monitorear y controlar los diferentes equipos que componen la planta de ciclones.

El desarrollo de estas gráficas supone la creación de los objetos típicos utilizados en la estructura de objetos “Object Type Structure”, la creación y enlace con la base de datos de las variables del proceso en la estructura de control “Control Structure” y la creación de los displays PG2 en la estructura funcional “Functional Structure”.

2.3.1 CREACIÓN DE OBJETOS TÍPICOS EN LA ESTRUCTURA DE OBJETOS

Para la representación gráfica de los diferentes equipos que componen la planta de ciclones, se hace necesario agrupar los datos contenidos en la base de datos “KEPServerEX” en varios objetos típicos. Estos, son creados de forma genérica para luego ser instanciados las veces que sea necesario en la estructura de control.

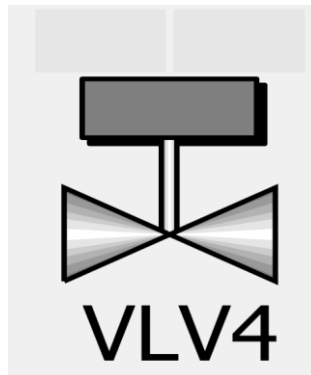
Cada uno de los objetos, contiene de forma unificada todos los datos asociados a él, como sus estados, sus comandos, entre otros (véase la Figura 2-24).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-24 Objeto típico VLV4 con todos los datos asociados a él

Con los datos asociados a cada uno de los objetos típicos, se pueden crear gráficos dinámicos, como iconos (véase la Figura 2-25), ventanas emergentes con los estados de las señales (Faceplates) (véase la Figura 2-26), entre otros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-25 Ícono VLV4



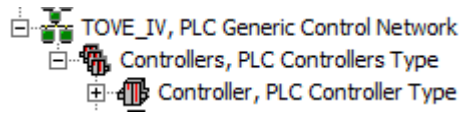
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-26 Faceplate VLV4

2.3.2 CREACIÓN Y ENLACE DE OBJETOS EN LA ESTRUCTURA DE CONTROL

Como se vio en secciones anteriores, en la estructura de control se encuentra un tipo de objeto nativo del sistema 800xA para la configuración “PLC Connect”, este objeto nativo se encuentra conectado con los servicios que extraen y sobrescriben el contenido de los datos en “KEPServerEX”.

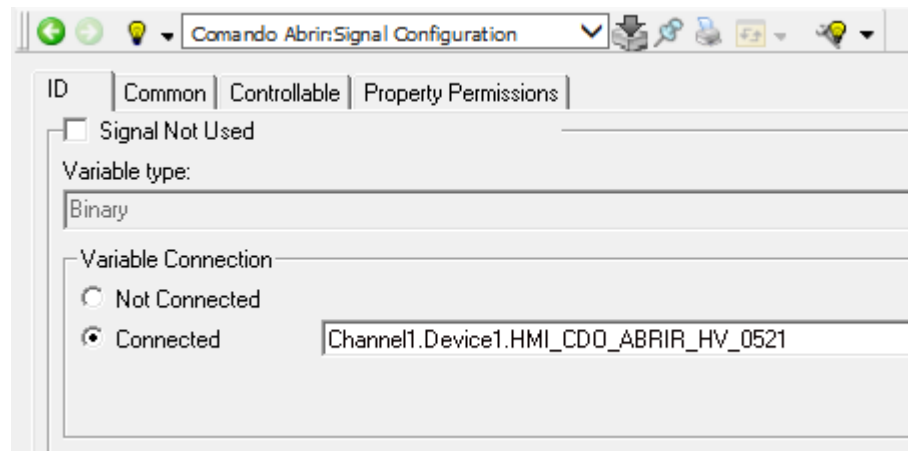
Además, este cuenta con una subestructura compuesta por un objeto del tipo “PLC Controllers Type” que a su vez anida otro objeto del tipo “PLC Controller Type” (véase la Figura 2-27). Estos objetos, sirven para ordenar y segregar de forma jerárquica los diferentes datos enlazados entre el sistema 800xA y “KEPServerEX” y es en este último donde se crean las instancias de los objetos típicos configurados previamente en la estructura “ObjectType Structure”.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27 Objeto PLC Controller Type anidado en Objeto PLC Controllers Type

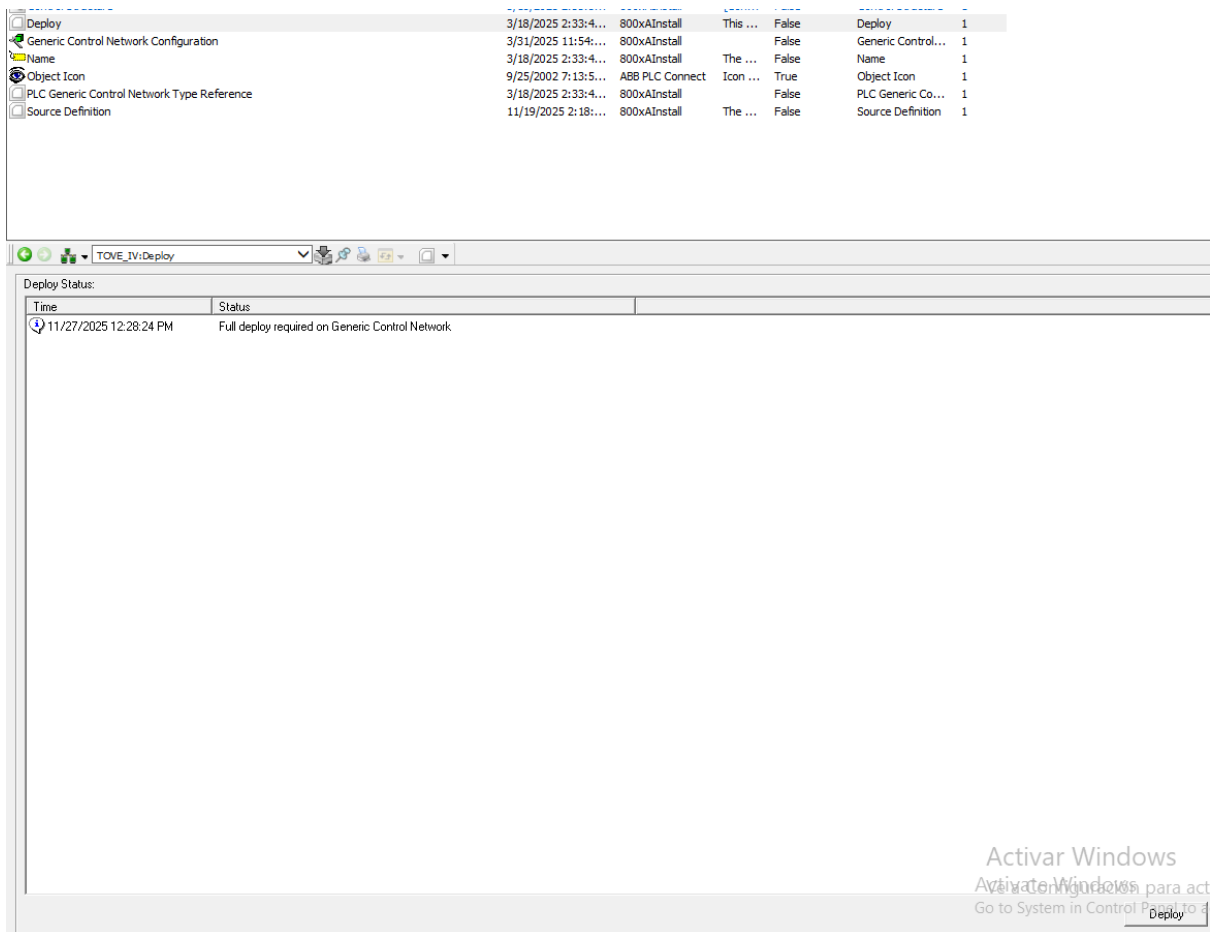
Una vez creada la instancia de un objeto en la estructura de control, se debe realizar la conexión de cada uno de los datos con el servidor “KEPServerEX”, para esto, se utiliza el aspecto “Signal Configuration”, donde en la pestaña ID, en el parámetro “Variable Connection”, se debe dejar seleccionada la opción “Connected” para luego escribir la ruta de la variable en la base de datos, esta ruta está compuesta de la siguiente forma: “Canal.Equipo.Nombre de la Variable” (véase la Figura 2-28).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-28 Aspecto “Signal Configuration” de dato en objeto instanciado

Una vez realizada esta configuración, se debe realizar la acción “Deploy” en el aspecto “Deploy” (valga la redundancia), lo cual compila y carga al sistema toda la configuración realizada para el objeto “PLC Generic Control Network” (véase la Figura 2-29).



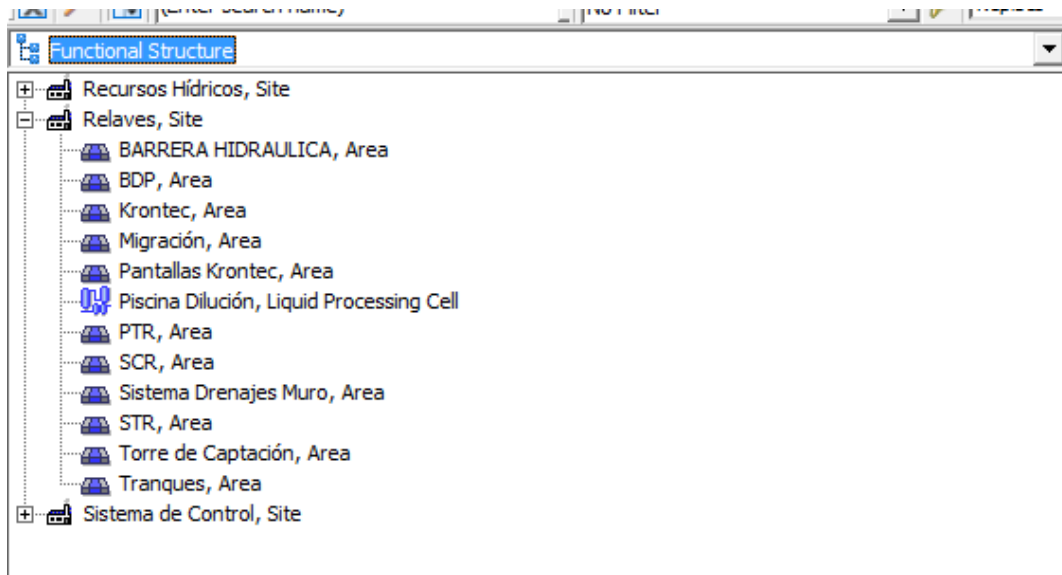
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-29 Aspecto “Deploy” del objeto “PLC Generic Control Network”

2.3.3 CREACIÓN DE DISPLAYS PG2 EN LA ESTRUCTURA FUNCIONAL

La estructura funcional “Functional Structure” contiene todos los gráficos estáticos y dinámicos para representar un proceso de una planta.

Este se divide en Sitios que a su vez se dividen en áreas. Para efectos de este trabajo, se debe trabajar en el área “Pantallas Krontec” del sitio “Relaves” (véase la Figura 2-30).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-30 Estructura funcional proyecto

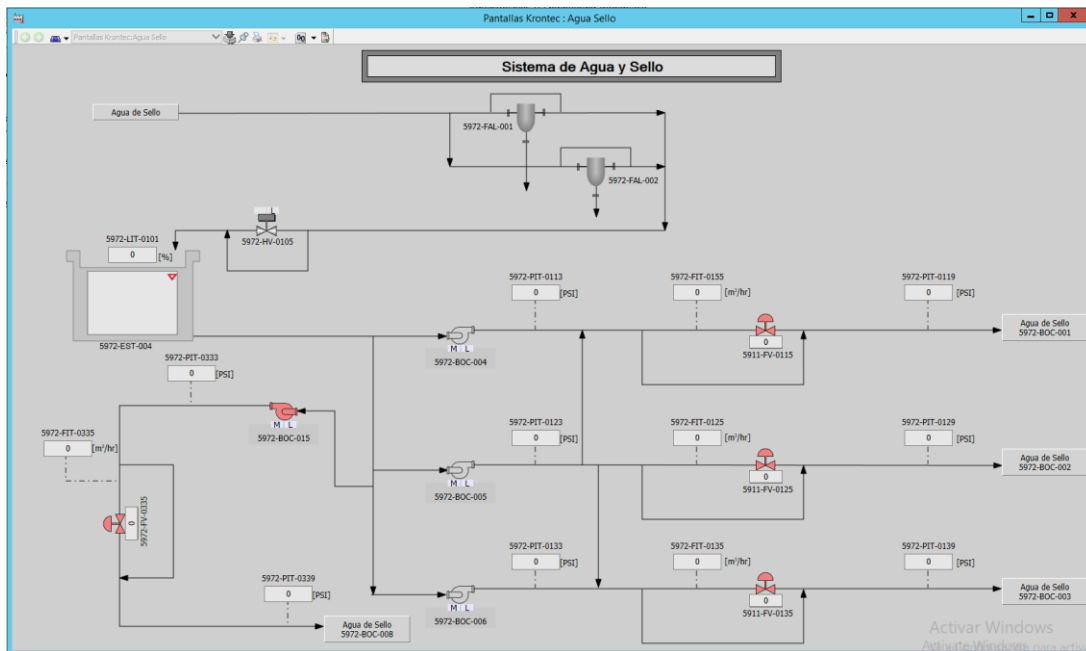
A su vez, el área “Pantallas Krontec” puede almacenar una variedad de Aspectos, de los cuales las pantallas HMI corresponden al tipo “Graphic Display PG2” (véase la Figura 2-31).

Aspects of 'Pantallas Krontec'	Modified	Modified by	D...	Inherited	Category name
00 Agua de Dilucion y Lavado ERB	11/14/2025 11:5...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Agua Sello	11/14/2025 11:4...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
Area Type Reference	11/13/2025 1:39:...	800xAInstall		False	Area
00 BDP1	11/17/2025 3:20:...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 BDP2	11/14/2025 12:4...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 BDP3	11/14/2025 12:4...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Bombeo de Arenas BDP	11/14/2025 12:0...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Bombeo Relave SCL ERB	11/14/2025 12:0...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Cajón de Carga y Alimentación Ciclon	11/14/2025 12:1...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Clasificación y Distribución de Relaves	11/14/2025 12:1...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
Functional Structure	11/13/2025 1:39:...	800xAInstall	[F...	False	Functional Structure
Name	11/13/2025 1:40:...	800xAInstall	Th...	False	Name
Object Icon	11/23/1999 5:14:...	ABB 800xA Base	Ic...	True	Object Icon
00 Sistema de Distribucion de Arenas	11/14/2025 12:3...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2
00 Sistema de Distribucion de Arenas sobre Muro ERB	11/14/2025 12:4...	800xAInstall	Gr...	False	Graphic Display PG2

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-31 Aspectos “Graphic Display PG2” del Area “Pantallas Krontec”

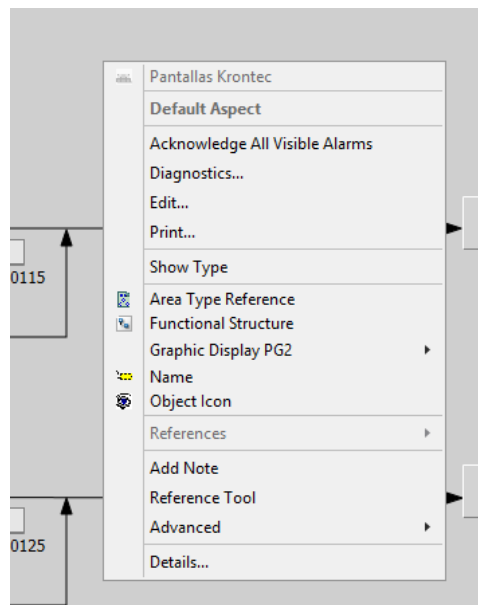
Cada uno de estos gráficos fue creado en base a documentos de ingeniería P&ID, siguiendo un estándar ASM, el cual se trabaja en la escala de grises (véase la Figura 2-32).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-32 Pantalla HMI en estándar ASM (escala de grises)

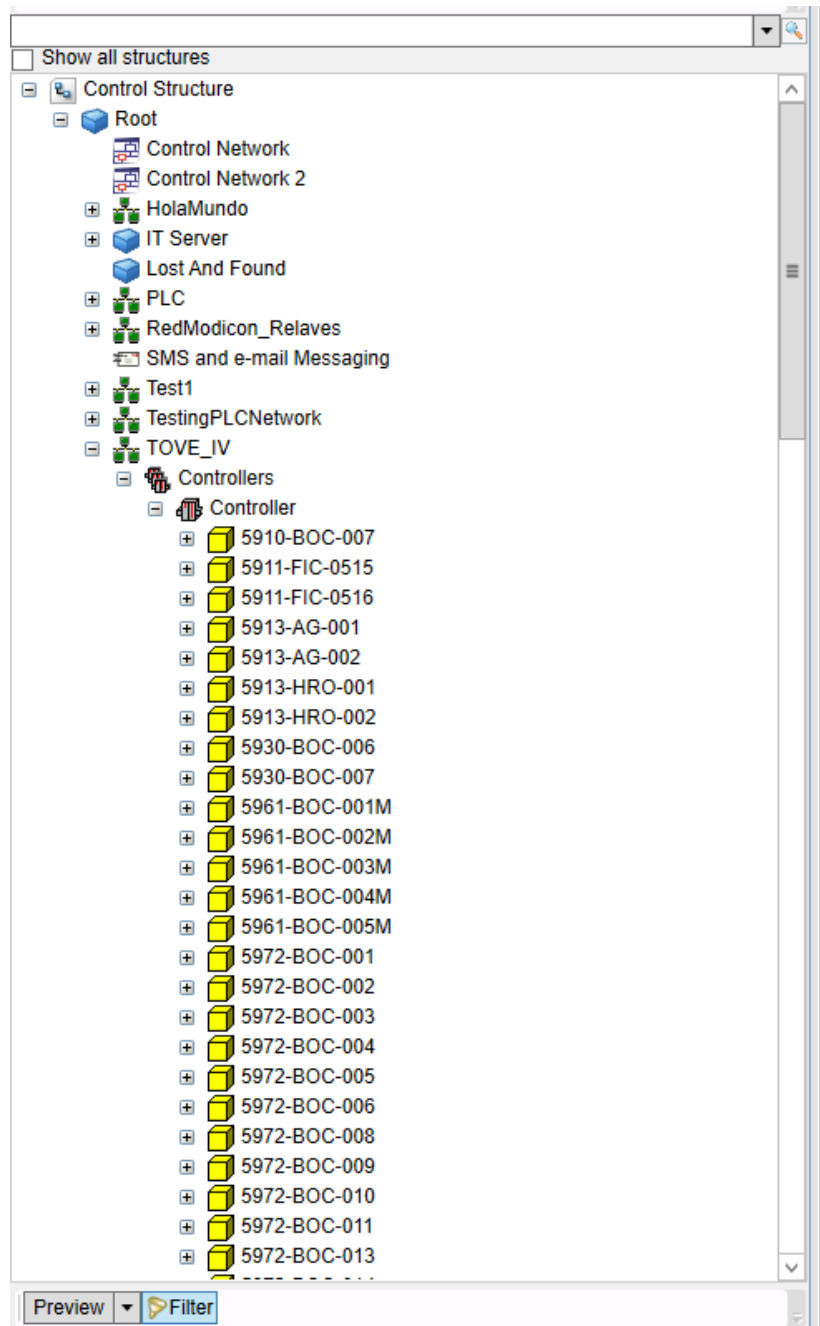
Para editar los gráficos PG2, se debe dar click derecho y seleccionar la opción “Edit” (véase la Figura 2-33).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-33 Click derecho sobre gráfico PG2

En el extremo izquierdo del editor se puede apreciar la ventana “Element Explorer” que refleja las estructuras configuradas previamente, enfocándose principalmente en la estructura de control donde se encuentran almacenados las instancias de los objetos (véase la Figura 2-34).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-34 Ventana “Element Explorer”

Al seleccionar cada una de las instancias, en el extremo inferior izquierdo, se puede previsualizar cada uno de los aspectos dinámicos configurados previamente en la estructura de objetos. Basta con realizar un drag and drop con los objetos para insertarlos en el gráfico PG2.

2.4 CONCLUSIONES IMPLEMENTACIÓN

De esta forma, se ha realiza el diseño del enlace entre un sistema de control de la marca Schneider y un sistema DCS de la marca ABB identificado como 800xA mediante el proveedor de servicios OPC “KEPServerEX”, permitiendo que los operadores de una planta de ciclones puedan monitorear y controlar los diferentes procesos.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS

3 EVALUACIÓN DE COSTOS

El presente capítulo desarrolla un análisis de los costos asociados al proyecto, tomando valores referenciales del mercado actual para las horas hombre de un ingeniero en control de procesos y valores referenciales para los insumos técnicos.

Posteriormente, se realiza una justificación para realizar el gasto en el desarrollo del proyecto.

3.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar una correcta evaluación de costos y cubrir todos los posibles escenarios que pueden llegar a ocurrir, en primer lugar, se realiza una evaluación de costos para el diseño del enlace de comunicación entre el sistema de control Schneider y el sistema DCS 800xA. Este considera únicamente las horas hombre estimadas para un ingeniero en control de procesos, asumiendo que los insumos técnicos ya se encuentran disponibles.

En segundo lugar, se realiza una evaluación de costos para la implementación del diseño del enlace de comunicación entre el sistema de control Schneider y el sistema DCS 800xA, entendiendo como parte del diseño la valorización de los servicios requeridos en caso de una futura integración.

3.1.1 EVALUACIÓN DE COSTOS DISEÑOS DEL ENLACE DE COMUNICACIÓN

Según un estudio de mercado realizado por la página “computrabajo.com”, el sueldo de un ingeniero en 2026 es, en promedio 1.436.926 CLP o 1569,07 USD por mes, costando 8983,8 CLP o 9,81 USD aproximadamente la hora hombre (HH).

Considerando lo anterior y que un ingeniero de procesos trabaja en promedio 8 horas diarias, se confecciona la Tabla 3-1 con una evaluación de costos para el diseño del enlace de comunicación entre un sistema de control Schneider Electric y un sistema DCS 800xA para una planta de ciclones en un tranque de relaves.

Además, a continuación, se desarrolla brevemente el detalle de cada una de las actividades consideradas en la evaluación de costos para las HH en el diseño del enlace de comunicación.

a) Diseño de comunicación entre KEPServerEX 6.0 y PLC Schneider

Para el diseño de la comunicación entre KEPServerEX 6.0 y un PLC Schneider, se ha considerado una duración de 4 días aproximadamente, lo cual en horas hombre se traduce a un total de 32 horas de trabajo. Esta actividad contempla la configuración en la plataforma KEPServerEX 6.0, así como la creación, direccionamiento y prueba de los diferentes Tags configurados en la lógica del sistema de control Schneider. Este dimensionamiento consume 3 días en las actividades y deja como respaldo 1 día, en caso de requerir cualquier corrección en el sistema.

b) Diseño de comunicación entre KEPServerEX 6.0 y sistema DCS 800xA

Para el diseño de la comunicación entre KEPServerEX 6.0 y el sistema de monitoreo DCS 800xA, se ha considerado una duración de 2 días aproximadamente, lo cual en horas hombre se traduce en un total de 16 horas de trabajo. Esta actividad contempla la configuración de la estructura de servicios y la creación del área en la estructura de control junto con sus configuraciones correspondientes. Este dimensionamiento consume 1 día para las configuraciones necesarias y deja como respaldo 1 día en caso de requerir cualquier corrección en el sistema.

c) Diseño de elementos estáticos para despliegues gráficos PG2

Para el diseño de los elementos estáticos para los despliegues gráficos PG2, se ha considerado una duración de 10 días aproximadamente, lo cual en horas hombre se traduce en un total de 80 horas de trabajo. Esta actividad contempla el análisis de los diagramas P&ID entregados por el cliente, en este caso la Gerencia de proyectos de la planta de ciclones para un tranque de relaves, así como también la configuración del área en la estructura funcional y confección de los elementos estáticos en los despliegues gráficos PG2.

d) Diseño de elementos dinámicos para despliegues gráficos PG2

Para el diseño de los elementos dinámicos para los despliegues gráficos PG2, se ha considerado una duración de 12 días aproximadamente, lo cual en horas hombre se traduce en un total de 96 horas de trabajo. Esta actividad contempla la creación de los objetos típicos en la estructura de objetos, la creación de las instancias de los objetos en la estructura de control y la incorporación de las instancias en los despliegues gráficos PG2 en la estructura funcional.

Con la información antes descrita, se confecciona la Tabla 3-1 “Evaluación de costos en HH para el Diseño del enlace de comunicación”.

Tabla 3-1 Evaluación de costos en HH para el Diseño del enlace de comunicación

Actividad	HH Estimadas (h)	Tarifa (USD/h)	Subtotal (USD)
Diseño de comunicación entre KEPServerEX 6.0 y PLC Schneider	32	9,81	313,92
Diseño de comunicación entre KEPServerEX 6.0 y sistema DCS 800xA	16	9,81	156,96
Diseños estáticos para despliegues gráficos PG2	80	9,81	784,8
Diseños dinámicos para despliegues gráficos PG2	96	9,81	941,76
Total	224	9,81	2.197,44

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 EVALUACIÓN DE COSTOS IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE DE COMUNICACIÓN

A continuación, se evalúan los costos necesarios para implementar el enlace de comunicación entre el sistema de control Schneider y el sistema de monitoreo DCS 800xA en etapas posteriores al diseño.

a) Licencia KEPServerEX 6.0 (5000 tags)

Dado el alcance del proyecto, se asume que el servidor físico destinado a la operación de la base de datos OPC KEPServerEX ya se encuentra disponible. Sin embargo, este no cuenta con la capacidad de tags necesaria para la implementación del diseño propuesto, el cual considera la incorporación de aproximadamente 5000 tags adicionales.

Por lo anterior, se vuelve necesaria la gestión y contratación de una extensión de licencia. El costo estimado para esto se encuentra en un rango entre 3000 y 3500 USD anuales, incluyendo soporte básico durante el periodo de vigencia de la licencia.

Estos valores son referenciales a datos entregados por departamento comercial de empresa que presta el servicio del diseño, pero por políticas de confidencialidad, no se puede compartir cotizaciones.

Dado que los valores obtenidos son referenciales, se decide trabajar con un valor promedio calculado entre los límites mínimo y máximo (3250 USD).

b) Licencia ABB 800xA – Producción

Para llevar a cabo la integración del diseño dentro de la infraestructura existente de manera eficiente, se hace necesaria la incorporación de un nuevo nodo al sistema 800xA. Para habilitar su operación en ambiente productivo, es requerido adquirir una licencia de producción asociada a dicho nodo.

El valor estimado de esta licencia es de carácter referencial y corresponde aproximadamente a 11.310 USD, considerando únicamente la habilitación del nodo mencionado.

Estos valores son referenciales a datos entregados por departamento comercial de empresa que presta el servicio del diseño, pero por políticas de confidencialidad, no se puede compartir cotizaciones.

c) Gastos asociados a desplazamientos o ejecución en terreno

Se consideran los gastos asociados a desplazamientos hacia la planta y demás costos vinculados a la participación en terreno, tales como transporte, alimentación y hospedaje. Estos gastos se estiman en aproximadamente 170 USD por día, lo que corresponde a un total referencial de 2.550 USD para la permanencia del ingeniero durante 15 días en el sitio.

d) Horas estimadas de ingeniero en terreno

Siguiendo el mismo criterio utilizado previamente, se considera la participación del ingeniero de terreno por un periodo total de 15 días, lo que equivale a 120 horas hombre. Para este escenario, se incorpora un ajuste de tarifa asociado al trabajo en sitio, estableciendo un valor de 35 USD por hora.

De esta manera, el costo estimado por la participación del ingeniero en terreno asciende a 4.200 USD para el periodo considerado (15 días/ 120 horas hombre).

Con la información antes descrita, se confecciona la Tabla 3-2 “Evaluación de costos implementación del enlace de comunicación”.

Tabla 3-2 Evaluación de costos implementación del enlace de comunicación

Concepto	Valor estimado (USD)	Comentario
Licencia KEPServerEX (5000 tags)	3.250	Servidor OPC para la integración, incluye soporte básico por un año
Licencia ABB 800xA - Producción	11.310	Licencia principal de operación DCS 800xA (referencia comercial)
Gastos asociados a desplazamiento o ejecución en terreno	2.550	Gastos asociados a la participación del ingeniero en terreno

Horas estimadas de ingeniero en terreno	2.197,44	Costo de HH en terreno para ingeniero
Total	19.307,44	Valor total de costos para implementación

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 EVALUACIÓN DE COSTOS UNIFICADO

Se determina la unificación de todos los costos identificados en la presente evaluación en una única tabla resumen (véase la Tabla 3-3), con el fin de consolidar la información y facilitar la visualización del total estimado de inversión requerida.

Tabla 3-3 Resumen evaluación de costos para diseño e implementación del proyecto

Categoría	Valor (USD)
Valor diseño de enlace de comunicación entre sistema de control Schneider y sistema DCS 800xA	6.720
Valor implementación de enlace de comunicación entre sistema de control Schneider y sistema DCS 800xA	19.307,44
Contingencias 15 %	3.904
Total	29.932

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 CARTA GANTT PROYECTADA

Por último, se realiza una proyección de las actividades a desarrollar junto con los días requeridos por actividad (véase la Tabla 3-4).

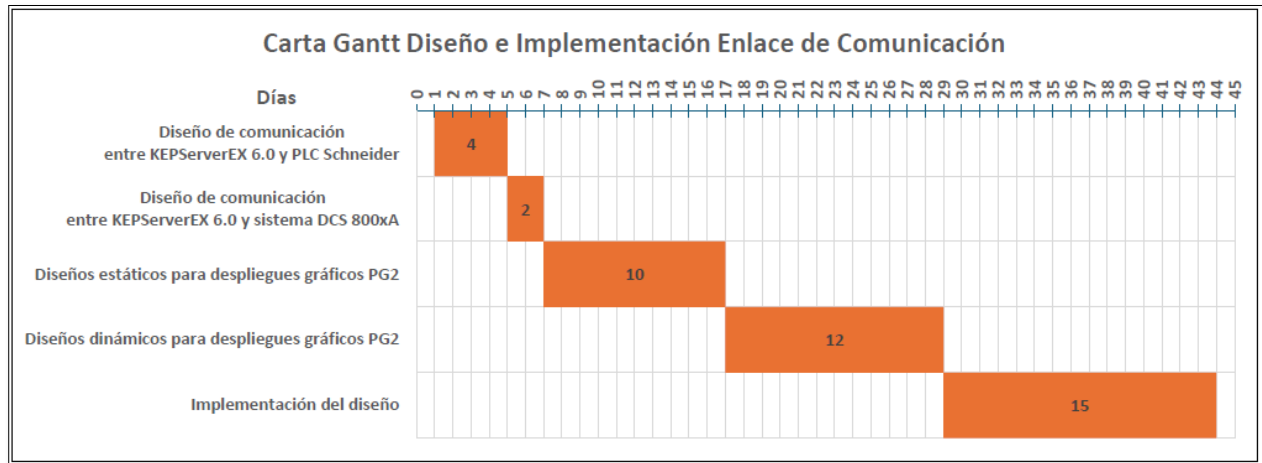
Esta información se traduce a una planificación gráfica interpretada en una Carta Gantt de actividades vs. días utilizados (véase la Figura 3-1).

Tabla 3-4 Proyección de actividades con cantidad de días necesarios por actividad

Actividades	Cantidad de días
Diseño de comunicación entre KEServerEX 6.0 y PLC Schneider	4

Diseño de comunicación entre KEPServerEX 6.0 y sistema DCS 800xA	2
Diseños estáticos para despliegues gráficos PG2	10
Diseños dinámicos para despliegues gráficos PG2	12
Implementación del diseño	15

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1 Carta Gantt proyectada para diseño e implementación del proyecto

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL GASTO

La minería del cobre en Chile se desarrolla principalmente a partir de explotación a rajo abierto y, en menor proporción, subterráneas. El proceso productivo inicia con la extracción del mineral desde el yacimiento, donde se utilizan técnicas de perforación y tronadura para fragmentar la roca y permitir su remoción mediante maquinaria de alto tonelaje, como palas hidráulicas y camiones de transporte (véase Figura 3-2 y Figura 3-3).



Fuente: <https://blog.vogt.cl/2022/10/10/los-principales-procesos-de-la-mineria-del-cobre/>

Figura 3-2 Proceso de extracción Mina Rajo Abierto



Fuente: <https://blog.vogt.cl/2022/10/10/los-principales-procesos-de-la-mineria-del-cobre/>

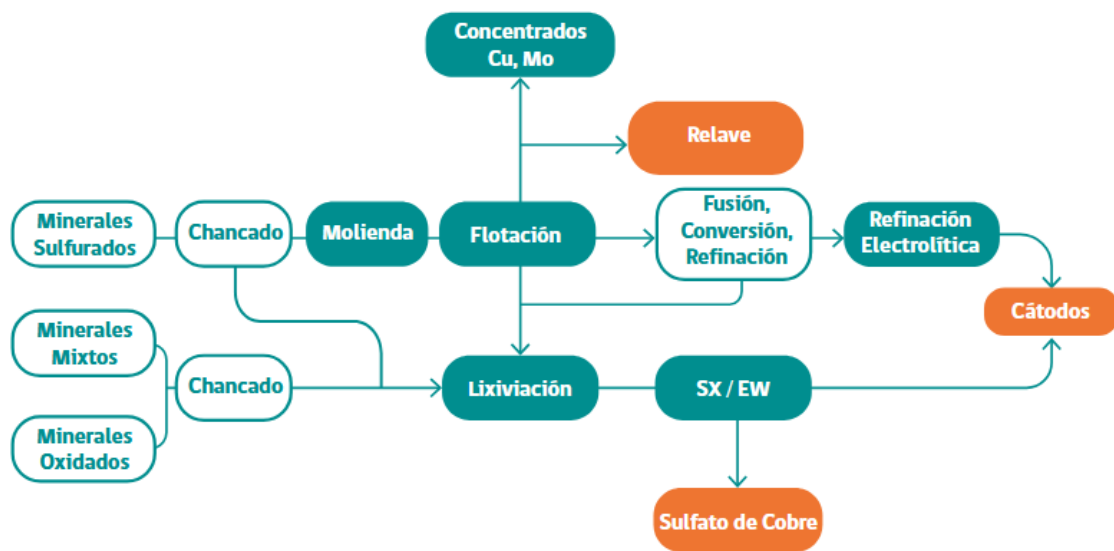
Figura 3-3 Proceso de extracción Mina subterránea

Posteriormente, el mineral es trasladado a áreas de chancado primario y secundario, donde se reduce su tamaño para hacerlo apto para las etapas de molienda. Una vez chancado, el material ingresa a la planta concentradora, donde es sometido a molienda húmeda en molinos SAG y bolas hasta alcanzar granulometrías finas que permitan la liberación de partículas de cobre presentes en la roca.

La pulpa resultante avanza al proceso de flotación, donde mediante reactivos químicos y sistemas de aireación se separa el material valioso del material estéril. Este proceso genera dos corrientes principales:

- Concentrado de cobre (producto útil): Corresponde a pulpa con alto contenido de sulfuros de cobre.
- Relaves (desecho del proceso): Corresponde a una mezcla de agua, finos minerales y materiales sin valor económico.

Los relaves son conducidos mediante tuberías hacia el depósito de relaves o tranque, la cual corresponde a una infraestructura diseñada para su decantación, almacenamiento controlado y manejo ambiental. Desde este punto, el concentrado continuo hacia procesos posteriores como espesamiento, filtrado y despacho para fundición o refinación externa, mientras que el relave queda almacenado bajo protocolos de seguridad, operación hidráulica y control geotécnico (véase Figura 3-4).



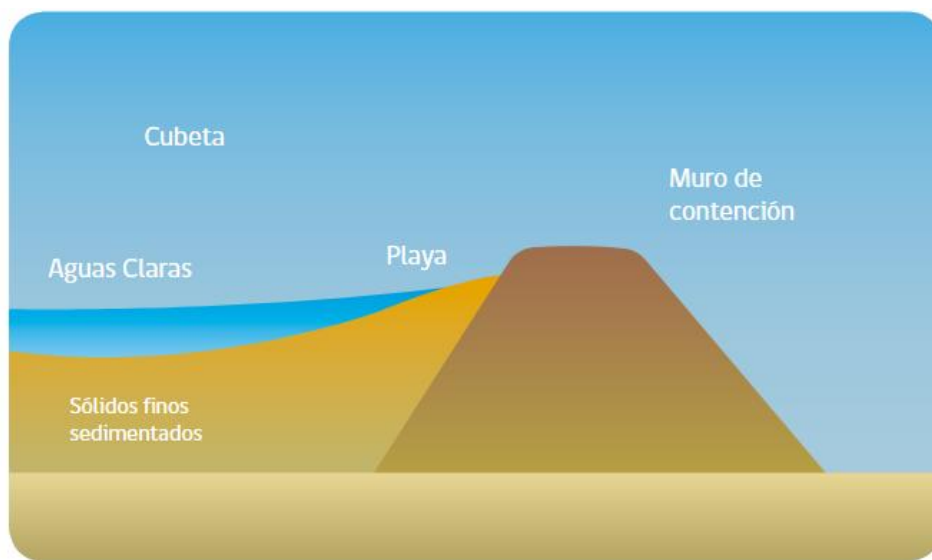
Fuente: https://www.minmineria.gob.cl/media/2021/05/Plan_Nacional_de_Despositos_de_Relaves_para_una_Mineria_Sostenible_2021_old

Figura 3-4 Proceso de Obtención del cobre

Una vez que los relaves son depositados en el tranque, comienza una etapa de gestión y control orientada a garantizar la operación segura y sustentable de esta infraestructura (véase Figura 3-5). Estos depósitos poseen una capacidad finita, determinada por su diseño geotécnico, volumen proyectado, tasa de deposición y criterios ambientales establecidos para su operación.

En consecuencia, cada tranque cuenta con una vida útil asociada al periodo en que se puede recibir material sin comprometer la estabilidad estructural no exceder sus límites de capacidad.

Cuando esta vida útil se encuentra próxima a agotarse, o cuando las condiciones técnicas y regulatorias así lo exigen, se debe evaluar la ampliación del depósito existente o la construcción de una nueva instalación, permitiendo asegurar la continuidad del proceso productivo y el cumplimiento de los estándares de seguridad, sostenibilidad y control de impacto ambiental exigidos para la minería de cobre en Chile.



Fuente: https://www.minmineria.gob.cl/media/2021/05/Plan_Nacional_de_Despositos_de_Relaves_para_una_Mineria_Sostenible_2021_old

Figura 3-5 Esquema de un Tranque de Relaves

Es por ello por lo que se vuelve necesario integrar un sistema de control acorde a los lineamientos y estándares definidos por la compañía minera, considerando en este caso la utilización de tecnologías Schneider para la automatización del proceso, ya sea en la ampliación de la planta de relaves existente o en la construcción de una nueva instalación. Asimismo, resulta estrictamente necesario implementar un sistema de monitoreo y supervisión mediante DCS 800xA, el cual permite visualizar, operar y controlar los distintos equipos involucrados, asegurando la continuidad operativa, la trazabilidad de las variables críticas y el cumplimiento de los requerimientos de seguridad y desempeño establecidos para la gestión de relaves.

CONCLUSIONES

En base al desarrollo realizado, se ha logrado diseñar exitosamente un enlace de comunicación entre un sistema de control Schneider y un sistema DCS 800xA, permitiendo el intercambio de datos de proceso de manera confiable mediante el estándar OPC. La solución seleccionada – Implementación mediante KepserverEX como servidor intermedio – demostró ser la alternativa más competitiva frente a las propuestas evaluadas, tanto en términos técnicos como económicos, respaldando la decisión mediante criterios de costo, disponibilidad de infraestructura y requerimientos operativos de la planta de ciclones.

La configuración realizada en KEPServerEX permitió estructurar y direccionar correctamente la base de datos del proceso, integrando 4512 variables asociadas al control operacional. Esta comunicación se complementó con la utilización de PLC Connect en 800xA, el cual facilitó la vinculación entre la base de datos OPC y la arquitectura del DCS, asegurando compatibilidad con la estructura de servicios, control y operación del sistema. Con ello, se estableció un canal de comunicación estable para el monitoreo en tiempo real de señales provenientes de campo.

Por otra parte, el diseño de interfaces gráficas PG2 en el DCS permitió representar el proceso de forma estructurada, siguiendo lineamientos ASM y respetando la simbología entregada en P&ID. La creación de objetos típicos, instancias y vínculos con las variables de control permitió obtener displays funcionales que facilitan la operación, visualización de estados, diagnóstico de fallas y ejecución de comandos, aportando trazabilidad y estandarización para futuras expansiones o intervenciones.

La evaluación de costos realizada demuestra que la solución mediante OPC ofrece una alternativa viable para la continuidad operativa, considerando no solo la inversión en licencias y servicios, sino también los tiempos de ingeniería. De esta forma, el diseño presentado favorece la escalabilidad del sistema y reduce el riesgo operacional frente a propuestas mas invasivas como la migración de marca de los sistemas de control o la integración de controladores adicionales.

En conclusión, el trabajo desarrollado confirma la factibilidad técnica y económica de la integración propuesta, dando respuesta al problema de incompatibilidad entre plataformas de distinta marca y estableciendo las bases para una futura implementación en planta. Asimismo, el diseño presentado constituye una propuesta alineada con las necesidades de la operación minera, aportando continuidad operacional, estandarización de la supervisión y mejoras en la gestión del proceso asociado al manejo de relaves.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. (2022). *ABB Ability System 800xA: PLC Connect Configuration* (Documento No. 3BSE035041-611 B). ABB.

ABB (2019). *ABB Ability System 800xA: PLC Connect Operation* (Documento No. 3BSE035040-610 B). ABB.

ABB (2016). *System 800xA Engineering: Process Graphics* (Documento No. 3BSE049230-600 B). ABB.

Carlevari, R. (2020, 20 de diciembre). *Método de ponderación de factores o de factores ponderados* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=9UG3z03MBAg>

La tecnología OPC (OLE for Process Control) hasta el cansancio. (s. f.). *Instrumentación y Control*. <https://instrumentacionycontrol.net/la-tecnologia-opc-ole-for-process-control-hasta-el-cansancio/>

Los principales procesos de la minería de cobre. (2022, 10 de octubre). *Blog de Vogt*. <https://blog.vogt.cl/2022/10/10/los-principales-procesos-de-la-mineria-del-cobre/>

Ministerio de Minería (Chile). (2021). *Plan Nacional de Depósitos de Relaves para una minería sostenible*. https://www.minmineria.gob.cl/media/2021/05/Plan_Nacional_de_Despositos_de_Relaves_para_una_Mineria_Sostenible_2021_old.pdf

Computrabajo. (s.f.). *Salarios de ingeniero/a en Chile 2026*. <https://cl.computrabajo.com/salarios/ingenieroa>

