



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Optimización del servidor de alarmas y eventos (FTA E) del sistema de control distribuido PlantPAX implementado en la central de procesos Tiputini del bloque 43 mediante la aplicación de la norma ISA 18.2.

**AUTOR**

**Muñoz Silva, Josué Ernesto**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del grado académico en  
**MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**TUTOR**

**Vera González, Sendey Agustín**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**

---

**Ing. Sendey Vera González, Msc.  
TUTOR**

---

**Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, Mgtr.  
DOCENTE ESPECIALISTA**

---

**Ing. Junior Figueroa Olmedo, Mgtr.  
DOCENTE ESPECIALISTA**

---

**Abg. María Rivera González, MSc.  
SECRETARIA GENERAL  
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Josué Ernesto Muñoz Silva como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

**TUTOR**

---

**Ing. Sendey Vera González, Msc.**

**Santa Elena, 7 de febrero de 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Josué Ernesto Muñoz Silva**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación *Optimización del servidor de alarmas y eventos (FTAE) del sistema de control distribuido PlantPax implementado en la central de procesos Tiputini del bloque 43 mediante la aplicación de la norma ISA 18.2*, previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 7 de febrero de 2025

**EL AUTOR**

---

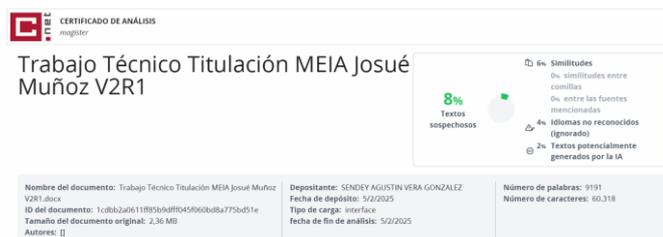
**Josué Ernesto Muñoz Silva**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Optimización del servidor de alarmas y eventos (FTA E) del sistema de control distribuido PlantPax implementado en la central de procesos Tiputini del bloque 43 mediante la aplicación de la norma ISA 18.2, presentado por el estudiante, Josué Ernesto Muñoz Silva fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 8%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



**TUTOR**

---

**Ing. Sendey Vera González, Msc.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Josué Ernesto Muñoz Silva**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de examen complejo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo de examen complejo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, 7 de febrero de 2025

**EL AUTOR**

---

**Josué Ernesto Muñoz Silva**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi mamá, por su amor incondicional, apoyo y sacrificio constante, quién siempre ha sido mi fuente de inspiración y motivación.

A mis amigos y compañeros, quienes me acompañaron en esta travesía, compartiendo experiencias, anécdotas y metas a cumplir.

A la institución educativa y su personal, quienes siempre estuvieron prestos a apoyar con su gestión para hacer realidad este logro.

A todos ustedes, mi eterno agradecimiento.

*Josué Ernesto Muñoz Silva*

## DEDICATORIA

A mí amado hijo **Josué**,

Este logro es para ti, mi mayor inspiración y la luz que ilumina mi camino cada día. Cada esfuerzo y cada sacrificio han tenido un propósito: brindarte un ejemplo de perseverancia y demostrarte que, con dedicación y amor, cualquier meta es alcanzable.

Desde que naciste te convertiste en la fuerza que me acompaña todos los días, por quien lucho sin rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

Esto es por ti y para ti

*Josué Ernesto Muñoz Silva*

## ÍNDICE GENERAL

<i>TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</i> .....	<i>I</i>
<i>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</i> .....	<i>II</i>
<i>CERTIFICACIÓN</i> .....	<i>III</i>
<i>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</i> .....	<i>IV</i>
<i>CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO</i> .....	<i>V</i>
<i>AUTORIZACIÓN</i> .....	<i>VI</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>VII</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>VIII</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i> .....	<i>IX</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>X</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>XI</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>XIII</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>XIV</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>1</i>
<i>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</i> .....	<i>4</i>
<i>METODOLOGÍA</i> .....	<i>17</i>
<i>DESARROLLO Y RESULTADOS</i> .....	<i>20</i>
<i>CONCLUSIONES</i> .....	<i>37</i>
<i>REFERENCIAS</i> .....	<i>38</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Principales servidores de aplicaciones del sistema de control del bloque 43 ...</i>	6
<b>Tabla 2</b>	<i>Locación y cantidades de tags de servidores de alarmas.....</i>	7
<b>Tabla 3</b>	<i>Controladores de la central de procesos Tiputini CPT.....</i>	11
<b>Tabla 4</b>	<i>Configuración de severidades y prioridades .....</i>	21
<b>Tabla 5</b>	<i>Alarmas de principales objetos embebidos de PlantPax .....</i>	23
<b>Tabla 6</b>	<i>Indicadores de alarmas por tiempo .....</i>	24
<b>Tabla 7</b>	<i>Contribución de 10 alarmas más frecuentes al total de alarmas .....</i>	27
<b>Tabla 8</b>	<i>Diagnóstico del estado actual del sistema de alarmas FTAE .....</i>	28
<b>Tabla 9</b>	<i>Alarmas aportantes con más del 1% al total de alarmas .....</i>	29
<b>Tabla 10</b>	<i>Estrategias para emplear en alarmas más frecuentes .....</i>	30
<b>Tabla 11</b>	<i>Configuración de severidades para reclasificación de alarmas por sistema. ....</i>	34
<b>Tabla 12</b>	<i>Diagnóstico del estado actual del sistema de alarmas FTAE .....</i>	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Topología de sistema PlantPAx en red ethernet / IP .....	6
<b>Figura 2</b> Interfaz gráfica - pantalla de alarmas del sistema de control del Bloque 43.....	7
<b>Figura 3</b> Entorno de desarrollo de FactoryTalk View Studio.....	8
<b>Figura 4</b> Configuración de servidores en aplicación .....	8
<b>Figura 5</b> Topología de sistema PlantPAx de alta disponibilidad .....	10
<b>Figura 6</b> Monitoreo de estado de servidores virtualizados del bloque 43.....	11
<b>Figura 7</b> Propiedades Generales del servidor FTAE .....	13
<b>Figura 8</b> Propiedades de redundancia del servidor FTAE .....	13
<b>Figura 9</b> Propiedades de prioridades e histórico del servidor FTAE .....	14
<b>Figura 10</b> Flujo de trabajo de monitoreo de una alarma basada en tags de servidor..	15
<b>Figura 11</b> Ciclo de vida de gestión de alarmas .....	16
<b>Figura 12</b> Principales métricas de normativa ISA 18.2.....	16
<b>Figura 13</b> Base de datos de registros de alarmas .....	20
<b>Figura 14</b> Configuración actual de servicio de alarmas .....	21
<b>Figura 15</b> Banner o barra de alarmas .....	22
<b>Figura 16</b> Faceplate de configuración de alarmas .....	22
<b>Figura 17</b> Número de alarmas por día .....	24
<b>Figura 18</b> Porcentaje de horas que contienen menos y más de 30 alarmas.....	25
<b>Figura 19</b> Porcentaje de periodos de 10 minutos que contienen menos y más de 10 alarmas .....	26
<b>Figura 20</b> Número de alarmas por periodos de 10 minutos superiores a las 10 alarmas .....	26

<b>Figura 21</b> <i>Configuración nueva de objeto PIT-40906-01</i> .....	31
<b>Figura 22</b> <i>Configuración antigua de objeto LIT-40760AA</i> .....	32
<b>Figura 23</b> <i>Configuración nueva de objeto LIT-40904-01</i> .....	32
<b>Figura 24</b> <i>Configuración nueva de objeto LIT-40120AG</i> .....	33
<b>Figura 25</b> <i>Configuración nueva de objeto LIT-40911A</i> .....	33

## **RESUMEN**

Este trabajo aborda la optimización del servidor de alarmas FactoryTalk Alarms and Events (FTAE) del sistema de control distribuido PlantPAx, implementado en la Central de Procesos Tiputini del Bloque 43, mediante la aplicación de la norma ISA 18.2. Se realizó un diagnóstico inicial del sistema de alarmas, identificando exceso de alarmas, deficiente priorización y jerarquización, afectando a la eficiencia operativa. Se estableció estrategias para racionalizar las alarmas y modificar su configuración, así mismo se implementó una reclasificación de acuerdo con la criticidad del tipo de instrumento o equipo final de control y del sistema asociado. Como resultado se redujeron alarmas innecesarias, se disminuye el número de alarmas por día y se alcanza los indicadores de rendimiento recomendados por la norma ISA 18.2.

**Palabras claves:** alarmas, optimización, ISA 18.2

## **ABSTRACT**

This work addresses the optimization of the FactoryTalk Alarms and Events (FTAE) alarm server of the PlantPAx distributed control system, implemented in the Tiputini Processing Plant in Block 43, by applying the ISA 18.2 standard. An initial diagnosis of the alarm system was performed, identifying excessive alarms, poor prioritization and hierarchization, affecting operational efficiency. Strategies were established to rationalize the alarms and modify their configuration, and a reclassification was implemented according to the criticality of the type of instrument or final control equipment and the associated system. As a result, unnecessary alarms were reduced, the number of alarms per day was decreased, and the performance indicators recommended by the ISA 18.2 standard were achieved.

**Keywords:** alarms, optimization, ISA 18.2

## INTRODUCCIÓN

La explotación o producción de petróleo es la fase en la cual se busca extraer este hidrocarburo desde un yacimiento o reservorio hasta la superficie, en donde se separa, trata, almacena, mide y transporta (Lyons W. C., 2005). EP PETROECUADOR mediante su gerencia de exploración y explotación realiza estas actividades; actualmente se encuentra operando el bloque 43 o denominado ITT (debido a su conformación de los campos Ishpingo, Tambococha, Tiputini), el mismo que se encuentra ubicado en el cantón Aguarico de la provincia de Orellana.

La organización de la infraestructura petrolera del Ecuador subdivide a las áreas geográficas en bloques y/o campos, dentro de los cuales existen plataformas y pozos de producción; en el bloque 43 se ha desarrollado diez (10) plataformas de producción divididas en los tres campos mencionados anteriormente (Ishpingo, Tambococha, Tiputini), y en las plataformas se dispone de pozos productores (entre 20 a 40 pozos) con tecnología de perforación horizontal optimizando el área ocupada por las facilidades electromecánicas (facilidades de superficie).

El crudo extraído en cada uno de los pozos productores fluye hacia un juego de válvulas y tuberías (denominado manifold de producción), en donde se mide el flujo y determina algunas características de petróleo; luego de esta medición todo el fluido llega a un oleoducto, que está interconectado con la instalación donde se separa, trata y almacena, la misma se denomina Central de Procesos Tiputini (CPT). En esta central se tiene las facilidades civiles, mecánicas y eléctricas suficientes para recibir, separar, almacenar y transportar el crudo hacia la Estación Central de Bombeo (ECB) del bloque 31.

Adicional a estas fases de producción de petróleo que se desarrollan en la CPT, también se trata el gas y agua que se extraen de la separación del crudo. Para cumplir con todos estos objetivos, se tiene instalado equipos de bombeo, válvulas de control, equipos de medición (medidores de presión, temperatura, nivel y flujo), variadores de velocidad, arrancadores de motores, sistemas de detección de fuego y sistema contraincendios.

Para el monitoreo y control automático de todo este equipamiento, surgió la necesidad de la instalación de un sistema de control distribuido (DCS Distributed Control System), bajo estándares de la Sociedad Internacional de Automatización (ISA International Society of Automation). El DCS instalado fue PlantPAx del fabricante Rockwell

Automation, el mismo que es escalable, flexible y abierto, adicional brinda fiabilidad, funcionalidad y prestaciones que se esperan de un DCS.

Un elemento importante dentro del sistema DCS se encuentra el servidor de alarmas y eventos, para PlantPax y la operación del bloque 43 se tiene instalado el servidor de Rockwell Automation denominado FactoryTalk Alarm & Events (FTAЕ); con este trabajo se pretende abordar las necesidades claves del sistema de alarmas como su fiabilidad, priorización adecuada y minimización de alarmas innecesarias, para lo cual se plantea optimizar el servidor FTAЕ del sistema de control distribuido de la central de procesos Tiputini aplicando la norma ISA 18.2.

El alcance del trabajo incluye el diagnóstico, optimización y reconfiguración del servidor de alarmas FTAЕ del sistema de control distribuido PlantPax en la Central de Procesos Tiputini del Bloque 43; con un análisis exhaustivo de las alarmas existentes para identificar y eliminar alarmas redundantes, falsas o de poca relevancia, aplicando las estrategias detalladas, con esto se mejorará la clasificación, priorización y respuesta a las alarmas críticas.

### **Planteamiento de la investigación**

El sistema de gestión de alarmas FactoryTalk Alarms and Events (FTAЕ) implementado en el Sistema de Control Distribuido PlantPax de la Central de Procesos Tiputini del Bloque 43, advierte al operador de cuarto de control de posibles eventos adversos y que pueden desencadenar en pérdidas de producción, pérdidas de activos, daño al ambiente o a la persona. Por esto su importancia para supervisar la presencia de desviaciones dentro del proceso, y por ende debe funcionar de forma óptima.

Entre los principales problemas identificados dentro de su funcionamiento se encuentran:

- Exceso de alarmas: La presencia excesiva de alarmas de baja prioridad y repetitivas genera una sobrecarga de información, lo cual no permite la atención necesaria por parte del operador.
- Priorización deficiente: Las alarmas no están jerarquizadas acorde a criterios correctamente definidos, afectando al tiempo de respuesta y atención por parte del operador y los técnicos de mantenimiento.

- Configuración ineficiente: Las configuraciones de tiempos de retraso, límites de alarmas y bloqueos de alarmas dentro de su base de datos no se encuentran optimizadas, afectado a la presencia excesiva de alarmas.

### **Formulación del problema de investigación**

¿Qué mejoras pueden implementarse en la configuración y gestión del servidor de alarmas FactoryTalk Alarms and Events (FTAЕ) en el sistema PlantPAX de la central de procesos Tiputini para reducir el número de alarmas no prioritarias y mejorar la respuesta operativa ante eventos críticos?

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General:**

Optimizar el sistema de alarmas y eventos FactoryTalk Alarms and Events (FTAЕ) en la central de procesos Tiputini, mediante la aplicación de la norma ISA 18.2, para mejorar la eficiencia operativa, la seguridad y la capacidad de respuesta del sistema de control distribuido PlantPAX.

#### **Objetivos Específicos:**

1. Realizar un diagnóstico inicial del estado actual del sistema de alarmas FTAЕ en la planta de procesos de Tiputini CPT, identificando alarmas recurrentes y de baja prioridad
2. Aplicar un proceso de racionalización de alarmas, aplicando estrategias para reconfigurar alarmas identificadas como innecesarias.
3. Implementar una clasificación adecuada de las alarmas acorde a la criticidad de la función del instrumento asociado.

#### **Planteamiento hipotético**

La optimización y mejora del servidor de alarmas FactoryTalk alarms and Events (FTAЕ) del sistema distribuido PlantPAX contribuirá a mejorar la respuesta operativa ante eventos adversos en la central de procesos Tiputini.

## MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Revisión de literatura

La optimización de la gestión de alarmas en la refinería de Saudi Aramco, ubicada en Dhahran, Arabia Saudita, es un ejemplo significativo de cómo la norma ISA 18.2 puede colaborar en mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en una industria con procesos complejos y de alta criticidad (Honeywell Process Solutions & Saudi Aramco, 2015). En este caso la refinería presentaba una sobrecarga de alarmas, con más de 500 alarmas activas diariamente, muchas de las cuales eran falsas o no críticas, lo que provocaba fatiga en los operadores. Las alarmas críticas quedaban diluidas entre alarmas repetitivas o innecesarias, lo que comprometía la seguridad y el tiempo de respuesta ante eventos importantes, por ende, los operadores a menudo se veían abrumados por la cantidad de alarmas simultáneas, lo que aumentaba el riesgo de no detectar a tiempo las alarmas críticas que afectaban la seguridad del proceso o la integridad de los equipos. Además, la falta de una clasificación adecuada de las alarmas impedía que los operadores priorizaran eficientemente su atención.

La empresa Saudi Aramco junto a Honeywell Process Solutions, desarrolló un proyecto de optimización de la gestión de alarmas en su sistema de control distribuido Experion PKS aplicando las recomendaciones del estándar ISA 18.2. Para cumplir con su propósito empezaron con una evaluación inicial del sistema de alarmas (Análisis de datos históricos e identificación de problemas clave), implementaron una clasificación/priorización de alarmas y reconfiguraron el sistema de alarmas. La reducción de un 55% de presencia de alarmas diarias fue el resultado apreciado para los operadores, que de esta forma atendieron los eventos importantes. Adicional se redujeron tiempos de repuesta ante posibles eventos graves.

En la planta hidroeléctrica de Itaipú con capacidad de generación de 14 GW; se presentaba problemas de exceso o sobrecarga de alarmas, principalmente en eventos operativos, resultado de fluctuaciones en las principales variables monitoreadas. Esto causaba una falta de atención por parte del operador como también ocasionaba pérdida de eventos verdaderos que podían desencadenar en incidentes críticos, lo cual compromete la seguridad del personal, del ambiente y de los activos de la empresa (Itaipu Binacional & Schneider Electric, 2016).

Itaipu Binacional, en colaboración con Schneider Electric, que proporcionó la tecnología y el soporte técnico del sistema de automatización Modicon, llevó a cabo un proceso de optimización basado en las mejores prácticas de la Norma ISA 18.2; para esto realizado un análisis histórico de alarmas durante un periodo de 12 meses identificando patrones de alarmas repetitivas, falsas alarmas y señales que no requerían intervención inmediata.

Adicional identificaron alarmas recurrentes generadas por fluctuaciones menores en el nivel del agua, sobrecarga de alarmas simultáneas (especialmente durante momentos críticos como el arranque o parada de las turbinas) y falta de priorización adecuada de las alarmas, lo que dificultaba la respuesta eficiente por parte de los operadores.

Para aplicar la optimización del sistema de alarmas recurrieron a la clasificación y/o priorización de alarmas y la reconfiguración del sistema; posterior ejecutaron simulacros de eventos críticos y la respectiva capacitación al personal de operaciones.

Como resultado del proyecto obtuvieron que el número de alarmas activas simultáneamente se redujo en un 70%, disminuyendo la fatiga de alarmas y permitió que los operadores se enfocaran en eventos críticos; adicional se logró que el tiempo promedio de respuesta a alarmas críticas baje en un 25%, lo que mejoró la seguridad operativa de la planta y redujo los riesgos asociados a eventos no gestionados a tiempo; las falsas alarmas disminuyeron en un 40%, debido a la reconfiguración de umbrales y parámetros asociados a las alarmas.

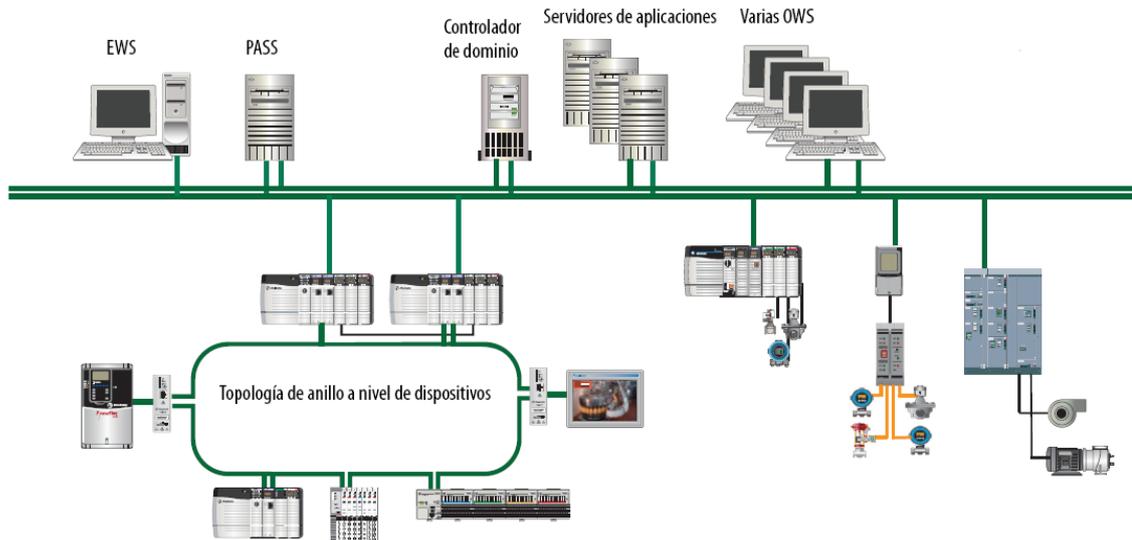
## **1.2. Desarrollo teórico y conceptual**

El sistema PlantPax se basa en estándares abiertos que aprovechan la red ethernet/IP como conexión principal, esta red ayuda a brindar asistencia para la integración transparente de los componentes del sistema, así como para proporcionar sistemas empresariales de alto nivel (Rockwell Automation, 2016).

En la figura 1 se indica una arquitectura de control típica o recomendada por parte del fabricante; cada dispositivo dentro de esta arquitectura cumple un rol diferente, y donde los servidores de aplicaciones son quienes brindan los servicios a todos los demás dispositivos. Es decir, en estos dispositivos se configuran o almacenan los datos provenientes de los dispositivos de campo, se diseñan las pantallas de la interfaz gráfica humana (HMI), se configuran las alarmas de cada dispositivo, se guardan las aplicaciones

o respaldos de los controladores de lógica programable (PLC) y se guardan los datos históricos o tendencias de las variables del proceso.

**Figura 1** Topología de sistema PlantPAx en red ethernet / IP



Nota: Obtenido de Rockwell Automation. (2016). Sistema de control distribuido PlantPAx.

En el sistema de control del bloque 43 se tiene una arquitectura distribuida con servidores virtualizados divididos en dos servidores físicos, de tal manera que brinden redundancia y por ende tolerancia al fallo del servidor activo, adicional se dispone de estaciones de ingeniería (EWS Engineer Work Station), estaciones de operación (OWS Operator Work Station) y redes ethernet de anillo (DLR Device Level Ring). Se enuncia en la tabla 1 los principales servidores y sus servicios prestados.

**Tabla 1** Principales servidores de aplicaciones del sistema de control del bloque 43

Servidor de Aplicación	Pantallas HMI	Datos PLC	Alarmas
ITTWFTK01	SI	SI	SI
ITTWFTK02	SI	SI	SI
ITTWFTK04	SI	SI	SI
ITTWFTK05	SI	SI	SI
ITTWFTK06		SI	
ITTWFTK07		SI	

Nota: Elaboración Propia

Los servidores de alarmas FTAE (FactoryTalk Alarm and Events) instalados en los servidores ITTWFTK01 (Redundancia con ITTWFTK02) e ITTWFTK04 (Redundancia con ITTWFTK05) manejan o gestionan alarmas de las locaciones basados en el estándar ISA 18.2, la distribución de locaciones y la cantidad de alarmas configuradas en cada servidor se muestran en la tabla 2.

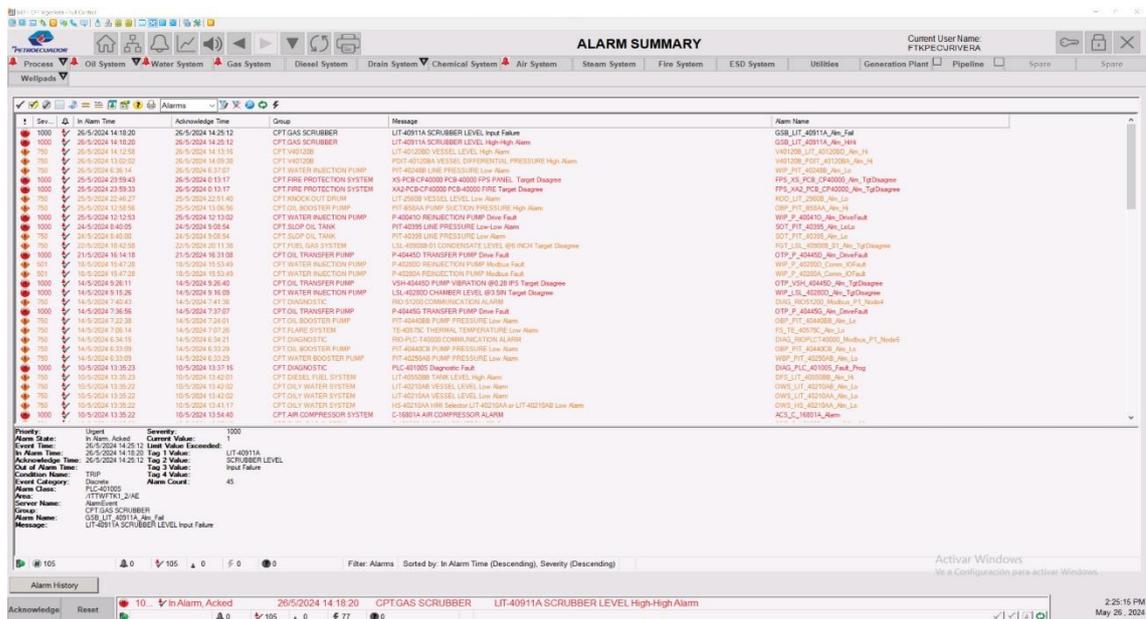
**Tabla 2** Locación y cantidades de tags de servidores de alarmas

Servidor de Aplicación	Locaciones	Cantidad
ITTWFTK01 / ITTWFTK02	CPT	6129
ITTWFTK04 / ITTWFTK05	TPT, TMB, ISH	16653

Nota: Elaboración Propia

Estas alarmas creadas o configuradas se están escaneando cada cierta cantidad de tiempo para determinar su activación o normalización; una vez que el sistema detecta la activación de una alarma, se presentará en las estaciones de operación mediante la interfaz gráfica humana (Figura 2).

**Figura 2** Interfaz gráfica - pantalla de alarmas del sistema de control del Bloque 43



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

En la imagen anterior se puede observar una gran cantidad de alarmas activas y presentes que se muestran al usuario, lo cual no es óptimo para la operación eficiente de la planta,

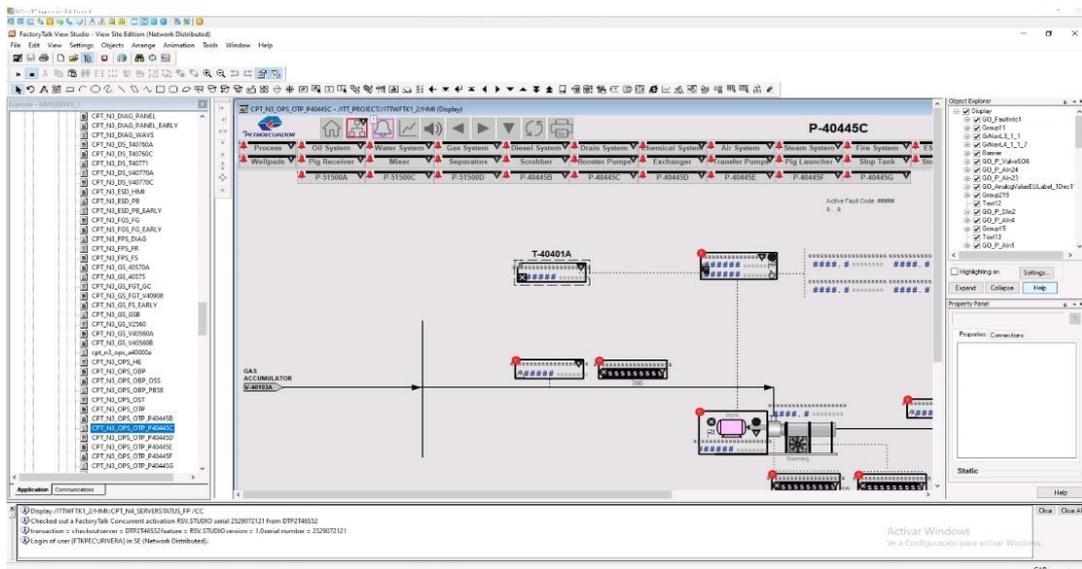
pues una alarma en una condición anormal y el operador no puede discernir entre las alarmas urgentes, altas, medianas o bajas.

### FactoryTalk View Studio

FactoryTalk View (FTView) es un paquete de software integrado para desarrollar y ejecutar aplicaciones de interfaz maquina-humano (HMI), en los que pueden involucrarse varios usuarios y servidores distribuidos sobre una red (Rockwell Automation, 2018). Este software es desarrollado por el fabricante Rockwell Automation, el cual es usado en gran parte de las facilidades petroleras, pues su interfaz amigable al usuario, su flexibilidad y el acceso a la información hacen que las implementaciones puedan desarrollarse y ponerse en marcha sin muchas restricciones.

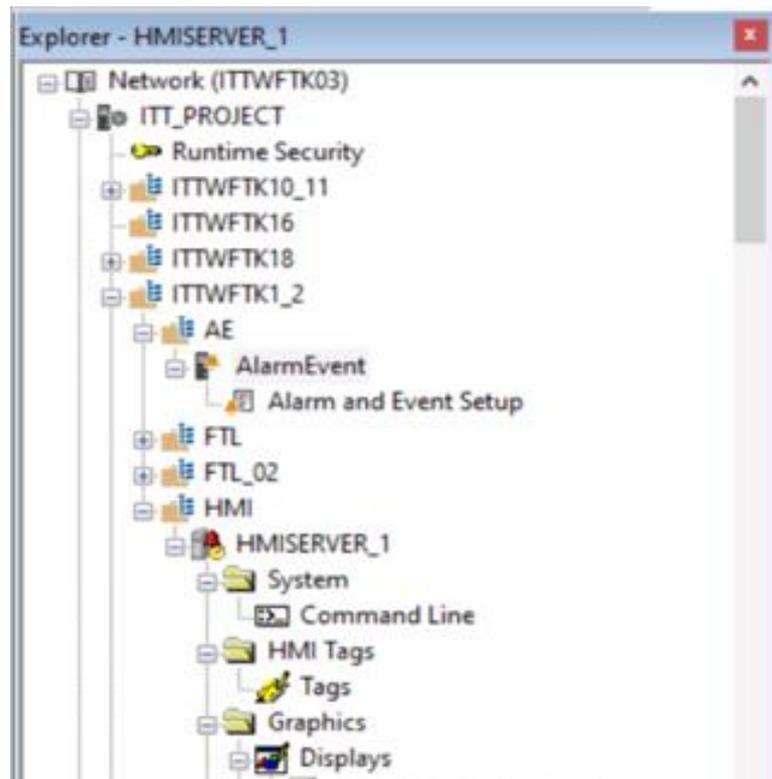
El entorno de desarrollo de FactoryTalk View Studio (Figura 3) permite elaborar desde aplicaciones muy simples a nivel de máquina hasta aplicaciones complejas que involucren un sistema de control distribuido. Como se mencionó anteriormente en el bloque 43 se dispone de un sistema distribuido, para lo cual se tiene una aplicación tipo distribuida, en esta se han creado y configurado todos los servidores (Figura 4); y parte de estos son los servidores de alarmas y eventos creados en los servidores virtualizados ITTWFTK01, ITTWFTK02, ITTWFTK04 y ITTWFTK05.

**Figura 3** Entorno de desarrollo de FactoryTalk View Studio



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

**Figura 4** Configuración de servidores en aplicación



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPAx del bloque 43 ITT

## Sistema PlantPAx

Un sistema de control distribuido tradicional está típicamente limitado a una opción de modelo simple para servidores, estaciones de trabajo y dispositivos de comunicación del mismo fabricante; de igual forma provee configuraciones específicas que están basadas en redes cerradas; este punto de vista tradicional dificulta los trabajos de las áreas de soporte dentro de la industria.

El sistema PlantPAx en cambio aprovecha un enfoque moderno, en donde la flexibilidad y adaptabilidad se convierte en uno de sus pilares, puesto que es abierto para usarse con servidores y estaciones de trabajo de diferentes fabricantes (Rockwell Automation, 2019).

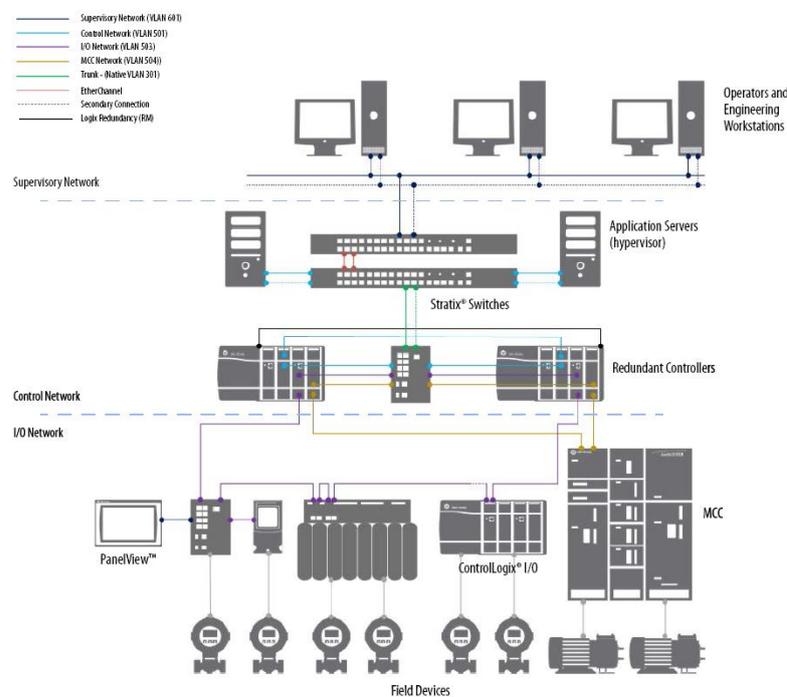
De acuerdo a la figura 1, en el sistema PlantPAx se tiene algunos dispositivos que de acuerdo a Rockwell Automation (2016) los define en la siguiente forma:

- EWS: Estación de trabajo con software de ingeniería, la cual permite realizar tareas de desarrollo y mantenimiento del sistema PlantPAx, la EWS tiene como principales softwares a FTVIEW SE Studio y Studio 5000 Logix Designer.

- OWS: Estación de trabajo de operador, quien es la interfaz gráfica que permite intervenir en el proceso.
- PASS: Servidor del sistema de automatización de procesos, quien funge como el servidor principal del sistema PlantPAx permitiendo la administración central de todo el sistema.

La topología usada en el bloque 43 es recomendada por el fabricante (Figura 5), con la misma se tiene una alta disponibilidad ya que se implementa redundancia a nivel de servidores, controladores y redes de comunicación; esto da una robustez al sistema de control y conserva las características de flexibilidad y escalable.

**Figura 5** Topología de sistema PlantPAx de alta disponibilidad



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPAx del bloque 43 ITT

Como equipos principales se tiene los servidores que almacenan las aplicaciones y los controladores quienes son el “cerebro” de la central de procesos, el listado de servidores principales se muestra en la tabla 1 mientras que los controladores se indica en la tabla 3. Adicional se puede indicar que la arquitectura utilizada en el bloque 43 es distribuida con un solo servidor PASS, la cual admite varias estaciones de operación OWS y estaciones de ingeniería EWS. Como soporte para el mantenimiento del sistema PlantPAx en el bloque 43 existe el área de automatización quien tiene habilitadas tres (3) estaciones EWS

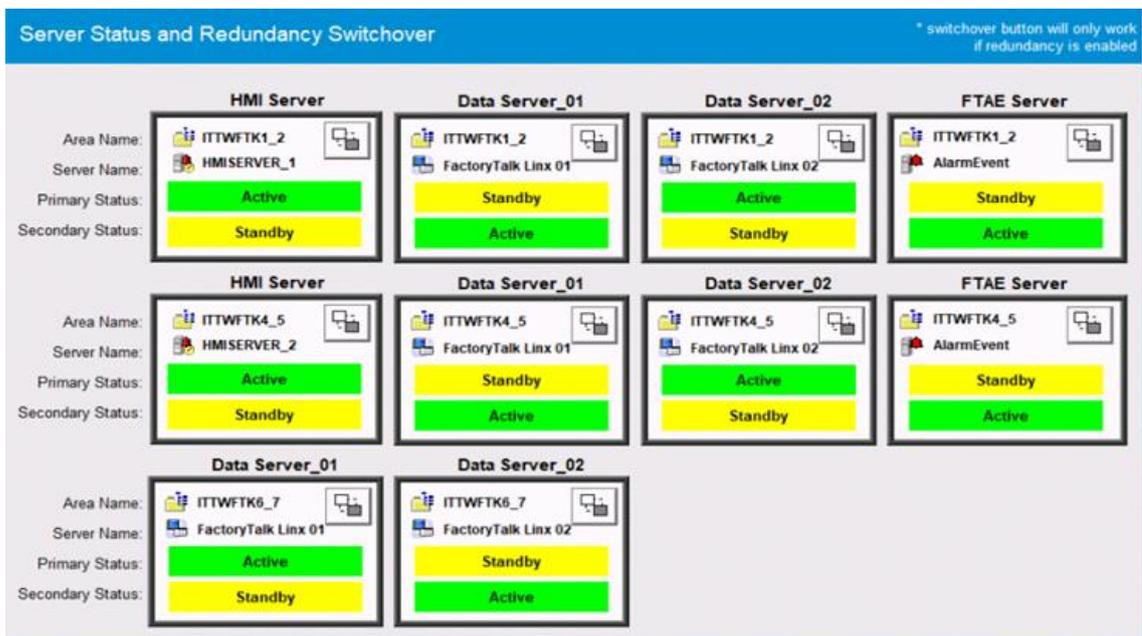
y se tiene a disposición del departamento de operaciones un total de quince (15) estaciones de monitoreo OWS, permitiendo el monitoreo y control de todo el proceso de plataformas y central de procesos. En la figura 6 se puede visualizar el monitoreo de los diferentes servicios que brindan los principales servidores de aplicaciones empleados.

**Tabla 3** Controladores de la central de procesos Tiputini CPT

Controlador	Función
PLC-T40001	Controlador de facilidades tempranas
PLC-40100S	Controlador de facilidades definitivas – Sistema de Seguridad SIS
PLC-40000	Controlador de facilidades definitivas – Sistema básico de control BPCS
PLC-FG-40000	Controlador de facilidades definitivas – Sistema de fuego y gas
PLC-40905	Controlador de planta de tratamiento de gas
PLC-40300	Controlador de planta de generación eléctrica
PLC-40575	Controlador de oxidador térmico de alta presión
PLC-40570A	Controlador de oxidador térmico de baja presión

Nota: Elaboración Propia

**Figura 6** Monitoreo de estado de servidores virtualizados del bloque 43.



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

## **FactoryTalk Alarmas y Eventos**

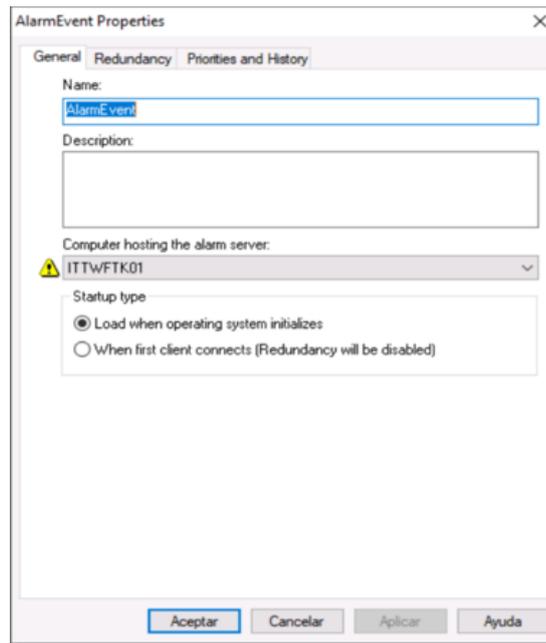
Dentro de las industrias avanzadas, las alarmas cumplen un rol crítico dentro del sistema de control. Los sistemas de alarma eficaces advierten al operador de situaciones adversas, facilitando una acción rápida ante estos eventos. La eficaz administración y gestión de alarmas mejora la productividad y operatividad de la planta de proceso.

Rockwell Automation (2016) define a la alarma como un medio audible o visible para informar al operador del funcionamiento erróneo del equipo final de control, de una desviación del proceso o de una situación adversa que requiere la atención.

Existen normas que regulan o recomiendan el diseño de un sistema para la gestión de alarmas, así como de buenas prácticas de ingeniería previo a la implementación de este sistema (por ejemplo, ANSI/ISA-18.2). El principal gestor de alarmas en el sistema PlantPAx es el software FactoryTalk Alarmas y Eventos, el cual permite alarmas basadas en dispositivos (instrucciones ALMA y ALMD propias del controlador) y alarmas basadas en tags dentro de una base de datos (alarmas digitales, de nivel o de desviación). Como lo indica Rockwell Automation (2016), los servicios de FactoryTalk Alarmas y Eventos incluyen un conjunto de herramientas de visualización (resumen de alarmas, visor de registros de alarmas, indicador de alarmas y explorador de estados de alarma).

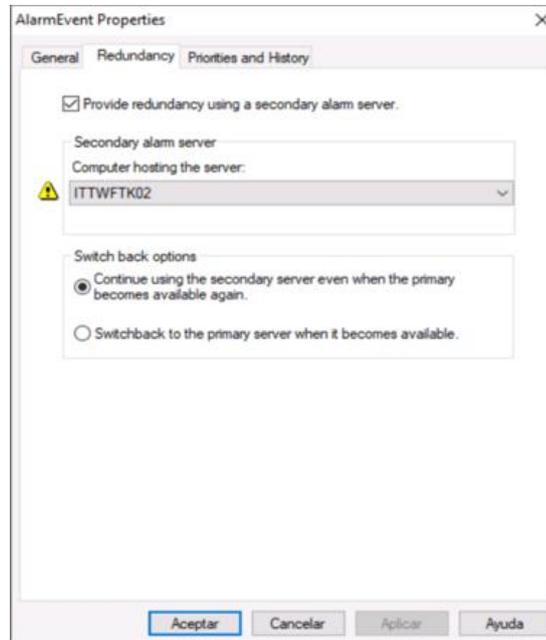
Como se mencionó en el bloque 43 se tiene implementado servidores redundantes de alarmas y eventos, en la figura 7 se indica las propiedades generales de esta configuración donde se da el nombre y se selecciona el servidor donde esta hospedado el servicio FTAE; en la figura 8 se configura la redundancia del servicio FTAE, de igual forma se selecciona el servidor que hospeda el mismo; y en la figura 9 se configura las prioridades de las alarmas y la base de datos donde se almacenarán el historial de alarmas.

**Figura 7** *Propiedades Generales del servidor FTAE*



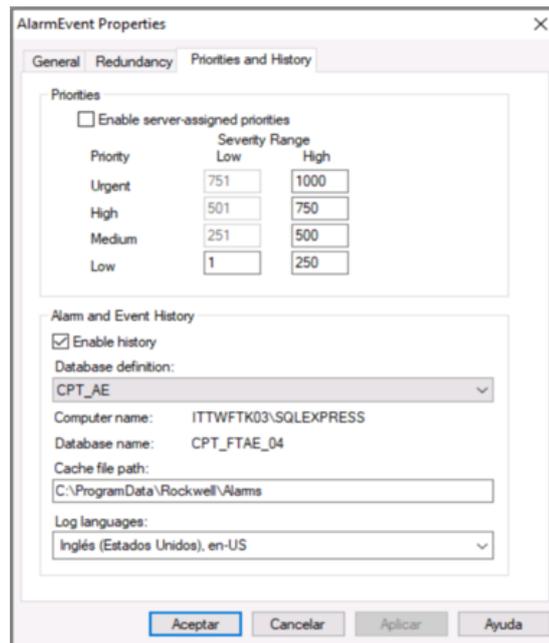
Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

**Figura 8** *Propiedades de redundancia del servidor FTAE*



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

**Figura 9** *Propiedades de prioridades e histórico del servidor FTAE*



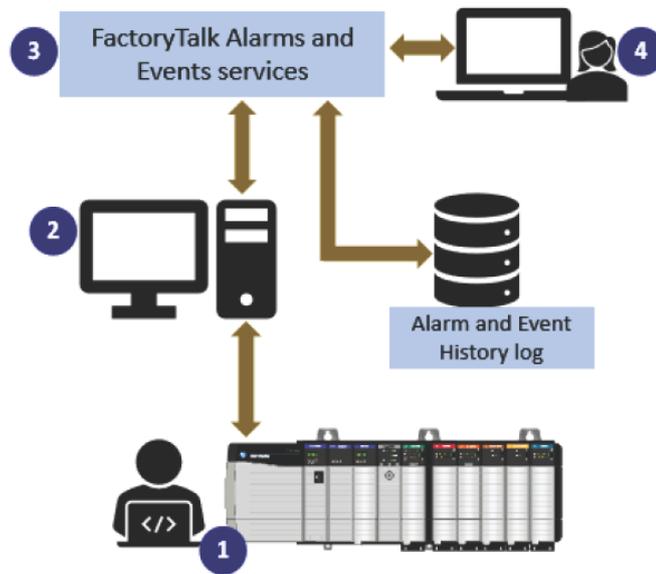
Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

La prioridad de alarma es un atributo que informa la importancia del evento, existiendo cuatro (4) grupos: urgentes, altas, medias y bajas; las alarmas se van incluyendo en cada grupo de acuerdo con el nivel de severidad que se les configure, recalcando que mientras mayor nivel de severidad tenga es mayor el nivel de prioridad otorgado.

El flujo de monitoreo de alarmas que se gestionan en la CPT, empieza con la programación de la lógica de control en el PLC para detectar condiciones anormales, mientras tanto el servidor de alarmas y eventos escanea los tags de alarmas del PLC para encontrar cambios, luego los servicios del servidor FTAE envía y registra la información de la alarma hacia los objetos en las pantallas de FactoryTalk View y finalmente esta información es presentada hacia el operador mediante la interfaz gráfica; este flujo de trabajo se indica en la figura 10.

Para que el servidor de alarmas y eventos pueda operar se necesita la creación de alarmas dentro del mismo, por ende, en la fase de desarrollo del sistema DCS se generó la base de alarmas para los objetos embebidos de PlantPax, esta base al momento se encuentra 6129 alarmas por escanear y registrar.

**Figura 10** Flujo de trabajo de monitoreo de una alarma basada en tags de servidor



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPAx del bloque 43

## Estándar ISA 18.2

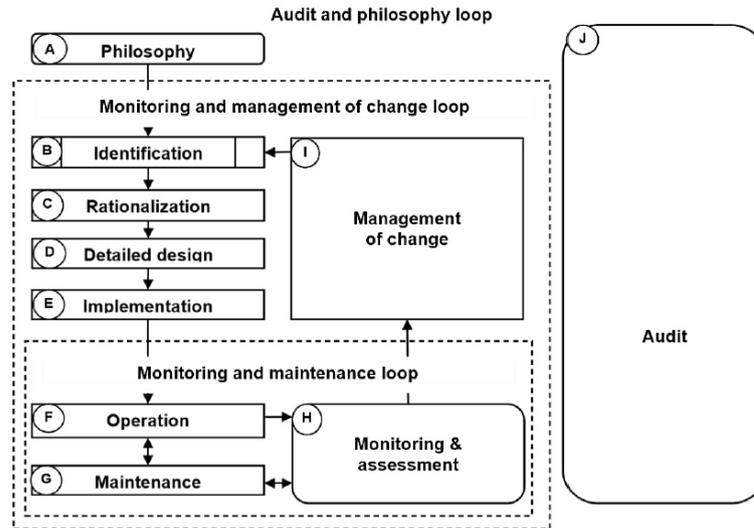
El estándar internacional ISA 18.2 fue desarrollado por la Sociedad Internacional de Automatización ISA para ayudar a las industrias de procesos a diseñar, implementar, operar y mantener sistemas de gestión de alarmas efectivos; en toda industria la seguridad es lo primordial, entonces si un sistema de alarma falla puede contribuir a los accidentes, mediante la implementación de este estándar se ayuda a mejorar la seguridad y prevenir incidentes.

La ISA (International Society of Automation, 2016) indica en su publicación que los sistemas de alarmas son usados para comunicar indicaciones de condiciones de proceso anormales o mal funcionamiento de equipos a los operadores , así como define a la gestión de alarmas como el conjunto de prácticas y procesos que aseguran un efectivo sistema de alarmas. Cabe mencionar que el sistema distribuido PlantPAx utiliza como base este estándar para el desarrollo de su servidor FactoryTalk Alarmas y Eventos.

En el estándar ISA 18.2 se enuncia el ciclo de vida de la gestión de alarmas, en la figura 11 se indica la relación entre las fases de este ciclo, el mismo que cubre la especificación, diseño, implementación, operación, monitoreo, mantenimiento y manejo de cambios. Este modelo es usado para organizar los requerimientos y responsabilidad para la

implementación un sistema de gestión de alarmas, y es aplicable para la instalación de un nuevo sistema de alarmas o administrar un sistema existente.

**Figura 11** *Ciclo de vida de gestión de alarmas*



Nota: Obtenido de ISA 18.2

Este trabajo se enfocará en las fases de mantenimiento, monitoreo y diagnóstico del sistema de gestión de alarmas, para lo cual se desarrollará en primera instancia el diagnóstico del estado actual, y se emitirá resultados comparativos con las métricas de rendimiento de alarmas que proporciona el estándar ISA 18.2 (Figura 12)

**Figura 12** *Principales métricas de normativa ISA 18.2*

Medida	Valor objetivo	
	Valores aceptables	Valores máximos
<b>Alarmas mostradas por tiempo</b>		
Alarmas mostradas por día por puesto de operación	150/día	300/día
Alarmas mostradas por hora por puesto de operación	6 en promedio	12 en promedio
Alarmas mostradas por 10 minutos por puesto de operación	1 en promedio	2 en promedio
Porcentaje de horas que contengan más de 30 alarmas	< 1%	
Porcentaje de periodos de 10 minutos que contengan más de 10 alarmas	< 1%	
Máximo número de alarmas en un periodo de 10 minutos	≤ 10	
Porcentaje de tiempo que el sistema de alarmas está en inundación	< 1%	
Contribución porcentual de las 10 alarmas más frecuentes con respecto al total de alarmas	< 1% a 5% máximo con un plan de acción para corregir las diferencias	
Cantidad de alarmas falsas y repetitivas	0, contar con plan de corrección	
Alarmas persistentes	< 5 por día, contar con plan de corrección	

Nota: Obtenido del ISA 18.2

## METODOLOGÍA

### 2.1. Contexto de la investigación

La investigación se realizará en la central de procesos Tiputini, localizada en la parroquia Tiputini del cantón Nuevo Rocafuerte de la provincia de Orellana; esta central se encuentra operando en el bloque 43 operado por la empresa estatal EP PETROECUADOR.

### 2.2. Diseño y alcance de la investigación

El diseño de investigación será mixto es decir cuantitativo y cualitativo, para esto se realizará diferentes etapas dentro de la investigación:

- **Diagnóstico inicial:** Recopilación y análisis de datos de la base de históricos almacenadas en los servidores del sistema DCS para diagnosticar y medir el estado actual del sistema.
- **Racionalización:** Implementación de estrategias en las configuraciones de alarmas del servidor FTAE, como modificación de tiempos de retraso, límites de alarmas, etc.
- **Clasificación:** Aplicación de criterios estandarizados según sea el instrumento monitoreado, el equipo final de control y el sistema asociado al mismo.
- **Evaluación posterior:** Análisis de históricos posterior a la implementación de estrategias de racionalización y reclasificación de alarmas para comparar datos iniciales e identificar parámetros de mejora.

### 2.3. Tipo y métodos de investigación

Para diagnosticar, analizar y optimizar el sistema de alarmas, se va a emplear un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos (para entender cómo se gestionan actualmente las alarmas y cómo afectan a los operadores) y cuantitativos (para determinar métricas de rendimiento de sistema de alarmas).

### **Tipo de Investigación:**

- **Aplicada:** La investigación busca resolver un problema práctico en un entorno industrial real, es decir, optimizar el sistema de alarmas en la central de procesos Tiputini.
- **Descriptiva y Experimental:** Se describirá el estado actual del sistema de alarmas y se llevará a cabo una intervención (optimización del sistema) para observar los resultados tras la implementación de mejoras.

### **Enfoque Metodológico:**

- **Cualitativo:** Se utilizarán entrevistas para obtener información de los operadores sobre la gestión actual de alarmas.
- **Cuantitativo:** Se realizarán mediciones estadísticas antes y después de la optimización, utilizando datos históricos del sistema FTAE para evaluar el número de alarmas, frecuencia de falsas alarmas, entre otros.

### **2.4. Población y muestra**

- **Población:** Toda la infraestructura del sistema de alarmas FTAE en la Central de Procesos Tiputini, junto con el personal operativo y técnico involucrado en su gestión
- **Muestra:** Un subconjunto representativo de alarmas críticas, falsas alarmas y alarmas recurrentes, junto con un grupo de operadores y personal técnico clave, seleccionados en función de su interacción diaria y experiencia con el sistema

### **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

- **Primarias:** Datos recolectados del sistema FTAE en cuanto a la gestión de alarmas (cantidad de alarmas, tipo, criticidad, etc.), entrevistas con operadores, y observación directa de la operación.

- **Secundarias:** Revisión bibliográfica sobre la Norma ISA 18.2, documentos técnicos de FactoryTalk Alarms and Events y estudios de caso previos sobre la optimización de alarmas en plantas industriales.

## DESARROLLO Y RESULTADOS

Para el desarrollo de este trabajo, se realiza un diagnóstico inicial del servidor de alarmas y eventos, que consiste en evaluar el histórico de alarmas presentadas durante un periodo de 30 días y contrastar con las métricas de rendimiento enunciadas en la tabla 7 de la norma ISA 18.2 (Figura 12). Para esta evaluación se empleará la aplicación Microsoft Excel en donde se manejará y evaluará la base de datos de alarmas y eventos ocurridos en la central de procesos Tiputini (Figura 13).

**Figura 13** Base de datos de registros de alarmas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	SourceName	TimeStamp	EventTimeStamp	EventCategory	Severity	Priority	Message	EventType	ConditionName	AlarmClass
1	WSL_LIT_4020AA_Alm_LoLo	133774854569793000	01/12/2024 00:10	Discrete	1000	4	LIT-4020AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-401005
2	FS_PIT_40575A_Alm_HI	133774855798948000	01/12/2024 00:13	Discrete	750	3	PIT-40575A LINE PRESSURE High Alarm	2	TRIP	PLC-40575
3	FS_PIT_40570AA_Alm_HI	133774863863459000	01/12/2024 00:26	Discrete	750	3	PIT-40570AA LINE PRESSURE High Alarm	2	TRIP	PLC-40570A
4	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774865821129000	01/12/2024 00:29	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
5	V40130B_LIT_40130BD_Alm_Lo	133774871295612000	01/12/2024 00:38	Discrete	750	3	LIT-40130BD VESSEL LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
6	DS_LIT_40760AA_Alm_HI	133774887781244000	01/12/2024 01:06	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-40000
7	FGS_FD_40170A_Alm_Fail	133774888485201000	01/12/2024 01:07	Discrete	1000	4	FD-40170A FIRE DETECTOR Input Failure	2	TRIP	PLC-140001
8	DS_LIT_40760AA_Alm_HI	133774889622615000	01/12/2024 01:09	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-40000
9	DS_LIT_40760AA_Alm_HI	133774889836012000	01/12/2024 01:09	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-40000
10	VS1140_LIT_51140B_Alm_HI	133774902319517000	01/12/2024 01:30	Discrete	750	3	LIT-51140B SCRUBBER LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-140001
11	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774904369935000	01/12/2024 01:33	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
12	V40130B_LIT_40130BB_Alm_Lo	133774905000997000	01/12/2024 01:35	Discrete	750	3	LIT-40130BB VESSEL LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
13	V40130B_LIT_40130BB_Alm_Lo	133774906908932000	01/12/2024 01:38	Discrete	750	3	LIT-40130BB VESSEL LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
14	V40130B_LIT_40130BB_Alm_Lo	133774911955086000	01/12/2024 01:46	Discrete	750	3	LIT-40130BB VESSEL LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
15	FS_PIT_40570AA_Alm_HI	133774933937940000	01/12/2024 02:23	Discrete	750	3	PIT-40570AA LINE PRESSURE High Alarm	2	TRIP	PLC-40570A
16	FGS_FD_40445AA_Alm_Fail	133774934913710000	01/12/2024 02:24	Discrete	1000	4	FD-40445AA FIRE DETECTOR Input Failure	2	TRIP	PLC-140001
17	DS_LIT_40771A_Alm_Fail	133774957799298000	01/12/2024 03:03	Discrete	1000	4	LIT-40771A TANK LEVEL Input Failure	2	TRIP	PLC-140001
18	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774960179422000	01/12/2024 03:06	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
19	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774960567341000	01/12/2024 03:07	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
20	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774964231294000	01/12/2024 03:13	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
21	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774964326252000	01/12/2024 03:13	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
22	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774966669125000	01/12/2024 03:17	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
23	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774967168487000	01/12/2024 03:18	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
24	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774967505112000	01/12/2024 03:19	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
25	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774967668310000	01/12/2024 03:19	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
26	DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	133774967765875000	01/12/2024 03:19	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
27	FGS_FD_40445AA_Alm_Fail	133774969073511000	01/12/2024 03:21	Discrete	1000	4	FD-40445AA FIRE DETECTOR Input Failure	2	TRIP	PLC-140001
28	DS_LIT_40760AA_Alm_HI	133774973445546000	01/12/2024 03:29	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-40000
29	FGS_FD_40160B_Alm_Fail	133774974537444000	01/12/2024 03:30	Discrete	1000	4	FD-40160B FIRE DETECTOR Input Failure	2	TRIP	PLC-140001
30	FS_TE_40575D_Alm_Lo	133774975175850000	01/12/2024 03:31	Discrete	750	3	TE-40575D THERMAL TEMPERATURE Low Alarm	2	TRIP	PLC-40575
31	WIP_PIT_40248B_Alm_Lo	133774984817076000	01/12/2024 03:47	Discrete	750	3	PIT-40248B LINE PRESSURE Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
32	WIP_PIT_40248B_Alm_Lo	1337749848333000	01/12/2024 03:47	Discrete	750	3	PIT-40248B LINE PRESSURE Low Alarm	2	TRIP	PLC-40000
33	FS_TE_40575D_Alm_Lo	133774985600681000	01/12/2024 03:49	Discrete	750	3	TE-40575D THERMAL TEMPERATURE Low Alarm	2	TRIP	PLC-40575
34	FS_TE_40575D_Alm_Lo	133774988231288000	01/12/2024 04:10	Discrete	750	3	TE-40575D THERMAL TEMPERATURE Low Alarm	2	TRIP	PLC-40575
35	DS_LIT_40760AA_Alm_HI	133774999555010000	01/12/2024 04:12	Discrete	750	3	LIT-40760AA TANK LEVEL High Alarm	2	TRIP	PLC-40000

Nota: Elaboración Propia

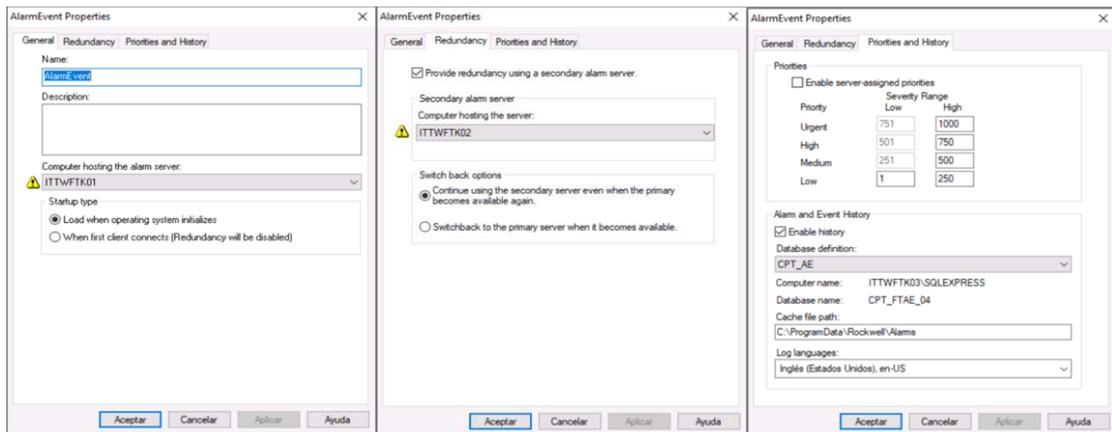
La base de datos extraída dispone de 14302 registros en el periodo seleccionado de 30 días (del 1 de diciembre al 30 de diciembre); de igual forma se enuncia los campos más importantes a interés del presente trabajo:

- SourceName: nombre de la alarma
- EventTimeStamp: estampa de tiempo de la alarma
- Severity: valor numérico que determina la prioridad y la orden de atención que se debe brindar al evento
- Priority: niveles de urgencia para rápida identificación
- AlarmClass: nombre del controlador que detecta la alarma

## Configuración actual de alarmas

La configuración actual del servicio de alarmas y eventos FTAE se observa en la figura 14, en donde se declara el nombre del servidor que contiene este servicio, adicional se habilita la redundancia del servidor y se define la base de datos que almacenará todos los registros de alarmas y eventos.

**Figura 14** Configuración actual de servidor de alarmas



Nota: Obtenido del sistema DCS PlantPax del bloque 43 ITT

Adicional, en estas propiedades se puede visualizar los rangos de severidades asignados a cada nivel de prioridad siendo estos los que se indican en la tabla 4; mientras más alta la severidad es más crítica la alarma y mientras que más baja la severidad es menos crítica; cabe mencionar que dependiendo del grupo de prioridad se tendrá diferentes íconos, colores y/o animaciones al operador para advertir e informar de eventos de alarmas.

**Tabla 4** Configuración de severidades y prioridades

Prioridad	Rango Severidad		Color	Ícono
Urgente	751	1000	Rojo	
Alta	501	750	Naranja	
Mediana	251	500	Amarillo	
Baja	1	250	Magenta	

Nota: Elaboración Propia

En la aplicación de interfaz gráfica al operador se ha configurado un “banner” o barra de alarmas (Figura 15) en donde se muestra el ícono de prioridad, el nivel de severidad, el estado, la estampa de tiempo, el grupo y el mensaje de identificación de la alarma. Esta barra se encuentra presente en todas las pantallas de la aplicación y esta configurado para que las alarmas con prioridad baja no sean presentadas hacia el operador.

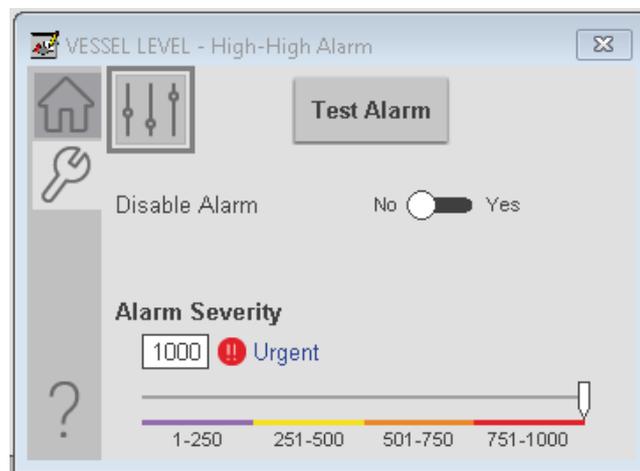
**Figura 15** Banner o barra de alarmas



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPAX del bloque 43

Las alarmas creadas dentro de la base de datos corresponden a los objetos embebidos de PlantPAX, es decir aquellas que puedan ser configuradas y gestionadas mediante las pantallas auxiliares denominadas faceplate de la interfaz HMI, en la figura 16 se muestran los parámetros configurables desde estas pantallas. Adicional en la tabla 5 se muestran las alarmas dependiendo del tipo de objeto de PlantPAX con la severidad asignada en la aplicación actual.

**Figura 16** Faceplate de configuración de alarmas



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPAX del bloque 43

Para el análisis y diagnóstico se omite los registros con prioridad baja, es decir las alarmas configuradas con severidad inferior a 250, esto debido a que estas alarmas no se presentan al operador y solamente se almacenan en la base de datos para posterior análisis de eventos operativos; dicho esto del total de registros de la base de datos se validan 8093 de ellos como aptos para este trabajo técnico.

**Tabla 5 Alarmas de principales objetos embebidos de PlantPax**

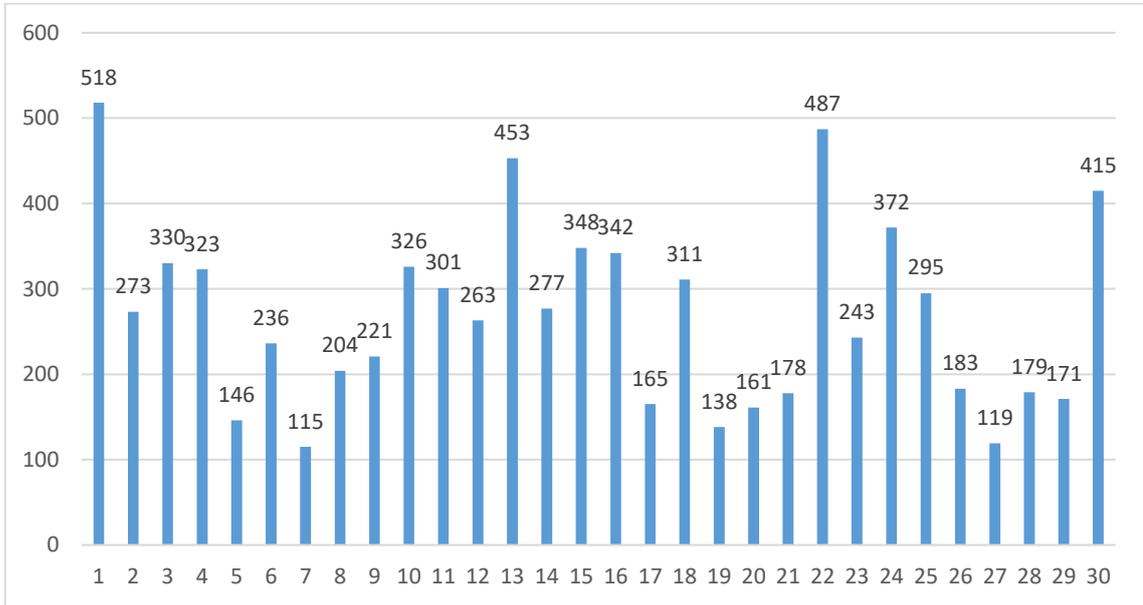
Objeto PlantPax	Función	Alarmas	Severidad
P_Ain – Entrada Analógica	Control / Seguridad	Fail	1000
		Low Low	1000
		Low	750
		High	750
P_Din – Entrada Digital	Control / Seguridad	High High	1000
		Target Disagree	1000
		I/O Fault	1000
P_Motor – Motor	Control / Seguridad	Fail to start	1000
		Fail to stop	750
		Interlock trip	1000
		I/O Fault	1000
P_Valve SO – Válvula de seguridad	Control / Seguridad	Full Stall	501
		Transit Stall	501
		Interlock trip	1000
		I/O Fault	1000

Nota: Elaboración Propia

### Alarmas mostradas por día, hora y minutos

Los primeros indicadores de desempeño de alarmas o métricas de rendimiento que provee la norma ISA 18.2 es la cantidad de alarmas mostradas por cantidad de tiempo, en este caso segmenta por días, por hora y por diez minutos. En la base de históricos disponibles se puede ir segmentado de igual forma estos tiempos y los resultados de número de alarmas por días se encuentra en la figura 17.

**Figura 17** Número de alarmas por día



Nota: Elaboración Propia

Con esta información, se procede a calcular el indicador de alarmas cada hora y cada 10 minutos, estos datos se indican en la tabla 6 y su análisis incluye que el servidor de alarmas y eventos de la central de procesos Tiputini se encuentra fuera de los valores aceptables recomendados por la norma ISA 18.2, e incluso acercándose al valor máximo permitido; por esto se debe aplicar estrategias para racionalizar y reclasificar las alarmas para optimizar este servicio.

**Tabla 6** Indicadores de alarmas por tiempo

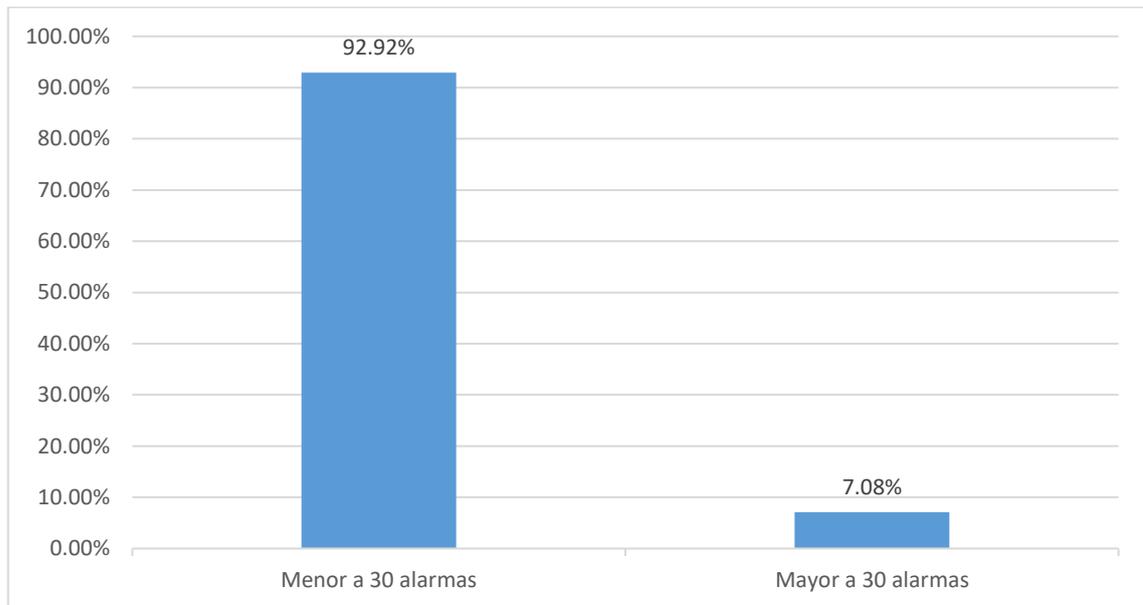
Indicador	Promedio	Valor aceptable	Valor máximo
Alarmas por día	270	150	300
Alarmas por hora	11	6	12
Alarmas por 10 minutos	2	1	2

Nota: Elaboración Propia

### **Porcentaje de horas que contenga más de 30 alarmas**

Para este indicador se analiza las alarmas presentadas en cada periodo de una hora y se obtiene lo indicado en la figura 18, en donde se evidencia que en un 92.92% de horas se presentan menos de 30 alarmas mientras que en un 7.08% se presentan más de 30 alarmas.

**Figura 18** *Porcentaje de horas que contienen menos y más de 30 alarmas*



Nota: Elaboración Propia

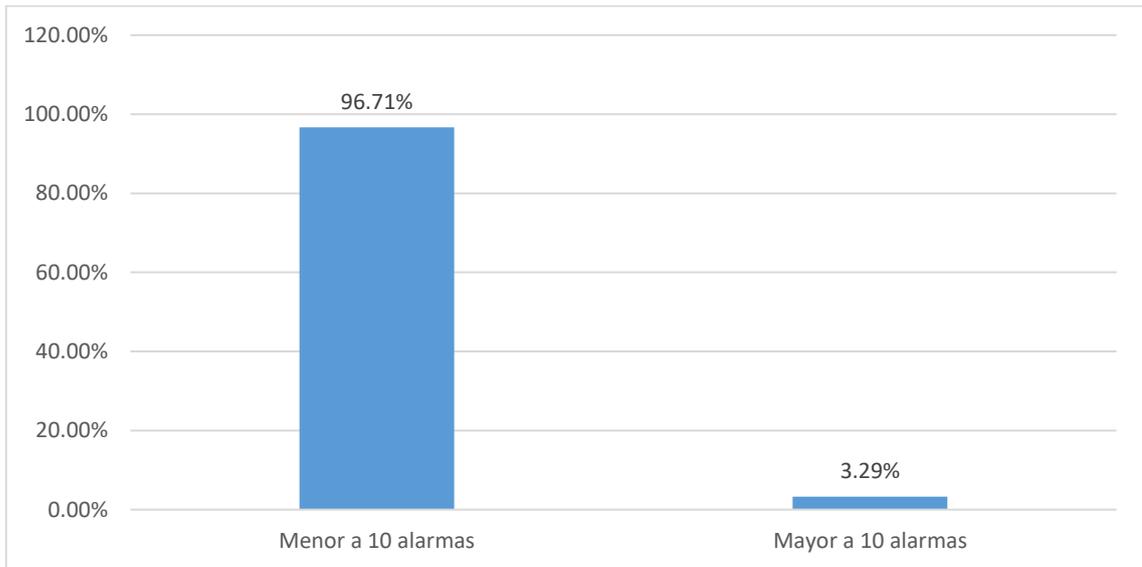
La norma ISA 18.2 respecto a este indicador menciona que el valor objetivo debe ser menor al 1% del total de horas del periodo de evaluación (720 horas), por tanto, con lo indicado en la figura 18 el servidor de alarmas y eventos no cumple esta métrica de rendimiento.

### **Porcentaje de periodos de 10 minutos que contenga más de 10 alarmas**

Para este indicador se analiza las alarmas presentadas en cada periodo de diez minutos y se obtiene lo indicado en la figura 19, en donde se evidencia que en un 96.71% de periodos de 10 minutos se presentan menos de 10 alarmas mientras que en un 3.29% se presentan más de 10 alarmas.

La norma ISA 18.2 respecto a este indicador menciona que el valor objetivo debe ser menor al 1% del total de periodos de 10 minutos bajo evaluación (4320 periodos), por tanto, con lo indicado en la figura 19 el servidor de alarmas y eventos tampoco cumple este indicador.

**Figura 19** Porcentaje de periodos de 10 minutos que contienen menos y más de 10 alarmas

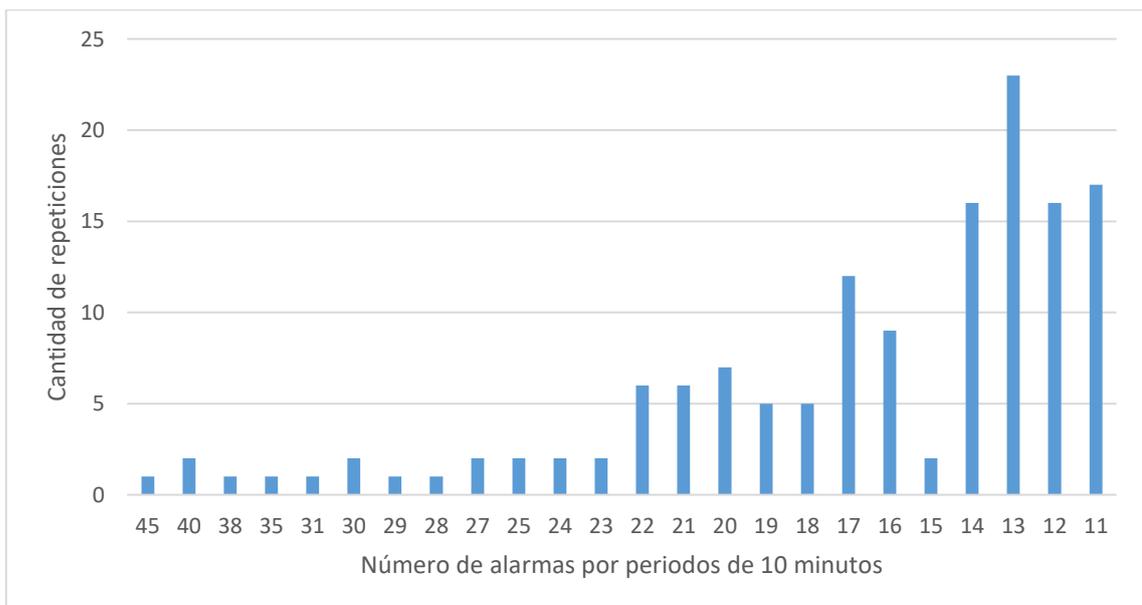


Nota: Elaboración Propia

### Máximo número de alarmas en un periodo de 10 minutos

Este indicador manifiesta que el máximo número de alarmas en un periodo de 10 minutos deberá ser menor o igual a 10 alarmas, para el servidor bajo evaluación se tiene 142 periodos en el cual existen más de 10 de alarmas registradas y el máximo número es de 45 alarmas, tal cual se indica en la figura 20

**Figura 20** Número de alarmas por periodos de 10 minutos superiores a las 10 alarmas



Nota: Elaboración Propia

### **Contribución porcentual de las 10 alarmas más frecuente al total de alarmas**

La norma ISA 18.2 manifiesta que hasta máximo un 5% de contribución porcentual deben aportar las 10 alarmas más frecuentes con respecto al total de alarmas, en la tabla 7 se listan los registros de alarmas más frecuentes y con el porcentaje de cada una de ellas al total, como se evidencia solamente el primer registro supera el máximo recomendado por la norma y en total las 10 primeras alarmas acumulan un 52.60% de aporte.

**Tabla 7** *Contribución de 10 alarmas más frecuentes al total de alarmas*

Nombre de alarma	Porcentaje
FGT_PIT_40906_01_Alm_Hi	16.55%
DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	11.90%
FGT_LIT_40904_01_Alm_Lo	7.91%
V40120A_LIT_40120AG_Alm_Hi	2.64%
GSB_LIT_40911A_Alm_Fail	2.50%
GSB_LIT_40911A_Alm_HiHi	2.50%
FGS_FD_40160B_Alm_Fail	2.35%
FS_PIT_40575A_Alm_Hi	2.13%
DS_LIT_40760CA_Alm_Lo	2.09%
FS_LIT_40566A_Alm_HiHi	2.05%

Nota: Elaboración Propia

### **Diagnóstico del estado actual del sistema de alarmas FTAE**

Se ha identificado las métricas de rendimiento acorde a lo recomendado por la ISA y su estándar 18.2; estas se resumen en la tabla 8, y se puede concluir que actualmente el sistema de alarmas de la central CPT no está siendo eficiente como tal y se requiere aplicar estrategias para mejorar y optimizar.

**Tabla 8** Diagnóstico del estado actual del sistema de alarmas FTAE

Indicador	Valor de FTAE	Valor aceptable	Cualificación
Alarmas por día	270	150	No cumple
Alarmas por hora	11	6	No cumple
Alarmas por 10 minutos	2	1	No cumple
% de horas que contengan más de 30 alarmas	7.08%	<1%	No cumple
% de periodos de 10 minutos que contengan más de 10 alarmas	3.29	<1%	No cumple
Máximo número de alarmas en un periodo de 10 minutos	45	<=10	No cumple
Contribución porcentual de las 10 alarmas más frecuentes	52.6%	1-5%	No cumple

Nota: Elaboración Propia

### **Racionalización de alarmas mediante el ajuste de configuración**

Como se muestra en la tabla 8, el rendimiento del servidor de alarmas y eventos no cumple con las métricas recomendadas por el estándar ISA 18.2, por tanto, se debe aplicar estrategias y acciones para eliminar o reducir alarmas innecesarias o redundantes, tales como:

*E1. Modificar límites de alarmas:* La activación innecesaria de alarmas puede ser debido a la mala configuración de umbrales o sets de alarmas, para lo cual se debe revisar valores de setpoints de alarmas y valores de bandas muertas, que pueden reducir la sensibilidad ante variaciones ocasionales y normales del proceso.

*E2. Implementar temporizadores, latencias o retardos:* Las fluctuaciones transitorias se pueden frenar con la implementación de temporizadores para la activación de alarmas. Establece un retardo de activación para que la alarma solo se dispare si la condición persiste por un período definido.

*E3. Combinar o suprimir alarmas relacionadas:* Agrupar o combinar alarmas que informen o notifiquen sobre un mismo evento para evitar sobrecarga de alarmas.

*E4. Usar alarmas de prioridad baja para eventos informativos o de control automático:* Existen alarmas que no requieren intervención del operador y se pueden clasificar como

eventos informativos en lugar de alarmas o como eventos que controlan de forma automática un equipo final de control

*E5. Eliminar alarmas duplicadas o redundantes:* Identificar duplicidad de alarmas que informan la misma condición.

*E6. Configurar rangos de operación normal:* Las alarmas no deben activarse dentro del rango normal de operación del proceso, para esto se configura los sets o niveles de operación y medición del sensor de campo.

Para la racionalización de las alarmas se analizará las más frecuentes y que aporten con más del uno por ciento al total de alarmas, las mismas que en conjunto representan el 54.6% del total son indicadas en la tabla 9, así mismo se indica la fuente o controlador y la función del instrumento que dispara esta alarma, mientras que en la tabla 10 se indica la estrategia a emplear en las diferentes alarmas.

**Tabla 9** Alarmas aportantes con más del 1% al total de alarmas

Nombre de alarma	Porcentaje	Controlador	Función
FGT_PIT_40906_01_Alm_Hi	16.55%	PLC-40905	Presión en acumulador de gas V-40906
DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	11.90%	PLC-40000	Nivel en tanque de sumidero T-40760A
FGT_LIT_40904_01_Alm_Lo	7.91%	PLC-40905	Nivel de condensado en acumulador de gas V-40904
V40120A_LIT_40120AG_Alm_Hi	2.64%	PLC-40100S	Nivel de crudo en separador V-40120 <sup>a</sup>
GSB_LIT_40911A_Alm_Fail	2.50%	PLC-40100S	Nivel de condensado en bota de gas V-40911A
GSB_LIT_40911A_Alm_HiHi	2.50%	PLC-40100S	Nivel de condensado en bota de gas V-40911A
FGS_FD_40160B_Alm_Fail	2.35%	PLC-T40001	Detector de fuego en separador trifásico V-40160
FS_PIT_40575A_Alm_Hi	2.13%	PLC-40575	Presión en línea de gas piloto para oxidador térmico TO-40575A
DS_LIT_40760CA_Alm_Lo	2.09%	PLC-40000	Nivel en tanque de sumidero T-40760C
FS_LIT_40566A_Alm_HiHi	2.05%	PLC-40100S	Nivel de agua en recipiente de sello líquido V-40565
FS_PIT_40570AA_Alm_Hi	2.00%	PLC-40570A	Presión en línea de gas piloto para oxidador térmico TO-40570
FGS_FD_40170A_Alm_Fail	1.80%	PLC-T40001	Detector de fuego en separador trifásico V-40170

DS_LIT_40760AA_Alm_Hi	1.79%	PLC-40000	Nivel en tanque de sumidero T-40760A
FS_LIT_40565_Alm_LoLo	1.29%	PLC-40575	Nivel de agua en recipiente de sello líquido V-40565
WST_LIT_40204B_Alm_LoLo	1.24%	PLC-40000	Nivel de crudo en tanque de desnatado T-40204
V51140_LIT_51140B_Alm_Lo	1.24%	PLC-T40001	Nivel de crudo en recipiente V-51140
UTL_PIT_40007_Alm_Hi	1.24%	PLC-T40001	Presión en línea de salida de agua de utilidades
FGS_FD_40445AA_Alm_Fail	1.06%	PLC-T40001	Detector de fuego en bombas de transferencia
V51140_LIT_51140B_Alm_Fail	1.01%	PLC-T40001	Nivel de crudo en recipiente V-51140

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 10** Estrategias para emplear en alarmas más frecuentes

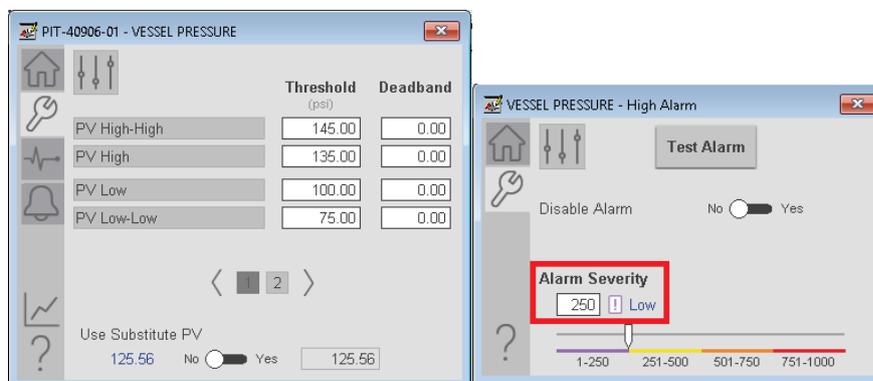
Nombre de alarma	Estrategia	Observación
FGT_PIT_40906_01_Alm_Hi	E4	Se configura severidad a 250
DS_LIT_40760AA_Alm_Lo	E4	Se configura severidad a 250
FGT_LIT_40904_01_Alm_Lo	E4	Se configura severidad a 250
V40120A_LIT_40120AG_Alm_Hi	E2	Se configura tiempo de retraso en 2 segundos
GSB_LIT_40911A_Alm_Fail	E2	Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
GSB_LIT_40911A_Alm_HiHi	E2	Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
FGS_FD_40160B_Alm_Fail	E2	Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
FS_PIT_40575A_Alm_Hi	E1,E6	Se configura umbral en 1 psi Se configura tiempo de retraso en 2 segundos
DS_LIT_40760CA_Alm_Lo	E4	Se configura severidad a 250
FS_LIT_40566A_Alm_HiHi	E1, E2	Se configura umbral en 1 inch Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
FS_PIT_40570AA_Alm_Hi	E1,E6	Se configura umbral en 1 psi Se configura tiempo de retraso en 2 segundos
FGS_FD_40170A_Alm_Fail	E2	Se configura tiempo de retraso en 5 segundos

DS_LIT_40760AA_Alm_Hi	E4	Se configura severidad a 250
FS_LIT_40565_Alm_LoLo	E1, E2	Se configura umbral en 1 inch Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
WST_LIT_40204B_Alm_LoLo	E4	Se configura severidad a 250
V51140_LIT_51140B_Alm_Lo	E1, E2	Se configura umbral en 1 inch Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
UTL_PIT_40007_Alm_Hi	E4	Se configura severidad a 250
FGS_FD_40445AA_Alm_Fail	E2	Se configura tiempo de retraso en 5 segundos
V51140_LIT_51140B_Alm_Fail	E1, E2	Se configura umbral en 1 inch Se configura tiempo de retraso en 5 segundos

Nota: Elaboración Propia

En la figura 21 se puede observar la nueva configuración del objeto embebido que controla el transmisor PIT-40906-01 y sus alarmas de acuerdo con las estrategias que se listan en la tabla 10; se cambia la severidad de esta alarma puesto que ejecuta de forma automática el cambio de modo de control de una válvula de recirculación.

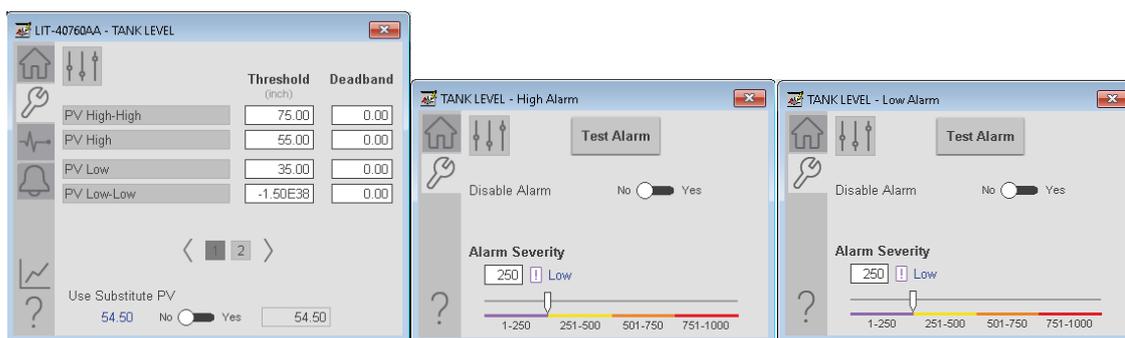
**Figura 21** Configuración nueva de objeto PIT-40906-01



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPax del bloque 43

En la figura 22 se observa la configuración del objeto embebido LIT-40760AA aplicado las estrategias de racionalización de alarmas; se cambia la severidad de esta alarma puesto que los sets de bajo y alto nivel controlan de forma automática las bombas que evacúan los drenajes del tanque T-40760A.

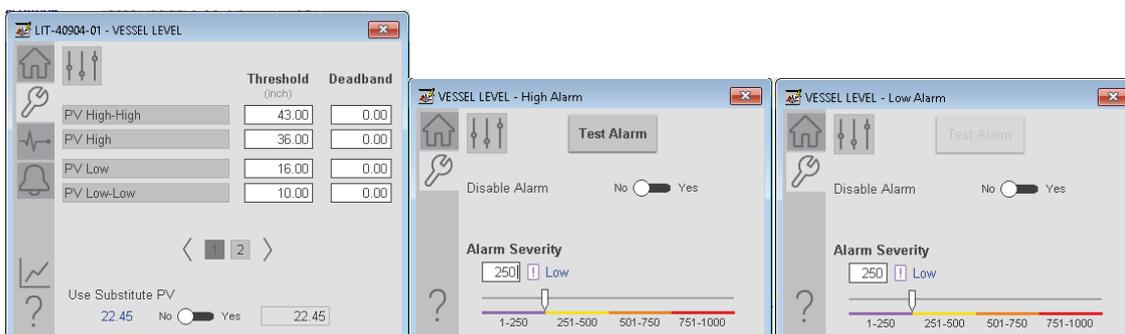
**Figura 22** Configuración antigua de objeto LIT-40760AA



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPAx del bloque 43

En la figura 23 se puede observar la nueva configuración del objeto embebido que controla el transmisor LIT-40904-01 de acuerdo con las estrategias que se listan en la tabla 10; se cambia la severidad de esta alarma puesto que ejecuta de forma automática la apertura/cierre de una válvula de control para evacuación de condensados del recipiente V-40904.

**Figura 23** Configuración nueva de objeto LIT-40904-01



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPAx del bloque 43

En la figura 24 se observa la configuración del objeto embebido LIT-40120AG aplicado las estrategias de racionalización de alarmas; se configura un tiempo de retraso o delay de 2 segundos, puesto que puede haber fluctuaciones del líquido dentro del recipiente.

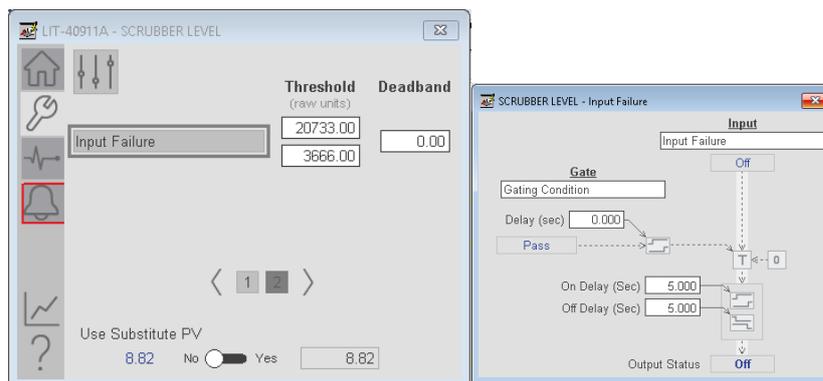
**Figura 24** Configuración nueva de objeto LIT-40120AG



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPax del bloque 43

En la figura 25 se puede observar la nueva configuración del objeto embebido que controla el transmisor LIT-40911A de acuerdo con las estrategias que se listan en la tabla 10; se configura un tiempo de retraso para activación de alarmas de 5 segundos debido a fluctuaciones en el condensado dentro de la bota de gas.

**Figura 25** Configuración nueva de objeto LIT-40911A



Nota: Obtenido del Sistema DCS PlantPax del bloque 43

De igual forma para todas las alarmas listadas en la tabla 10 se aplica las estrategias asociadas en el sistema de control distribuido DCS PlantPax.

### **Clasificación de alarmas de acuerdo con la criticidad**

La clasificación de alarmas genérica realizada durante la fase de desarrollo y puesta en marcha del sistema de control distribuido PlantPax en el Bloque 43 tiene implicaciones importantes que deben revisarse para garantizar una gestión eficaz y alineada con los estándares como la ISA 18.2. Al no haberse analizado de forma detallada la criticidad e impacto, puede ocasionar problemas operativos como: exceso de alarmas para los

operadores, pérdida de atención al sistema de alarmas, pérdida de eventos de advertencia de riesgos potenciales, etc.

Por ende, es importante realizar una reclasificación adecuada para optimizar el sistema de alarmas del PlantPax en el Bloque 43 considerando la criticidad de los eventos y su impacto en la seguridad, el medio ambiente, y el proceso.

*Clasificación de Alarmas:* Asignar categorías, severidad y prioridad a las alarmas.

- Urgente (Nivel 1): Alarmas que requieren acción inmediata para evitar consecuencias graves (ej. niveles muy altos en recipientes, presiones muy altas en líneas, vibraciones muy altas en equipos).
- Altas (Nivel 2): Alarmas que requieren atención en un plazo definido para evitar problemas mayores (ej. niveles altos en recipientes, presiones altas en líneas).
- Mediana (Nivel 3): Alarmas que afectan la operación, pero no son críticas (ej. fallas de sensores, fallas de comunicación modbus).
- Baja (Nivel 4): Alarmas que ejecutan control automático de equipos finales de control (ej. niveles para arranque/parada automático de bombas).

Con esta premisa de clasificación de alarmas, con la información listada en la tabla 3 de principales controladores de CPT y con la información de las alarmas de los principales objetos embebidos de PlantPax de la tabla 5, se procede a realizar una reclasificación de severidades dependiendo del sistema, la misma que se indica en la tabla 11.

**Tabla 11** Configuración de severidades para reclasificación de alarmas por sistema

Objeto Embebido	Función	Alarmas	Severidad
		Fail	700
		Low Low	250
P_Ain – Entrada Analógica	Control	Low	150
		High	150
		High High	250
P_Ain – Entrada Analógica	Seguridad	Fail	900

		Low Low	1000
		Low	750
		High	750
		High High	1000
P_Din – Entrada Digital	Control	Target Disagree	250
		I/O Fault	700
P_Din – Entrada Digital	Seguridad	Target Disagree	1000
		I/O Fault	900
P_Motor – Motor	Control	Fail to start	850
		Fail to stop	500
		Interlock trip	750
		I/O Fault	900
P_Valve SO – Válvula de seguridad	Seguridad	Full Stall	600
		Transit Stall	850
		Interlock trip	750
		I/O Fault	900

Nota: Elaboración Propia

### Post evaluación del sistema de alarmas FTAE

Una vez aplicado las estrategias de racionalización y la nueva clasificación de severidad de alarmas, se ha desarrollado un nuevo monitoreo en un periodo de 7 días identificando nuevamente las métricas de rendimiento; estas se resumen en la tabla 12.

**Tabla 12** Diagnóstico del estado actual del sistema de alarmas FTAE

Indicador	Valor de FTAE	Valor aceptable	Cualificación
Alarmas por día	148	150	Cumple
Alarmas por hora	6	6	Cumple

Alarmas por 10 minutos	1	1	Cumple
% de horas que contengan más de 30 alarmas	1%	<=1%	Cumple
% de periodos de 10 minutos que contengan más de 10 alarmas	1%	<=1%	Cumple
Máximo número de alarmas en un periodo de 10 minutos	10	<=10	Cumple
Contribución porcentual de las 10 alarmas más frecuentes	2%	1-5%	Cumple

Nota: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- Gestión eficiente de alarmas críticas: La implementación de los lineamientos de la Norma ISA 18.2 mejoró la clasificación y priorización de las alarmas en el servidor FactoryTalk Alarms and Events (FTAE) del sistema PlantPAx. Esto permitió a los operadores responder con mayor rapidez y precisión a eventos críticos en la Central de Procesos Tiputini, reduciendo riesgos operativos y de seguridad.
- Reducción significativa de alarmas innecesarias: El diagnóstico inicial identificó un exceso de alarmas de baja prioridad y repetitivas. Mediante estrategias como la racionalización y la reclasificación, se disminuye este exceso de alarmas presentadas a los operadores.
- Cumplimiento de indicadores de rendimiento: Posterior a la implementación de estrategias de jerarquización y reclasificación, el sistema de alarmas de la central de procesos CPT cumplió con los indicadores de rendimiento que recomienda la norma ISA 18.2.
- Impacto de mejora en la respuesta operativa: La reducción del número de alarmas y la mejora en su priorización aumentaron la respuesta ante eventos operativos; lo cual ayudará a futuro a reducir tiempos de parada y por ende pérdidas de producción.

## REFERENCIAS

- Honeywell Process Solutions, & Saudi Aramco. (2015). *Optimización de la gestión de alarmas en la refinería de Saudi Aramco utilizando el sistema de control Experion PKS y aplicando la Norma ISA 18.2.*
- International Society of Automation. (2016). *ANSI-ISA 18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries.*
- Itaipu Binacional, & Schneider Electric. (2016). *Optimización del sistema de alarmas en la planta hidroeléctrica de Itaipu utilizando el sistema de automatización Modicon y aplicando la Norma ISA 18.2.* ISA Power Industry Symposium, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Lyons W. C., P. G. J. (Ed.). (2005). *Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering* (Segunda).
- Rockwell Automation. (2016). *Manual de Referencia de Sistema de control distribuido PlantPAx.*
- Rockwell Automation. (2018). *FactoryTalk Site Edition User's Guide.*
- Rockwell Automation. (2019). *PlantPAx Distributed Control System Infrastructure Configuration User Manual.*