

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

# **Metodología para implementar Gestión de Alarmas en aplicaciones con Movicon**

**Autor: Alejandro Téllez Ramírez**

**Tutor: Dr. Roberto Luis Ballesteros Horta**

**Santa Clara**

**2015**

**“Año 56 de la Revolución”**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

# **Metodología para implementar Gestión de Alarmas en aplicaciones con Movicon**

**Autor: Alejandro Téllez Ramírez**

Email: [atellez@uclv.edu.cu](mailto:atellez@uclv.edu.cu)

**Tutor: Roberto Ballester Horta**

Dpto. de Automática, Facultad de Ing. Eléctrica, UCLV

Email: [rball@uclv.edu.cu](mailto:rball@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2015**

**“Año 56 de la Revolución”**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## PENSAMIENTO

*“Lo que cuenta en la vida no es el mero hecho de haber vivido. Son los cambios que hemos provocado en la vida de los demás lo que determina el significado de la nuestra”.*

*Nelson Mandela*

## DEDICATORIA

*“A mis padres por estar a mi lado cada día, por darme fuerza de voluntad para alcanzar metas superiores, por ser pacientes conmigo y por su amor incondicional”*

## AGRADECIMIENTOS

A mis Padres que han sido mi apoyo incondicional a lo largo de estos cinco años.

A mi tutor Roberto Luis Ballesteros, por su constante dedicación y preocupación por la realización de cada tarea, por constituir un apoyo fundamental en el enfrentamiento de este gran reto.

A mis compañeros de aula por su amistad y los buenos momentos que pasamos juntos.

A todos los buenos profesores que a lo largo de estos 5 años contribuyeron su esfuerzo y dedicación a mi formación como profesional.

A todos los familiares que me ayudaron y me apoyaron en mi formación como profesional.

A todas aquellas personas que de una forma u otra se mostraron interesadas por la realización del trabajo.

A todos, muchas gracias...

## RESUMEN

El software Movicon es una de las herramientas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) más difundida en Cuba. La necesidad de impulsar el trabajo con ella e implementar gestión de alarmas por la importancia que ocupan en planos productivos constituyen los pilares bases para el desarrollo de este trabajo.

En el presente documento, se plantea una metodología para implementar gestión de alarmas. Con esta se contribuye a incrementar las posibilidades del software para establecer diferentes tipos de alarmas asociadas a las variables así como el tiempo empleado por cualquier usuario en desarrollar un sistema capaz de administrar alarmas de forma eficiente. Para ello se acude a criterio experto con el fin de desarrollar gestión de alarmas, métodos de implementación que abarcan desde la configuración de las alarmas hasta la visualización de las mismas, así como el diseño de script a través de códigos de programación en VBA (*Visual Basic for Applications*), los cuales facilitan los pasos de implementación de alarmas en el software.

La propuesta de la metodología se evalúa a través de un ejemplo tomado de un proceso simulado en un SCADA. En el que se evalúan los resultados obtenidos y se confirma la factibilidad y aplicabilidad de la estrategia diseñada a cualquier proceso desarrollado en esta plataforma de SCADA/HMI.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	1
Organización del informe .....	4
CAPÍTULO 1.    Gestión de alarmas en SCADA .....	5
1.1    Supervisión.....	5
1.1.1    Supervisión: conceptos y beneficios.....	6
1.1.2    Automatización en la supervisión.....	7
1.1.3    Etapas en la supervisión.....	7
1.1.4    Monitorización.....	8
1.2    Supervisión en la industria actual .....	8
1.2.1    Funciones principales de los sistemas SCADA.....	9
1.2.2    Módulos comunes en los entornos de desarrollo SCADA .....	10
1.2.3    Desarrollo de aplicaciones en SCADA.....	10
1.3    Entornos de SCADA.....	11
1.3.1    Software Movicon.....	11

1.4	Gestión de alarmas .....	14
1.4.1	Conceptualización: gestión de alarmas .....	15
1.4.2	Gestión de alarmas en industrias de procesos.....	15
1.4.3	Sistemas de gestión de alarma .....	16
1.4.4	Avalanchas de alarmas.....	16
1.4.5	Diagnóstico de fallos .....	18
1.5	Sistemas de supervisión experta.....	18
1.5.1	Inteligencia artificial .....	19
1.5.2	Componentes de supervisión experta .....	20
1.5.3	Representación del conocimiento mediante lógica.....	21
1.6	Aplicaciones de gestión de alarmas en SCADA .....	21
1.6.1	Aplicaciones en la industria nacional .....	21
1.6.2	Aplicaciones en el ámbito internacional .....	22
1.7	Consideraciones finales del capítulo .....	24
CAPÍTULO 2. Gestión de alarmas en Movicon .....		26
2.1	Caracterización del software Movicon.....	26
2.2	Posibilidades del Movicon para implementar sistemas de alarmas .....	27
2.2.1	Configuración de alarmas con Movicon .....	28
2.2.2	Alarmas complejas.....	31
2.2.3	Notificación de alarmas .....	32
2.2.4	Visualización de alarmas .....	34
2.3	Consulta al criterio especializado.....	36
2.4	Aplicación para la Gestión de alarmas.....	37
2.4.1	Herramientas de Movicon para el desarrollo de scripts.....	38

2.4.2	Estrategias para la gestión de alarmas .....	40
2.5	Metodología para la gestión de alarmas .....	44
2.6	Consideraciones finales del capítulo .....	45
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE GESTIÓN DE ALARMAS EN MOVICON .....		46
3.1	Sistema supervisorio en la concentración de guarapo de azúcar .....	46
3.1.1	Características del proceso.....	46
3.1.2	Análisis del Sistema de Alarma implementado inicialmente .....	48
3.2	Aplicación de la metodología.....	49
3.2.1	Consulta al criterio especializado .....	49
3.2.2	Creación de las bases del conocimiento .....	51
3.2.3	Representación de las bases del conocimiento .....	52
3.2.4	Configuración de alarmas del proceso.....	53
3.2.5	Visualización de alarmas .....	55
3.2.6	Gestión de alarmas.....	58
3.3	Valoraciones económicas.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		61
Conclusiones .....		61
Recomendaciones .....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		63
ANEXOS .....		66
Anexo I	Módulos comunes en los entornos de desarrollo SCADA .....	66
Anexo II	Características principales de los SCADA.....	67
Anexo III	Etapas del ciclo de vida de la gestión de alarmas .....	68
Anexo IV	Listas, tablas y árboles de decisión .....	70

Anexo V	Representación del conocimiento mediante lógica difusa .....	72
Anexo VI	Asociar variable con alarmas .....	73
Anexo VII	Diseño de variables complejas por el método 1 .....	74
Anexo VIII	Diseño de variables complejas por el método 2 .....	76
Anexo IX	Notificar texto desde la tabla de <i>string</i> .....	77
Anexo X	Botón para filtrar por área la ventana de alarmas .....	78
Anexo XI	Selección de expertos .....	79
Anexo XII	Método Delphi .....	80
Anexo XIII	Análisis de la concordancia en la valoración de aspectos .....	82
Anexo XIV	Script como recurso .....	83
Anexo XV	Ejecución de <i>scripts</i> .....	84
Anexo XVI	Acceso a las funciones de la biblioteca de Movicon .....	86
Anexo XVII	Crear script sobre evento variable .....	87
Anexo XVIII	Creación de base de datos.....	89
Anexo XIX	Base de conocimiento en el ambiente práctico.....	90
Anexo XX	Variables a seguir durante el proceso .....	92

## INTRODUCCIÓN

La gestión de alarmas, hoy en día desempeña un papel importante en la planificación de la seguridad. Esta constituye un proceso por el cual las alarmas son diseñadas, monitorizadas y gestionadas para asegurar operaciones más confiables y seguras. El objetivo de su explotación es mejorar la calidad de actuación del operario sobre la tasa de alarmas durante la operación normal y situaciones excepcionales; así como perfeccionar su desempeño en el instante de establecer la prioridad de las alarmas y el trato con los problemas vinculados al mantenimiento y la operación/control.

Fue a principios de los noventa cuando tras una serie de accidentes industriales, se exaltó la importancia que juega la gestión de alarmas en todas las esferas sociales. Se puso en evidencia la necesidad de apropiados sistemas para la administración de alarmas dado que la mayoría de los accidentes se produjeron por negligencias en los sistemas de alarmas y respuesta de los operarios.

Uno de los incidentes recordados lo constituye la central nuclear de *Three Mile Island*. Donde, una serie de fallos y errores operacionales dieron como resultado una fuga de material radioactivo a la atmósfera. Se encontró que las alarmas no estaban definidas correctamente como resultado de la falta de comprensión del propósito de las alarmas y la consideración de su importancia. Las alarmas que se activaron durante este incidente fueron inefectivas debido a su diseño; unas alarmas bien diseñadas podrían haber marcado la diferencia (Quirós, 2004).

Por otro lado también está el caso de la refinería Texaco en Milford Haven. Las inestabilidades y perturbaciones causadas en la planta por una fuerte tormenta eléctrica, dieron lugar a una combinación de fallos en los equipos, el sistema de control y la gestión, que terminaron cinco horas más tarde con una importante explosión. Como consecuencia 26 personas resultaron heridas y se produjeron daños por valor de 48 millones de libras esterlinas. La investigación realizada concluyó que los factores claves que contribuyeron a incapacitar la refinería para reconocer y contener los acontecimientos sucedidos fueron: la generación de demasiadas alarmas que además estaban mal priorizadas y que los

operadores tuvieron que reconocer y actuar sobre 275 alarmas en los 11 minutos previos a la explotación (Quirós, 2004).

Estos y otros incidentes similares dieron lugar a que asociaciones como: EEMUA (*Engineering Equipment and Materials Users' Association*), ISA (*International Society of Automation*) o IEC (*International Electrotechnical Commission*), empezasen a publicar los primeros textos específicos de referencia para afrontar y resolver estos problemas.

En 1999, EEMUA publicó en el Reino Unido junto con el gobierno británico la EEMUA 191 “*Alarm systems - A guide to design, management and procurement*” (Rothenberg, 2009). Esta guía provee una serie de pautas comprensibles para el diseño y gestión de sistemas de alarmas efectivos, dando lugar a sistemas más funcionales, seguros y eficientes en costes operativos.

Todavía hoy en día, y en condiciones de operación estables, a pesar de las disposiciones hechas, muchos sistemas generan más alarmas de las que el operador puede atender; con un crecimiento acelerado aún más en número y velocidad de aparición en situaciones de inestabilidad. Todo esto no sólo inutiliza el sistema de alarmas, sino que además lo convierte en un estorbo activo que merma la habilidad del operador para resolver la situación conflictiva.

La gestión de alarmas constituye una necesidad en el día a día industrial. Esta, emerge como arma para evitar catástrofes de cualquier índole. En la actualidad, no es irracional vincularlas o asociarlas con los sistemas de automatización. Todo lo contrario, es muy común encontrar artículos investigativos sobre administración de alarmas estrechamente relacionados con los sistemas SCADA.

En este contexto surge la necesidad de desarrollo de gestores de alarmas con SCADA. De esta relación se espera la eliminación de paradas innecesarias, predicción de la aparición de situaciones anómalas y actividad rápida y eficaz sobre situaciones desfavorables.

El sector industrial en Cuba, inmerso en toda una evolución tecnológica constante e interramal, demanda de los profesionales una elevada y amplia preparación. Les exige a sus profesionales una renovación constante de sus conocimientos para el desarrollo de software enfocados a la administración de alarmas. Demanda de los encargados, la búsqueda de

recursos a los que se pueda acceder como resultado de los daños infligidos por el bloqueo durante más de 40 años.

En Cuba, como consecuencia de la influencia de los EE.UU en las actividades económicas del país, se ha sentado las bases para trabajar con el software Movicon. Es un hecho la versatilidad del mismo y los dividendos que le aporta al país su explotación. Su costo es relativamente bajo en comparación con sus competidores más cercanos en términos de eficiencia; lo que condiciona su explotación en todo el territorio caribeño.

El software Movicon constituye una excelente herramienta en el uso de sistemas de SCADA, sin embargo no es usual la gestión de alarmas en su implementación. En la práctica no son aprovechadas todas las posibilidades que ofrece el software de Progea tales como: el filtraje de alarmas por áreas, el manejo de las prioridades, la notificación de alarmas, los análisis estadísticos que posibilita la confección del histórico, la comunicación con especialistas a través de *SMS (Short Message Service)* y correos electrónicos así como la orientación al operador ante situaciones críticas. Lo que se traduce en una desventaja el poco beneficio que se obtiene de las cualidades del software para el desarrollo de procesos industriales en todo el país.

El software Movicon constituye una herramienta de sistemas de SCADA para la visualización y control de variables en la mayoría de los procesos industriales. A pesar del amplio uso que presenta en Cuba, es notable la carencia de una metodología para realizar la gestión de alarmas en aplicaciones con Movicon, lo que representa el problema científico de la investigación, para el que se formuló la siguiente hipótesis: *Con la creación de un metodología para la gestión de alarmas en Movicon, se dotaría a la industria cubana de una herramienta comercial capaz de garantizar la seguridad y eficacia de los procesos productivos. Lo que representaría, en el aspecto económico una garantía para preservar las conquistas alcanzadas en cuanto a infraestructura e inversiones se refiere.*

Con la hipótesis planteada se trazó como objetivo principal de este Trabajo de Diploma:

Proponer una metodología para implementar gestión de alarmas en aplicaciones con Movicon que facilite a los diseñadores el proceso creativo y a los operadores su respuesta ante estados de emergencias.

Para lograr este objetivo general se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la bibliografía existente sobre gestión de alarmas y software SCADA.
- Valorar las diferentes posibilidades que posee el Movicon para implementar la gestión.
- Proponer una metodología para implementar aplicaciones de gestión de alarmas con Movicon.
- Validar la metodología propuesta con el desarrollo de una aplicación que aproveche las posibilidades del Movicon para la gestión de alarmas.
- Analizar los resultados obtenidos en el desarrollo del sistema supervisorio simulado.

### **Organización del informe**

La investigación incluye tres capítulos, además de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes. Los temas que se abordan en cada capítulo se encuentran estructurados de la forma siguiente:

**CAPÍTULO I:** En este capítulo se realiza una amplia revisión bibliográfica relacionada con sistemas SCADA y gestión de alarmas. Se presentan los principales conceptos y definiciones que se emplean en este trabajo.

**CAPÍTULO II:** Se analiza las herramientas necesitadas y las diferentes posibilidades que posee el Movicon para implementar gestión de alarmas. Se plantea una propuesta de una metodología de diseño que facilite el desarrollo de sistemas para administrar alarmas.

**CAPÍTULO III:** Se hace posible un análisis de la eficacia de la metodología propuesta. Los resultados son obtenidos mediante diferentes pruebas aplicadas a la simulación de un proceso realizado en Movicon.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones a las que se arribó tras el desarrollo de este trabajo, así como la bibliografía referenciada a lo largo del informe y los anexos relevantes.

## **CAPÍTULO 1. Gestión de alarmas en SCADA**

En este capítulo se hace un análisis de la bibliografía consultada. Se hace referencia a las principales definiciones de: sistemas de SCADA y gestión de alarmas, se aborda las características fundamentales según algunos de los autores más prestigiosos en el tema. Además, se hace una breve exposición de los entornos SCADA, así como de sus cualidades para lograr un eficiente manejo de alarmas.

### **1.1 Supervisión**

Las exigencias que actualmente se imponen a los procesos productivos en cuestión de rendimiento, calidad y flexibilidad hacen necesario introducir las nuevas tecnologías en el control y vigilancia de estos. Con este propósito, nace la idea de supervisar los procesos.

La incorporación de nuevas tecnologías en la industria permite la reducción del número de paradas innecesarias, la predicción de situaciones anómalas o la actuación rápida y eficaz de forma que se asegure la continuidad y uniformidad de la producción. Así, la supervisión de procesos se establece como forma de automatizar tareas con el fin de eliminar o reducir situaciones indeseadas.

La centralización y registro de datos es el primer paso en la implantación de un sistema de supervisión, y su simplicidad reside en la conectividad que ofrecen los actuales sistemas de control. Los sistemas de supervisión y control, generalmente reconocidos en la literatura científico-técnica por su acrónimo en inglés SCADA, han sido definidos por la ISA como “la tecnología que posibilita al usuario recoger datos de una o más instalaciones distantes y/o enviar instrucciones de control limitadas a estas instalaciones.”(Kruz, 2005) .

Estos constituyen los llamados software de monitorización y control que permiten el acceso a datos del proceso y cierta interacción entre el operario y el proceso. Estos sistemas SCADA han sustituido las salas de control por ordenadores o terminales de control, y los operativos pero estáticos y voluminosos sinópticos por pantallas configurables y animadas. Se conservan las representaciones gráficas en las que se sustituye el papel por representaciones en pantalla de datos almacenados en los discos duros. El objetivo principal: facilitar la tarea del operario encargado de la vigilancia del proceso y su seguimiento. La incorporación de dichos sistemas conlleva a que el número de medidas del proceso registradas aumente considerablemente y el operario deba hacerse cargo de su seguimiento. Por tanto el nuevo reto es dar mayor autonomía a estos sistemas de supervisión (Ver figura 1.1).

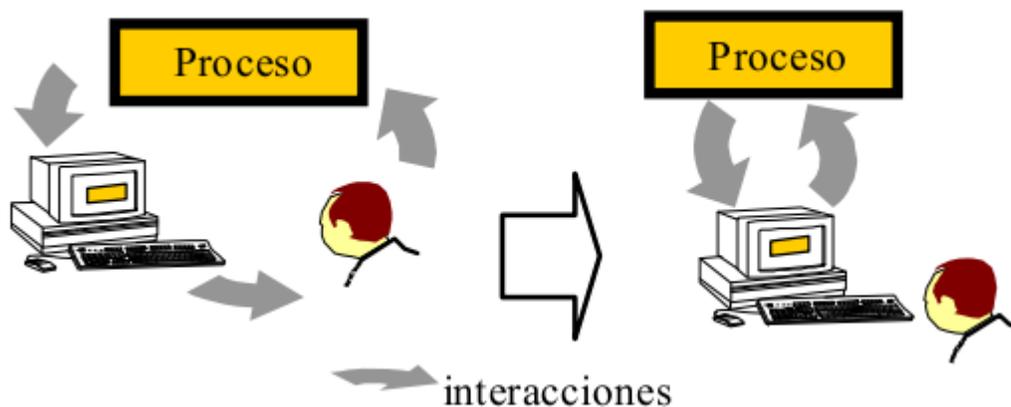


Figura 1.1. Monitorización y supervisión.

### 1.1.1 Supervisión: conceptos y beneficios

El conjunto de acciones desempeñadas con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del proceso incluso en situaciones anómalas es lo que se entiende como supervisión de un proceso (Sohlberg, 1998). De hecho, se puede afirmar que la supervisión está presente en cualquier proceso productivo y que se realiza a través de encargados y operarios especializados, que detectan la presencia de comportamientos anómalos y actúan en consecuencia con el ajuste de parámetros, el cambio de consignas y la activación de accionamientos para prevenir un mal superior o conservar la capacidad operativa del proceso.

El propósito de la supervisión es la automatización de estas tareas. Para ello se debe obtener provecho de toda información y conocimiento disponible sobre el proceso. La dificultad de tales sistemas reside en la diversidad de procesos existentes y las diferentes manifestaciones del conocimiento que sobre estos se dispone. Debido a esos y otros inconvenientes, hoy en día no es posible, todavía, cerrar el lazo que supone la supervisión sin incluir en él al operario humano.

### **1.1.2 Automatización en la supervisión**

De acuerdo con la definición que aparece en la normativa S88 de la ISA, un proceso es una secuencia, u orden definido, de actividades químicas, físicas o biológicas que se llevan a cabo para la conversión, transporte o almacenamiento de material o energía.

La automatización, entonces, se establece como estrategia para dar prioridad a partir de la ejecución automática de tareas y regulación de variables en el seguimiento las consignas impuestas. El objetivo de la supervisión es asegurar este orden aún cuando haya desviaciones no previstas en la automatización. Por este motivo se establece la supervisión en un nivel jerárquicamente superior a la automatización y con una tarea clara de vigilancia (Montero et al., 2004).

Tan importante es detectar con rapidez una situación anómala, como saber el porqué de dicha situación y obrar en consecuencia para que no vuelva a suceder. En este sentido, los sistemas de supervisión serán imprescindibles para la automatización de tareas en la implantación de planes de calidad. Para ello, el sistema de supervisión sacará provecho del conocimiento previo disponible sobre el funcionamiento del proceso.

### **1.1.3 Etapas en la supervisión**

La implementación de un sistema de supervisión supone recorrer tres etapas fundamentales: detección de fallos, diagnóstico de estos y finalmente la reconfiguración del sistema, que debe permitir la continuidad de operación en correspondencia con las especificaciones fijadas (Patton et al., 1989).

El objetivo de la detección de fallos, es el de obtener indicios de situaciones anómalas que puedan llevar al proceso a una situación de fallo y clasificarlas como tales. Esta tarea consiste básicamente en la obtención de indicadores de fallo y la evaluación de los mismos

seguidos de un proceso de decisión. Se fundamenta, por tanto, en el conocimiento sobre el funcionamiento del proceso y la utilización de este de forma automática y sistemática para decidir sobre el correcto o incorrecto funcionamiento del proceso de forma continua.

Los diversos métodos y técnicas utilizados para detectar las situaciones de mal funcionamiento pueden clasificarse de acuerdo con la naturaleza del conocimiento disponible sobre el proceso. Estos se pudieran clasificar en:

- Detección basada en métodos analíticos: Utiliza solamente herramientas matemáticas o analíticas para realizar sus funciones.
- Detección basada en conocimiento: Incluye herramientas de la Inteligencia Artificial (IA).

El diagnóstico de fallos sigue a la detección de fallos con el propósito de averiguar las causas primarias de la situación anómala. Este consiste en un procedimiento deductivo que lleva al origen del fallo (Patton et al., 1989).

Finalmente, como etapa final en la supervisión hace su aparición la reconfiguración o propuesta de acciones. Esta consiste en las acciones a realizar para mantener el proceso operativo.

#### **1.1.4 Monitorización**

En términos industriales, se entiende por monitorización al mecanismo capaz de alertar acerca del buen o mal funcionamiento a la vez que establece criterios de ajuste y cambio dentro del proceso. En otras palabras, es definido como un sistema que se encarga de seguir el proceso y la evolución de forma continua del producto. Con el propósito de diferenciar dichos sistemas de otros más avanzados se incorporan facilidades de decisión y diagnóstico (Sohlberg, 1998). Para ello se recurre normalmente a la utilización de métodos estadísticos y herramientas de la IA que permiten la utilización de conocimiento y experiencias de forma automática.

### **1.2 Supervisión en la industria actual**

En la industria actual han proliferado los llamados sistemas SCADA como sistemas de supervisión. Como su nombre indica dichos sistemas se atribuyen las funcionalidades de

centralización o adquisición de datos, control y supervisión. Entonces se puede decir, que representan el estado actual de esta disciplina en los entornos industriales.

Según (Quirós, 2004) un SCADA es un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o “master”, generalmente llamada estación maestra; una o más unidades de control que obtiene datos de campo, llamadas estaciones remotas y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorizar y controlar remotamente dispositivos de campo (Hernández Cevallos et al., 2011).

Un SCADA representa una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre computadores en el control de producción. Controlan el proceso de forma automática desde una computadora y envían la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores de mayor nivel (Cancino, 2011). Estos sistemas mejoran la eficacia del proceso de monitorización y control y proporcionan información oportuna en la toma de decisiones operacionales.

### **1.2.1 Funciones principales de los sistemas SCADA**

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes (Cancino, 2011):

- ✓ Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- ✓ Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos. Por ejemplo, abrir válvulas, activar interruptores o motores, de manera automática o manual. Es posible ajustar parámetros, valores de referencia o algoritmos de control.
- ✓ Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema. Esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores y de otros puntos de referencia, de las que resulta una información confiable y veraz.
- ✓ Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes animadas que representan el comportamiento del proceso, en las que se aprecia la impresión

de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

- ✓ Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- ✓ Representación de señales de alarmas: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- ✓ Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- ✓ Programación de eventos: Está referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas y activación de tareas automáticas.

### **1.2.2 Módulos comunes en los entornos de desarrollo SCADA**

En los entornos de desarrollo SCADA existen varios módulos ([Ver anexo I](#)) o aplicaciones que permiten desarrollar cada una de las funcionalidades anteriormente descritas y otras adicionales. Los módulos a incluir y su configuración en función de los requerimientos se establecen en una aplicación de configuración que está incluida en los entornos de desarrollo. Además, existe una segunda aplicación que se encarga de poner en ejecución los módulos configurados.

### **1.2.3 Desarrollo de aplicaciones en SCADA**

Es conveniente tener en cuenta que todos los softwares SCADA son programas que presentan un doble perfil de usuario. Por un lado, las ingenierías y departamentos de desarrollo, encargados del diseño y generación de aplicaciones SCADA a la medida de cada proceso; para lo se requiere una licencia de desarrollo. Por otro lado, los operarios y encargados del proceso llamados a ser los usuarios de las aplicaciones creadas por los primeros y para ello, necesita de licencia de *run-time*. Comercialmente, las licencias de desarrollo y de *run-time* tienen tratamientos diferenciados que dependen de la estrategia comercial de cada fabricante o proveedor.

A la hora de seleccionar un SCADA, uno de los aspectos claves es determinar cuál debe ser el sistema operativo sobre el que debe ejecutarse. La elección más habitual, en este momento, es decidirse por un entorno operativo Windows NT/2000, o Windows 95/98, tanto por la familiaridad que ofrece este entorno al usuario, como por el numeroso software existente y la economía que supone su adopción.

### **1.3 Entornos de SCADA.**

En los procesos de automatización industrial existe un gran número de aplicaciones diseñadas para la supervisión y control de procesos. Con la consideración de la gama de productos y servicios que se ofrecen, existen diversos tipos de proveedores/fabricantes de sistemas SCADA.

Unos son de ámbito internacional y se dedican a desarrollar y suministrar solamente soluciones SCADA con la correspondiente gama de módulos complementarios, entre ellos están: *Ci Technologies (Citect)*, *Iconics (Genesis)*, *Intellution (FIX)*, *National Instruments (Lookout, Bridge View)*, *Orsi (Cube)*, *PC Soft International (Wizcon)*, *USDATA (FactoryLink)*, y *Wonderware (InTouch)*, enfocados en el desarrollo para plataformas PC.

Otros son suministradores de PLC y controladores como GE Fanuc (*Cimplicity*), *Rockwell Software (RSView)* y Siemens (*WinCC*). Se trata de suministradores de soluciones completas de automatización y control con productos propios.

Finalmente, un tercer grupo corresponde a ingenierías que han desarrollado su propio entorno y lo ofrecen junto con el desarrollo y puesta en marcha. *Movicon*, propiedad de la compañía italiana *Progea*, es otro de los entornos de SCADA que se dedica a la producción de software para la automatización.

#### **1.3.1 Software Movicon**

*Movicon* (Monitorización, Visión y Control), fue diseñado originalmente para la utilización de las empresas dedicadas a la automatización y control de procesos y edificios inteligentes.

Después de varios años de utilización y constantes mejoras, es hoy una aplicación con un gran prestigio internacional y amplio uso. En gran medida porque ha sido capaz de

mantener los conceptos de simplicidad, potencia y sistema abierto. En la industria cubana lo comercializa la empresa COPEXTEL (Corzo, 2010).

Movicon ha desarrollado el concepto de la supervisión industrial, al introducir tecnologías extremadamente innovadoras y modernas para sistemas de automatización. Además de las herramientas para la rápida creación de aplicaciones de control y visualización, también introduce las últimas tecnologías que permiten integrar fácilmente la aplicación con el resto del mundo. Permite crear potentes y compactos sistemas de visualización de interfaz hombre-máquina. Convierte el panel de operador en una pequeña estación SCADA en la que se ofrece independencia del hardware, conectividad con los sistemas superiores de información, con un incremento en la potencia de la máquina (Pascual, 2009)

Un proyecto de Movicon por las características que presenta ([Ver anexo II](#)), ejerce como función la supervisión de los procesos productivos mediante páginas de video animadas denominadas ventanas sinópticas, o debe permitir la programación de comandos o *set-points* en el proceso a través de páginas de video denominadas ventanas de diálogo, junto a innumerables funciones para lograr una gestión de proceso completa y funcional en modo simple y seguro (Progea, 2012).

Movicon es una de las primeras aplicaciones que incursiona en el uso de OPC (OLE para el control de procesos) integrado. Para realizar la comunicación utiliza los estándares siguientes (Coca, 2007):

- ✓ Cliente y Servidor OPC
- ✓ OPC DA (*Data Access*)
- ✓ OPC AE (Alarmas & Eventos)

Los datos de un proyecto realizado en Movicon son llevados a una base de datos de variables “Base de Dato de Tiempo Real” (RTDB del inglés *Real Time Data Base*). La base de datos de variables puede ser importada o exportada a través de ODBC (*Open Data Base Connectivity*), colecciona todos los datos de los *drivers* y los distribuye a los recursos del proyecto. La base de datos de variables puede activar de forma directa los controles o alarmas. Esta base de datos permite la conexión a través de TCP/IP a estaciones remotas y

se conecta dinámicamente a bases de datos externos por medio de ODBC, o son disponibles a otras aplicaciones gracias a la funcionalidad del servidor OPC integrado (Morales, 2007).

La tecnología Movicon no se degrada en funcionamiento cuando se aumenta el número de variables porque ellos son mapeados directamente sin que se acceda a la base de datos durante el tiempo de ejecución. Así es como se pueden implementar proyectos con una gran cantidad de datos sin que afecte la eficiencia y funcionamiento del programa. En Movicon, existe la posibilidad de que las variables puedan mantener su estado, en el caso de que la PC donde se ejecute el SCADA haya sido desconectada. Las variables pueden ser de diferentes tipos tales como *bit*, *bytes*, *word*, *double*, *float* y *array* (Coca, 2007).

Cuenta con una biblioteca de símbolos y objetos capaces de crear casi cualquier ambiente gráfico, además posibilita insertar imágenes creadas con otros editores de imágenes como “*Paint*” o “*Photoshop*”. Los objetos y símbolos presentan una ventana de propiedades mediante la cual se programan las acciones que llevarán a cabo los mismos. Además, el software ofrece una interfaz a *Basic Script VBA*, la cual brinda al programador eventos, métodos, propiedades y la libertad de desarrollar sus propias ideas.

Movicon es capaz de soportar dos tipos de elementos: símbolos y objetos. Los símbolos se encuentran organizados por clases que son expandibles. Los objetos son elementos vectoriales que tienen una función específica y pueden ser configurados con funciones de estilo y control. También tiene un componente que implementa la interfaz gráfica para el diálogo con el operador del sistema. Este componente, que es una caja de diálogo, se usa para poder manipular los puntos de ajuste y adecuar los datos, selecciones y opciones (Crespo, 2014).

El editor de alarmas permite al usuario identificar las anomalías y extraer algunas sugerencias. Además, se registran las alarmas y eventos del sistema, así como los tiempos que estuvieron activados y los usuarios que activaron o reiniciaron las mismas. El *Data Logger* permite que: datos de producción, variables de procesos continuos y sean analizados, documentados y registrados por tiempo, evento o cambio de estado, dentro de la base de datos ODBC. Además, permite al usuario ver el comportamiento gráfico de los datos (*Trends*) y los reportes del proceso que son de gran importancia para el análisis de la productividad de la planta (Ambrose, 2004).

Movicon ofrece rasgos importantes que favorecen el desarrollo de los sistemas de automatización entre las que se destacan (Morales, 2007):

- **Sistema Abierto:** Se puede integrar el mismo proyecto en diferentes terminales de hardware. El mismo software puede permanecer a pesar de que el panel de operador cambie, con la posibilidad de escoger el producto que mejor se adapte a sus necesidades.
- **Flexibilidad:** Tiene la capacidad de integrar la información de la máquina con la planta o con un sistema a un nivel superior en la fábrica.
- **Potente:** Aumenta la calidad gráfica de la interfaz de operador (HMI), ya que puede considerarse un pequeño SCADA con el potencial integrado de una plataforma del mismo tipo de alto nivel.
- **Reducción de costos:** Hace posible utilizar un solo software de supervisión tanto para PC como para paneles táctiles, con considerables ahorros en términos de aprendizaje, formación del personal y de mantenimiento. Por su estructura abierta, también se pueden recortar gastos en los equipos, con la selección de aquellos que mejor encajen en las necesidades de la empresa.

#### **1.4 Gestión de alarmas**

A medida que las plantas industriales se hacen más grandes y complejas se requieren sistemas de alarmas cada vez más sofisticado para informar a los operadores de los posibles fallos. Con cientos de procesos diferentes en ejecución simultánea, los operadores pueden verse obligados a responder en cualquier momento a varias alarmas, incluso en condiciones normales. Si la gestión no es eficiente, hasta el operador más diligente puede pasar por alto una alarma, incluso es posible que se desactiven alarmas persistentes con consecuencias potencialmente catastróficas (Hollender and Beuthel, 2007).

Cuando un sistema de alarmas produce más alarmas de las que el operador puede procesar, este empieza a tener una visión tunelizada del proceso, una de las muchas causas de accidentes que se pueden encontrar en la industria. El operador concentra su atención en

aquella parte del proceso que puede atender, mientras que los accidentes ocurren por las otras variables que no logra contener (Queirolo, 2011).

La gestión de alarmas aparece como una de las acciones implementadas para obtener una herramienta capaz de auxiliar al operador en la prevención de daños ocasionados por los desvíos durante situaciones anormales.

#### **1.4.1 Conceptualización: gestión de alarmas**

La gestión de alarmas según (Queirolo, 2011) es un proceso por el cual las alarmas son diseñadas, monitorizadas y gestionadas para asegurar operaciones más confiables y seguras. El primer error es asumir que esta se basa en reducir alarmas. El objetivo consiste en mejorar la calidad al actuar sobre la tasa de alarmas durante la operación normal, y durante situaciones anormales.

La motivación para hacer gestión de alarmas se fundamenta en mejorar el ambiente de trabajo del operador, prevenir su sobrecarga, evitar paradas inesperadas, otorgarle mayor seguridad a la operación y garantizar de este modo la confiabilidad de la planta.

#### **1.4.2 Gestión de alarmas en industrias de procesos**

El término de gestión de alarmas se refiere a la parte que procesa y presenta las alarmas (Queirolo, 2011). Esta asume un papel importante en la planificación de la seguridad en las industrias como mecanismo para asegurar el correcto diseño e implementación de los sistemas de alarmas.

La gestión de alarmas es una práctica utilizada en la industria petrolífera y gasística y, en muchos casos, una obligación legal. En 1999, la asociación EEMUA publicó la guía EEMUA 191 (Rothenberg, 2009) para el diseño, gestión y suministro de sistemas de alarma. Desde entonces, el documento es, de hecho, el estándar mundial para la gestión de alarmas. Entre sus ideas básicas, el documento fija que toda alarma ha de ser útil y pertinente para el operador y que, desde una óptica realista, la cantidad de alarmas operativas normales que puede manejar a largo plazo un operador, en condiciones no cambiantes, está en torno a un período mínimo de duración. También establece que todas las alarmas deben tener respuestas previamente definidas por parte del operador (Hollender and Beuthel, 2007):

Las recomendaciones básicas para la gestión de alarmas son las siguientes:

- ✓ Medir índices de alarmas y otros indicadores básicos de funcionamiento de las mismas, y compararlos con las recomendaciones de EEMUA 191, o con valores de instalaciones de referencia.
- ✓ Identificar los casos más sencillos; a menudo se puede mejorar un sistema de alarmas con muy poco esfuerzo.
- ✓ Eliminar alarmas molestas. Esto podría incluir sintonizar lazos de control, sustituir sensores defectuosos y cambiar el estado de algunos indicadores de alarmas por el de eventos.
- ✓ Medir regularmente los indicadores de funcionamiento de las alarmas para garantizar que permanezcan en el área deseada fijada como objetivo.

Estos pasos se refieren a condiciones normales de operación. Una vez que están perfectamente bajo control, el paso siguiente es reducir el torrente de alarmas originadas cuando hay perturbaciones en los procesos (Crespo, 2014).

### **1.4.3 Sistemas de gestión de alarma**

Cuando se habla de administración de alarmas se entiende por ello a un proceso integrado por un conjunto de eslabones o engranes que permiten el correcto funcionamiento de un proceso. En la figura 1.3 se puede apreciar las etapas del ciclo de vida de la gestión de alarmas ([Ver anexo III](#)) según norma ANSI/ISA-18.2-2009, vigente desde el 23 de junio de 2009 (Escalona-Franco, 2011).

### **1.4.4 Avalanchas de alarmas**

La sobrecarga de información debida a la activación de un gran número de alarmas en un corto período de tiempo es un problema cada vez más común al que se enfrentan los operadores en la salas de control de plantas industriales. El problema radica en la concepción convencional del sistema de alarmas, ya que en estos se define a cada alarma como una entidad separada e independiente de la situación global que atraviesa la planta. Consecuencia directa de lo anterior es la generación de múltiples alarmas durante una perturbación significativa en el proceso, en el cual la mayoría de ellas son redundantes e irrelevantes, lo cual implica una carga extra al operador, quien pierde tiempo en actuar

mientras selecciona las alarmas importantes del conjunto que se le presenta y lo conduce a una actuación errónea (Crespo, 2014).

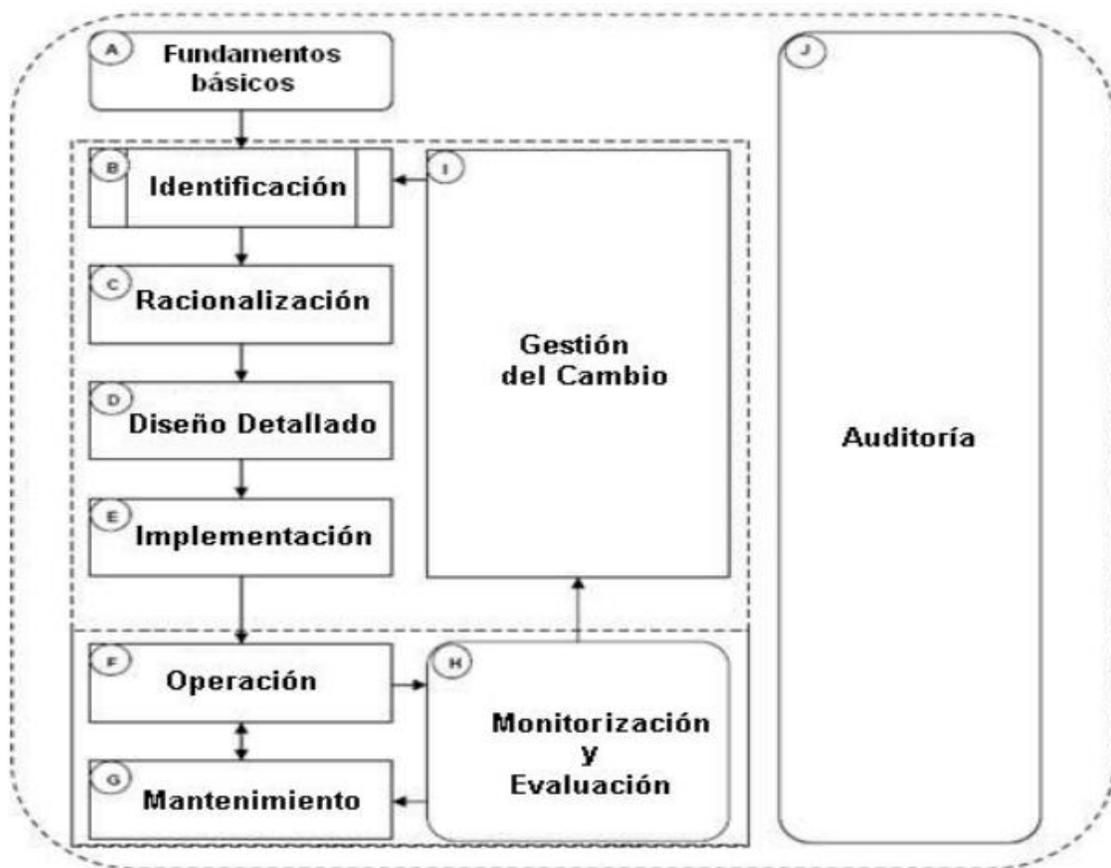


Figura 1.3. Ciclo de vida de la Gestión de alarmas

La redundancia de información presente en las alarmas consecuentes, la irrelevancia de una alarma con el modo de operación o con el estado de un subsistema de la planta, la selección inadecuada de límites de activación y la visualización de las mismas sin una estructura adecuada, forman una apreciable sobrecarga de trabajo al operador, quien debe realizar una secuencia de razonamientos para decidir a cual alarma prestarle atención (Crespo, 2014).

Entre las diferentes soluciones presentadas al problema de la avalancha de alarmas, se notan dos maneras diferentes: algunas la enfrenta de raíz en la etapa de generación sin permitir la activación de alarmas no significativas; otras introducen un filtro a las alarmas generadas de manera convencional para así discriminar a las irrelevantes y consecuentes antes de presentarlas al operador (Otazo, 2008).

### 1.4.5 Diagnóstico de fallos

La detección temprana y el diagnóstico de fallos permiten asistir al personal de operaciones en una planta industrial. Esta ayuda permite tomar las mejores acciones durante el estado real del proceso y evitar que los fallos incipientes escalen a situaciones críticas donde existe el riesgo de pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y pérdidas económicas. En esta etapa en el funcionamiento industrial no se puede ver separado de la IA como se verá en la siguiente sección.

Para la detección y el diagnóstico de fallos se describe la integración de tres técnicas (Salvador, 2012):

- El conocimiento experto del proceso en los fallos del mismo, formulado en términos de reglas, donde en los antecedentes tendremos los síntomas a validar y en los consecuentes las hipótesis de fallo.
- Un modelo tipo respuesta escalón que permita detectar perturbaciones en el proceso, para asociar las mismas a fallos de la planta.
- Una secuencia de alarmas de la planta, que si es identificada previamente y asociada a cada fallo en particular, permitirá detectar y diagnosticar los fallos de la planta.

## 1.5 Sistemas de supervisión experta

En el ámbito industrial se goza de un elevado nivel de automatización. A pesar de ello son necesarios la vigilancia y el seguimiento por parte de ojos expertos desde la sala de control. La experiencia y el *know how* sobre el proceso representan lo que en muchas ocasiones permiten detectar situaciones indeseadas y supervisar su origen. Por descontado, en presencia de tales situaciones siempre se recurre a la experiencia y conocimiento para obrar en consecuencia. Este conjunto de tareas, que pueden parecer rutinarias a los ojos del operario son los que confieren al supervisor la categoría de experto y son consecuencia de su aprendizaje, capacidad de razonamiento y deducción

Se puede decir que para desarrollar y llevar a cabo un sistema de supervisión experta deben ser resueltos varios problemas. Desde el punto de vista de la ingeniería del conocimiento a escala abstracta, estos problemas están relacionados principalmente con la adquisición,

representación y procesado del conocimiento en diferentes aspectos. Estos temas lo constituyen la comunicación HMI, la comprobación teórica de la consistencia, integridad y exactitud del conocimiento; así como su validación práctica en casos de prueba y la mejora permanente de la calidad del sistema desarrollado y adaptación a ambientes cambiantes.

A diferencia de los métodos analíticos, los basados en conocimiento utilizan herramientas de la IA ya sea en los modelos utilizados o en la evaluación de las señales. Estos métodos son los más indicados cuando no es posible disponer de un modelo analítico completo y preciso del proceso supervisado. Entonces debe recurrirse a la representación del conocimiento.

Esta sección está dedicada a describir brevemente algunas de los elementos más populares de la IA. Estas pueden integrarse a los entornos de monitorización para configurar, junto con las herramientas propias de estos, lo que se conoce como un entorno de supervisión experta.

### **1.5.1 Inteligencia artificial**

Los sistemas expertos son programas de computación que se derivan de una rama de la investigación informática llamada IA (Stock, 1988). El objetivo científico es entender la inteligencia. Está referida a los conceptos y a los métodos de inferencia simbólica, o de razonamiento por computadora, y cómo el conocimiento usado para hacer esas inferencias se representa dentro de la máquina.

El término inteligencia cubre muchas habilidades conocidas, incluye la capacidad de solucionar problemas, de aprender y de entender lenguajes. La mayoría de los esfuerzos en la IA se han hecho en el área de solucionar los problemas, los conceptos y los métodos para construir los programas que razonan acerca de los problemas y que luego calculan una solución (King, 1999).

Los programas de IA que logran la capacidad experta de solucionar problemas con el uso de las tareas específicas del conocimiento se llaman sistemas basado en conocimiento o sistemas expertos (Badiru, 1992). A menudo, el término sistemas expertos se reserva para los programas que contienen el conocimiento usado por los humanos expertos, en contraste al conocimiento recolectado por los libros de textos. Los términos, sistemas expertos (ES) y

sistemas basados en conocimiento (KBS), se utilizan como sinónimos. Tomados juntos representan el tipo más extenso de aplicación de IA.

La construcción de un sistema experto se llama ingeniería del conocimiento y sus médicos son los ingenieros del conocimiento. El ingeniero del conocimiento debe cerciorarse de que el ordenador tenga todo el conocimiento necesario para solucionar un problema. También debe elegir una o más formas de representar el conocimiento requerido en la memoria del ordenador, es decir, él debe elegir una representación del conocimiento. Él debe también asegurarse de que la computadora pueda utilizar eficientemente el conocimiento, con la asistencia de un conjunto de métodos de razonamiento (Badiru, 1992).

### **1.5.2 Componentes de supervisión experta**

Cada sistema experto consiste de dos partes principales: la base del conocimiento y el razonamiento, o motor de inferencia (Feigenbaum et al., 1994). La base del conocimiento de los sistemas expertos contiene el conocimiento efectivo y heurístico. El conocimiento efectivo es el conocimiento del dominio de la tarea que se comparte ampliamente, encontrado típicamente en libros de textos (Efstathiou, 1987).

Por otro lado el conocimiento heurístico es el conocimiento menos riguroso, más experimental, más crítico del funcionamiento. Es el conocimiento de la buena práctica, del buen juicio y del razonamiento admisible en el campo. Es el conocimiento que es la base del "arte de buen inferir" (Feigenbaum et al., 1994).

La base de conocimiento que una persona experta utiliza es lo que él aprendió en la escuela, de colegas y a partir de años de la experiencia. Probablemente cuanto más experiencia tiene, más grande es su conocimiento almacenado. El conocimiento le permite interpretar la información en su base de datos y lo ayuda en diagnósticos, diseño y análisis.

Aunque un sistema experto consiste fundamentalmente en una base de conocimiento y un motor de inferencia, un par de otras características vale la pena mencionar: razonamiento con incertidumbre, y la explicación de la línea del razonamiento.

El componente más importante de cualquier sistema experto es el conocimiento. El poder de los sistemas expertos reside en la alta calidad específica del conocimiento que contienen acerca del dominio de la tarea. Los investigadores de IA continúan la investigación y el

desarrollo de los métodos actuales de representación y de razonamiento del conocimiento. Pero en el conocimiento reside el poder.

### **1.5.3 Representación del conocimiento mediante lógica**

La representación del conocimiento formaliza y ordena el conocimiento. Una representación ampliamente usada es la regla de producción, o simplemente regla. Una regla consiste en: una parte SI, y otra parte ENTONCES, también llamada como una condición y una acción. Las listas de partes SI son un conjunto de condiciones en una cierta combinación lógica. La porción del conocimiento representado por la regla es relevante a la línea del razonamiento que es convertido si la parte SI de la regla está satisfecha; por lo tanto, la parte ENTONCES puede ser concluida, o su acción de solucionar el problema ser tomada (Efstathiou, 1987).

Para llevar a cabo la representación del conocimiento existen diferentes estrategias. Estas pueden ser llevadas a cabo por medio de las listas, tablas o árboles de decisión ([Ver anexo IV](#)). Pero estas no son las únicas. Existen métodos de representación muchos más complejos como es el caso de representativos de lógica difusa ([Ver anexo V](#)).

## **1.6 Aplicaciones de gestión de alarmas en SCADA**

### **1.6.1 Aplicaciones en la industria nacional**

En la industria cubana los SCADA se han insertado con diferentes niveles de complejidad en las distintas esferas productivas. Todo con el propósito de aumentar la calidad de la producción y humanizar el trabajo de hombre. A continuación se muestra una relación de algunos centros donde se tiene conocimiento de instalación de algún SCADA con una breve explicación de la complejidad del mismo:

*Terminal 3 del aeropuerto José Martí, Ciudad de la Habana:* en dicha empresa se tiene instalado el SCADA Connect 2000. Con el mismo se monitoriza las luces de toda la terminal a partir de una programación horaria de las aerolíneas. También se controla el clima de las diferentes salas. Existe programado un sistema de alarmas y un analizador de tendencias.

Empresa del Petróleo, Cárdenas-Varadero: cuenta con el software SCADA AIMAX, este ofrece una supervisión completa de casi todas las instalaciones de la misma, contando con históricos y alarmas de todas las variables controladas y estableciendo una perfecta comunicación con todos los dispositivos de campos, aunque la misma no pasa el nivel de automatización.

Hospital Ortopédico Fructuoso Rodríguez, Ciudad de la Habana: el Hospital presenta un sistema SCADA Movicon X2, que supervisa y controla los sistemas de alumbrado, clima, bombeo de agua, fan-coil, extractores y cámara frías. Además tiene implementado un gestor de alarmas, históricos y de usuarios, que garantizan la calidad del servicio y el buen funcionamiento de los sistemas.

### 1.6.2 Aplicaciones en el ámbito internacional

En el mundo industrializado actual existen muchas aplicaciones SCADA en diferentes ramas como: estaciones espaciales, termoeléctricas, plantas potabilizadoras de agua, en la agroindustria, en el terreno investigativo, entre otros. (Sotolongo, 2013).

Empresa Desico, Asturia-España: es una Empresa de servicios de Ingeniería especializada en la realización de proyectos de automatización y control para el mercado de seguridad. Su actividad está centrada en el desarrollo, implementación y puesta en marcha de sistemas de integración, para lo cual posee tecnología y producto propio.

DESICO fabrica como producto principal el sistema de integración "VIGIPLUS", el cual se puede definir como una "suite" especializada de productos de tipo SCADA y de gestión, para integración de sistemas de seguridad.



Figura 1.3 Características de Vigiplus.

El sistema está orientado especialmente a la vigilancia, por lo que tiene especial relevancia la gestión de alarmas o eventos de toda índole. La gestión se completa con una serie de listas dinámicas correspondientes a los diferentes tipos de eventos pendientes, como pueden ser equipos en avería, deshabilitados, alarmas pendientes y otros.

Compañía Wonderware, Barcelona-España: es una unidad de negocios de la empresa británica *Invensys PLC (Programmable Logic Controller)*. En la actualidad es el líder en el mercado del software de gestión de operaciones en tiempo real. El software de Wonderware permite reducciones de costes significativas asociadas al diseño, construcción, despliegue y mantenimiento de aplicaciones seguras y estandarizadas para las operaciones de fabricación e infraestructura.

Hoy en día, ofertan al mercado InTouch HMI como alternativa para la gestión de alarmas y la monitorización de datos en tiempo real. El software de Wonderware satisface todos los requisitos exigidos por las empresas comerciales que demandan este tipo de producto. InTouch propicia visualización HMI y SCADA distribuido geográficamente, despliegue de aplicaciones remotas y gestión de cambios, seguridad de niveles de datos integrada al sistema, sino que posibilita la definición de alarmas fácil y flexible, análisis y recolección de datos para sistemas nuevos y existentes; así como el acceso abierto a los históricos.



Figura 1.4. Aplicación del software.

Otro ejemplo es el estudio sobre la automatización de un laboratorio de Nivel de Seguridad Biológica 3 Agrícola, en el que se emplea un sistema SCADA, titulado “Implementación de un Sistema SCADA para la Automatización de un laboratorio de Biotecnología de Nivel de Seguridad Biológica 3” (García, 2008). Fue llevado a cabo en Colombia, para la automatización de un laboratorio que trabaja con microorganismos tales como virus,

bacterias, hongos, parásitos, rickettsias, clamydias. Dicha investigación consistió en implementar herramientas tecnológicas adicionales a la barrera física de la edificación, con el fin de confinar estos agentes en una especie de burbuja, que los aisle del medio exterior. Se implementaron algunos equipos destinados a permitir el paso controlado de materiales, insumos y personas.

Los sistemas integrados al SCADA general del laboratorio son, sistema de ventilación y control de presiones, sistema de ingreso y egreso de personal, sistema de monitorización y alarma, sistema electrógeno, sistema de descontaminación y manejo de residuos, entre otros. El aporte estuvo en la obtención de un conocimiento más amplio de las aplicaciones de los sistemas SCADA, pero sin perder nunca el objetivo principal que fue la racionalización de los sumarios de alarmas.

Otra aplicación es la elaboración de un proyecto de investigación, el cual se centró en el desarrollo de un sistema Automatizado de Alarmas, para un horno de recocido de envases de vidrio posterior al proceso de decorado de los mismos, esta investigación lleva por título “Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Alarmas para Archa B de decoración en la empresa Owens Illinois de Venezuela” (Useche, 2007), el cual tuvo por objetivo calentar de manera gradual los envases para fijar la pintura en estos y dar el brillo necesario a las botellas para lograr un buen acabado.

El sistema anteriormente mencionado, permitió la conexión de controladores modulares Micrologix 1500 y otros procesos mediante redes de punto a punto DF1, así como alarmas sonoras y visuales. Además facilitó a los instrumentistas del área de decoración detectar las fallas eléctricas de manera rápida y precisa, por otra parte tener un historial de ocurrencia de fallas, lo cual, previo procesamiento de esta información, permite mejorar de forma continua el control de temperatura en el proceso. Dicha investigación sirvió de apoyo en su descripción sobre la gestión de alarmas, de la cual se tomaron algunas definiciones, debido a la compatibilidad en parte de la investigación.

### **1.7 Consideraciones finales del capítulo**

Los sistemas de SCADA constituyen grandes herramientas en la automatización industrial a causa de las prestaciones que brinda como software de supervisión y control a distancia.

---

Estos sistemas mejoran la eficacia del proceso y proporcionan información oportuna en la toma de decisiones.

El empleo de entornos de desarrollo de SCADA a nivel mundial es muy amplio. En la industria cubana, producto a las facilidades que ofrece el software Movicon constituye una de las herramientas más empleadas en la supervisión de procesos. No sólo por ello, sino que los principales proveedores en el país cuentan con la licencia comercial que garantiza el permiso para su explotación en todas las esferas industriales.

La administración de alarmas constituye uno de los pilares claves en la fabricación industrial. Ya que como proceso para el diseño, monitorización y gestión de alarmas garantizan operaciones más confiables y seguras. Favorecen la ergonomía del operador y previenen la sobrecarga y paradas inesperadas de la planta.

El manejo eficiente de alarmas por parte de los operadores podría ser más factible con el empleo de la supervisión experta. Dado que a medida que crece el desarrollo tecnológico se hacen más fácil la configuración de alarmas y con ello, el incremento de notificaciones ante el operario es una realidad. Es por eso que el empleo de elementos de IA emerge como solución a la crisis potencial que pudiera presentarse al supervisor del proceso.

La necesidad de crear una adecuada gestión de alarmas es un tema que se impone en estos días. Evitar situaciones de riesgos como las avalanchas de alarmas, las cuales privan al operador de una buena atención al proceso, al punto de acarrear daños y pérdidas materiales significativas constituyen un reto para toda la humanidad.

## CAPÍTULO 2. Gestión de alarmas en Movicon

En este capítulo se abordan las características principales del software Movicon como herramienta principal en el desarrollo de sistemas SCADA. Se ofrece una breve panorámica de las ventajas y desventajas del software así como una detallada descripción de la filosofía de su funcionamiento y las potencialidades que expone como plataforma SCADA en la implementación de la gestión de alarmas. Además, se desarrolla una metodología que incluye la configuración de alarmas simples y complejas, la visualización de las alarmas así como procedimientos para hacer gestión de alarmas con el desarrollo de *script*. Todo con el fin de servir de guía y ayuda a técnicos y profesionales en el desarrollo de *softwares* o aplicaciones centradas en las operaciones con alarmas.

### 2.1 Caracterización del software Movicon

Movicon es una herramienta general para el desarrollo de softwares SCADA para prácticamente cualquier aplicación de supervisión. Ha sido utilizado en sectores como las industrias automotriz, farmacéutica y textil, la automatización de edificios, además de los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica, industrias de maquinarias, entre otros.

Las aplicaciones individuales creadas en Movicon se denominan proyectos. En un sistema SCADA con arquitectura distribuida, las aplicaciones de cada estación son proyectos individuales. Los proyectos pueden crearse para funcionar sobre plataformas Win32, WinCE, J2SE y J2ME; con funcionalidades desde simples interfaces HMI hasta servidores y estaciones de complejos sistemas de supervisión y control.

Cada proyecto está compuesto por recursos y componentes que definen el funcionamiento de los módulos del SCADA. La estructura genérica de un proyecto de Movicon está

resumida en la Figura 2.1. El núcleo del proyecto o Kernel está constituido por la base de datos de tiempo real, donde se almacenan los valores en tiempo real de las variables de la aplicación. Con este módulo principal interactúan los restantes módulos: comunicaciones, servidor *web*, *scripts* VBA y lógicas IL (*Instruction List*), planificadores de comandos y eventos, registradores de datos (*Data Logger*) y recetas, administración de alarmas, registros de eventos históricos y rastreo de variables, interfaces de usuario y administración de usuarios y contraseñas.

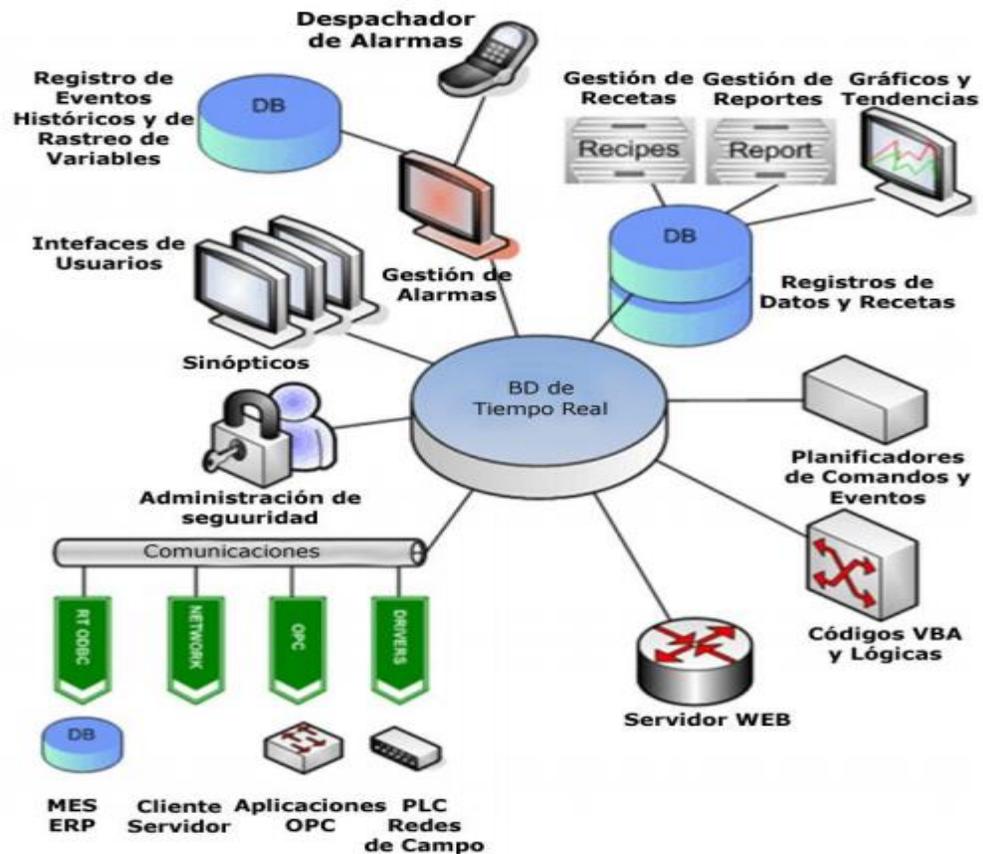


Figura 2.1. Diagrama en bloques de la arquitectura genérica de un proyecto en Movicon.

## 2.2 Posibilidades del Movicon para implementar sistemas de alarmas

Las posibilidades de aplicación del software Movicon adaptada a los sistemas de alarmas ofrecen al operador abundante información sobre el proceso. Ello posibilita conocer de inmediato la situación de la planta y en consecuencia; saber cómo reaccionar para reducir al mínimo la pausa en la producción y mejorar la eficiencia.

Las alarmas se crean según las normas ISA S-18, pero son completamente personalizables. Los umbrales de ellas, fijos o variables, determinan la activación de la alarma de acuerdo a los cuatro estados operativos: ON (encendido); OFF (apagado); ACK (reconocido) y RST (reiniciado), y la consiguiente representación en los objetos de visualización de las alarmas activas. Estas son administradas en la ventana de alarmas, donde pueden ser filtradas por hora, área, prioridad y período; además es posible combinarlos dinámicamente con ayudas y guías en archivos externos (chm, html, pdf) (Progea, 2012).

### 2.2.1 Configuración de alarmas con Movicon

Las alarmas son definidas producto a las posibilidades que brinda el propio software por medio del ítem “Alarmas” en el área de “Recursos” dentro del “Explorador de Proyectos”. Ver figura 2.2. Para crearlas, en un primer instante el usuario debe definir el área de trabajo del software SCADA. El contorno de trabajo debe quedar diseñado con algunas de las ventanas del propio software tales como: Explorador de Proyecto, ventanas de propiedades y objetos así como la biblioteca de símbolos. Todas ellas desplegadas desde el comando del menú “Visualizar” y con el fin de configurar una interfaz de programación asequible y sencilla para el usuario.

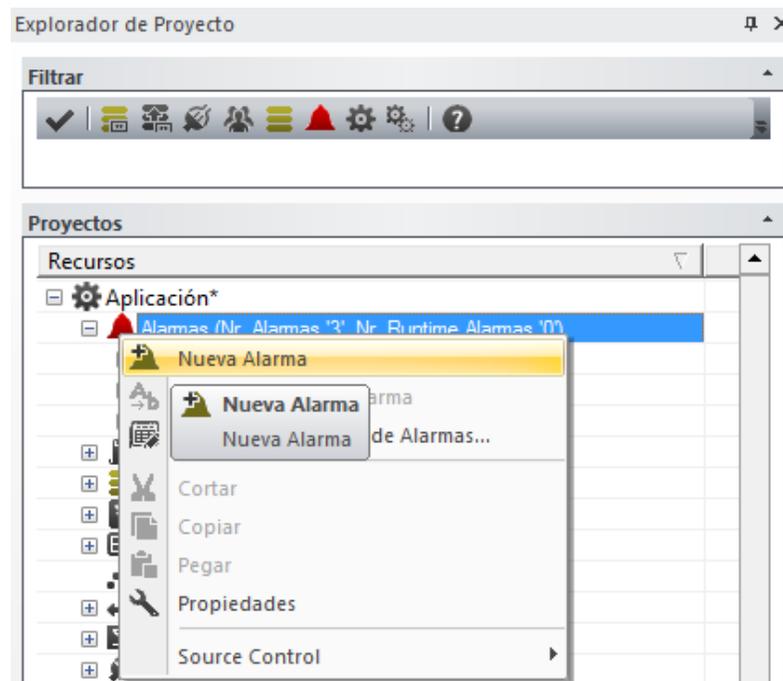


Figura 2.2. Explorador de proyectos para crear las alarmas.

### Propiedades generales de las alarmas

Una vez creadas las alarmas, se les pueden añadir propiedades que permitan vincular las variables que determinan la activación de cada alarma. La asociación de las variables del proceso a las alarmas se puede realizar en la ventana de propiedades de alarma o bien a partir del uso del ítem “*Real Time DB*” (Ver anexo VI). Para modificar dichas propiedades se recomienda el uso de la “Ventana de Propiedades”, ver figura 2.3.

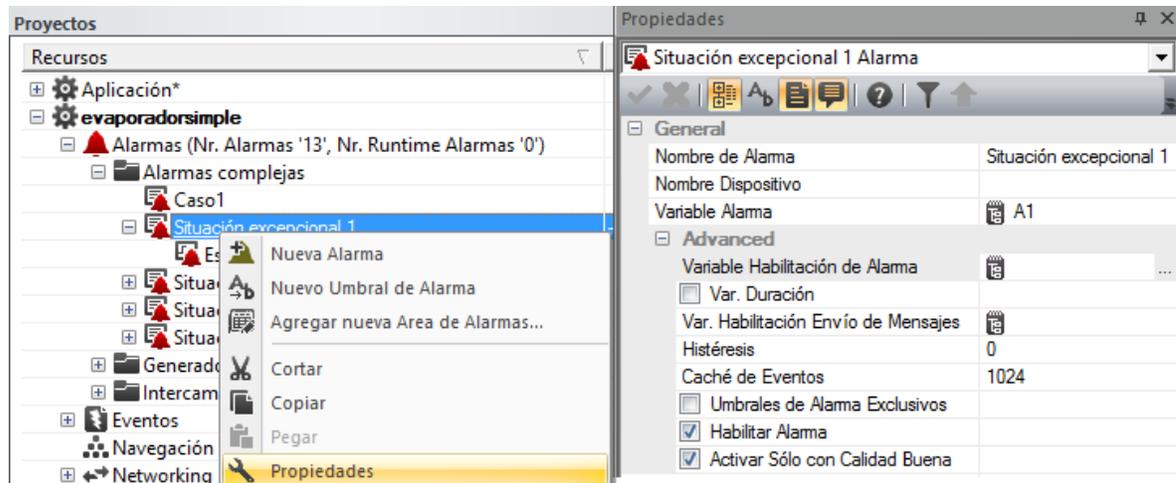


Figura 2.3. Ventana de propiedades generales de alarmas

La “Ventana de Propiedades” es donde el usuario puede configurar cada parámetro de los objetos que utiliza. En ella se muestran distintos apartados esenciales para el desarrollo de la gestión de alarmas.

### Propiedades generales del umbral de las alarmas

Para añadir y definir los límites o umbrales a las alarmas, es necesario hacer clic derecho sobre la alarma antes definida y luego seleccionar “Nuevo umbral de alarma”. Pueden agregarse tantos límites como se desee. Ver figura 2.4.

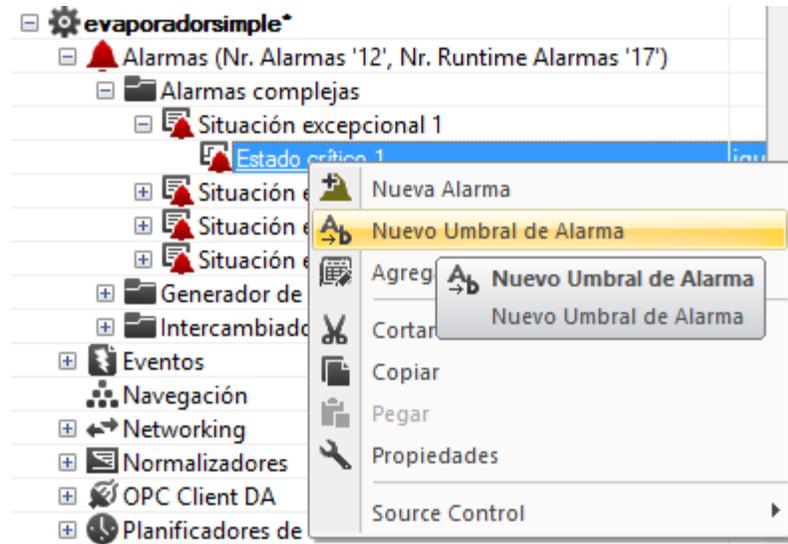


Figura 2.4. Configuración del umbral de alarma.

El umbral de una alarma determina el comportamiento de la misma en el instante en que se alcanza o excede el valor límite. Para modificar las propiedades generales de los umbrales de alarma, se emplea “la Ventana de Propiedades” del software Movicon, pero específicamente la establecida para umbrales de alarmas. Ver Figura 2.5.

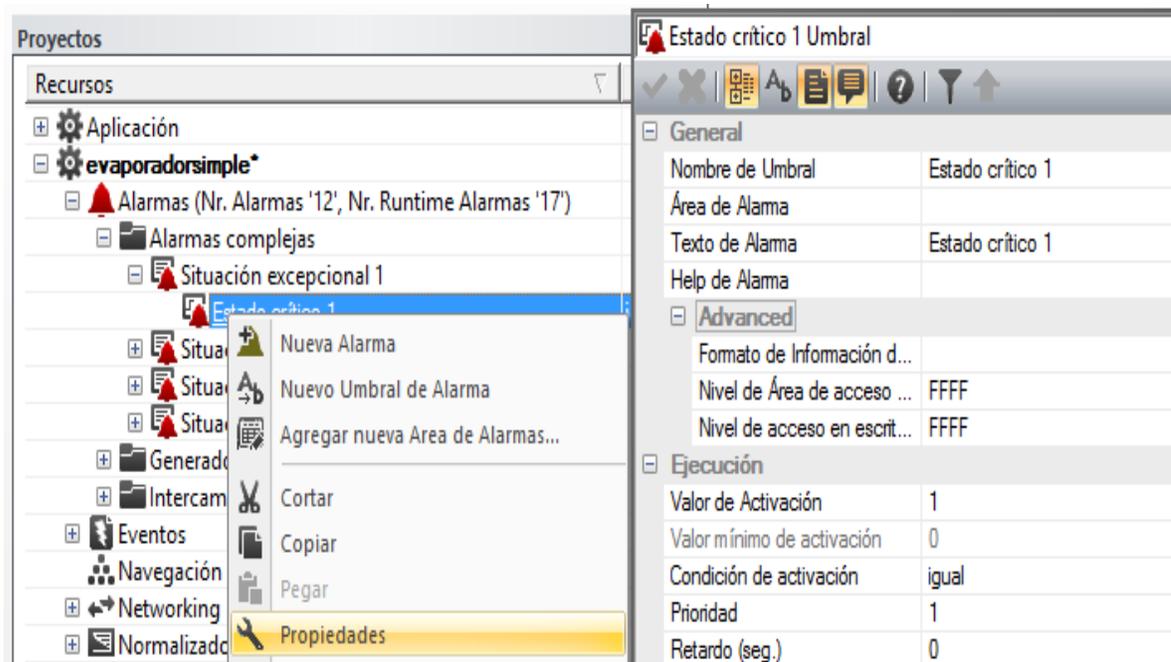


Figura 2.5. Ventana de propiedades del umbral de alarma.

### 2.2.2 Alarmas complejas

Las alarmas complejas constituyen un factor importante en el desarrollo de la mayoría de los procesos industriales. Estas, afectan directamente a la producción dado que los factores que la determinan constituyen las variables del proceso vinculadas entre sí. En Movicon, estas variables pueden ser implementadas por dos vías posibles, por ejemplo:

- I. En una de ellas, se utiliza “La Ventana de Propiedades” de la alarma. En la casilla de texto correspondiente a la propiedad de “Variable” se sitúa el nombre de las variables definidas. Luego, por medio del empleo de las instrucciones lógicas del Movicon se logra relacionar las variables asociadas a la alarma. Lo antes mencionado se puede apreciar en la figura 2.6 donde se crea una alarma denominada “Caso1” y a la cual se le asocian las variables C2 y P2 ([Ver anexo VII](#)).
- II. El segundo método se ejecuta a partir de un *script* creado en el ítem Recursos, como muestra la figura 2.7. No se utiliza directamente la ventana de propiedades sino que se realiza toda la asignación y definición de variables a través de códigos de programación. ([Ver anexo VIII](#))

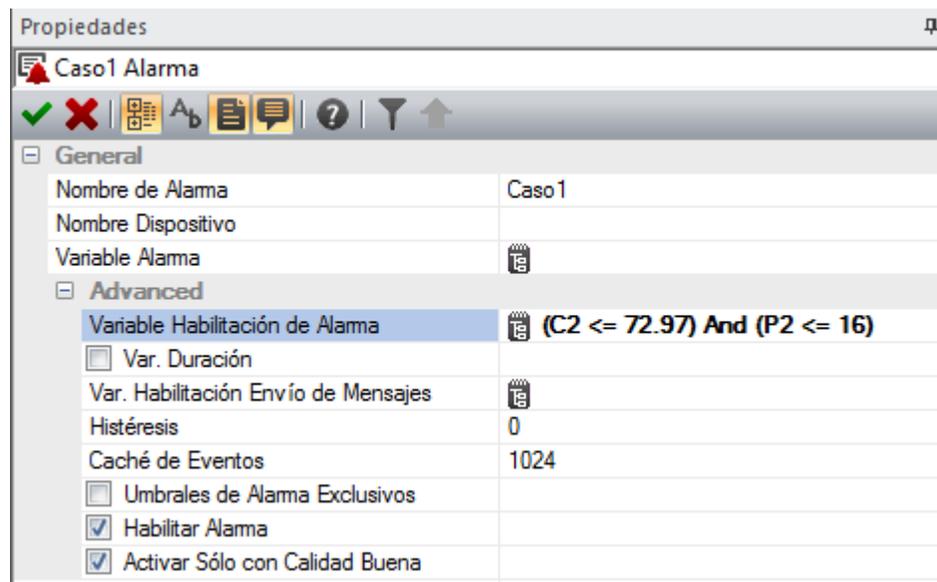


Figura 2.6. Configuración de variables complejas.

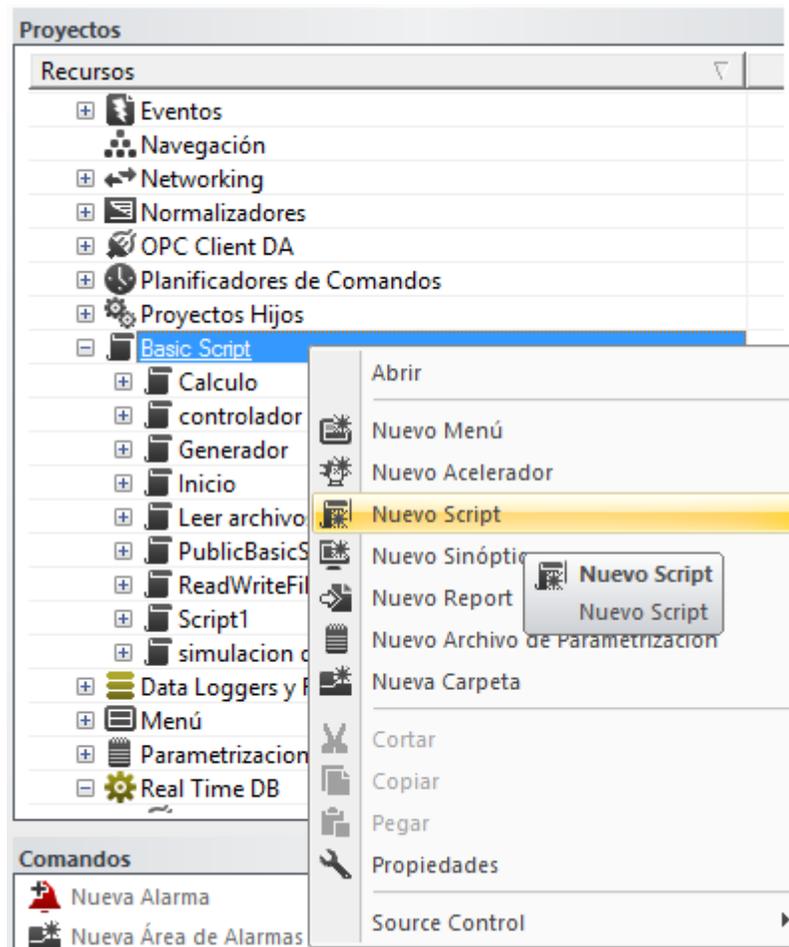


Figura 2.7. Ventana de configuración de *script*.

### 2.2.3 Notificación de alarmas

La notificación de alarmas es una de las prioridades de cualquier desarrollador de sistemas de alarmas. La importancia que juega en el bienestar y desarrollo de procesos por sencilla que sea la rama es incuestionable. No es poca la tranquilidad que emite a los operadores cuando se ha salido de un estado de crisis o el papel determinante que juegan en el instante que alertan acerca de situaciones peligrosas.

Los eventos de notificación son propiedades inherentes del software. Estos permiten definir la gestión sobre evento de los mensajes. Para poder enviar *e-mails* Movicon se vale de la función MAPI (*Messaging Application Program Interface*) y en el caso de los mensajes vocales, *SMS* y fax mediante las funciones TAPI (*Telephonic Application Program Interface*). Todos estos son recursos de los que se vale el usuario para alertar acerca de una situación de emergencia o bien para recomendar buenas prácticas ante cualquier estado de

crisis. El software ofrece la posibilidad de configurar estas notificaciones a través de su “Ventana de Propiedades”, ver Figura 2.8 (PROGEA, 2006).

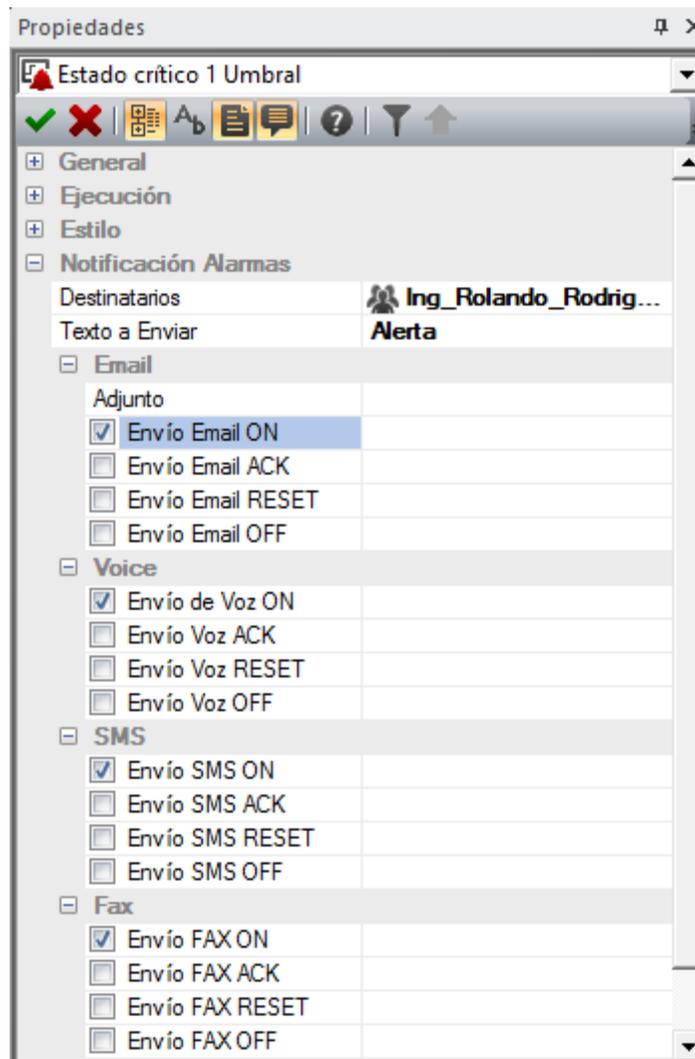


Figura 2.8: Configuración de eventos de notificación de alarmas.

Como se puede apreciar en la figura 2.8 es posible enviar o notificar ante cualquier situación de alarma. Es posible introducir el texto a enviar directamente o seleccionar una etiqueta en la “Tabla de *Strings*”. ([Ver anexo IX](#)). La ventana de propiedades de umbral ofrece todas estas posibilidades. En esta, se selecciona el usuario o grupo de personas que se desea notificar cuando esta alarma se activa. Esto se puede realizar por envío de mensaje mediante fax, correo, *SMS*, mensaje de voz con tan solo seleccionar los *checkboxes* que aparecen en la figura 2.8.

### 2.2.4 Visualización de alarmas

La ventana de alarma de Movicon permite al operador observar un panorama completo de las alarmas que intervienen en el proceso. La ventana cuyo tamaño se define en el proyecto, permite visualizar las alarmas clasificadas por filtros que se añaden como propiedades de esta herramienta. Ver figura 2.9. Cada alarma puede asociarse con una descripción, prioridad e información sobre el tiempo que aparece, entre otras.

Descripción de Alarma	Tiempo ON	Duración	Prioridad	Condición
 <b>P2 - Presión elevada en la cámara inferior</b>	<b>5/21/2015 3:37:14 AM</b>		<b>3</b>	<b>ON</b>
P2 - Baja presión en la cámara inferior	5/21/2015 3:37:14 AM	3,01:58:35	3	OFF
P1 - Presión elevada en el evaporador	5/24/2015 5:26:04 AM	0,00:07:40	3	OFF
 <b>P1 - Presión baja en el evaporador</b>	<b>5/24/2015 5:39:06 AM</b>		<b>3</b>	<b>ON</b>
A4 - Caso crítico 4	5/24/2015 10:43:27 PM	0,00:03:29	1	OFF
A3 - Caso crítico 3	5/24/2015 10:46:56 PM	0,00:14:13	1	OFF
A2 - Caso crítico 2	5/24/2015 10:59:12 PM	0,00:01:57	1	OFF
presionMaxD - Presión de generador en exceso	5/25/2015 7:47:32 PM	0,00:00:01	2	OFF
 <b>presionMaxD - Presión de generador insuficiente</b>	<b>5/28/2015 2:17:49 AM</b>		<b>2</b>	<b>ON</b>
 <b>presionMinD - Presión de generador insuficiente</b>	<b>5/28/2015 2:17:49 AM</b>		<b>2</b>	<b>ON</b>
T1 - Baja	5/30/2015 5:31:59 PM	0,00:00:02	3	OFF
presionVap - Presión de generador insuficiente	5/30/2015 5:37:27 PM	0,00:00:01	2	OFF
 <b>T1 - Alta</b>	<b>5/30/2015 5:37:56 PM</b>		<b>3</b>	<b>ON</b>
C2 - Alarma! Concentración baja.	5/30/2015 5:38:23 PM	0,00:00:02	3	OFF
Estado crítico 1	5/30/2015 5:38:23 PM	0,00:00:03	1	OFF
A1 - Estado crítico 1	5/30/2015 5:38:24 PM	0,00:00:02	1	OFF
C2 - Alarma! Concentración alta.	5/30/2015 5:38:29 PM	0,00:00:01	3	OFF
Mvs - Flujo de vapor a la salida elevada	5/30/2015 5:39:18 PM	0,00:00:01	2	OFF
Ts - Temperatura elevada en la cámara inferior	5/30/2015 5:39:20 PM	0,00:00:01	3	OFF
 <b>presionVap - Presión de generador en exceso</b>	<b>5/30/2015 5:39:21 PM</b>		<b>2</b>	<b>ON</b>
Ts - Temperatura baja en la cámara inferior	5/30/2015 5:39:21 PM	0,00:00:00	3	OFF



Figura 2.9. Pantalla de alarmas.

La pantalla de alarmas se visualiza en el área donde se crean los gráficos del proyecto conocido como sinóptico. Es necesario para crearla acudir a la “Ventana de Dibujos” u “Objetos” del Movicon. A esta ventana se accede a partir del menú “Visualizar” o en la parte derecha del área de trabajo si esta ya fue definida. Allí se escoge el símbolo de objeto “Ventana de alarmas” y se traslada hacia el sinóptico definido con anterioridad. Ver figura 2.10.

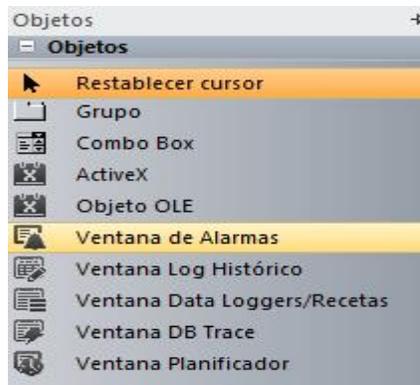


Figura 2.10. Ventana de Dibujos de Movicon.

Las alarmas se pueden agrupar en "áreas" para obtener filtros de visualización. Una "Ventana de Alarma" puede quedar definida para un área en específico en las propiedades de la ventana de alarmas (Ver figura 2.11.) y crearse otras tantas pantallas de alarmas para las otras áreas o simplemente se pudiera acudir a partir de un botón a todas las alarmas por área en una misma ventana de alarmas. ([Ver anexo X](#))

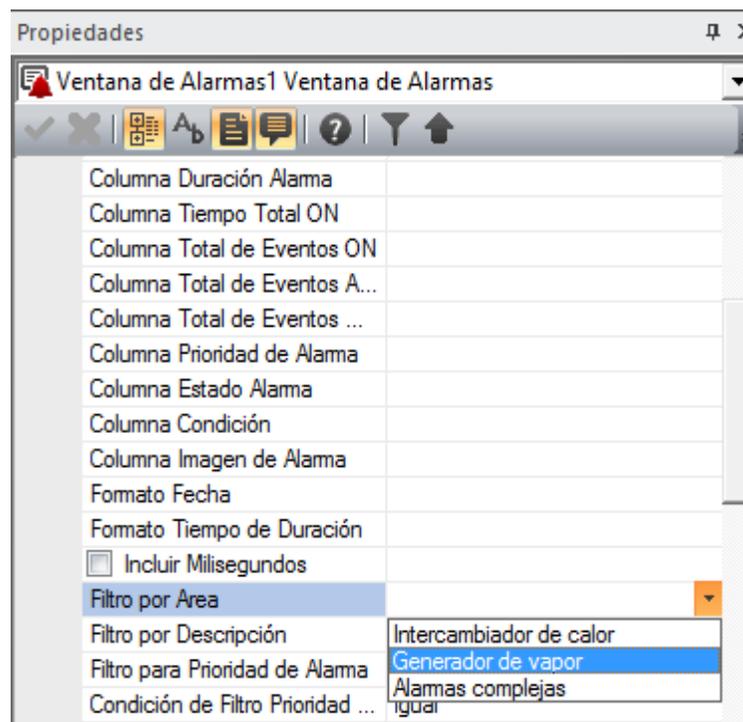


Figura 2.11. Ventana de propiedades de la pantalla de alarmas

### 2.3 Consulta al criterio especializado

Se recomienda el asesoramiento especializado antes de realizar cualquier paso en el proyecto para lograr la gestión de alarmas. Es primordial saber con antelación las variables a seguir, las alarmas que se han de configurar; en fin, se requiere un sistema de conocimiento capaz de guiar por buen camino el diseño del sistema de alarmas así como la administración de las mismas.

En la actualidad es muy difundido en el mundo entero el trabajo con el criterio experto. Estos resultan de gran utilidad dado que aportan información fiable y son fáciles de implementar si se compara con otros métodos de la inteligencia artificial.

Como ha quedado establecido en epígrafes anteriores, un sistema experto es una herramienta capaz de tomar decisiones y ejecutar acciones de forma rápida y óptima. Este, basado en las premisas o reglas proporcionadas por un usuario experto y en respuesta a eventos, hechos, alarmas, mediciones de desempeño, registros de bases de datos procurados por una o más fuentes externas es capaz de determinar la raíz de cualquier situación anómala. Ya que con ellos se alcanza la capacidad de realizar en modo automático las mismas acciones que dicho analista ejecutaría de forma manual bajo perfectas condiciones de trabajo.

El empleo de criterio experto es un procedimiento que resulta de un trabajo exhaustivo. Se requiere de un grupo de pasos a seguir antes de elaborar una base del conocimiento que garantice una adecuada gestión de alarmas. Uno de los problemas fundamentales lo constituye la selección de expertos ([Ver anexo XI](#)).

Una vez confeccionado el grupo de expertos, se procede a procesar los criterios y opiniones del grupo para validar sus propuestas sustentadas en conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos. Para ello se aplica la valoración de aspectos o Método Delphi de pronóstico cualitativo ([Ver anexo XII](#)) Este fue desarrollado en Estados Unidos con la utilización sistemática de valoraciones intuitivas para obtener un consenso de opiniones (Rodríguez Perón et al., 2010). Y luego, para analizar el grado de coincidencia que existe entre las valoraciones de los expertos y la confiabilidad del criterio, se utiliza la prueba estadística Coeficiente de Concordancia de Kendall ([Ver anexo XIII](#)).

El lograr concebir un sistema experto como se puede apreciar es un proceso complejo. Estos resultan de gran utilidad pero los pasos para conseguirlo no lo hacen más fácil. Razón suficiente para exhortar al uso de estos sistemas en procesos industriales a gran escala, la confiabilidad que generan es extremadamente alta.

Para los casos de estudios relativamente sencillos es recomendable acudir a un especialista en el tema que cuente con el respaldo científico necesario. Someter a la persona en cuestión a una entrevista lo suficientemente productiva como para generar una base de conocimiento capaz de erigir una eficiente gestión de alarmas.

#### **2.4 Aplicación para la Gestión de alarmas**

Movicon viene formado en su interior con un componente de software conocido como *WinWrap*. Este permite integrar dentro de la aplicación las rutinas en lenguaje *BASIC* (*Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code*). Algunas de las principales ventajas al contar con *WinWrap* aparecen a continuación:

- Facilidad para crear rutinas en lenguaje VBA.
- Comodidad para extender el set de instrucciones con funciones y métodos personalizados.
- Soporte para los controles ActiveX
- Factibilidad para declarar y llamar las funciones de Windows.

El Movicon brinda directamente una serie de facilidades para la gestión de alarmas. Ofrece un gran número de elementos necesarios al desarrollador para la realización de rutinas *script* en Movicon como elemento determinante para la gestión de alarmas.

Dentro de un proyecto en Movicon es posible disponer de funciones *scripts* en diversas circunstancias y modalidades. Es conveniente utilizarlas en aquellos casos en que las mismas operaciones no estén disponibles en otros recursos o métodos. El uso indiscriminado de estos dentro de un proyecto es muy cómodo en fase de desarrollo pero resulta en un nefasto problema cuando se habla en términos de explotación; ya que el insumo excesivo de recursos incide en la velocidad de ejecución del proyecto.

Los *scripts* son programas usualmente pequeños o simples, para realizar tareas generalmente muy específicas. Constituyen un conjunto de instrucciones que generalmente deben ser interpretadas línea a línea en tiempo real para su ejecución. Estos pueden ser utilizados en varios puntos del proyecto. Ya sea como recursos vinculados directamente en las propiedades de ejecución de un objeto ([Ver anexo XIV](#)) o código asociado a los eventos de una alarma, dibujo o símbolo. Cualquier manejo de los *scripts* está justificado por la funcionalidad que desea darle el operador para su comodidad.

El *script* puede ser llamado a ejecutarse a partir de tres métodos diferentes. Estos son conocidos como ejecución sobre comando, al iniciar o sobre otro *script*. ([Ver anexo XV](#))

#### **2.4.1 Herramientas de Movicon para el desarrollo de scripts**

##### ***Biblioteca Basic Script***

Otra de las herramientas puesta a disposición del usuario la constituye la Biblioteca *Basic Script*. Por esta vía es posible acceder a una serie de funciones suplementarias que permiten interactuar con el proyecto. Dichas funciones permiten por ej. Leer y escribir las variables de la *Real Time DB* de Movicon, efectuar cambios de página, interactuar con las propiedades de los símbolos de Movicon, y otras muchas opciones. Esta biblioteca de funciones de Movicon está definida como biblioteca de interfaz y cada interfaz abarca una serie de funciones específicas para un determinado componente del proyecto. ([Ver anexo XVI](#)).

##### ***Sub y Function***

Los recursos de Movicon para el desarrollo de *script* son muy amplios. Estos presentan herramientas que tributan al desarrollo de rutinas. Es decir, porciones de código que contenidas en un bloque pueden ser fundamentalmente de dos tipos: *Sub* y *Function*.

La diferencia entre estos dos tipos de rutina es mínima. Ambas pueden ser llamadas pasando parámetros. La ventaja de "*Function*" respecto a "*Sub*" estriba en la posibilidad de devolver un valor definido por el programador de tipo *bool*, *int*, *string*, u otro.

Una vez finalizado el *script* es necesario volver a llamarlo para ejecutarlo nuevamente. Es posible, si se desea que el *script* siempre esté en ejecución el introducir lazos.

## Eventos

Existen rutinas puestas a disposición por el sistema que son llamadas automáticamente por el sistema al producirse determinados eventos. Estas, son definidas justamente como "Eventos", pueden ser introducidas en los *scripts*. Su uso podría estar fundamentado para recomendar alguna tarea u otra función que se le pueda ocurrir al programador.

Para la categoría de "Símbolos y Dibujos" y para los "Sinópticos" es posible crear eventos personalizados sobre variables específicas de la *Real Time DB* de Movicon. Por ejemplo, es posible introducir un evento que es llamado cada vez que una variable determinada del proyecto cambia de estado. Es un procedimiento muy cómodo para tener bajo control el cambio de estado de una variable evitando que el sistema se vuelva demasiado pesado. Ver procedimiento para crear evento en [Anexo XVII](#).

## Lógica IL de Movicon

El módulo IL (lista de instrucciones) permite el uso de tareas lógicas del tipo PLC (ver figura 2.12) en los proyectos para manejar el control de variables o de entradas-salidas. Conocido también como *SoftLogic*, tiene el efecto de un PLC que ejecuta su programa en el fondo, independientemente de la lógica del sistema y el funcionamiento de sus módulos. Así, si se conectasen directamente las entradas/salidas a la PC, el sistema es capaz de reemplazar a un dispositivo de control de campo.

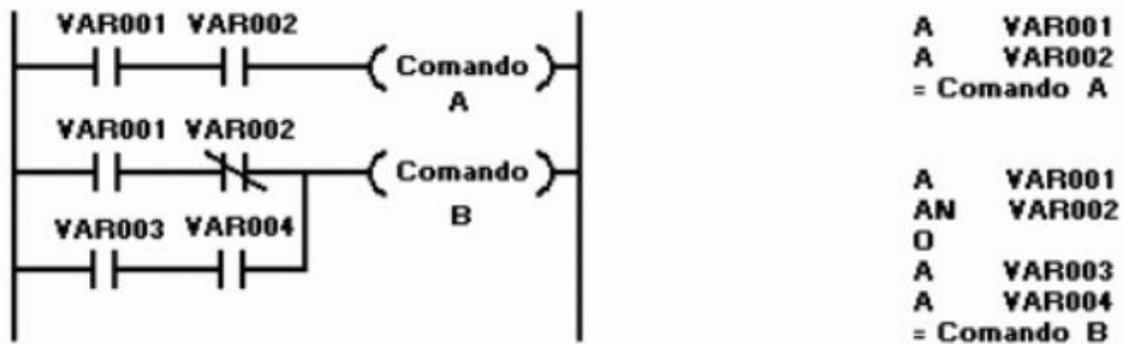


Figura 2.12. Resultado lógico combinatorio del módulo IL.

Las ventajas ofrecidas por el uso de la lógica IL son innumerables y evidentes. La síntesis de estas ventajas se manifiesta en la posibilidad de realizar cualquier tipo de ejecución fuera de los estándares mediante el empleo de programas internos de tipo PLC.

La lógica IL puede ser asociada al proyecto, definida así como lógica general, o bien puede ser asociada a los símbolos, dibujos, controles y a los sinópticos, establecida en cada caso como lógica local.

La lógica general se ejecuta cuando se pone la aplicación en modo de ejecución y se mantiene en proceso de ejecución cíclicamente hasta que esta es finalizada; mientras que las lógicas locales sólo se ejecutan cuando el sinóptico que las contiene está activo

El editor lógico de Movicon provee un potente conjunto de instrucciones lógicas, matemáticas y de comparación. Todo para combinar las variables entre sí y determinar de este modo la activación de comandos lógicos que constituyen la base del proyecto. De esta forma se puede proceder a la configuración de alarmas complejas.

#### **2.4.2 Estrategias para la gestión de alarmas**

Como se aprecia, existen numerosos recursos para implementar gestión de alarmas. La propuesta que se presentará a continuación resulta de gran comodidad por la sencillez de desarrollo.

El objetivo de la estrategia es crear un conjunto de disposiciones en el Movicon que le sugieran al operador el cómo actuar ante situaciones extraordinarias. Esto se puede realizar como se aprecia a continuación.

[1] Esta es una de las más fáciles, se debe configurar una alarma compleja como se mostró con anterioridad para que se active en función de las condiciones deseadas. Luego, para que se muestre en pantalla la tarea a realizar de forma instantánea es preciso ir a la “Ventana de Propiedades” del umbral de alarma. Una vez abierta la ventana, se debe buscar la etiqueta “Comandos sobre alarmas ON” (Ver figura 2.13) y seleccionar un *script* previamente creado. Este tendrá la función de sacar por pantalla lo que recomienda el sistema experto ante esta situación (Ver figura 2.14).

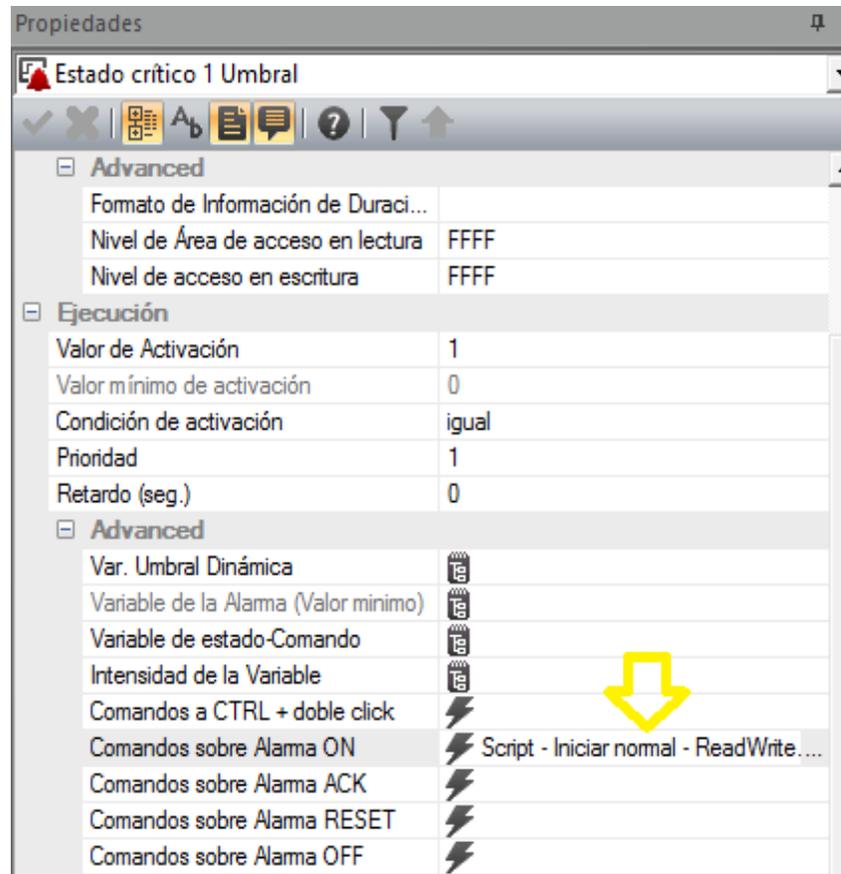


Figura 2.13. Configuración de la gestión de alarmas.

Case "READ1"

```

    sTextMessage = ""
    sFilePath = "C:\Users\computer\Desktop\Movicon\Caso 1.txt"
    If Dir(sFilePath) <> "" Then
        Open sFilePath For Input As #1
        While Not EOF(1)
            Line Input #1, sText
            sTextMessage = sTextMessage & sText & vbCrLf
        Wend
        Close #1

        MsgBox sTextMessage, vbInformation + vbSystemModal, GetProjectTitle
    Else
        MsgBox StringFromID("Msg_FileNotFound"), vbExclamation + vbSystemModal, GetProjectTitle
    End If

```

Figura 2.14. Código en script para visualizar por pantalla.

[2] Este método es muy similar al anterior. La diferencia estriba en que esta vez el operador va a solicitar la información en la “Ventana de alarmas”. Ahora, se mostrará al operador el cómo actuar por medio de CTRL + doble clic sobre la alarma. Para ello, se abrirá la ventana de propiedades de alarmas exactamente como en la 1ra vía, esta vez el *script* de visualizar se debe seleccionar en la etiqueta. Ver figura 2.15.

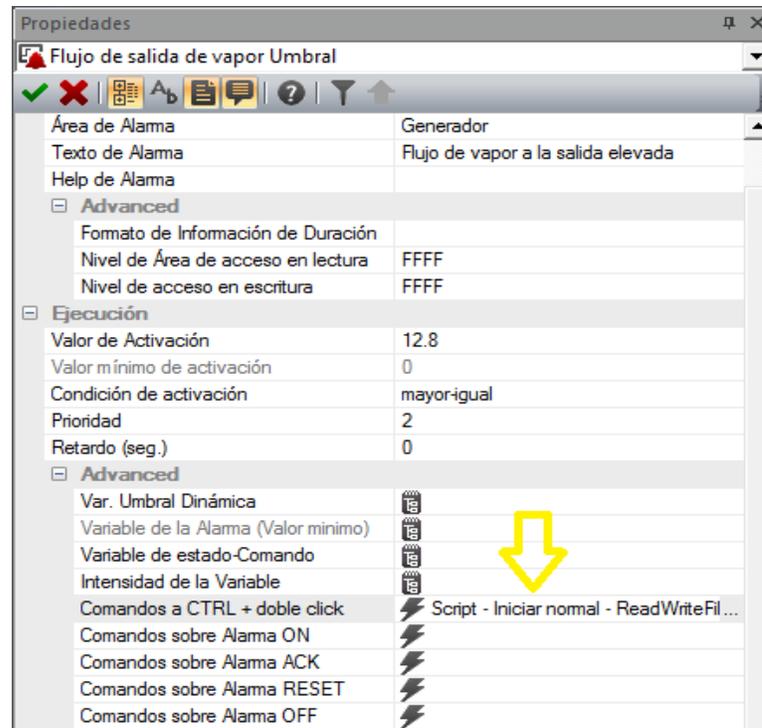


Figura 2.15. Configuración de la gestión de alarmas por la 2da vía

[3] En esta oportunidad, el operario solicitará una notificación de lo que debe hacer. Esta vez no se limitará a lo que tiene que hacer ante una alarma activa sino acerca de todas las alarmas que están en ON. Luego, se propone la creación de un botón. A este, en la ventana de sus propiedades se le confiere la capacidad de ejecutar comandos Y en la etiqueta “Comandos al Soltar”, se selecciona el script encargado de mostrar la información (Ver figura 2.16). Para ello, en el script desarrollado debe estar implementada la visualización de una estructura muy parecida a un arreglo de cadenas (Ver figura 2.17). Esta indicará un conjunto de acciones a realizar ante un grupo de alarmas condicionadas.

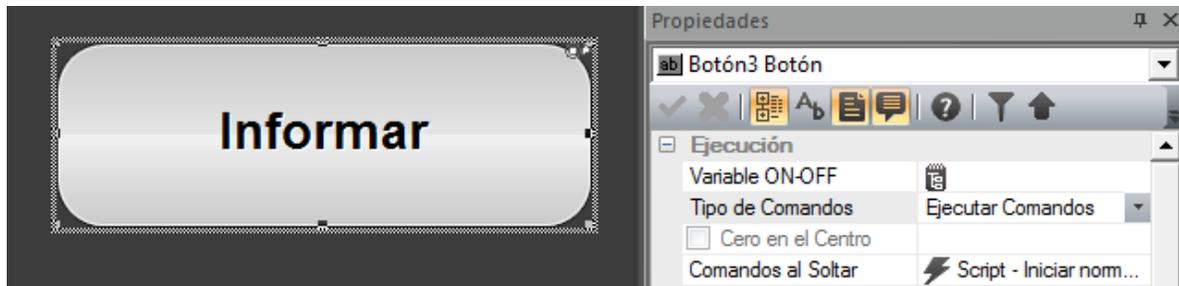


Figura 2.16. Configuración de la gestión de alarmas con botón

```

Case "READ12"
    prueba = StringFromID("Evaporador (C) 2")
    prueba = ""
    If C2 >= 73.1 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Evaporador (C) 2")
    End If

    If C2 <= 72.97 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Evaporador (C) 1")
    End If

    If H >= 4 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Evaporador (N) 2")
    End If

    If H <= 1 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Evaporador (N) 1")
    End If

    If presionVap <= 12.04 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Generador (P) 2")
    End If

    If presionVap = 18 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Generador (P) 1")
    End If
    If Mvs >= 12.8 Then
        prueba = prueba & StringFromID("Generador (F) ")
    End If

    If prueba = "" Then
        prueba = "La planta está funcionando correctamente!"
    End If
    MsgBox prueba

Case Else

```

Figura 2.17. Código en script para visualizar en pantalla por la 3ra vía

## 2.5 Metodología para la gestión de alarmas

El disponer de una metodología para implementar gestión de alarmas es de suma importancia en el ámbito industrial. Esto representaría el contar con un medio capaz de salvar tiempo en aras de lograr administrar alarmas eficientemente.. A continuación se presentan los pasos a seguir para hacer gestión de alarmas en Movicon:

- 1) Consultar a un grupo o persona capacitada para ofrecer la experiencia requerida (ver epígrafe 2.3) sobre el funcionamiento de la planta o fábrica a supervisar. Aquí quedan definidas las principales variables del proceso y las situaciones críticas posibles a producirse. Se establecen las alarmas a configurar así como la prioridad y área correspondiente a cada una de ellas.
- 2) Crear base de conocimiento del proceso a controlar. En esta etapa se dispone o formulan las reglas a seguir para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Se entiende por ello al conjunto de normas establecidas por el criterio del especialista o grupo de expertos que han de regular el proceso bajo cualquier tipo de situación.
- 3) Representar las bases del conocimiento. A partir de los métodos conocidos o enunciados en el epígrafe 1.5.3 “Representación del conocimiento mediante lógica” es posible organizar la información obtenida a partir de lista, árbol o tabla de decisión así como por lógica difusa para crear una fuente de saber que facilite el desarrollo de la gestión de alarmas.
- 4) Implementar el sistema de alarmas (Ver epígrafe 2.2.1 y 2.2.2). En esta etapa se han de definir las variables del proceso así como las alarmas asociadas a estas en el software de Movicon. Se deben crear las alarmas complejas existentes en el proceso. Se propone para ello establecer una escala de prioridad en las alarmas que permita enmarcar la importancia de cada una de ellas y que el operador preste atención a las que así lo requieran.
- 5) Configurar la notificación de alarmas (Ver epígrafe 2.2.3.). Se debe garantizar que ante determinadas situaciones de emergencia en la planta se alerte al personal capacitado para dar solución a una situación extraordinaria o simplemente prevenir una inminente situación de crisis.

- 6) Disponer la visualización de alarmas (Ver epígrafe 2.2.4). Se debe asegurar al usuario la identificación de las alarmas con los respectivos filtros de observación (área, prioridad, activas y otras). El operador debe ser capaz de identificar las alarmas sin que se abrume ante una posible avalancha de alarmas.
- 7) Luego se debe implementar la gestión de alarmas (Ver epígrafe 2.4.2). Es necesario decir que para ello la gestión se limitará a recomendar al operador lo que debe hacer ante la situación generada. Para ello se debe crear la base de datos de las reglas del conocimiento a la que se accede en dependencia del estado del proceso.

## 2.6 Consideraciones finales del capítulo

El software Movicon presenta entre sus principales características la posibilidad de implementar sistemas de alarmas. Este favorece las condiciones de trabajo de los operadores ya que permite conocer la situación real que presenta la planta donde operan.

Este útil para la supervisión industrial no se limita a la implementación de sistemas de alarmas. Cuenta con una serie de recursos que extienden sus fronteras un poco más: la gestión de alarmas. Esta última se ve favorecida a partir del empleo de los *scripts* VBA, la biblioteca de *scripts* que promueve el trabajo con variables, el paquete de *Softlogic*, entre otros recursos que hace factible el desarrollo de un grupo de ideas para afrontar situaciones de emergencia.

Es un hecho que el desarrollo de una metodología para la gestión de alarmas en la industria permite reducir al mínimo la pausa en la producción y mejorar la eficiencia; por lo que la metodología implementada es una herramienta importante para los diseñadores. No sólo posibilita dotar al usuario de una aplicación que evita situaciones molestas sino que sienta las bases en el ámbito industrial como guía para el diseño de gestión de alarmas en cualquier proceso industrial y sistema SCADA.

## **CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE GESTIÓN DE ALARMAS EN MOVICON**

En este capítulo se implementa la metodología diseñada para desarrollar gestión de alarmas en Movicon. Se especifica el proceso en el cual se pone en práctica el trabajo. Una vez conocidas todas las características de operación del proceso, se procede a crear la gestión de alarmas siguiendo paso a paso la metodología planteada.

### **3.1 Sistema supervisorio en la concentración de guarapo de azúcar**

El proceso seleccionado para el análisis de resultados fue un ejemplo tomado del Proyecto Integrador de Automática V, “Propuesta de automatización en un evaporador” del cual la Interfaz Hombre-Máquina realizada en el software Movicon fue uno de los elementos principales a utilizar.

#### **3.1.1 Características del proceso**

El principal objetivo de los evaporadores es el aumento de la concentración de la solución alimentada, para este caso el guarapo de caña o licor. En la industria, cuando los intercambiadores de calor no son el principal elemento del proceso, constituyen uno de los procesos tecnológicos más importantes porque definen en buena medida la cantidad y calidad de la producción.

Sus condiciones de trabajo varían constantemente en función del flujo y la concentración de alimentación así como de las demandas del vapor de extracción. Razón por la que trabajan en régimen de transición y no en estado estacionario lo cual dificulta su control y optimización.

El objetivo de la operación es concentrar un sólido disuelto en un líquido. El equipo en el que se lleva a cabo la operación se denomina evaporador, este consta de una carcasa donde condensa vapor y de una cámara de separación donde tiene lugar la ebullición de la solución a concentrar, la cual, al perder disolvente aumenta su proporción de soluto.

La evaporación es un proceso que requiere de un control hecho con precisión y responsabilidad, de lo contrario generaría problemas y por ende pérdidas en el medio industrial en que se encuentre.

Las principales variables utilizadas para controlar el funcionamiento del proceso lo constituyen la densidad de la meladura o concentración de licor a la salida, la temperatura existente en el vaso evaporador y en los puntos inmediatos de la salida de las reductoras de inyección de vapor al proceso, así como de las que estén implementadas dentro del esquema de uso del vapor de proceso, los niveles en los tanques de almacenamiento así como la presión en distintos puntos del proceso.

Esta interfaz está compuesta por 7 pantallas (tendencias, históricos, proceso general, energía, evaporador y gestión de alarmas), en las que se indican las principales variables medidas en el proceso. Estas pantallas muestran indicaciones y animaciones del proceso en ejecución.

La pantalla del proceso (Ver Figura 3.1) muestra el proceso en general, aquí se visualizan las variables de entrada y salida al evaporador, así como el funcionamiento de las bombas y las válvulas empleadas.

En las pantallas de temperaturas, niveles y flujos se muestran indicadores de estas variables. La pantalla de alarmas muestra las alarmas necesarias para que el operador esté atento mientras funciona el proceso.

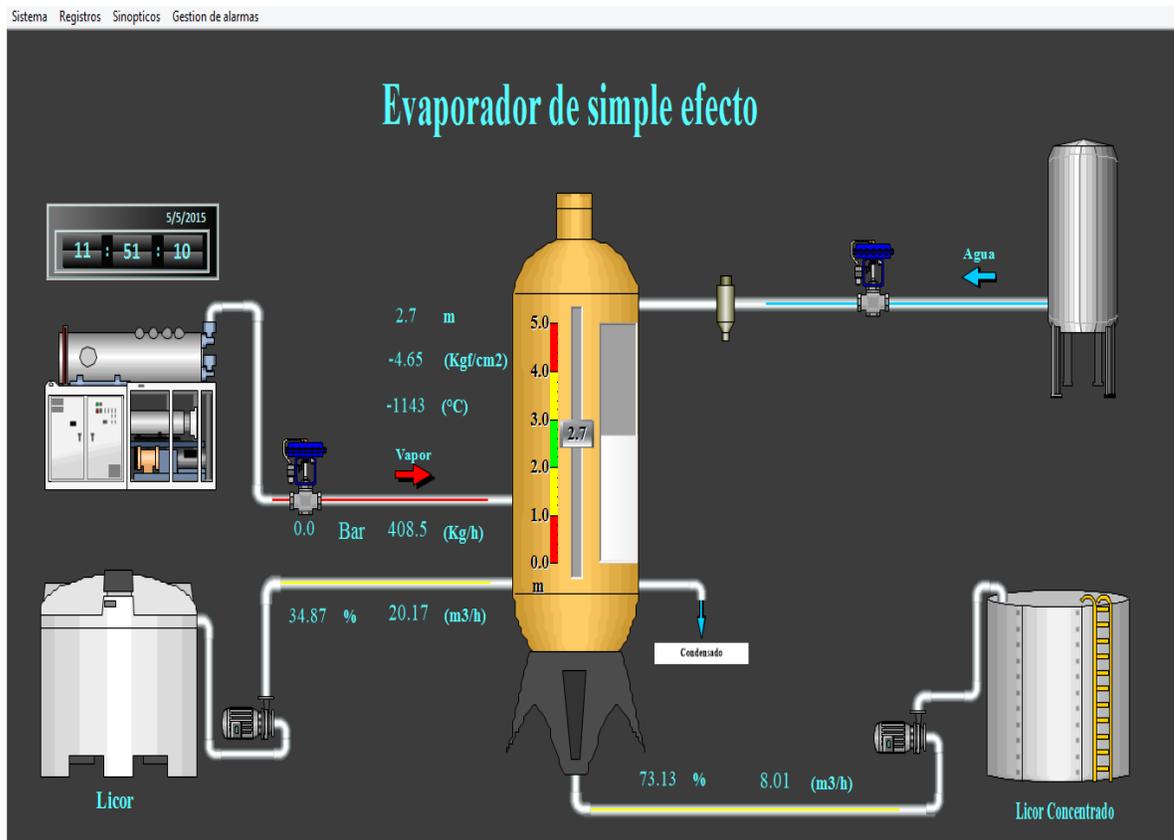


Figura 3.1. Pantalla principal del proceso

### 3.1.2 Análisis del Sistema de Alarma implementado inicialmente

El proceso de diseño e implementación del SCADA anteriormente mencionado cuenta con un sistema de alarmas relativamente sencillo. El mismo cuenta con 7 variables definidas correspondientes a la planta, de las cuales 7 están asociadas a alarmas (ver Tabla 3.1).

Las alarmas diseñadas presentan una configuración simple, sólo tienen definido el valor del límite y la prioridad por defecto que establece el Movicon. Estas fueron emplazadas sin el conocimiento especializado y muchas no ofrecen información relevante. Únicamente cumplen con la función de informar al operador.

El sistema de alarmas implementado carece de total complejidad. Es evidente la falta de definición por área así como la ausencia de configuración de alarmas complejas, muy comunes en estos procesos a causa de la gran cantidad de variables que intervienen en el proceso.

En cuanto a la gestión de alarmas, no existe indicio de presencia. Se manifiesta la total

necesidad de una herramienta que sugiera al operador en la toma de decisiones. Así como la carencia de un sistema de conocimiento que asegure el buen funcionamiento de la planta.

Tabla 3.1. Variables del proyecto asociadas a las alarmas

Variables	Descripción
Mvs	Flujo de vapor a la salida
MS	Flujo de vapor de entrada
Mc	Flujo de condensado en la cámara inferior
presionVap	Presión en el generador de vapor
P2	Presión en el intercambiador de calor
C1	Concentración de jugo de caña a la salida del intercambiador de calor
C2	Concentración de jugo de caña a la entrada del intercambiador de calor

### 3.2 Aplicación de la metodología

Para la puesta a prueba de la metodología diseñada en el capítulo 2, se deben seguir los pasos propuestos orientados al proceso de evaporación y con la consideración de los requisitos planteados.

A continuación se hace un análisis de cada paso metodológico aplicado al proceso.

#### 3.2.1 Consulta al criterio especializado

En primera instancia por la sencillez del proceso a supervisar se accedió a la experiencia de un especialista. El ingeniero químico Arturo Gómez López director general de AZCUBA dejó bien claro las variables presentes en un intercambiador de calor, así como las principales estrategias de control. Quedaron establecidas además de las principales

variables a seguir ([Ver anexo XX](#)) ante situaciones de crisis, las alarmas más comunes (Ver tabla 3.2) y las de mayores prioridades presentes en un evaporador.

Como resultado de la consulta del criterio especializado se establecieron los siguientes aspectos:

Definición de 3 Áreas en el proceso:

- Área 1: Generador de vapor
- Área 2: Intercambiador de calor
- Área 3: Alarmas complejas

Definición de 3 niveles de prioridad:

- Nivel 1: para las alarmas de mayor importancia vinculadas al proceso que además de advertir al operador acerca del funcionamiento de la planta le sugieren las pautas a seguir.
- Nivel 2: para las alarmas vinculadas al proceso que no sólo comunican al operador un estado sino que le avisan de las medidas a tomar.
- Nivel 3: para las alarmas asociadas a variables que cumplen únicamente con la tarea de informar o notificar acerca de un estado del proceso.

Implementar los métodos para configurar alarmas complejas:

Implementar alarma cuando la concentración del jugo esté por debajo de los índices requeridos y la presión del vaso evaporador esté por encima del punto de operación.

Definir una nueva variable compleja que relacione la concentración del jugo a la salida del intercambiador de calor y la temperatura en el evaporador.

Desarrollar los procedimientos para lograr gestión de alarmas:

A partir del trabajo con script y las herramientas de Movicon orientadas a objeto, activar la administración de alarmas para diferentes situaciones en el SCADA:

1. Ante el surgimiento de una situación inesperada o crítica de la planta.
2. Cuando el operador solicite el servicio de tareas a realizar.

## 3. Al operar sobre la alarma en su propia ventana de visualización.

Tabla 3.2. Alarmas a configurar por el criterio experto

Alarmas	Prioridad	Área
Concentración	3	Intercambiador de calor
Nivel evaporador1	2	Intercambiador de calor
Presión en la cámara inferior	3	Intercambiador de calor
Presión en el evaporador	3	Intercambiador de calor
Temperatura en la cámara inferior	3	Intercambiador de calor
Temperatura en la cámara superior	3	Intercambiador de calor
Flujo de vapor	2	Generador de vapor
Presión generador	2	Generador de vapor
Situación excepcional 1	1	Alarmas complejas
Situación excepcional 2	1	Alarmas complejas
Situación excepcional 3	1	Alarmas complejas

**3.2.2 Creación de las bases del conocimiento**

En esta sección se originaron las principales pautas a seguir para el correcto funcionamiento de la planta. Los saberes adquiridos a través de la experiencia especializada coadyuvaron a la creación de una base de datos ([Ver anexo XVIII](#)) a la que se accede para informar al operador del cómo se debe actuar ante situaciones generadas en la planta.

Aquí se establece que hacer ante cualquier situación, en el medio informativo y en el práctico ([Ver anexo XIX](#)).

Medio informativo

- ✓ Para el caso en cuestión se creó un archivo de extensión txt que se mostrará cada vez que se active cada alarma compleja correspondiente.
- ✓ Se definió que etiqueta de la “Tabla de *Strings*” revelar al usuario ante las circunstancias de la planta.
- ✓ Quedó establecido que cuando se active más de una alarma a la vez del área de “Alarmas complejas” se efectuará una parada de emergencia.

### 3.2.3 Representación de las bases del conocimiento

Una vez adquiridos todos los conocimientos relacionados con el proceso se establece la necesidad de representarlos. Como ejemplo de la necesidad e importancia que encierra el uso de este medio, se escogió representar la alarma “Caso crítico1” por árbol de decisión (Ver figura 3.2)

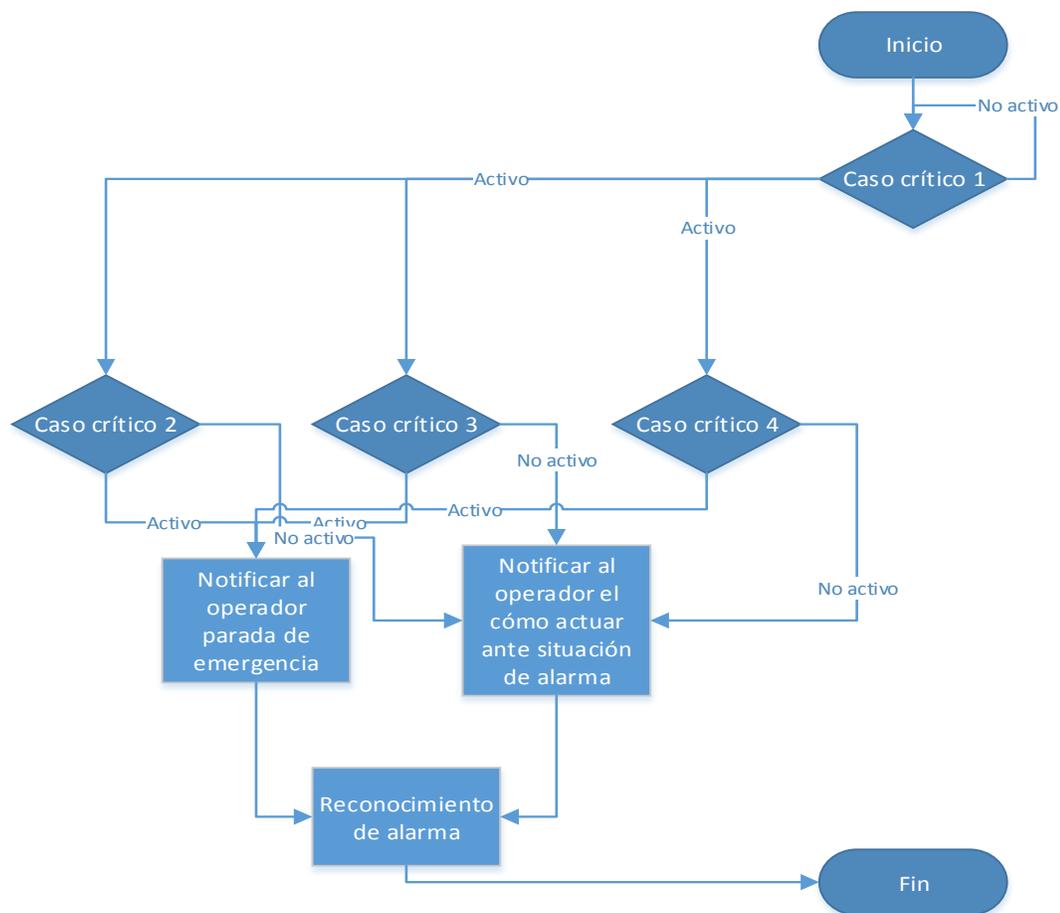


Figura 3.2. Representación por árbol de decisión de “Caso crítico1”.

### 3.2.4 Configuración de alarmas del proceso

Como consecuencia de la consulta al criterio especializado, se procedió a eliminar las alarmas improductivas y a establecer el nuevo sistema de alarmas. Para ello se diseñaron tanto alarmas simples como complejas. En primer lugar se crearon las alarmas y luego se le añadieron las propiedades, ver figura 3.3.

Nombre: (Situación excepcional 1)

Nombre del umbral: (Estado crítico 1)

Área: (Alarmas complejas)

Valor del límite: (1)

Condición de severidad: (1)

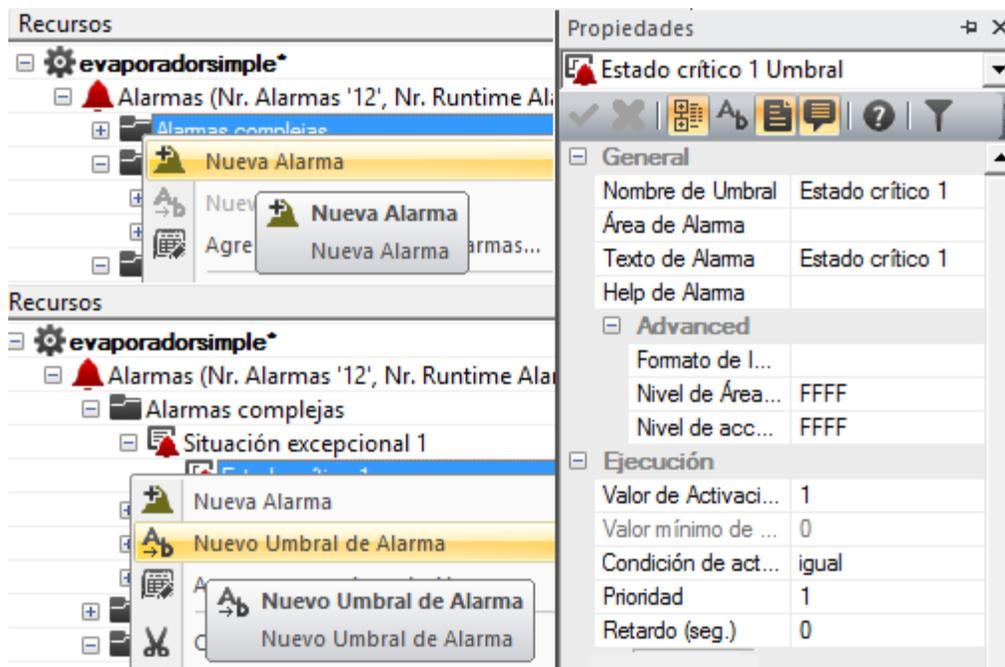


Figura 3.3. Configuración de una alarma.

En el proceso se define muchas variables y alarmas. Una vez configurada una se pueden diseñar tantas como se necesite. Como resultado de ello se puede apreciar en la figura 3.4 todas las alarmas implementadas para el proceso.

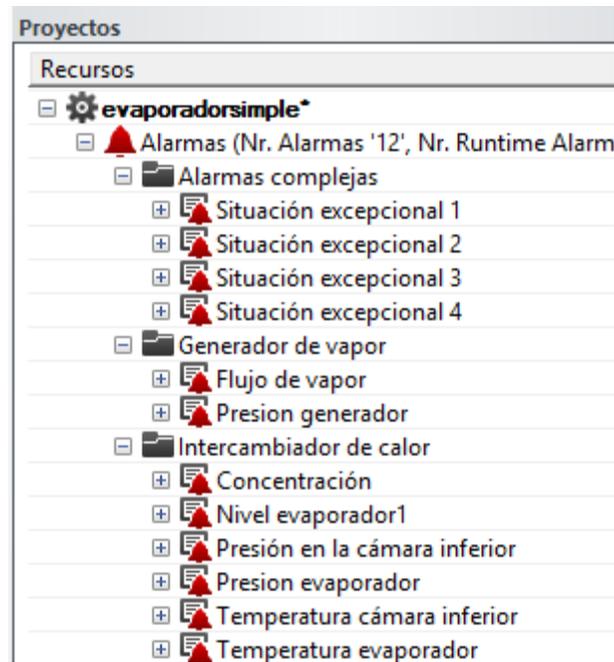


Figura 3.4. Alarmas configuradas en el SCADA.

Después de configurar los valores de cada alarma, se procede a asociar las variables con las alarmas, luego la alarma se activará cuando esta variable cumpla con sus requisitos de umbral como se observa en la figura 3.5.

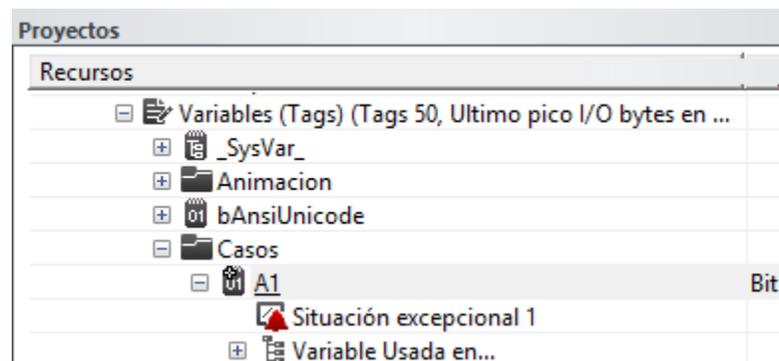


Figura 3.5. Asociación de la variable con la alarma.

### Configuración de alarmas complejas

Luego se deben implementar las alarmas complejas de ser necesario. En este caso se implementaron dos alarmas complejas a partir de los métodos antes expuestos.

Por el Método 1: Se creó una alarma denominada “Caso 1” en la cual se le configuró la condición siguiente: “ $(C2 \leq 72.96) \text{ And } (P2 \leq 16)$ ”, esta configuración se hace

directamente desde la “Ventana de Propiedades”, ([Ver anexo VII](#)).

Método 2: Se creó una nueva variable en Script en la cual se configuró la condición necesitada en el proceso para que ocurriera una alarma compleja, luego se asoció la variable y se le introdujeron los valores de activación. Ver figura 3.6, se muestra el diseño de esta alarma.

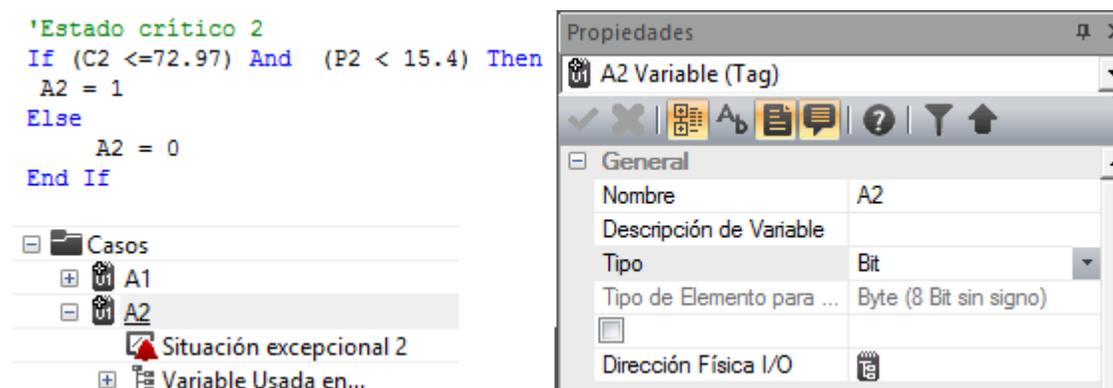


Figura 3.6. Configuración de alarma compleja.

### 3.2.5 Visualización de alarmas

La visualización de alarmas constituye un elemento fundamental para el control y supervisión de cualquier proceso industrial. En la situación del intercambiador de calor emite una serie de alertas que evitan situaciones de emergencias potencialmente peligrosas no únicamente como proceso productivo sino como amenaza para la seguridad de los individuos que allí trabajan. De allí la importancia que enviste una correcta visualización de las alarmas diseñadas. Ver la figura 3.7.

Como se puede apreciar en la figura 3.7, la información brindada resulta muy útil. Se observa una descripción de las alarmas que fueron configuradas en cuanto a la fecha, el tiempo de encendido, la duración, la severidad y la condición que presentan las mismas. Además, añadir que esta ventana de alarmas permite realizar el filtraje directo de las alarmas en cuanto a los aspectos antes señalados. Solamente con la realización de un clic sobre las etiquetas de columna.

Descripción de Alarma	Tiempo ON	Duración	Prioridad	Condición
C2 - Alarma! Concentración baja.	5/28/2015 9:54...	0,00:00:01	3	OFF
Ts - Temperatura baja en la cámara inferior	5/28/2015 9:54...	0,00:00:00	3	OFF
Ts - Temperatura elevada en la cámara inferior	5/28/2015 9:54...	0,00:00:01	3	OFF
Mvs - Flujo de vapor a la salida elevada	5/28/2015 9:54...	0,00:00:02	2	OFF
C2 - Alarma! Concentración alta.	5/28/2015 9:54...	0,00:00:01	3	OFF
presionVap - Presión de generador insuficiente	5/28/2015 9:54...	0,00:00:01	2	OFF
T1 - Baja	5/28/2015 9:49...	0,00:00:02	3	OFF
presionVap - Presión de generador en exceso	5/28/2015 2:47...	0,06:52:36	2	OFF
T1 - Alta	5/28/2015 2:42...	0,06:58:15	3	OFF
A1 - Estado crítico 1	5/28/2015 2:42...	0,06:58:15	1	OFF
Estado crítico 1	5/28/2015 2:42...	0,06:58:15	1	OFF
 <b>presionMinD - Presión de generador insuficiente</b>	5/28/2015 2:1...		2	ON
 <b>presionMaxD - Presión de generador insuficiente</b>	5/28/2015 2:1...		2	ON
presionMaxD - Presión de generador en exceso	5/25/2015 7:47...	0,00:00:01	2	OFF
A2 - Caso crítico 2	5/24/2015 10:5...	0,00:01:57	1	OFF
A3 - Caso crítico 3	5/24/2015 10:4...	0,00:14:13	1	OFF
A4 - Caso crítico 4	5/24/2015 10:4...	0,00:03:29	1	OFF
 <b>P1 - Presión baja en el evaporador</b>	5/24/2015 5:3...		3	ON
P1 - Presión elevada en el evaporador	5/24/2015 5:26...	0,00:07:40	3	OFF
 <b>P2 - Presión elevada en la cámara inferior</b>	5/21/2015 3:3...		3	ON
P2 - Baja presión en la cámara inferior	5/21/2015 3:37...	3,01:58:35	3	OFF

Figura 3.7. Ventana para la visualización de alarmas.

### Visualización por áreas:

El filtraje por área es de gran utilidad en plantas de procesos muy grande. Resulta más fácil para el operador a la hora de prestarle atención y poder discernir el grado de importancia entre una alarma y otra. Simplemente se facilita el proceso de gestión ya que en este tipo de procesos las alarmas resultan numerosas y en ocasiones dificultan el desempeño de los operadores.

En el proceso de evaporación se establecieron un grupo de áreas para reunir a un conjunto de alarmas por zonas de trabajo. Para ello se empleó el botón “Filtrar por área” como medio para alternar entre un grupo de alarmas y otro. Con lo que se permite optimizar el uso de los recursos del Movicon y visualizar las distintas áreas de alarmas en una misma ventana de alarmas. ([Ver anexo X](#)).

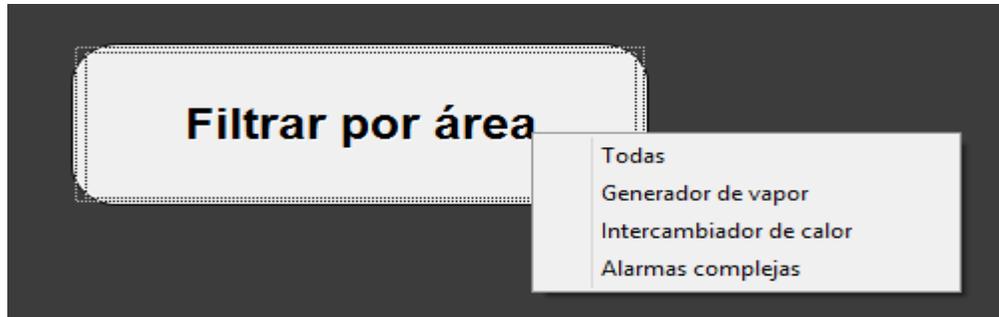


Figura 3.8. Botón para filtrar por áreas.

Área 1 denominada “Alarmas complejas” se filtran las alarmas que anteriormente en su configuración presentaban dicha área, estas son como muestra la Figura 3.9: Caso crítico 1, 2, 3 y 4. Estas alarmas constituyen el aviso de los estados generales del intercambiador de calor.

Descripción de Alarma	Tiempo ON ▾	Duración	Prioridad	Condición
A2 - Caso crítico 2	6/2/2015 12...	0,00:00:02	1	OFF
A1 - Estado crítico 1	5/30/2015 5...	0,00:00:02	1	OFF
A3 - Caso crítico 3	5/24/2015 1...	0,00:14:13	1	OFF
A4 - Caso crítico 4	5/24/2015 1...	0,00:03:29	1	OFF

Figura 3.9. Filtraje en la ventana de alarmas “Alarmas complejas”.

Área 2 se definió como “Generador de vapor”. En esta área de trabajo la ventana de alarmas visualiza las alarmas de este sector de la fábrica: Presión en el generador de vapor y flujo de vapor a la salida o en la línea de alimentación. Ver figura 3.10.

Descripción de Alarma	Tiempo ON ▾	Duración	Prioridad	Condición
presionVap - Presión de generador insuficiente	6/2/2015 12...	0,00:00:01	2	OFF
presionVap - Presión de generador en exceso	5/30/2015 5...	0,00:38:33	2	OFF
▲ presionMinD - Presión de generador insuficiente	5/28/201...		2	ON
▲ presionMaxD - Presión de generador insuficiente	5/28/201...		2	ON
presionMaxD - Presión de generador en exceso	5/25/2015 7...	0,00:00:01	2	OFF

Figura 3.10. Filtraje en la ventana de alarmas “Generador de vapor”.

Área 3 quedó establecida como “Intercambiador de calor”. En esta se filtran las alarmas que previamente diseñadas se asignaron a esta zona de trabajo. Aquí aparecen: Temperatura y presión en la cámara inferior y superior del evaporador. Ver figura 3.11.

Descripción de Alarma	Tiempo ON	Duración	Prioridad	Condición
C2 - Alarma!Concentración alta.	6/2/2015 12...	0,00:00:01	3	OFF
Ts - Temperatura baja en la cámara inferior	6/2/2015 12...	0,00:00:00	3	OFF
C2 - Alarma! Concentración baja.	6/2/2015 12...	0,00:00:01	3	OFF
Ts - Temperatura elevada en la cámara inferior	6/2/2015 12...	0,00:00:02	3	OFF
T1 - Baja	6/2/2015 12...	0,00:00:02	3	OFF
T1 - Alta	5/30/2015 5...	0,00:40:03	3	OFF
<b>P1 - Presión baja en el evaporador</b>	<b>5/24/201...</b>		<b>3</b>	<b>ON</b>
P1 - Presión elevada en el evaporador	5/24/2015 5...	0,00:07:40	3	OFF
<b>P2 - Presión elevada en la cámara inferior</b>	<b>5/21/201...</b>		<b>3</b>	<b>ON</b>
P2 - Baja presión en la cámara inferior	5/21/2015 3...	3,01:58:35	3	OFF

Figura 3.11. Filtraje en la ventana de alarmas “Intercambiador de calor”.

### 3.2.6 Gestión de alarmas

La administración de alarmas es uno de los elementos más importantes a nivel industrial. Esta protege los intereses económicos y el capital humano donde quiera que se implemente. En el proceso en cuestión se desarrolla como medio para alertar al operador acerca del cómo proceder ante cualquier situación que pueda hacer inoperable la planta.

Para la realización de alarmas se empleó el lenguaje de alto nivel VBA, el cual se encuentra incorporado en los paquetes de SCADA y específicamente en el software Movicon. Fue necesario el trabajo con script y su vínculo con un botón y eventos simultáneos que hacen posible el aviso a los operadores.

Para el intercambiador de calor se definieron tres vías de acceso al criterio especializado como directriz ante una crisis industrial. La primera de ellas se efectúa en cuanto se detecta una de las situaciones definidas con anterioridad. Por su nivel de importancia se ejecutará el aviso sin importar la pantalla ni el área que supervisa el operador, por medio de un *message box* se orientará la tarea a realizar (Ver figura 3.12).

En el caso de las otras alternativas, se activa el *message box* cuando lo solicite el operador dado que el nivel de importancia disminuye. Para lograr el acceso a ellas se requiere la asistencia del supervisor. Como se aprecia en la figura se accederá al efectuar clic en el botón “Informar” o cuando se realice CTRL +doble clic sobre la alerta en la ventana de alarmas, en esta oportunidad la propiedad quedó establecida para las alarmas de prioridad 2.

Se creó un script denominado Script1 para determinar las alarmas activas. Luego en

dependencia de estas se accede a una pequeña base de datos compartida entre la “Tabla de Strings” y un conjunto de archivos de extensión txt en los que se almacena la información del experto. Entonces, se le muestra al trabajador de turno mediante el *message box* al que se hacía referencia la información contenida en cada txt.

Descripción de Alarma	Tiempo ON	Duración	Prioridad	Condición
<b>Ts - Temperatura elevada en la cámara inferior</b>	6/2/2015 ...	0:00:00	3	ON
Ts - Temperatura baja en la cámara inferior	6/2/2015 12	0:00:00	3	OFF
A2 - Caso c		0:00:01	1	OFF
C2 - Alarma! Con		0:00:01	3	OFF
C2 - Alarma! Con		0:00:02	3	OFF
Mvs - Flujo de vapor a		0:00:01	2	OFF
presionVap - Presión de e		0:00:02	2	OFF
T1 - B		0:00:02	3	OFF
presionVap - Presión de		0:38:33	2	OFF
A1 - Estado		0:00:02	1	OFF
Estado cr		0:00:03	1	OFF
T1 - A		0:40:03	3	OFF
presionMinD - Presión de			2	ON
presionMaxD - Presión de			2	ON
presionMaxD - Presión de		0:00:01	2	OFF
A3 - Caso c		0:14:13	1	OFF
A4 - Caso critico 4	5/24/2015 1...	0,00:03:29	1	OFF
P1 - Presión baja en el evaporador	5/24/2015		2	ON

evaporadorsimple

En los sistemas de extracción de aguas condensadas y gases incondensables se producen frecuentes problemas en la puesta en marcha, que tienen su origen en las modificaciones o trabajos de reparación de rutina. En estos casos revise por este orden:

- 1- La conexión de los gases debe estar hacia los puntos adecuados, los vasos de vacío al cuerpo o al condensador y al momento de la puesta en marcha deben estar con las válvulas abiertas al 100%.
- 2- Las válvulas de las líneas de extracción de los sistemas de condensados deben estar abiertas al 100%.
- 3- Las bombas que operan contra vacío deben tener instalada su compensación al punto de presión donde succiona el flujo. Revise todas las conexiones, válvulas, uniones y hasta los prensa esto para garantizar la hermeticidad del sistema.
- 4- En los drenajes de los equipos por los sifones invertidos, verifique que la válvula de drenaje y liquidación no tiene pase y está cerrada.
- 5- Que los tanques de recepción de condensados estén de acuerdo con el esquema de operación del ingenio.

OK

✓ ✗ ✕ ✖ 🔊 🗨️ 🔍 📄

Filtrar por área → Informar

Figura 3.12. Gestión de alarmas en la aplicación.

### 3.3 Valoraciones económicas

Se estima que los costos de desarrollo del software en las empresas técnicas llegan aproximadamente al 80% de los costos de un proyecto de automatización. Por este motivo es algo fundamental utilizar instrumentos que sean capaces de reducir los tiempos de desarrollo asistidos al más alto nivel con servicios de soporte y asesoramiento técnico.

Por esta razón, Movicon es una herramienta que ofrece las mayores garantías para el aseguramiento de la propia inversión. Hace posible mantener la misma tecnología de software en la empresa a la vez que se satisfacen todas las necesidades aplicativas de la automatización.

Desde el nivel de control (PLC, HMI) hasta el nivel SCADA es realmente una plataforma flexible, capaz de adaptarse a todas las tipologías de aplicación de la automatización moderna. Gracias a estas características es posible reducir costos con el empleo en la

empresa de un único software de visualización y control para todas las necesidades. Además, es posible percibir un considerable ahorro en términos de formación y entrenamiento del personal en cuanto a economía se refiere. Lo cual figura como una gran ventaja para su utilización.

En Cuba el software Movicon presenta gran utilidad. COPEXTEL es una de las empresas de mayor comercialización del mismo en el área del Caribe. Su precio en el mercado internacional es uno de los más baratos; lo que garantiza una relación costo –producción altamente favorable para su explotación en la industria cubana.

El conjunto de herramientas que posee este software ofrece la posibilidad de desarrollar sistemas de alarmas. En este proceso de elaboración como resultado de la metodología diseñada es mucho el tiempo que se les ahorra al diseñador y al operario en responder ante situaciones de emergencia. Esto se traduce en un gran avance desde el punto de vista profesional y económico. Ya que proporciona una guía de aprendizaje y evita gastos innecesarios.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con la confección del presente trabajo y análisis de los resultados alcanzados durante la investigación, se da cumplimiento a los objetivos planteados y se arriba a las presentes conclusiones:

- 1 El análisis de las características fundamentales y la evolución de los SCADA, así como de los sistemas y gestión de alarmas constituyen la base fundamental para la adquisición de conocimiento sobre el tema.
- 2 El criterio de experto representa una excelente alternativa para implementar gestión de alarmas. La perfecta armonía que se logra conseguir entre este método y la plataforma de Movicon hacen que la administración de alarmas sea eficiente y sencilla en aras de lograr una correcta supervisión.
- 3 El software Movicon es una herramienta que cuenta con todas las posibilidades para implementar gestión de alarmas. En este, se favorece el desarrollo de sistemas de alarmas, y cuenta con facilidades para implementar la administración de alarmas por métodos más complejos.
- 4 El desarrollo de script constituye sin lugar a dudas uno de los elementos más importantes para lograr una adecuada gestión de alarmas como medio fundamental para orientar al operario.
- 5 La metodología diseñada es fácil de implementar ya que basada en sus etapas y en la sistematización del conocimiento ofrece la posibilidad de ser utilizada como guía para aplicaciones relacionadas con los sistemas SCADA desarrolladas con Movicon.

- 6 La metodología realizada en el trabajo para la realización de gestión de alarmas en Movicon ofrece a los diseñadores la posibilidad de implementar diferentes tipos de alarmas para el mejor funcionamiento de las plantas de procesos.
- 7 El desarrollo de la metodología constituye un punto de partida para la gestión de alarmas en otros sistemas SCADA.

### **Recomendaciones**

Una vez concluido este trabajo de diploma se realizan las siguientes recomendaciones:

- 1 Intensificar y profundizar el estudio de la herramienta Movicon en la carrera de Automática.
- 2 Continuar la investigación acerca de las posibilidades que ofrece Movicon para el desarrollo de gestión de alarmas con herramientas más sofisticadas de la inteligencia artificial.
- 3 Desarrollar investigaciones en diagnóstico de fallas con Movicon.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVARADO, F. P. 2008. Análisis de concordancia de atributos. *Tecnología en marcha*, 21, 29.
- AMBROSE, A. G. 2004. *Sistema de supervisión y control del pasteurizador en la cervecería "Antonio Díaz Santana"*. UCLV.
- ARANDA, G. N., CECHICH, A., VIZCAÍNO, A. & CASTRO-SCHEZ, J. J. Using fuzzy sets to analyse personal preferences on groupware tools. X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2004.
- BADIRU, A. B. 1992. *Expert systems applications in engineering and manufacturing*, Prentice-Hall, Inc.
- CANCINO, F. A. A. 2011. *"Integración de Sistema SCADA a Monitoreo de Volcanes y Sistema de Alerta Temprana"*. UNIVERSIDAD MAYOR FACULTAD DE INGENIERIA.
- COCA, L. V. 2007. *Identificación y Representación de las Principales Variables de la Etiquetadora KOSME de la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- CORZO, R. 2010. *"Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina para el Sistema de Automática Pueblo Dunas"*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- CRESPO, M. A. S. 2014. *Metodología para implementar Sistema de Alarmas en Movicon*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- DE AREBA, J. B. 2001. *Metodología del análisis estructurado de sistemas*, Univ Pontifica Comillas.
- EFSTATHIOU, J. 1987. Knowledge-based systems for industrial control. *Computer-aided engineering journal*, 4, 7-20.
- ESCALONA-FRANCO, I. G. 2011. *FILOSOFÍA, IDENTIFICACIÓN Y RACIONALIZACIÓN DE ALARMAS EN SCADA APLICADO A LA DOMÓTICA DE UN HOTEL*. *Ciencia en su PC*, 103-117.
- FEIGENBAUM, E., ENGELMORE, R. S., FRIEDLAND, P. E., JOHNSON, B. B., NII, H. P., SCHORR, H. & SHROBE, H. 1994. Knowledge-based systems in Japan.

- GARCÍA, A. Y. V., E. . 2008. *Implementación de un Sistema SCADA para la Automatización de un laboratorio de Biotecnología de Nivel de Seguridad Biológica 3*.
- HERNÁNDEZ CEVALLOS, M. I., MARCALLA, L. & ALEJANDRO, D. 2011. Desarrollo de un Sistema Scada para la Medición de Voltajes con Sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica.
- HOLLENDER, M. & BEUTHEL, C. 2007. Sistema inteligente de alarmas. *Revista ABB*, 20-23.
- HUNG, H.-L., ALTSCHULD, J. W. & LEE, Y.-F. 2008. Methodological and conceptual issues confronting a cross-country Delphi study of educational program evaluation. *Evaluation and Program Planning*, 31, 191-198.
- KING, R. E. 1999. *Computational intelligence in control engineering*, CRC Press.
- KRUTZ, R. L. 2005. *Securing SCADA systems*, John Wiley & Sons.
- MAIMON, O. & ROKACH, L. 2008. Data mining with decision trees: theory and applications. USA: World Scientific Publishing.
- MIRA, J. E. B., PADRÓN, A. L. & ANDRÉS, S. M. 2010. Validación mediante el método Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al Winsurf. *Ágora para la educación física y el deporte*, 12, 75-94.
- MONTERO, D., BARRANTES, D. & QUIRÓS, J. 2004. Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA). *Universidad de Costa Rica*.
- MORALES, E. S. 2007. *Identificación y Representación de las Principales Variables del Proceso de Embotellado de la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- OTAZO, J. R., FERNÁNDEZ, R.O. 2008. PROCESAMIENTO DE ALARMAS EN PLANTAS NUCLEARES DE POTENCIA., 1-11.
- PASCUAL, O. U. 2009. "Desarrollo del SCADA para la Máquina Embotelladora de la Ronera Central, empleando el Software Movicon X2." Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- PASSINO, K. M., YURKOVICH, S. & REINFRANK, M. 1998. *Fuzzy control*, Citeseer.
- PATTON, R. J., FRANK, P. M. & CLARKE, R. N. 1989. *Fault diagnosis in dynamic systems: theory and application*, Prentice-Hall, Inc.
- PROGEA, I. A. S. 2012. *Movicon 11: Monitoring vision and control*. In: PROGEA (ed.).
- QUEIROLO, I. 2011. Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad. *Petrotecnia*.
- QUIRÓS, D. M. D. B. B. J. M. 2004. Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA). San José: Universidad de Costa Rica.

- RODRÍGUEZ PERÓN, J. M., ALDANA VILAS, L. & VILLALOBOS HEVIA, N. 2010. Método Delphi para la identificación de prioridades de ciencia e innovación tecnológica. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 39, 214-226.
- ROTHENBERG, D. H. 2009. *Alarm Management for Process Control: A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm System*, Momentum Press.
- SALVADOR, C. A. F. M. A. E. Q. C. E. G. M. A. C. 2012. *Detección y diagnóstico temprano de fallos para mejorar la seguridad de proceso y la confiabilidad: aplicación en un proceso de reinería. Epsilon*.
- SOHLBERG, B. 1998. Supervision and control for industrial processes. *Using grey box models predictive control and fault detection methods* Springer-Verlag, London.
- SOTOLONGO, D. P. 2013. *Sistema SCADA para las columnas de destilación atmosférica y de vacío de la Refinería Sergio Soto*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- STOCK, M. J. 1988. *AI in process control*, McGraw-Hill, Inc.
- USECHE, H. 2007. *Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Alarmas para Archa B de decoración en la empresa Owens Illinois de Venezuela*.

## ANEXOS

### Anexo I Módulos comunes en los entornos de desarrollo SCADA

Los módulos comunes presentes en los entornos de desarrollo SCADA son:

- ❖ Módulos de Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su software SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar. La tendencia actual es incluir varias herramientas integradas para la configuración de la BD, tratamiento de alarmas, configuración de las comunicaciones, niveles de acceso y usuarios.
- ❖ Interfaz gráfica del operador (HMI): proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos, gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor e incorporados en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- ❖ Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre programado a partir de los valores actuales de variables leídas.
- ❖ Módulo de Adquisición, gestión primaria de alarmas y almacenado de datos: se encarga del almacenamiento y procesamiento ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos. La fiabilidad y rapidez de este bloque es determinante para disponer de una base efectiva que pueda adaptarse a una amplia gama de proyectos.
- ❖ Módulo de Comunicación: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware del sistema SCADA, y entre esta y el resto de los elementos informáticos de gestión.

Módulo de seguridad: realiza la gestión de alarmas y contraseñas de acceso al sistema de supervisión para garantizar la seguridad de la planta.

## **Anexo II Características principales de los SCADA**

Movicon presenta como principales características (Coca, 2007):

- ✓ Sistema SCADA / HMI multiplataforma (como Win32, *Terminals*, WinCE, *Mobile Phones*).
- ✓ Es un sistema cliente servidor de 32 *bits*.
- ✓ Contiene una amplia biblioteca de símbolos, objetos y gráficos.
- ✓ Programación en *basic script* que es 100 % compatible con VBA y multihilo.
- ✓ Contiene editores de menú y cajas de diálogos.
- ✓ Administrador de alarmas.
- ✓ Soporte de tecnología activeX.
- ✓ Red de Cliente/Servidor de TCP/IP.
- ✓ Un depurador (*debugger*) integrado.
- ✓ Administración de estadísticas de evento.
- ✓ Posibilidad de usar lenguaje de PLC en las lógicas que dispone.

### **Anexo III      Etapas del ciclo de vida de la gestión de alarmas**

A. Fundamentos básicos: Es la base del ciclo de vida de la alarma. Proporciona una guía para todas las otras etapas y garantiza que todos los procesos de cada etapa del ciclo estén planificados y documentados.

B. Identificación: Incluye actividades tales como revisiones de procesos de riesgos, análisis de los sistemas de protección, las regulaciones ambientales que identifican las posibles alarmas.

C. Racionalización: Cada alarma potencial se prueba contra los criterios documentados en la filosofía de alarma, para justificar que cumple los requisitos. Las alarmas se analizan para definir sus atributos tales como límite, prioridad, clasificación y tipos. Los resultados de la racionalización se documentan en una base de datos de alarmas.

D. Diseño detallado: El diseño de alarma incluye la configuración de la alarma base, que establece parámetros como la banda muerta de alarma o tiempo de retraso, el diseño avanzado de alarma, como el uso de estados de equipos o de procesos para suprimir automáticamente una alarma. Además, contiene el diseño de una interfaz HMI, que muestra la alarma al operador para que pueda efectivamente detectar, diagnosticar y responder a ella. Durante esta fase, la información contenida en la base de datos como el límite de la alarma, la prioridad y las áreas se utiliza para configurar el sistema.

E. Aplicación: Es la encargada de poner en funcionamiento las alarmas. Incluye las actividades de entrenamiento, pruebas y puesta en marcha.

F. Operación: Las principales actividades en esta etapa incluyen el ejercicio de las herramientas que los operadores pueden utilizar para hacer frente a las alarmas.

G. Mantenimiento: El proceso de poner una alarma en la transición 'fuera de servicio,' desde su etapa de operación a la etapa de mantenimiento. En esta etapa la alarma no realiza su función de indicar la necesidad de que el operador adopte medidas.

H. Monitorización y evaluación: La monitorización y evaluación del sistema de alarma es una etapa independiente porque abarca los datos recogidos en las fases de operaciones y mantenimiento. La evaluación es la comparación del rendimiento del sistema de alarma con los objetivos de desempeño establecidos en la filosofía.

I. Gestión del cambio: Incluye la actividad de autorización para todos los cambios en el sistema de alarma, incluye la adición, cambios y supresión de alarmas.

J. Auditoría: Se centra principalmente en la revisión periódica de los procesos de trabajo y el rendimiento del sistema de alarma. Su objetivo es mantener la integridad del sistema de alarma en todo su ciclo de vida para identificar áreas de mejora.

#### **Anexo IV Listas, tablas y árboles de decisión**

El objetivo de estas tres herramientas es proveer de apoyo operacional eficaz a las tareas de decisión. Aunque son herramientas relativamente simples, permiten tomar decisiones jerárquicamente, a varios niveles, y pueden usarse para codificar procedimientos bastante complejos (de Areba, 2001).

Una **lista de decisión** está compuesta por una sucesión de pares o condición binaria. Su uso consiste en verificar los *ítems* de la lista, y cada vez que se satisface la condición se ejecuta la acción apropiada. Desde el punto de vista lógico, la parte condicional es sólo una proposición lógica, y así es evaluada como verdadera (V) o falsa (F). Su definición normalmente se formula como una pregunta acerca del estado y posición de algún dispositivo u objeto. En dependencia de la respuesta, la acción asignada se ejecuta o no.

Un **árbol de decisión** puede considerarse como una extensión del concepto de lista de decisión. Las representaciones en árboles son estructuras que despliegan de forma intuitiva alguna decisión o procedimiento de clasificación, son leíbles y fáciles de usar. Un árbol está compuesto por nodos y conexiones entre los mismos (Maimon and Rokach, 2008). La raíz del árbol es el nodo de entrada, y por debajo de cualquier nodo hay algunas conexiones de bifurcación. La selección de una conexión se lleva a cabo a partir de una declaración condicional asignada al nodo. La evaluación de esta condición ya sea verdadera o falsa en el caso de árboles binarios o un valor pre-especificado para los árboles más complejos determina la selección de la conexión. El árbol se cruza de arriba abajo, y la decisión definitiva se encuentra en la parte inferior.

Una **tabla de decisión** es una tabla que visualiza secuencias de condiciones que deben cumplirse para ejecutar alguna acción. Los conjuntos de condiciones se visualizan de forma leíble, verticalmente, como columnas de la tabla de decisión (Ver tabla A.1.), u horizontalmente, como filas de la tabla.

Tabla A.1. Tabla de decisión

<b>condición_1</b>	v_11	v_12	...	v_1n
<b>condición_2</b>	v_21	v_22	...	v_2n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<b>condición_k</b>	v_k1	v_k2	...	v_kn
<b>acción_1</b>	w_11	w_12	...	w_1n
<b>acción_2</b>	w_21	w_22	...	w_2n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<b>acción_m</b>	w_m1	w_m2	...	w_mn

## **Anexo V Representación del conocimiento mediante lógica difusa**

El concepto de conjuntos difusos, vagos o fuzzy, fue introducido inicialmente por Lotfi Zadeh, en 1965. Desde entonces, debido a la investigación y al desarrollo tecnológico, la teoría de la lógica difusa ha sido aplicada en diversos campos.

En los procesos de decisión, las conclusiones o decisiones no siempre pueden tener estrictamente la forma de sí/no, verdadero/falso. La complejidad de un problema o las condiciones vagas, inciertas, siempre llevan conclusiones intermedias, transitorias, o vagas. Para tratar con estos problemas, se debe relajar la dicotomía verdadero/falso de la lógica y permitir valores indeterminados o intermedios de verdad. En este caso, la teoría de la lógica difusa da una posible solución al problema de la representación del conocimiento y del razonamiento (Passino et al., 1998).

Las aplicaciones de la lógica difusa son diversas. Un controlador difuso (FLC, *Fuzzy Logic Controller*) es un dispositivo que convierte una estrategia de control descrita por reglas lingüísticas en un algoritmo de control del proceso o sistema.(Passino et al., 1998) Un supervisor difuso (FLS, *Fuzzy Logic Supervisor*) es un dispositivo que también utilizará reglas lingüísticas para llevar a cabo la capacidad humana de abrazar horizontes de información grandes, a partir de la selección de filtros de un conjunto de datos(Aranda et al., 2004). En ambos casos el conocimiento humano, la experiencia y la inteligencia juegan un papel importante, fuera de toda duda.

## Anexo VI Asociar variable con alarmas

En esta oportunidad se hace clic derecho sobre la variable en cuestión y se selecciona la opción “Asociar una alarma” en el menú desplegado. Luego aparece la lista de alarmas creadas por el usuario, allí se escogerá la alarma a asociar. Ver a continuación.

Paso 1.

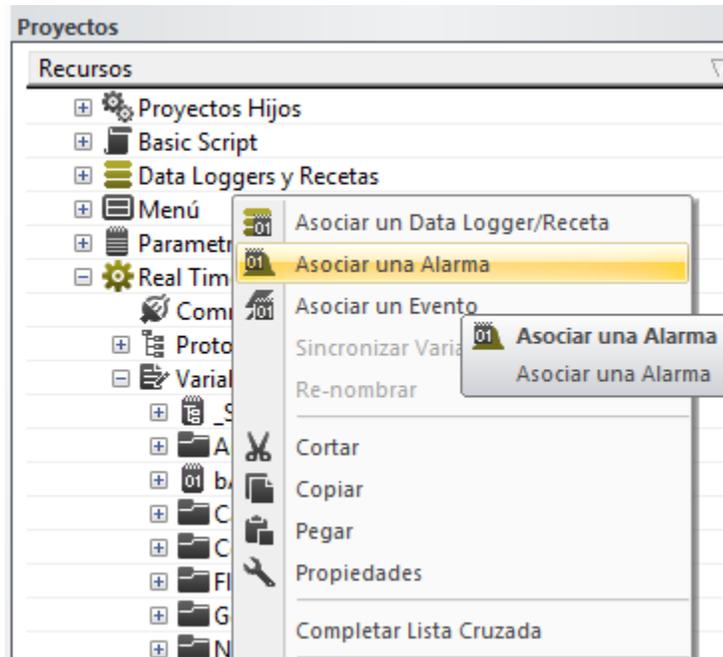


Figura A.1.Paso 1 para asociar alarmas.

Paso 2

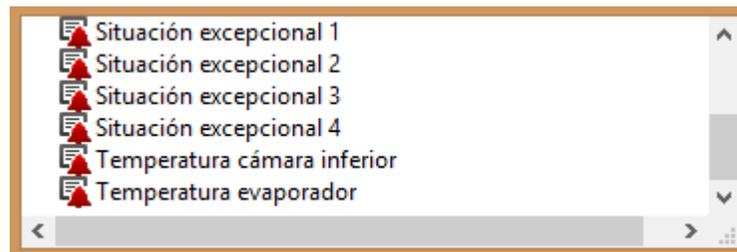


Figura A.2.Paso 2 selección de la alarma a asociar con la variable.

## Anexo VII Diseño de variables complejas por el método 1

Se selecciona en la ventana de propiedades de alarma el botón que representa la opción “buscar” en la etiqueta “Variable de alarma”. Luego se hace clic en la ventana “*Tag Browser*” en el botón “Expresión”. Entonces aparece el “Editor de Expresiones de VBA” donde se escoge de la lista desplegada las variables a emplear y combinarlas mediante lógica. Luego hacer clic en el botón “OK”

### Paso 1

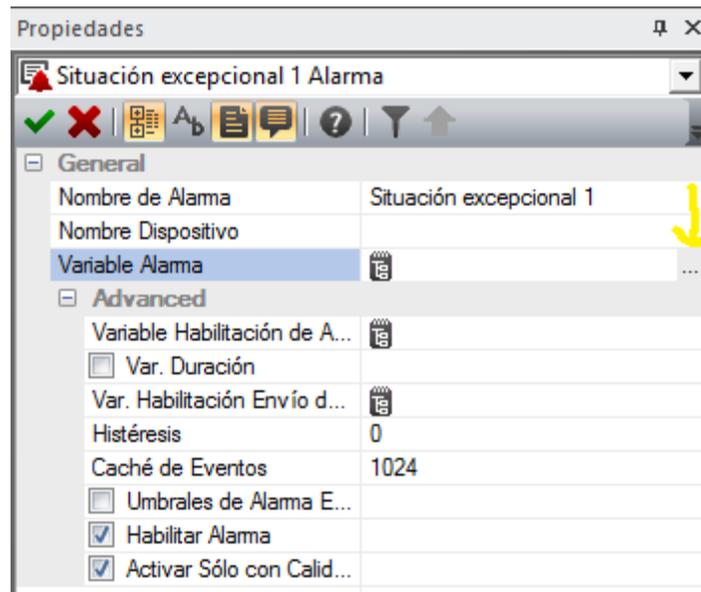


Figura A.3.Paso 1 para diseñar alarma compleja.

## Paso 2

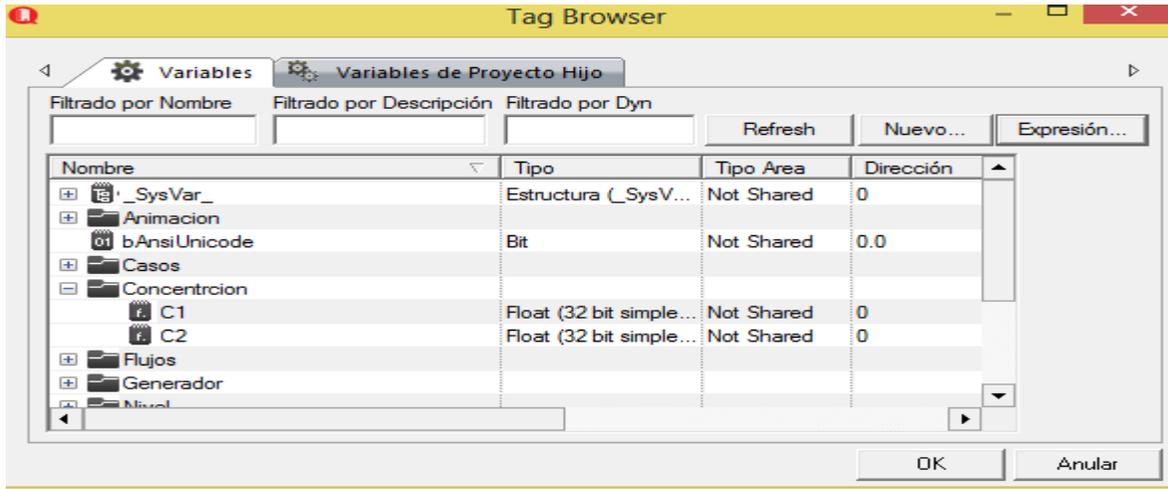


Figura A.4.Paso 1 para configurar alarmas complejas.

## Paso 3

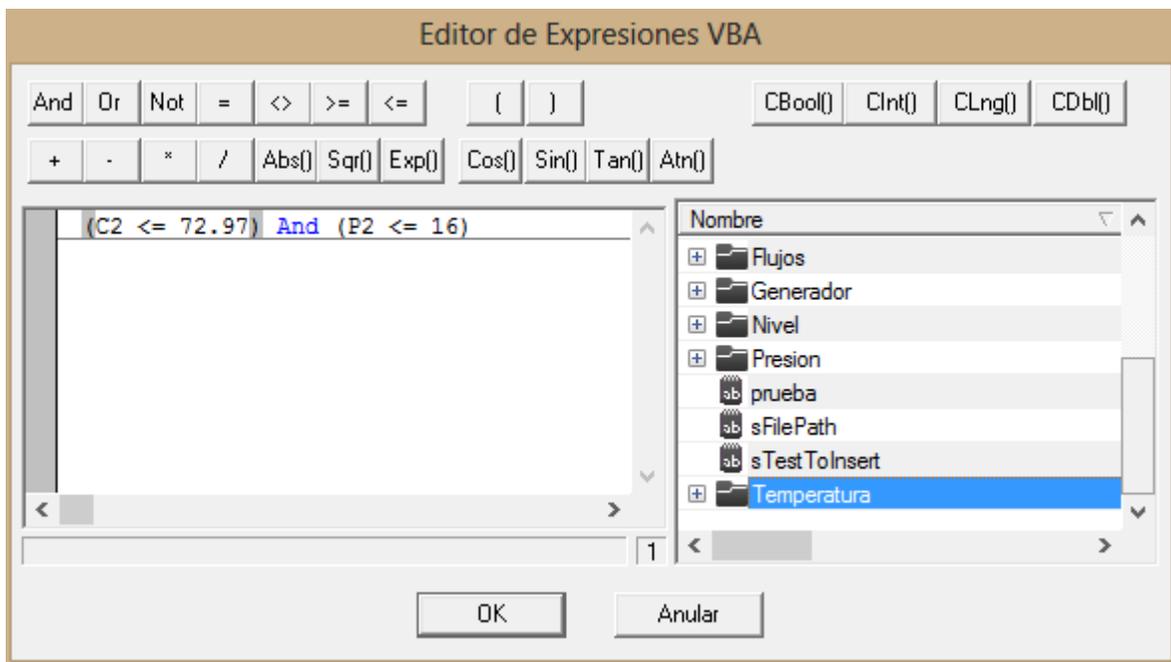


Figura A.5.Editor de expresiones en Movicon.

## Anexo VIII Diseño de variables complejas por el método 2

Para realizar el diseño de variables complejas a partir del empleo de *script*; es necesario crear uno y declarar las variables para realizar todo el trabajo lógico con el uso de códigos de programación. Ver figura A.6.

```
Sub Main
  'Estado crítico 1
  If (C2 <=72.97) And (P2 > 16) Then
    A1 = 1
  Else
    A1 = 0
  End If

  'Estado crítico 2
  If (C2 <=72.97) And (P2 < 15.4) Then
    A2 = 1
  Else
    A2 = 0
  End If

  'Estado crítico 3
  If (C2 <=72.97) And (P2 < 15.4) Then
    A3 = 1
  Else
    A3 = 0
  End If
End Sub
```

Figura A.6. Configuración de alarmas complejas por *script*.

En este ejemplo se trabajan con variables previamente definidas. Una vez cumplidas determinadas condiciones, se activan ciertas variables que asociadas a las alarmas en la ventana de propiedades de umbral de cada alarma completan la disposición de estas alarmas complejas. Para este caso se trabajó con las variables A1, A2 y A3 de tipo *bit*. Ver figura A.7.

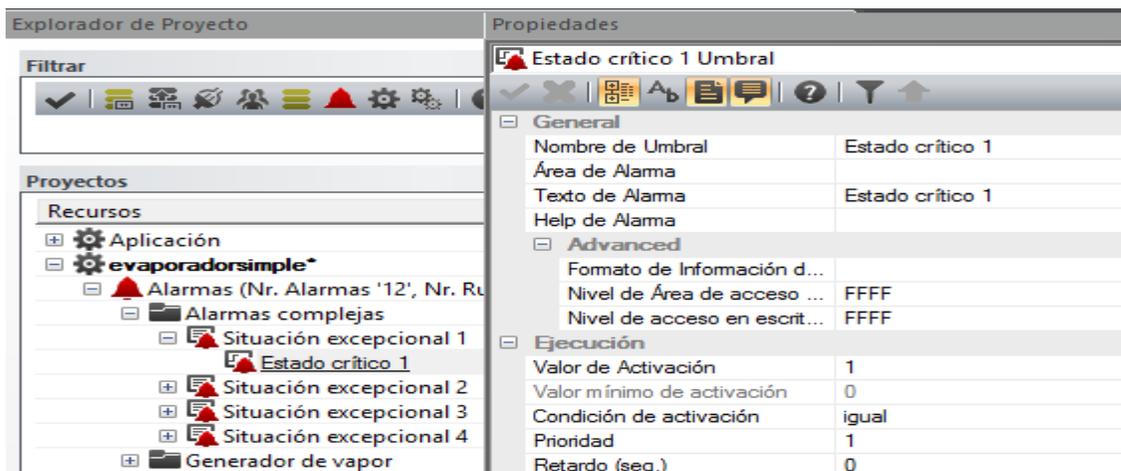


Figura A.7. Ventana de propiedades de umbral de alarmas.

## Anexo IX Notificar texto desde la tabla de *string*

Se abre la “Ventana de propiedades” del umbral seleccionado. Luego, con un clic sobre el botón de buscar en la etiqueta “Texto a enviar” aparece la “Tabla de *Strings*”. Allí, se crea el *string* o se selecciona de aparecer el necesitado. Para este caso, por medio de un clic derecho sobre el área de trabajo se despliega un menú en el que se selecciona la opción “Nueva *string*” o simplemente se oprime la tecla “INS” del teclado. Después se procede a insertar el nombre de la *string* y el contenido que debe de aparecer al seleccionarse.

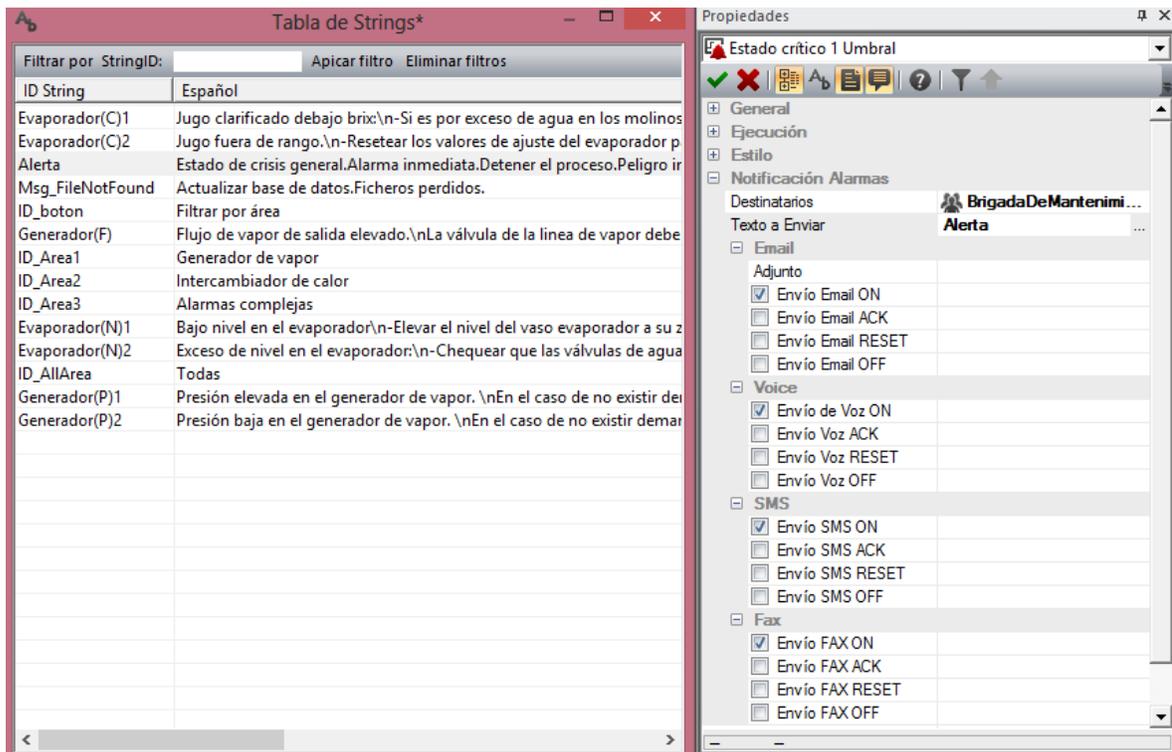


Figura A.8.Configuración de la notificación de alarmas.

## Anexo X Botón para filtrar por área la ventana de alarmas

Se crea un botón cuando se arrastra el símbolo procedente de la “Ventana de Dibujo” de Movicon hacia el sinóptico. Luego se hace doble clic en el botón para acceder a sus propiedades. Entonces, en el “Explorador de Propiedades Dinámicas” se introduce el siguiente código.

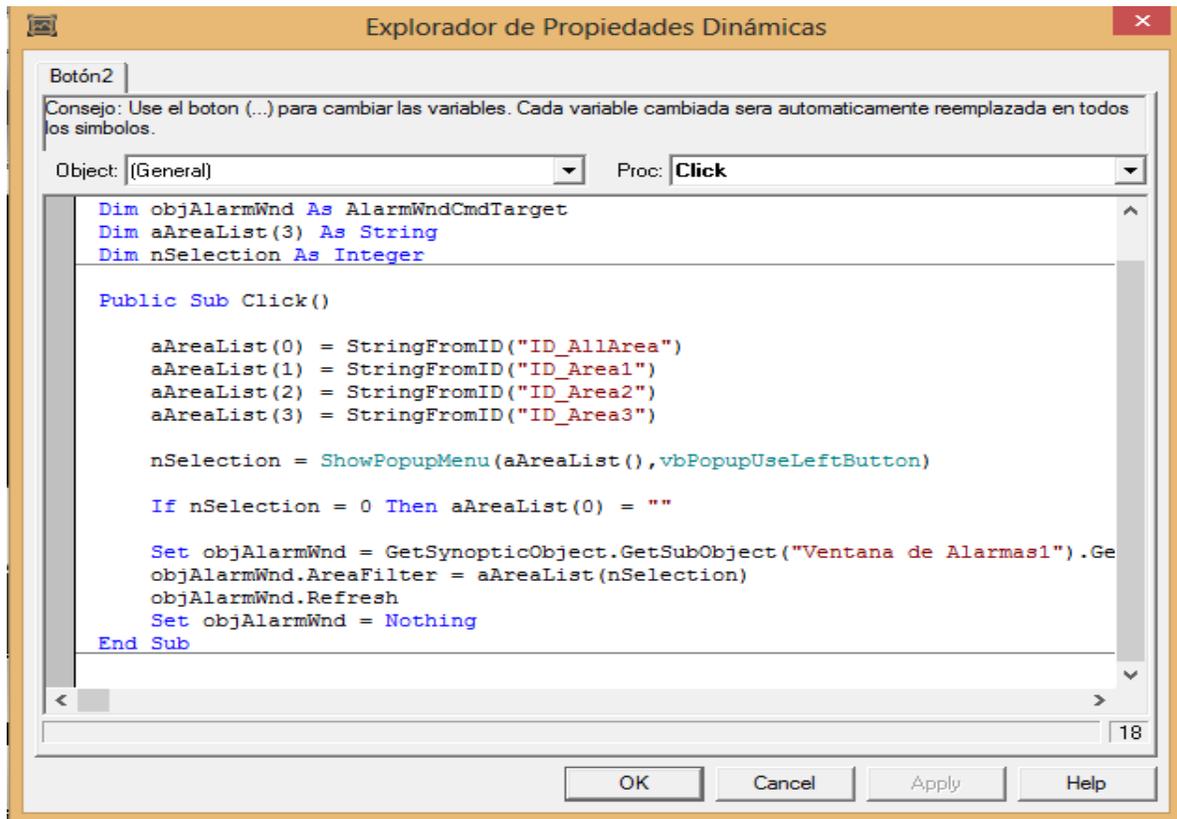


Figura A.9. Propiedades del botón para filtrar por área.

Luego se tiene un botón que permite filtrar en la ventana de alarmas acorde a la selección del menú desplegado. Todo definido en la “Tabla de *Strings*”.

## **Anexo XI Selección de expertos**

Uno de los problemas principales es decidir quiénes son los expertos o conocedores del tema a analizar. Los expertos pueden ser especialistas internos o externos. Se entiende por experto tanto al individuo u organización, con un elevado nivel de calificación en una esfera, capaz de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión con un máximo de competencia.

Para el análisis, una de las metodologías más empleadas la constituye la del Comité Estatal para la ciencia y la técnica de Rusia, elaborada en 1971. Esta consiste en:

- Confeccionar un listado inicial de personas posibles a cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar, previamente consultada su disposición para participar.
- Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, con la evaluación de los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia.

En la selección de expertos se realiza una serie de cuestionarios que facilitan la decantación de los mismos. Como resultado del correcto procesamiento de la información, se determina el valor del coeficiente de competencia. Este es el coeficiente que determina en realidad el experto a tomar en consideración para trabajar en la investigación.

El coeficiente de competencia se puede clasificar atendiendo a los resultados arrojados en alto, medio y bajo. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante puede valorar si utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de competencia promedio de todos los posibles expertos sea alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja.

Para la confección del listado de expertos, se tendrá en cuenta el coeficiente de competencia, pero también es importante analizar la calidad de cada uno de ellos: su conducta activa, su juicio autocrítico, su ética en la discusión, su creatividad y disposición en la solución del problema, su capacidad de análisis y pensamiento para resolver de forma eficiente una problemática que exija un criterio que enfrente marcos tradicionales o actuales, además su posibilidad real de participación. De esta forma es posible conseguir un grupo de analistas capaces de erigir una estrategia para lograr una apropiada administración de alarmas.

## **Anexo XII Método Delphi**

Después de la selección de expertos se aplica el método Delphi para el procesamiento de sus criterios y opiniones. Este constituye un método de pronóstico cualitativo cuyo nombre proviene del oráculo Delfos de la antigua Grecia. Fue desarrollado por Olaf Helmer y otros en la *Rand Corporation* a mediados de la década de 1960 (Rodríguez Perón et al., 2010). El objetivo era elaborar pronósticos a largo plazo a partir de la utilización sistemática de las valoraciones intuitivas de un grupo de expertos para obtener un consenso de opiniones informadas.

El método Delphi permite la consulta de un conjunto de expertos para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencias, estudios bibliográficos, etc. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Dado que se mantienen aislados producto a los niveles de responsabilidad de cada uno y la dispersión de los lugares de ubicación de los mismos. Lo que minimiza el efecto de presión social y otros aspectos del comportamiento de pequeños grupos (Mira et al., 2010).

Como investigación es un proceso sistemático, formal y profundo para obtener y probar las hipótesis sobre el tema en cuestión. Mas no existe una estructura rígida para aplicar el método Delphi, pero es usual que se siga una determinada secuencia.

La secuencia establecida es la siguiente (Hung et al., 2008):

- Mandar un cuestionario a los expertos y pedir opinión en los temas de interés.
- Analizar las respuestas e identificar las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren.
- Enviar un análisis resumido de todas las respuestas a los expertos, pedir que llenen de nuevo el cuestionario y den sus razones respecto a las opiniones en que difieren.
- Repetir el proceso hasta que se estabilizan las respuestas.

Es necesario presentar a los expertos los temas, aspectos o cuestiones a valorar previamente determinados por el investigador a partir de una tabla de Aspectos / Rangos de Valoración. Generalmente los rangos de valoración son 5: inadecuado, poco adecuado, adecuado, bastante adecuado y muy adecuado; a los que se asigna valor numérico del 1 al 5 en el

---

mismo orden. Pero en caso de que estos aspectos no estén determinados previamente se utiliza las experiencias y conocimientos de los expertos para conformar los aspectos a valorar.

Luego, se logra que aunque los expertos consultados no estén juntos, en ocasiones, se produzca algo similar a una “tormenta de ideas” y se hace viable el procesamiento de variaciones de solución compleja y moderna, diferente a lo acostumbrado, junto con la ventaja de llegar a propuestas refinadas, basadas en la realización de trabajo independiente y sosegado. Entonces se procede a independizar al máximo los criterios subjetivos, o sea, normalizar o tipificar las respuestas de los expertos para llegar a un criterio lo más objetivo posible (Mira et al., 2010).

**Anexo XIII Análisis de la concordancia en la valoración de aspectos**

Después de obtener una proposición final en la consulta a los expertos se requiere demostrar su confiabilidad. Para ello, es preciso comprobar el grado de coincidencia de las valoraciones realizadas por los expertos.

El coeficiente de concordancia de Kendall constituye un estadígrafo muy útil en estudios de confiabilidad entre expertos de una materia. No sólo determina la asociación entre distintas variables. Además, aporta el nivel de coincidencia entre ordenaciones que pueden ser objetos o individuos. En este caso el coeficiente concordancia será un índice de la divergencia del acuerdo efectivo entre los expertos mostrado en los datos del máximo acuerdo posible (Alvarado, 2008).

**Anexo XIV Script como recurso**

Para introducir un *script* en cualquier proyecto hay que proceder a insertar un nuevo recurso. Para ello se elige el comando "Nuevo *Script*" del menú contextual que se abre como resultado del clic derecho del mouse en la ventana "Explorador de Proyecto" sobre el ítem "*Basic Script*".

Con la confirmación de esta operación aparece el nuevo recurso. Además, se abre la ventana del editor de código *script* recién creado. Al recurso se le puede otorgar nombre para remplazar el provisorio.

## Anexo XV Ejecución de *scripts*

### Ejecución sobre comandos

La ejecución sobre comando es fácilmente configurable mediante las propiedades "Comandos" de los objetos, de los menús o de los recursos que tienen la posibilidad de ejecutar comandos.

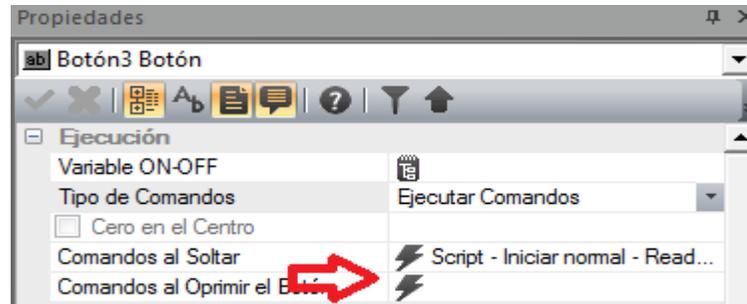


Figura A.11. Ejecución de *script* sobre comando.

La ejecución sobre comando también puede ejecutarse desde el recurso "Eventos" del explorador de proyectos. En esta oportunidad la rutina no será efectuada por un comando del operador sino al producirse un determinado evento. Para ello se debe crear un nuevo evento, se elige el comando "Nuevo Objeto Evento" del menú contextual que se abre como resultado del clic derecho del mouse en la ventana "Explorador de Proyecto" sobre el ítem "Eventos". Con la confirmación de esta operación aparece el nuevo evento. Luego se accede a las propiedades de eventos y se selecciona en la etiqueta de "Comandos" el *script* a ejecutar.

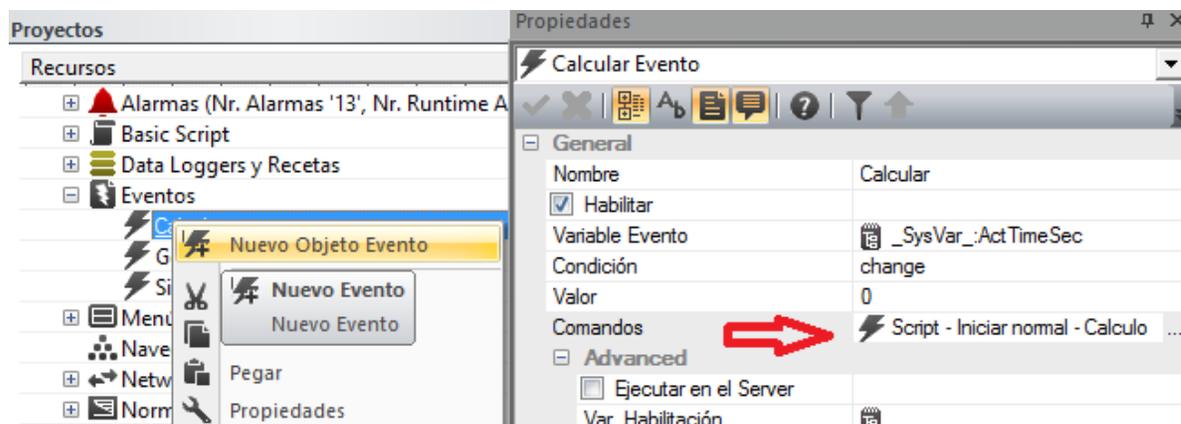


Figura A.12. Ejecución de *script* sobre comando desde "Eventos".

## Ejecución al iniciar

Es posible ejecutar una rutina *script* automáticamente al iniciar el proyecto. Para utilizar esta funcionalidad hay que acceder a la propiedad correspondiente "Script de Inicio" presente en las "Configuraciones de Ejecución del Proyecto". En la ventana de selección correspondiente se deberá proceder a seleccionar el recurso *script* entre los introducidos en el proyecto con anterioridad.

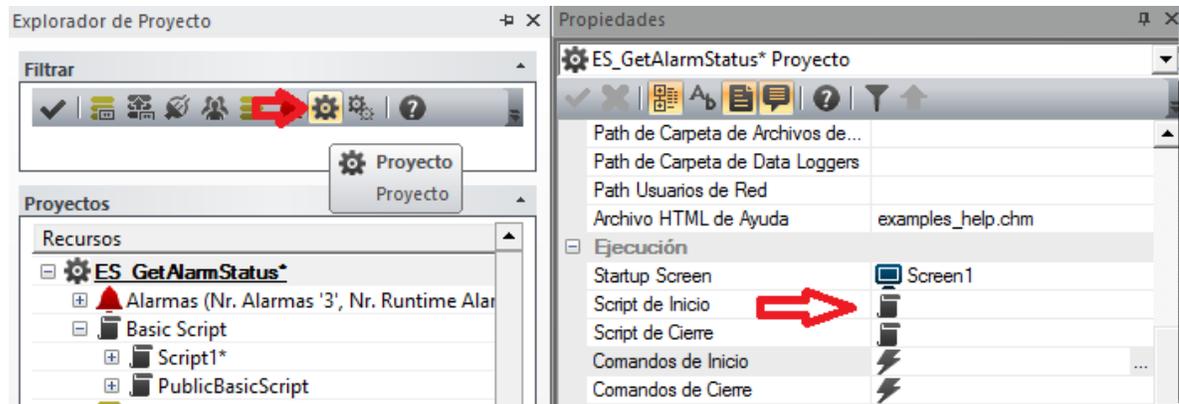


Figura A.13. Configuración para ejecutar *script* al iniciar.

## Ejecución desde otro script

La ejecución de script puede ser comandada desde otro con la función "*RunScript*".

## Anexo XVI Acceso a las funciones de la biblioteca de Movicon

Las interfaces básicas de Movicon son numerosas. Es innegable el uso que resultaría de un conocimiento adecuado de todas las funciones que se contienen en su biblioteca. Para acceder a la lista de funciones de estas bibliotecas se puede utilizar el botón "*Browse*" de las funciones de la barra de utensilios ver figura A.14.



Figura A.14. Botón *browse* para acceder a la biblioteca de *script*.

La ventana que se abre muestra el nombre de la interfaz en la casilla "*Data Type*" y la lista de los métodos y propiedades correspondientes a la interfaz en la lista "*Methods/Properties*":

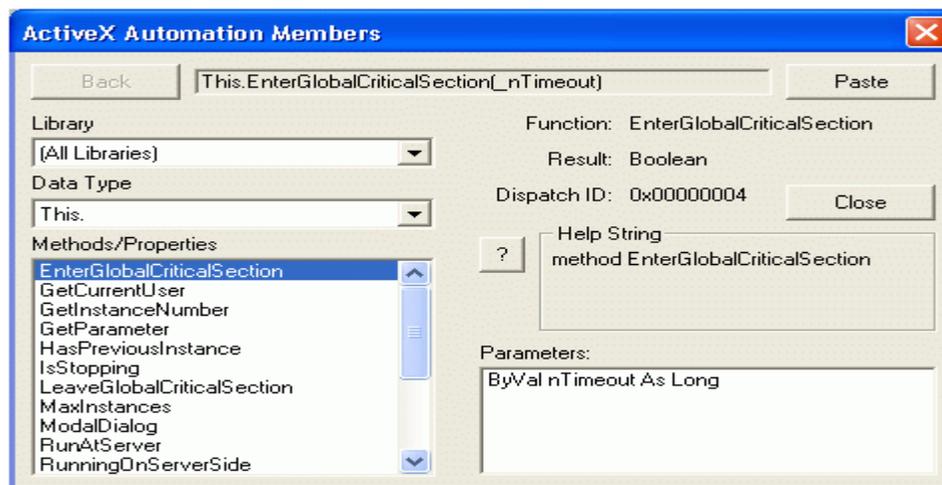


Figura A.15. Ventana para selección de funciones de la biblioteca.

Es posible seleccionar más de una interfaz desde la lista "*Data Type*".

Para obtener el *help* o ayuda de una función es suficiente con seleccionarla y oprimir el punto de interrogación que se encuentra en la ventana del *browse* de las funciones. En el caso de que el área de trabajo sea en el mismo código, es suficiente seleccionar la función y oprimir la tecla F1.

## Anexo XVII Crear script sobre evento variable

En la ventana "Explorador de proyecto" hacer clic con el botón derecho del mouse sobre el componente o sobre el sinóptico al cual se desea asociar el evento. En el menú contextual que a continuación se abre seleccionar el comando "Nuevo Script sobre Evento Variable", ver figura A.16.

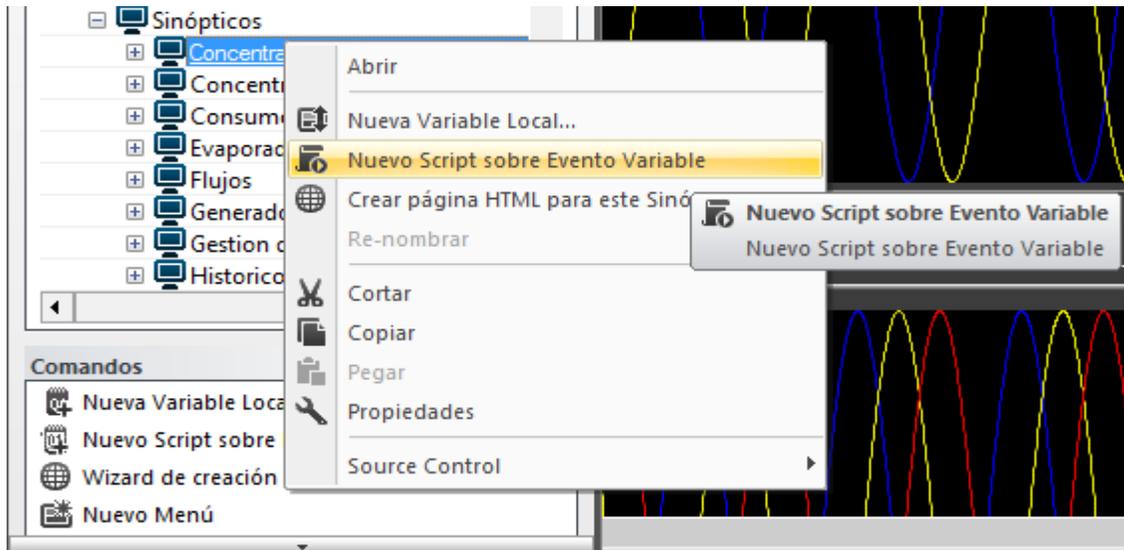


Figura A.16. Ventana de Explorador de proyecto.

Luego se abrirá la ventana de *Browse* de las variables del proyecto de la que se deberá seleccionar la variable en cuestión. Una vez seleccionada dentro del código script del componente o del sinóptico será introducido automáticamente un nuevo evento en la lista denominado "OnNombreVariableChanged" (On + Nombre de Variable + Changed. Por ejemplo, si se agrega la variable Mvs, el evento será "OnMvsChanged").

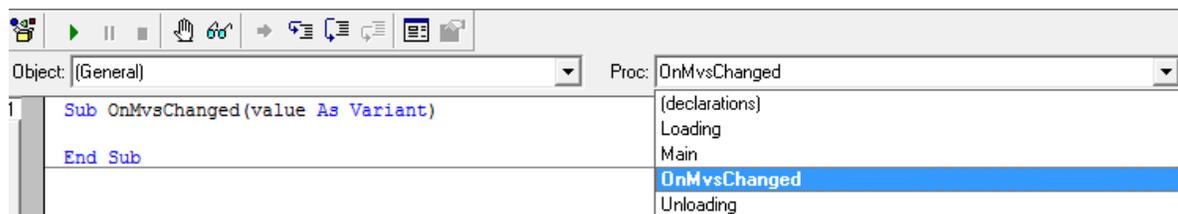


Figura A.19. Ejecución de *script* sobre evento variable

---

Con la introducción de este nuevo evento, este será llamado cada vez que la variable “Mvs” sufra un cambio en su valor, y el parámetro “*value*” indicará el valor actual de la variable. Naturalmente es posible asociar varias variables con cada componente.

## Anexo XVIII Creación de base de datos

Se puede generar una base de información por cualquiera de las vías conocidas. En este estudio se trabaja con las creadas a base de txt.

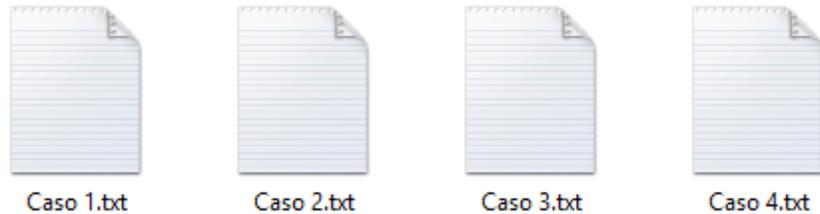


Figura A.20. Elaboración de base de datos con archivos de extensión txt.

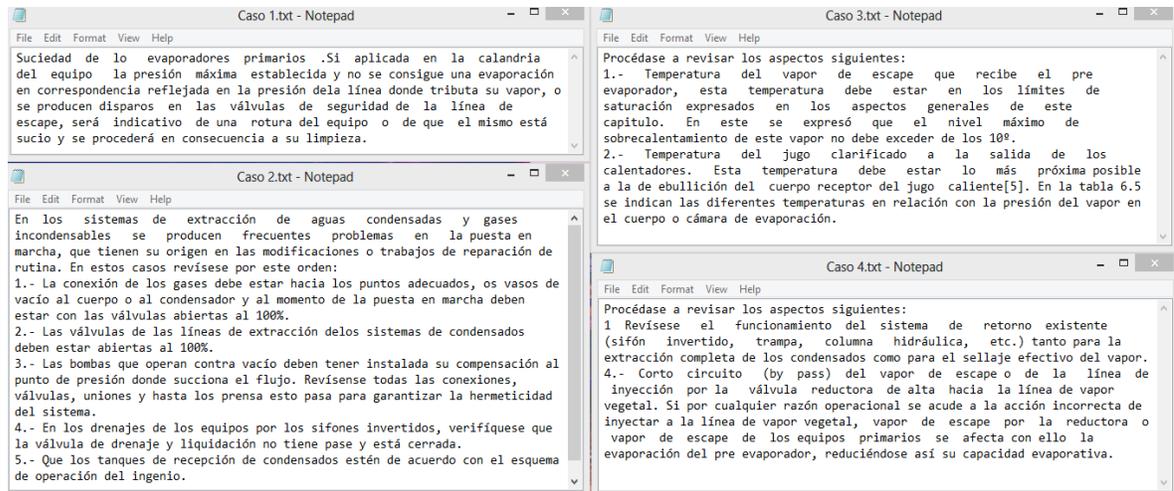


Figura A.21. Información contenida en los archivos txt.

Pero también se muestra como quedó con la inserción de cadenas en la “Tabla de Strings”.

ID String	Español
Evaporador(C)1	Jugo clarificado debajo brix:\n-Si es por exceso de agua en los molinos contrólese hasta llegar al punto...
Evaporador(C)2	Jugo fuera de rango.\n-Resetear los valores de ajuste del evaporador para llevar el proceso\n a la zona ...
Alerta	Estado de crisis general.Alarma inmediata.Detener el proceso.Peligro inmediato!
Msg_FileNotFound	Actualizar base de datos.Ficheros perdidos.
ID_boton	Filtrar por área
Generador(F)	Flujo de vapor de salida elevado.\nLa válvula de la línea de vapor debe pasar a manual.\nFluxería inesta...
ID_Area1	Generador de vapor
ID_Area2	Intercambiador de calor
ID_Area3	Alarmas complejas
Evaporador(N)1	Bajo nivel en el evaporador\n-Elevar el nivel del vaso evaporador a su zona de operación, \ndebe ronda...
Evaporador(N)2	Exceso de nivel en el evaporador:\n-Chequear que las válvulas de agua para la limpieza y enjuague \np...
ID_AllArea	Todas
Generador(P)1	Presión elevada en el generador de vapor. \nEn el caso de no existir demanda en línea:\n- Limitar la ent...
Generador(P)2	Presión baja en el generador de vapor. \nEn el caso de no existir demanda en línea:\n- Llevar la produc...

Figura A.22. Elaboración de base de datos en la “Tabla de Strings”.

## **Anexo XIX Base de conocimiento en el ambiente práctico**

Base de conocimiento en el ambiente práctico (se hace referencia a algunos de los más importantes):

- Abrir la válvula de la tubería de desalojo a la atmósfera y tomar jugo hasta que este alcance la mitad de la altura de los tubos de la calandria, si no existe demanda de vapor en ese momento en los equipos receptores. De lo contrario la válvula permanecerá cerrada.
- Abrir la válvula de la línea de extracción de los vapores hacia los equipos receptores en consecuencia con el esquema de evaporación del ingenio y cerrar el desalojo hacia la atmósfera.
- Cuando se observen salpicaduras sobre las lucetas inferiores del vaso melador, aumentar la aplicación de vapor al vaso del evaporador cuidando que el nivel de jugo en este no exceda de la mitad de la altura de los tubos para evitar así la ocurrencia de arrastres que contaminen el agua condensada. En paralelo pónganse en marcha los equipos de extracción de agua de retorno y obsérvense los indicadores de nivel en las calandrias para comprobar que no existan retenciones.
- Una vez que el evaporador esté cargado, cerrar la alimentación de jugo al vaso y las válvulas de intercomunicación entre ellos, hasta que comiencen a disminuir los niveles de jugo por efecto de la evaporación. Reiniciar entonces la corrida de jugo en toda la batería y regúlese de tal forma que se compense la pérdida de jugo por evaporación y se mantengan los niveles estáticos en cada vaso a 1/3 de la calandria.
- Medir la densidad de la meladura y cuando alcance el rango establecido poner en marcha la bomba de extracción de la misma e iniciar la alimentación continua y regulada de jugo al evaporador hasta lograr la estabilidad en la operación del mismo
- Cuando las paradas son imprevistas se tomarán decisiones específicas en cuanto al modo de liquidar los evaporadores conforme al tiempo de duración de la parada que se haya estimado. Se exponen a continuación los casos más comunes.
  - ✓ Hasta 2 horas de duración. Bastará con reducir el nivel hasta descubrir la placa inferior.

- ✓ Hasta 4 horas de duración. Procédase a liquidar y enjuagar el vaso melador, dejando el resto de los vasos con jugo.
  - ✓ Superiores a las 4 horas de duración. Procédase a liquidar toda la estación evaporadora.
- Para la puesta en marcha de los evaporadores hay que cumplir:
- a) Inspecciónese el equipo y sus instalaciones para comprobar que se encuentran debidamente cerradas las válvulas siguientes:
    - ✓ Agua para la limpieza de los equipos.
    - ✓ Sosa cáustica para la limpieza química.
    - ✓ Ácido clorhídrico para la limpieza química.
    - ✓ Meladura.
    - ✓ Evacuación a la zanja.
    - ✓ Comunicación de los vasos a la atmósfera.
    - ✓ Interconexión entre los vasos para la transferencia de jugo.
  - b) Compruébese que están herméticamente cerradas las tapas de los registros laterales y del fondo de cada vaso.
  - c) Compruébese que están totalmente abiertas las válvulas de mariposa o de otro tipo de las tuberías de vapor que intercomunican cada vaso con el siguiente. En el caso específico de las válvulas de mariposa, hacer marcas visibles para indicar las posiciones “abierta” y “cerrada”.
  - d) Comprobar que todas las bombas y sistemas tienen conectadas la compensación a los puntos adecuados a sus presiones de operación.

Durante este proceso de puesta en marcha los condensados se desviarán todos hacia el sistema de contaminados hasta lograr la estabilidad de su operación.

**Anexo XX Variables a seguir durante el proceso**

Tabla A.1. Variables a definir por el criterio experto

Variables	Descripción
Ptdjc	Presión en tuberías de descarga de las bombas de jugo clarificado
Ptdar	Presión en tuberías de descarga de las bombas de agua de retorno
Ptdm	Presión en tuberías de descarga de las bombas de meladuras
Ptgee	Presión en tubería general de escape a la estación evaporadora
Ptgvp	Presión en tubería general de vapor vegetal de proceso
Pcep	Presión en las calandrias de los evaporadores primarios
Pe	Presión en el cuerpo del evaporador
P1*	Presión en la cámara inferior del intercambiador
Pcsi	Presión en la cámara superior del intercambiador
Ptec	Presión en la tubería de extracción hacia los calentadores
P2*	Presión en la salida de las líneas de inyección de vapor por reductora al proceso
H*	Nivel en el vaso del intercambiador
Nvar	Nivel en el vaso de agua de retorno
Tivp	Temperatura en los puntos inmediatos de la salida de las reductoras de inyección de vapor al proceso
Tvi	Temperatura en el vaso intercambiador

---

Ts	Temperatura en la cámara inferior del evaporador
T1*	Temperatura en la cámara superior del evaporador
C2*	Concentración del jugo a la salida del vaso intercambiador
M2*	Flujo de salida del jugo de caña
Msv*	Flujo de vapor a la salida del intercambiador

---

Nota: Los valores señalados con asteriscos (\*) son los definidos para demostrar la metodología.