



**PRÁCTICAS EN PROTECCIÓN ADAPTATIVA
BASADAS EN
TRANSMISIÓN DE DATOS ENTRE
RELÉS DE PROTECCIÓN**

Fernando Cobelo: ZIV Aplicaciones y Tecnología, S. A.

Julio Eisman, Gonzalo Gómez, Juan Torres: IBERDROLA, S. A.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.

BLOQUEO/DESBLOQUEO DE UNA PROTECCIÓN, BASADO EN INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL DE OTROS RELÉS.

Protección de Barras de media Tensión usando relés de sobreintensidad.

Mejor selectividad de las protecciones contra faltas a tierra del lado de AT de los transformadores.

MODIFICACIÓN DE AJUSTES EN FUNCIÓN DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE INCIDENCIAS.

Modificación del ajuste de un relé de apoyo cuando falla el relé principal.

Modificación automática realizada por el SAISU.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXO.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha venido definiendo como protección adaptativa a una filosofía de protección que permite y persigue el realizar ajustes de las funciones de protección de modo automático, de modo que su actuación esté lo mas en sintonía posible con el sistema eléctrico de potencia.

Las prácticas adaptativas propuestas hasta la fecha se pueden clasificar en tres grandes grupos:

I) Prácticas orientadas a mejorar los algoritmos de protección, usando información adicional de la red. Por ejemplo "Velocidad de operación dependiente del tipo de falta, Detección de polo remoto abierto para Disparo secuencial rápido, etc. "

II) Modificación de los ajustes usando la información del Sistema de Telecontrol (Despacho). Por ejemplo, "Compensación de Acoplamiento mutuo en las protecciones de Impedancia de tierra, basada en el estado actual de las líneas acopladas".

III) Modificación de los ajustes de una función de protección, usando la información de otros relés de protección o de otros equipos. Por ejemplo "Protección diferencial adaptativa de Transformador, usando las medidas de la posición de la toma".

Las prácticas que tratamos de describir aquí corresponden a este último grupo. El objetivo principal de estas prácticas es reducir el tiempo de disparo usando la información procedente de los equipos digitales de protección de la subestación.

Tradicionalmente se ha considerado que un relé de protección que es apoyo de otro relé se ajustará con un cierto retardo con respecto a éste, para que exista coordinación entre ambos. Actualmente, aprovechando las ventajas que proporcionan las protecciones digitales, es posible reducir e incluso eliminar esos retardos bajo ciertas circunstancias.

Esta idea puede aplicarse en dos sentidos:

I) Cuando se produce una falta, algunas unidades de la protección de apoyo pueden bloquearse o desbloquearse dependiendo de la información facilitada por la protección principal. Para que sea efectiva esa función de bloqueo o desbloqueo debe realizarse en tiempo real.

II) Cuando se produce un fallo total o parcial en una protección, los valores de ajuste de la protección de apoyo deberían modificarse automáticamente para evitar que el disparo se produzca con retraso con respecto a las condiciones normales. Esta modificación podría efectuarse voluntariamente, aunque obtendremos una mucho mayor efectividad si disponemos en la subestación de un Sistema Inteligente capaz de analizar automáticamente el comportamiento de las protecciones y de generar nuevos ajustes adecuados al fallo en cuestión. Más adelante se describen las funciones de este tipo de Sistema y la experiencia obtenida al respecto.

BLOQUEO/DESBLOQUEO DE UNA PROTECCIÓN, BASADO EN INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL DE OTROS RELÉS

Las prácticas que se describen a continuación pueden ser aplicadas a cualquier protección, independientemente de su tecnología (electromecánica, analógica, digital), pero no se han usado de modo general debido a las limitaciones de los relés convencionales para disponer de contactos de arranque. La idea básica consiste en permitir que opere el instantáneo de una protección de apoyo si no se produce el arranque de la/s protección/es principal/es. A continuación describimos algunos ejemplos.

Protección de Barras de media Tensión usando relés de sobreintensidad

En una subestación de distribución las barras de media tensión son el elemento mas débil en caso de un cortocircuito interno. Aunque las barras están diseñadas para soportar un arco interno durante 0,5- 1 s., los resultados del mismo son, al menos, parcialmente destructivos.

Excepto en instalaciones muy críticas, tales como centrales de generación o importantes subestaciones de distribución, no es usual instalar protecciones diferenciales de barras en MT. La protección que tratamos de describir está basada en protecciones de sobreintensidad, como se indica en la **Figura 1**.

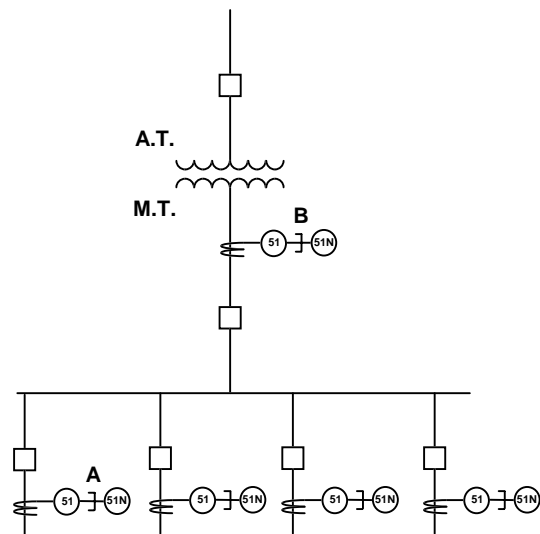


Figura 1

El relé de sobreintensidad B debe ser ajustado manteniendo la selectividad con los relés de protección de las líneas de salida, empleando un tiempo mínimo de disparo de 0,3-0,4 s.. Este tiempo puede reducirse si, manteniendo activa la unidad instantánea de sobreintensidad del relé B, se aplica una orden de bloqueo a la misma siempre que se produzca el arranque de una unidad de sobreintensidad temporizada de uno de los relés de protección de línea. Conviene retardar el disparo de esta unidad alrededor de unos 0,1-0,2 s. con el fin de evitar falsos disparos debidos a retrasos en alguno de los relés de protección de línea.

Esta práctica adaptativa está siendo aplicada, mediante cableado convencional en todas las subestaciones de IBERDROLA cuyos relés de protección de sobreintensidad incorporan un contacto de arranque y una entrada de bloqueo.

Mejor selectividad de las protecciones contra faltas a tierra del lado de AT de los transformadores

En la mayoría de las instalaciones de AT, el neutro de los transformadores está rígidamente puesto a tierra. Se emplea usualmente un relé de sobreintensidad (relé C en la [Figura 2](#)) contra faltas a tierra para disparar el transformador en caso de una falta a tierra, sea interna o externa al transformador.

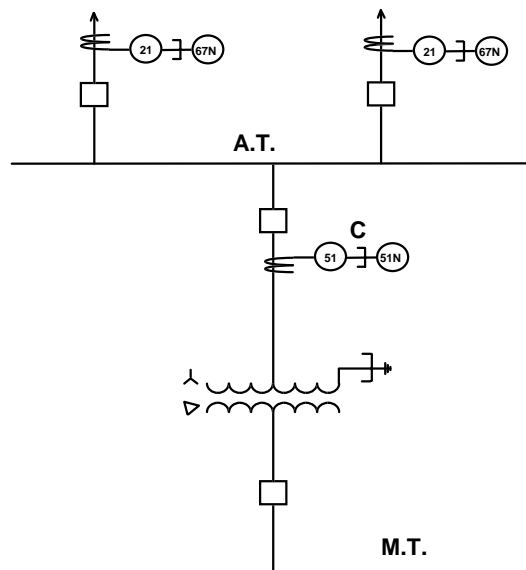


Figura 2

La selectividad entre el relé C y los relés de sobreintensidad direccional contra faltas a tierra (67N) que se instalan como protección de apoyo en las líneas de AT ha sido siempre problemática, y por tanto el relé C ha sido ajustado en el pasado de un modo poco efectivo (altos valores de intensidad y de tiempo).

Actualmente es posible reducir el tiempo de disparo de este relé, manteniendo habilitada su unidad instantánea, pero bloqueándola en caso de que se produzca el arranque de alguna de las protecciones direccionales de tierra de alguna de las líneas de AT.

MODIFICACIÓN DE AJUSTES EN FUNCIÓN DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE INCIDENCIAS

Modificación del ajuste de un relé de apoyo cuando falla el relé principal

Una de las principales ventajas de las protecciones digitales es su característica de autocomprobación, que realiza la detección de la totalidad de los fallos críticos de una protección digital, emitiendo una alarma que se puede transmitir al centro de Control correspondiente. En este caso, la práctica tradicional es desplazar, con la mayor celeridad posible, un equipo de técnicos a esa subestación, con el fin de reparar o reemplazar el equipo de protección estropeado. En caso de producirse una falta durante ese intervalo de tiempo, el comportamiento del sistema de protección se verá afectado indeseablemente. No obstante, es posible mejorar este comportamiento si se modifican los ajustes de la protección de apoyo.

Consideramos a modo de ejemplo la protección de transformadores de distribución con relés de sobreintensidad:

Si el relé de sobreintensidad del lado de MT falla, se pueden modificar los ajustes de la protección de sobreintensidad del lado de AT eliminando su temporización y reduciendo el nivel de arranque del ajuste de intensidad ([Figura 3-A](#) y [Figura 3-B](#)).

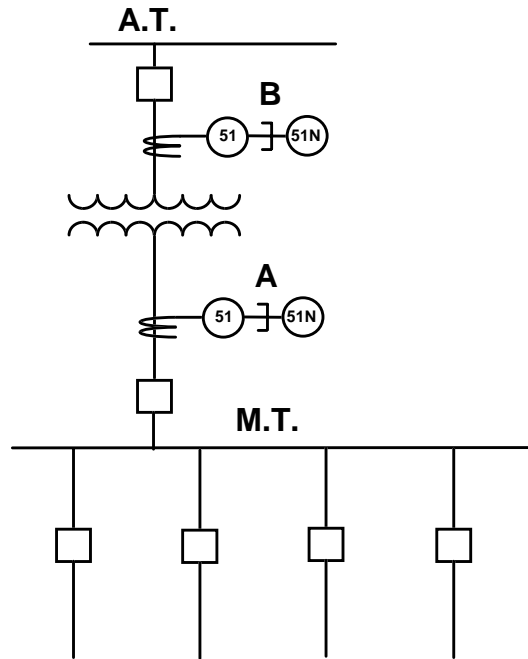


Figura 3-A

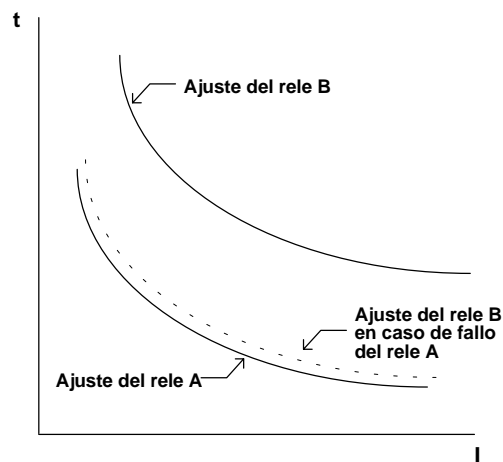


Figura 3-B

Esta modificación de ajustes puede realizarse voluntariamente desde el Centro de Análisis de Incidencias y Protecciones, a través de la red de transmisión de datos de protecciones, si existe. También, si todos los datos de las protecciones son recogidos en la subestación por un sistema inteligente, este sistema puede llevar a cabo directamente la modificación de ajustes.

Un sistema como el antes indicado ha sido ya desarrollado y construido. Algunas de sus principales características se describen en los siguientes apartados.

Sistema Local de Análisis de Incidencias

El Sistema se denomina SAISU, y su principal función es recoger los datos de todos los equipos de protección y de los registradores que hay en la subestación, y analizarlos con el fin de dar un diagnóstico completo de las perturbaciones (faltas) que afectan o han afectado a esa subestación.

El SAISU interroga secuencialmente a todos los relés de protección, osciloperturbógrafos y registradores de eventos de la subestación, recogiendo sus datos. Cuando se produce una incidencia, que se identifica por el arranque o el disparo de un relé de protección, el SAISU almacena todos los datos relativos a la misma, datos que analiza posteriormente y emite un informe detallado de la misma.

El SAISU trabaja con las bases de datos siguientes (**Figura 4**):

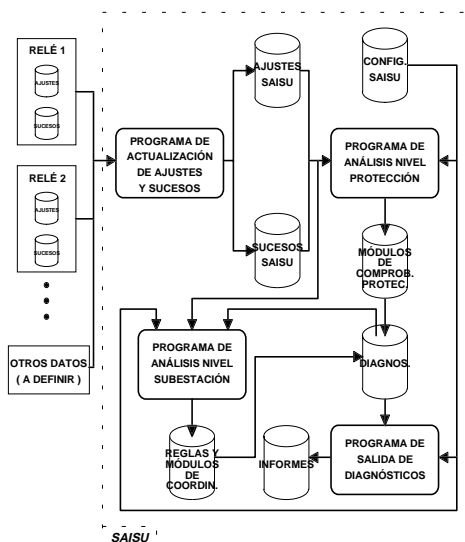


Figura 4

- Base de datos de ajustes, en donde se almacenan los valores de los ajustes de cada protección de la subestación.
- Base de datos de sucesos, en donde se registran todos los sucesos.
- Base de datos de configuración: El usuario define en la misma la configuración de la subestación, los relés existentes en al misma, etc.
- Base de datos de comprobación de protecciones: En esta base de datos se definen todas las comprobaciones que el SAISU lleva a cabo para verificar el comportamiento individual de cada relé.
- Base de datos de reglas de coordinación: En esta base de datos se definen todas las comprobaciones que el SAISU realiza para verificar la selectividad entre parejas de relés de protección (principal y apoyo).
- Base de datos de diagnósticos: Comprende un conjunto de diagnósticos a emitir según la regla de coordinación que se ha cumplido o incumplido.

-Base de datos de informes: En ella se almacenan los informes correspondientes a todas las incidencias.

El modo en que opera el módulo de análisis de incidencias del SAISU comprende los siguientes pasos:

1) Cuando el SAISU lee un suceso de "arranque" (arranque de una protección, comando de disparo de una protección, o disparo de un interruptor) almacena juntos todos los sucesos correspondientes a esa incidencia: todos los sucesos desde el primer arranque hasta la reposición de todas las unidades de protección que habían arrancado.

2) De acuerdo con la base de datos de comprobación individual de protecciones, el SAISU analiza el comportamiento individual de todos los relés que han arrancado. En la **Tabla 1** se indican algunas comprobaciones típicas.

Si este análisis individual detecta el fallo de un relé, requiriéndose por tanto la modificación de ajustes de su protección de apoyo, el SAISU arranca el módulo de modificación de ajustes.

3) Si el análisis individual de protecciones es correcto, el SAISU verifica la selectividad entre cada pareja de relés de protección (principal y apoyo).

Las reglas de coordinación son simples y genéricas, y pueden ser definidas por el mismo usuario, por ejemplo:

-Si la protección principal arranca, la protección de apoyo no debe disparar.

-Si la protección principal dispara, la protección de apoyo no debe disparar.

Cada una de estas reglas básicas comprende un conjunto de comprobaciones, asociándose un diagnóstico elemental al resultado de cada comprobación. En la **Tabla 2** se refleja un ejemplo.

4) El SAISU suministra un diagnóstico completo que es combinación de todos los diagnósticos elementales asociados a cada comprobación. El SAISU facilita, asimismo, un informe de incidencias completo, que incluye todos los sucesos ordenados cronológicamente.

Si se ha incumplido alguna regla de coordinación, el SAISU arranca el módulo de modificación de ajustes.

Modificación automática realizada por el SAISU

Como se ha indicado previamente, cuando el módulo de análisis de incidencias del SAISU detecta el fallo de alguna protección o la pérdida de selectividad entre dos de ellas, éste arranca el módulo de modificación de ajustes. Para una subestación típica de distribución, como se representa en la **Figura 5**, indicamos a continuación algunas de las ocasiones en que este módulo es arrancado.

Tabla 1

Protección de Sobreintensidad	Protección de Distancia	Protección Diferencial de Transformador
Arranque en función del valor de ajuste y de la intensidad medida	Arranque de la 3ª zona en función de la impedancia aparente	Intensidades diferencial y de frenado en función de la intensidad medida
Tiempo de disparo del interruptor	Tiempo de disparo del interruptor	Tiempo de disparo del interruptor
Arranque de la unidad instantánea o temporizada según sus valores ajustados y la corriente medida	Arranque de zona (1ª, 2ª o 3ª) dependiendo de la impedancia aparente	
Tiempo de disparo en función del ajuste de tiempo de retardo y de la intensidad medida	Tiempo de disparo en función de la zona	

Tabla 2

COMPROBACIÓN	DIAGNÓSTICO ELEMENTAL
Tiempo teórico de disparo del relé de apoyo < (Tiempo teórico de disparo del relé principal) + (Tiempo de retardo de coordinación)	Es preciso realizar una modificación de ajustes. Tiempo de coordinación insuficiente.
Tiempo teórico de disparo del relé principal < Tiempo real de disparo del relé de apoyo	Si el relé de apoyo ha disparado, el relé principal ha fallado.
(Tiempo real de disparo del relé de apoyo) - (Tiempo real de disparo del relé principal) > Tiempo de retardo de coordinación	Si el relé de apoyo ha disparado, el interruptor ha fallado (o el tiempo de disparo del interruptor es excesivamente largo)

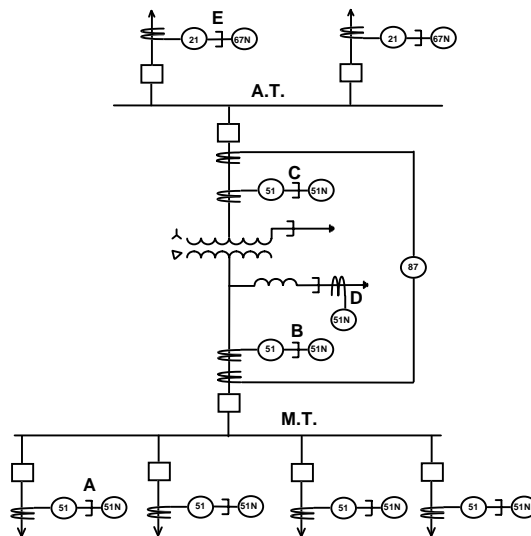


Figura 5

2.b.1. Si la función 51-A arranca, pero dispara la 51-B, el retardo de la unidad temporizada del relé B deberá ser automáticamente incrementado por el SAISU, con el fin de conseguir un tiempo de coordinación adecuado. Esto mismo es también válido para las parejas 51N-A/51N-B, 51-B/51-C, 51N-B/51N-D y 67N-E/51N-C.

2.b.2. Si la función 51-B arranca, pero dispara la 50-C, el SAISU debe incrementar automáticamente el ajuste de la unidad instantánea del relé C.

2.b.3. Si se detecta un fallo de la función 51-B, el nivel de arranque y el ajuste de tiempo de la función 51-C deben reducirse a los valores de la 51-B.

2.b.4. Si se detecta un fallo de la función 87, el ajuste de la unidad instantánea del relé C (50-C) debe reducirse para cubrir completamente el transformador, manteniendo un mínimo tiempo de retardo por seguridad (0,1 - 0,2 s.).

En la **Figura 6** se muestra una pantalla del programa de comunicaciones del SAISU, que refleja un ejemplo, con ajustes, etc., del módulo de protección adaptativa citado:

MÓDULO DE ADAPTACIÓN

Subestación ST LAS ROZAS Modelo 1CPDC Numero 250

Resultado Global del Análisis de Incidencia		Acción Correctora	
Error en coordinación entre: 51 fases línea MT y 51 fases secundario transformador.		Aumentar temporización de función: 51 fases secundario transformador nº 2	
Actuación adelantada de: 51 fases secundario transformador.			

Función Principal: 51 fases línea MT nº 7 Fecha: 13/12/1994
 Función de Reserva: 51 fases secundario transformador nº 2 Hora: 05:23:18.339

	Ajustes Previos a la Incidencia		Ajustes Corregidos	
	Principal	Reserva	Principal	Reserva
Habilitación	SI	SI	SI	SI
Arranque	5.5 A	6.2 A	5.5 A	6.2 A
Curva característica	INVERSA	INVERSA	INVERSA	INVERSA
Índice de tiempos	0.12	0.30	0.12	0.75
Temporización fija	0.1 s	0.2 s	0.1 s	0.2 s
Control de par	NO	SI	NO	SI

Figura 6

CONCLUSIONES

Hemos descrito, básicamente, nuevas prácticas de protecciones adaptativas basadas en la modificación de ajustes usando la información facilitada por otros relés de protección de la misma subestación.

Algunas de estas prácticas, basadas en el bloqueo o desbloqueo de ciertas funciones de protección, eran ya antes bien conocidas, pero escasamente usadas, puesto que los relés convencionales no facilitaban las entradas o salidas (contactos) necesarias. Actualmente, el uso de relés digitales permite una fácil y efectiva aplicación de estas prácticas.

Otro tipo de prácticas adaptativas están basados en un sistema, recientemente desarrollado, que realiza el análisis de incidencias de una subestación, preferentemente de distribución. Además de esta función principal (Análisis de incidencias), este equipo es capaz de modificar algunos ajustes de la protección de apoyo, cuando se produce un fallo de la protección principal. Este equipo, denominado SAISU, ha sido ya probado en laboratorio, e instalado en la subestación de Las Rozas, próxima a Madrid, subestación con 2 líneas de 132 kV, 2 transformadores y 16 líneas de 20 kV.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. J. Zaborsky et al. "Computer Control of the Large Power System during Faults for Inherently Adaptative Selective Protection". IEEE Trans on PS. Vol. PWRS-2, N° 2. pp. 494-504, May 1987.
- [2]. M. Kezunovich et al. "Expert System Applications in Protection, Substation, Control and Related Monitoring Functions". Electric Power Systems Research. 21 (1991), pp. 71-86.
- [3]. J. S. Thorpe et al. "Feasibility of Adaptative Protection and Control". IEEE Trans. on PD. 8, July 1993.
- [4]. N. A. Laway and H. O. Gupta. "A Method for Adaptative Coordination of Overcurrent Relays in an Interconnected Power System". IEE Fifth International Conference on Developments in Power System Protection. York. March 1993.

ANEXO

Este Anexo tiene por objeto destacar las funciones y características del equipo que en el texto del artículo se ha denominado SAISU (Sistema de Análisis de Incidencias de Subestaciones), fruto de un proyecto de desarrollo, realizado en colaboración entre IBERDROLA, S.A. y ZIV Aplicaciones y Tecnología, S.A., en el marco del Programa de Investigación Electrotécnica (PIE).

Este equipo, comercialmente, se llama Mod. GID (Unidad de gestión de Información de equipos de protección y registro de subestación).

Desde el punto de vista del hardware, el GID incluye:

- Módulos de Interfase con equipos de campo. Con puertos del tipo RS232 o FO, y en modo difusión o punto a punto. Para equipos no digitales puede disponer de una serie de entradas de contactos para obtención de información de los mismos.
- Bus interno, que realiza la unión entre el proceso y la adquisición de datos (CPU, comunicaciones, sincronismo GPS, etc).
- Periféricos internos, que efectúan la interacción entre el GID y el usuario, como la red local, el módem (opcional), etc.
- Fuente de alimentación.

Desde el punto de vista de su aplicación, el GID puede ser utilizado en tres niveles, según el paquete de software residente que se incorpore al mismo. Se indican a continuación las funciones que se pueden realizar en cada uno de los citados niveles:

-Nivel básico:

- * Permite el acceso unificado, en modo transparente, bien local o remotamente, a los distintos equipos de la instalación, sean del fabricante que sean.
- * Efectúa el control de accesos y la monitorización de los canales de comunicación.

-Nivel intermedio:

- * Integra la base de datos unificada de la instalación, así como los convertidores de protocolo necesarios.
- * Realiza la llamada periódica automática a los equipos de la instalación, efectuando la sincronización horaria, la monitorización de los equipos y canales de comunicación y la captura de datos.
- * Minimiza la necesidad de acceso directo a los equipos al realizar la recopilación y resumen de la información de los equipos (sucesos, informes, históricos, etc.).

-Nivel superior:

Además de lo indicado para los dos niveles precedentes, el paquete de Software incorporado en este permite la detección automática de incidente y la realización, asimismo automática, del Análisis de Incidencias de Protecciones, para ello dispone de las siguientes herramientas:

- * Librería de módulos de comprobación, con análisis por cada función de protección, y de coordinación por pareja de funciones.
- * Módulos de diagnóstico editable por el usuario.