VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE APOYO A LA OPERACIÓN PARA LA CN BEZNAU

VERIFICATION AND VALIDATION OF NEW OPERATION SUPPORTS SYSTEMS FOR BEZNAU NPP

ALFONSO JIMÉNEZ - JUAN A. BURILLO

PRÓLOGO

En este artículo se describen las actividades asociadas con los trabajos de Verificación y Validación realizados por Tecnatom en un Sistema Avanzado de Alarmas (AAS) automatizado y un Sistema de Procedimientos Basado en Ordenador (CBP), para el licenciamiento de estos sistemas para su uso en las salas de control de la CN Beznau (propiedad de NOK).

En este proceso Tecnatom ha actuado como compañía independiente en la evaluación de los nuevos sistemas, apoyando a la CN Beznau para obtener la autorización del HSK (Cuerpo de Inspectores Federal de la Seguridad Nuclear de Suiza) para la introducción de dichos sistemas en los conceptos de formación y operación de la central.

PROCESO DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Las actividades de verificación estaban enfocadas en una evaluación independiente de los siguientes temas:

- Interconexión entre el sistema de información de la central y los nuevos sistemas
- Comprobación detallada de las bases de datos del sistema y los datos correspondientes de la central
- Verificación de la interfaz humana del sistema

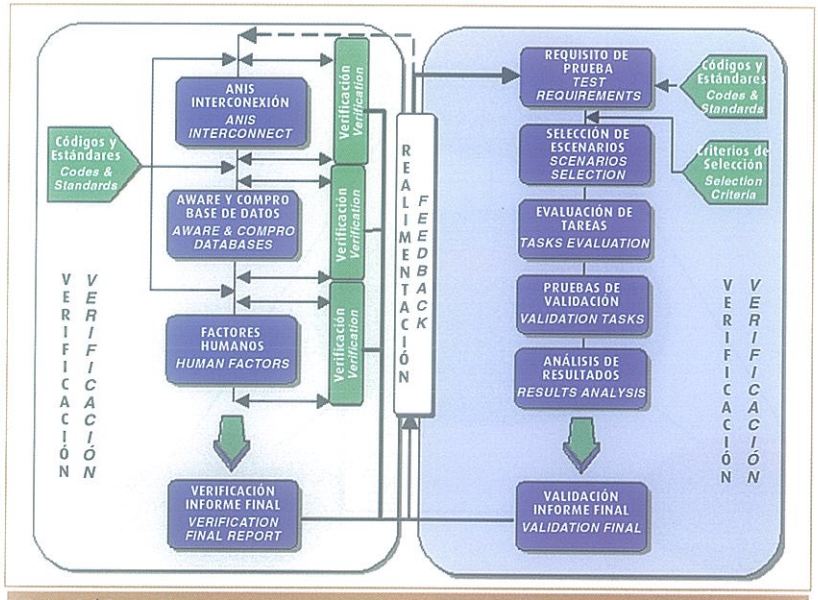

Figura 1/ *Figure 1.*

FOREWORD

This article describes the activities associated with the Verification and Validation works performed by Tecnatom on a computerised Advanced Alarm System (AAS) and a Computer Based Procedure System (CBP), for the licensing of these systems to be used in the control rooms of Beznau NPP (property of NOK).

In this process Tecnatom acted as an independent company in the evaluation of the new systems, supporting Beznau NPP to obtain the approval from the HSK (Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate) for the implementation of these systems into the training and operating concepts of the plant.

VERIFICATION AND VALIDATION PROCESS

The verification activities were focused on an independent evaluation of the following subjects:

- *Interconnection between the plant information system and the new systems*
- *Detailed check of the system databases and the correspondent plant data*
- *Human System Interface verification*

The verification activities were documented using special formats. The verification process consisted in the detailed evaluation of each element included in the databases that are needed to define the Emergency Operating Procedures (EOP's) and the alarm messages.

The verification process reached the following objectives:

- *Consistency of the data structures*
- *Completeness*
- *Unambiguity*
- *Correctness of the data values against the emergency operating procedures and the alarm logic's of the plant (logic/sequence/ priority).*
- *Readability*
- *Protection against unauthorised changes*

The validation activities were performed to demonstrate that the systems are operational and that they comply with functional and HFE requirements included in the methodology.

Las actividades de verificación fueron documentadas empleando formatos especiales. El proceso de verificación (ver figura 1), consistía en la evaluación detallada de cada uno de los elementos incluidos en las bases de datos que son necesarios para definir los Procedimientos de Operación en Emergencia (POEs) y los mensajes de alarma.

El proceso de verificación cumplió con los siguientes objetivos:

- Coherencia de las estructuras de datos
- Integridad
- Sin ambigüedad
- Exactitud de los valores de datos frente a los procedimientos de operación en emergencia y la lógica de alarmas de la central (lógica/secuencia/prioridad).
- Legibilidad
- Protección contra cambios no autorizados

Se realizaron las actividades de validación para demostrar que los sistemas están operativos y que cumplen con los requisitos funcionales y de HFE previstos en la metodología.

Estas actividades consistían en la ejecución y análisis de varios casos o escenarios representativos en un simulador con equipos humanos de Beznau. La evaluación se realizó mediante un estudio del uso del sistema CBP en relación con las interacciones del operador con el sistema, teniendo en cuenta un modelo de actuación del operador/humana a la hora de responder a las condiciones anormales o de emergencia. Las actividades principales representadas en este modelo son las siguientes:

- Monitorización/detección
- Evaluación de la situación
- Planificación de respuestas
- Implementación de respuestas
- Realimentación

Para evaluar las acciones del operador, se ha prestado una atención especial a los siguientes aspectos:

- Conocimiento de la situación
- Carga de trabajo
- Comunicaciones

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE OPERACIÓN EN LA SALA DE CONTROL DE LA CN BEZNAU

En este apartado se expone la filosofía de operación de la sala de control en la situación actual, describiendo cómo va evolucionando el concepto de operación después de la implantación del proceso de V y V con la introducción de AAS y CBP.

Concepto de operación actual

El concepto de operación actual se puede resumir en el "triángulo operativo" representado en la figura 2.

Si se produce una perturbación debido a un sistema o componente, el sistema de alarmas GMA actual y la instrumentación convencional proporcionan a los operadores de la consola información suficiente para identificar la anomalía de la central.

Después de un disparo del reactor o una inyección de seguridad, se ejecuta el procedimiento de emergencia E-0 empleando la información arriba indicada y los POEs en papel. Durante este período de tiempo, el supervisor de turno y los operadores de la consola tienen tareas diferentes. El supervisor de turno emplea los POEs en papel, comunicados los principales pasos de procedimiento a los operadores de la consola.

Dentro de los siguientes diez minutos está previsto que el ingeniero de guardia entre en la sala de control para ayudar en la monitorización de las funciones críticas de seguridad. Realiza una evaluación del estado de la central con el supervisor de turno.

These activities consisted in the execution and analysis of several test cases or scenarios in a simulator with actual Beznau crews. The evaluation was achieved by assessing the use of the CBP system in relation to the operator interactions with the system, taking into account an operator/human performance model of activities when responding to abnormal or emergency conditions. The major activities represented in this model are:

- *Monitoring/detection*
- *Situation assessment*
- *Response planning*
- *Response implementation*
- *Feedback*

Special emphasis was placed on the following topics when evaluating the operator's actions:

- *Situation awareness*
- *Workload*
- *Communications*

EVOLUTION OF THE OPERATIONAL CONCEPT IN BEZNAU NPP CONTROL ROOM

This section discusses the control room operating philosophy in the current situation and how the operational concept evolve after the V&V process implementation with the introduction of AAS and CBP.

Current operational concept

The current operational concept can be explained as the "operating triangle" shown in the figure 2.

If an upset is caused by a system or component, the current GMA alarm system and the conventional instrumentation provide the panel operators with enough information to identify the plant disturbance.

After a reactor trip or a safety injection, the emergency procedure E-0 were executed, using the above mentioned information and the paper EOPs. During this time, the shift supervisor and the panel operators have split duties. The shift supervisor use the paper EOPs and communicate the major procedural steps to the panel operators.

Figura 2/ *Figure 2.*

Within ten minutes, the pikett engineer is expected to enter the control room to assist in monitoring the critical safety functions. He assess the plant status with the shift supervisor.

Proposed operational concept

The following figure shows how the AAS and CBP systems were integrated into the operational concept of Beznau NPP after the V&V process completion.

If an upset is caused by a system or component, AAS and the conventional instrumentation provide the control room personnel with enough information to identify the plant disturbance. The current GMA alarm system remain as a redundancy.

After a reactor trip or a safety injection, the emergency procedure E-0 were executed by using both AAS and CBP. During this time, the shift supervisor use CBP to monitor proper execution of procedures and communicate the major procedural steps to the panel operators.

Once the pikett engineer enters the control room, he use the conventional instrumentation to support the crew, monitoring the critical parameters.

These changes in the operational concept were congruent with the training that is being carried out.

FUNCTIONAL CRITERIA FOR CBP V&V PROCEDURES DEFINITION

There are some specific requirements that have to be considered when selecting the tests to be performed in the CBP V&V process.

The Westinghouse Owner Group establishes in their Emergency Response Guidelines the action steps for the development of plant specific emergency operating procedures.

The CBP V&V process include a set of verification formats and validation scenarios so that all critical safety functions and the mayor paths of E-0, E-1, E-2, and E-3 series were checked.

These are two different and complementary approaches to face the plant operation under emergency conditions.

HUMAN FACTORS CRITERIA FOR AAS AND CBP SCENARIOS DEFINITION

Besides the functional requirements above stated, the human factors engineering also imposes constraints on the AAS and CBP validation tests: a set of realistic and feasible scenarios should be selected.

- *Scenarios should be realistic in the sense that they should represent what could actually happen and should require subjects to produce responses typical of what would actually be required in such situations. In general, if subjects are asked to deal with situations they do not believe could happen, or to produce responses that they would be unwilling to make in reality, there is significant risk that the scenario will not be useful for the evaluation. Further, even if subjects do comply with unrealistic requirements, the results will not be representative of eventual system performance in an operational environment. The selected scenarios should include environmental conditions such as noise and distractions*

Concepto de operación propuesto

En la figura 3 se puede observar cómo se integraron los sistemas AAS y CBP en el concepto de operación de la CN Beznau después de realizar el proceso de V y V.

Si se produce una perturbación debido a un sistema o componente, el sistema AAS y la instrumentación convencional proporcionan al personal de la sala de control información suficiente para identificar la anomalía de la central. El sistema de alarmas GMA actual se mantiene como redundancia.

Después de un disparo de reactor o una inyección de seguridad, se ejecuta el procedimiento de emergencia E-0 empleando tanto AAS como CBP. Durante este período de tiempo el supervisor de turno emplea el CBP para monitorizar la ejecución correcta de los procedimientos, comunicando los principales pasos de procedimiento a los operadores de la consola.

Cuando el ingeniero de guardia entra en la sala de control, utiliza la instrumentación convencional para apoyar al equipo humano, monitorizando los parámetros críticos.

Estos cambios en el concepto de operación están de acuerdo con la formación que se está llevando a cabo.

CRITERIOS FUNCIONALES PARA LA DEFINICIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL CBP

Existen algunos requisitos específicos que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar las pruebas a realizar dentro del proceso de V y V del CBP.

El Grupo de Propietarios de Westinghouse establece, en sus Procedimientos de Respuesta en Emergencia, los pasos a dar para el desarrollo de los procedimientos de operación en emergencia específicos de la central.

En el proceso de V y V del CBP se incluye una serie de formatos de verificación y de escenarios de validación para que queden comprobadas todas las funciones de seguridad críticas, así como los caminos principales de la serie de E-0, E-1, E-2 y E-3.

Éstos son dos planteamientos diferentes pero complementarios para hacer frente a la operación de la central en condiciones de emergencia.

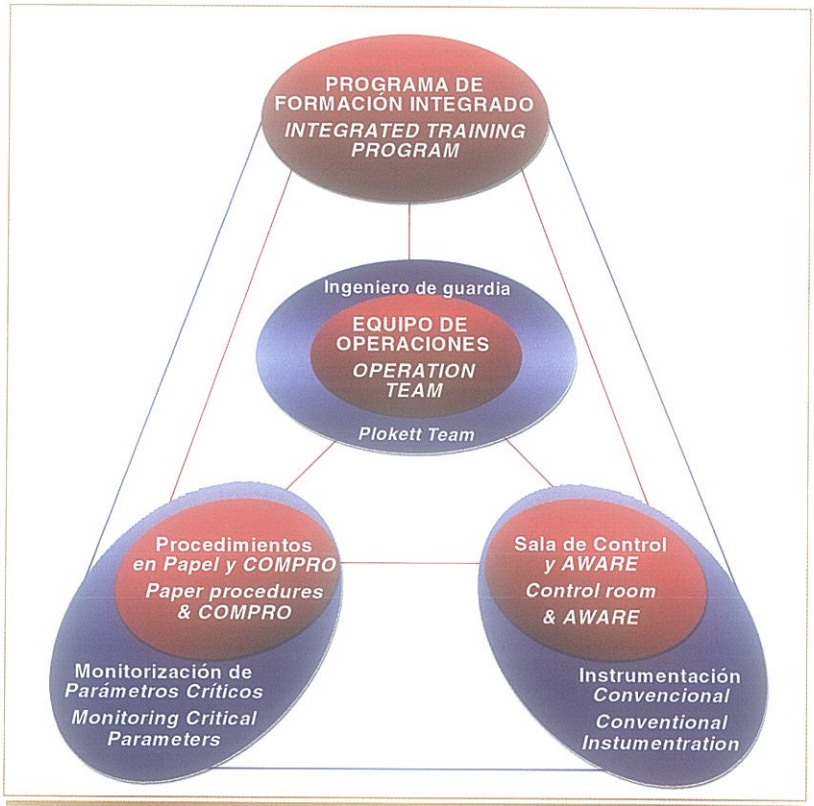

Figura 3/ *Figure 3.*

CRITERIOS DE FACTORES HUMANOS PARA LA DEFINICIÓN DE ESCENARIOS DE AAS Y CBP

Además de los requisitos funcionales arriba indicados, la ingeniería de factores humanos también impone limitaciones a las pruebas de validación del AAS y CBP; se debe escoger un conjunto de escenarios realistas y verosímiles.

- Los escenarios deben ser realistas, en el sentido de que deben representar lo que realmente podría suceder y que deben exigir a los sujetos que produzcan respuestas típicas de lo que realmente sería necesario en una situación así. En general, si a los sujetos se les pide que afronten situaciones que no crean que puedan suceder, o que produzcan respuestas que no estarían dispuestos a dar en la realidad, existe un riesgo significativo de que el escenario no resulte útil para la evaluación. Además, incluso en el caso de que los sujetos cumplan con unos requisitos no realistas, los resultados no serían representativos del funcionamiento eventual del sistema en un entorno operativo. Los escenarios escogidos deben incorporar condiciones ambientales, tales como el ruido y las distracciones, que pueden afectar a la actuación humana en una CN real.
- Los escenarios deben ser verosímiles, en el sentido de que no deben imponer exigencias que superen las capacidades de la instalación de simulador en uso.

VALIDACIÓN DE AAS Y CBP

La validación de AAS y CBP tenía como objetivo demostrar que los sistemas realizan las funciones previstas, y que los operadores y sistemas interactúan de forma apropiada para poder realizar las funciones exigidas y apoyar la operación segura de la central.

Las pruebas de validación cubren las funciones del sistema de forma totalmente representativa. Las pruebas de validación se realizaron en base a una evaluación dinámica de la realización de tareas, empleando unas herramientas de evaluación apropiadas para el cumplimiento de este objetivo dentro de una escala de condiciones operativas, incluyendo las condiciones normales y de emergencia.

PREPARACIÓN PARA LA EVALUACIÓN

Esta fase consta de los siguientes aspectos:

- Selección de escenarios
- Evaluación de tareas
- Métodos de recogida de datos

Selección de escenarios

La selección de escenarios se inició con la determinación de los eventos operacionales empleados para desarrollar las pruebas de validación. Se destacaron sobre todo las condiciones anormales y de emergencia, para comprobar mejor el AAS y el CBP. Los eventos operacionales deben corresponder a los sistemas principales de la central y las funciones de seguridad (las acciones tomadas para mantener la seguridad de la central). Cada función de seguridad está asociada con unos procesos de la central (configuraciones de sistemas de la central o caminos de éxito) que son responsables, o capaces, de realizar la función.

Los escenarios contienen tareas críticas, tal como quedan identificadas en la evaluación de tareas. Describen las condiciones iniciales, la secuencia correcta de las respuestas de la central, y los síntomas aplicables.

Evaluación de tareas

La evaluación de tareas deberá definir adecuadamente las obligaciones del personal en las tareas que se emplearon durante la fase de validación para evaluar la adecuación de los sistemas HSI, orientar la aplicación de los procedimientos HFE y apoyar el desarrollo de criterios de seguridad para la validación del sistema.

Entre la información que constituye la base de la evaluación de tareas, se encuentra la documentación de procedimientos, formación, asignaciones de tareas existentes, objetivos de diseño del sistema y, a menudo, entrevistas con los operadores.

Recogida de datos

Para la recogida de datos durante las sesiones de prueba, se emplearon métodos de recogida tanto

that may affect human performance in an actual NPP.

- *Scenarios should be feasible in the sense that they should not impose requirements that exceed the capabilities of the simulator facility being employed.*

AAS AND CBP VALIDATION

The purpose of the AAS and CBP validation were to demonstrate that the systems perform the functions expected, and that operators and systems interact properly to perform the required functions and to support safe operation of the plant.

The validation tests cover the system functions in a fully representative manner. The validation tests were performed through dynamic task performance evaluation using evaluations tools which are appropriate to the accomplishment of this objective under a range of operational conditions, including normal and upset conditions.

PREPARATION FOR THE EVALUATION

This phase includes:

- *Selection of scenarios*
- *Task evaluation*
- *Data collection methods*

Selection of scenarios

The scenario selection began with the determination of the operational events that were used to develop the validation tests. Special emphasis were placed on abnormal and emergency conditions to better test AAS and CBP. The operational events should address the main plant systems and safety functions (the actions to maintain plant safety). Each safety function is associated with plant processes (plant system configurations or success paths) which are responsible for or capable of carrying out the function.

The scenarios contain critical tasks, as identified in the task evaluation. They describe the initial conditions, the proper sequence of plant responses and applicable symptoms.

Task evaluation

The task evaluation must adequately define the personnel task requirements that were used during the validation phase to evaluate the adequacy of the systems HSI, to guide the application of HFE guidelines and support the development of safety performance criteria for the system validation.

The information that constitutes the basis for the task evaluation includes documentation of procedures, training, existing task allocations, system design objectives, and often, interviews with operators.

Data collection

The data collection methods that were employed during the test sessions include both online and offline methods. While the online methods assess the variables of interest during the course of a trial, the offline methods involve assessment after the trial is completed. In general, online methods tend to provide finer grained data and, hence, are more useful. However, there is usually a limit to

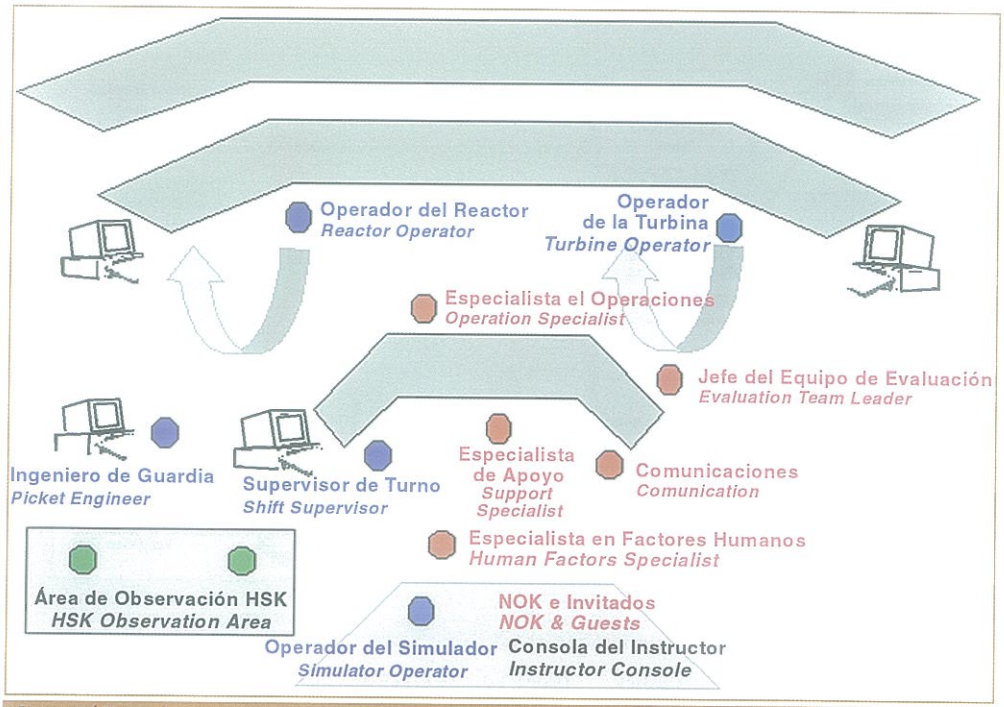

Figura 4/ Figure 4.

how much online assessment can be performed before measurement becomes obtrusive in the sense of distracting operators from their tasks. That is the reason to employ a mixture of online and offline methods. The nature of this mixture depend on the evaluation objectives.

Online methods that were used during the tests are, for instance, the recording of the event logs from the simulator, the recording of the interactions of the operators with the systems, and the evaluations of the observers. The sequence of crew's thoughts and actions, and the key steps in the reasoning process should be observed: the diagnoses, the various identified phases, and the resulting actions.

- ***Test sessions***

A preliminary talk to explain the experiments to the crew take place before the test sessions.

Tests were executed on simulators. During these tests, each operator play his usual part while the evaluation team observe the exercise and document the crew/systems performance.

- ***Debriefing sessions***

A debrief session were carried out after each test session, containing interviews and questionnaires, that allow to go through the problems experienced by the crew and to supplement the real time observations.

In these sessions, the data collection were performed by using offline methods. While the HFE specialist should attempt to collect objective data whenever possible, in some aspects of the evaluation the objective data are not sufficient to enable a complete analysis of a system or test item.

The offline methods that were used in the debrief sessions are questionnaires and interviews:

- Structured questionnaires (debriefing questionnaires) administered to the test participants. The test subject questionnaires were examined and tabulated to determine the range of test subject opinions regarding the experiment.

- Debriefing interviews with the participants to obtain comments in a less structured, more interactive manner. An interview at the end of the test to note downs the crew's comments, to go through the problems experienced and to supplement the real time observations.

- ***Data analysis and results evaluation***

The data analysis and results evaluation process consist of four basic phases or steps: transformation, organisation, identification and interpretation.

The first step involves transformation of the raw data into dependent measures of interest. The second step is the organisation of these measures into a form suitable for further analysis. (These steps of transformation and organisation can be

en línea como fuera de línea. Mientras que los métodos en línea permiten la evaluación de las variables de interés durante el transcurso de una prueba, los métodos fuera de línea permiten la evaluación después de la conclusión de la prueba. En general, los métodos en línea tienden a proporcionar datos más detallados y, por lo tanto, son más útiles. Sin embargo, suele haber un límite sobre el volumen de evaluación en línea que es posible realizar antes de que la medición se vuelva inoportuna, distrayendo a los operadores de sus tareas. Por este motivo, es necesario emplear una mezcla de métodos en línea y fuera de línea. Las características de esta mezcla dependerán de los objetivos de la evaluación.

Entre los métodos en línea que se emplearon durante las pruebas, se encontraban, entre otros, el registro de ficheros de eventos del simulador, el registro de las interacciones de los operadores con los sistemas, y las evaluaciones de los observadores. Se debe observar la secuencia de los pensamientos y acciones del equipo humano, así como los pasos claves en el proceso de razonamiento: los diagnósticos, las distintas fases identificadas, y las actuaciones resultantes.

- ***Sesiones de Prueba***

Previamente a las sesiones de prueba, se imparte una charla preliminar al equipo humano para explicar los experimentos.

Las pruebas se realizaron sobre simuladores. Durante estas pruebas, cada operador desempeña sus funciones habituales, mientras que el equipo de evaluación va observando el ejercicio y documentado las actuaciones del equipo humano/sistemas. (ver figura 4)

- ***Sesiones de Interrogación***

Después de cada sesión de prueba se celebraba una sesión de interrogación, que constaba de entrevistas y cuestionarios, y que permitía repasar los problemas experimentados por el equipo humano y complementar las observaciones en tiempo real (ver figura 5).

En estas sesiones se realizaba la recogida de datos empleando métodos fuera de línea. Mientras que el especialista en HFE debe intentar recoger datos objetivos siempre que sea posible, en algunos aspectos de la evaluación los datos objetivos no son suficientes para permitir un análisis exhaustivo de un sistema o aspecto de la prueba.

Los métodos fuera de línea utilizados en las sesiones de interrogación fueron cuestionarios y entrevistas:

- Cuestionarios estructurados (cuestionarios de interrogación) administrados a los participantes de la prueba. Los cuestionarios rellenos por los sujetos de la prueba

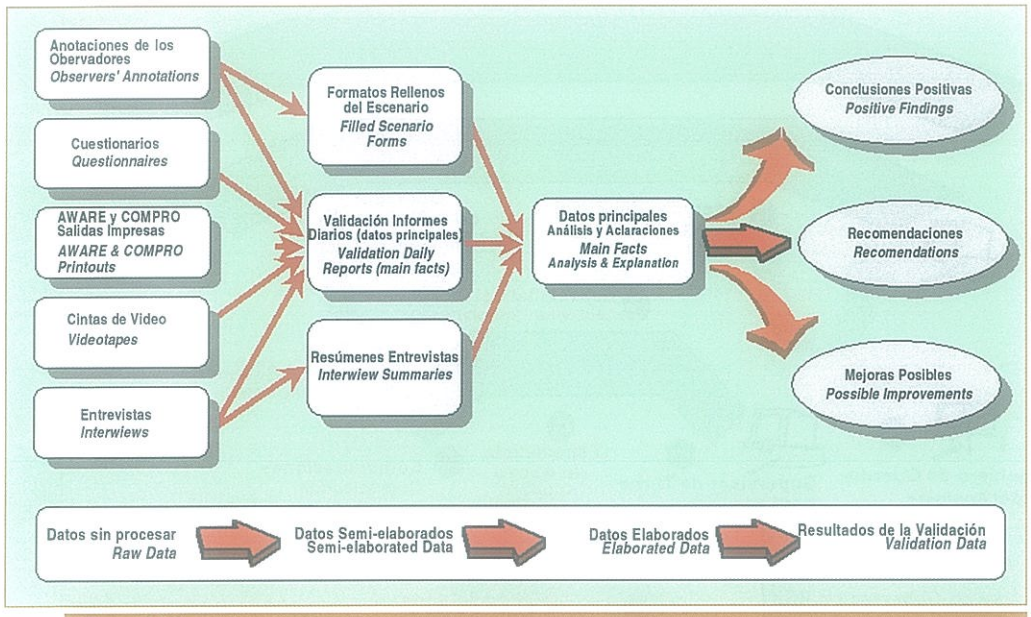

Figura 5/ *Figure 5.*

fueron revisados y clasificados para determinar las distintas opiniones relativas al experimento de los sujetos de la prueba.

- Entrevistas de interrogación con los participantes para obtener comentarios de forma menos estructurada y más interactiva. Una entrevista al final de la prueba, para anotar los comentarios del equipo humano, para repasar los problemas experimentados y para complementar las observaciones en tiempo real.

- ***Análisis de datos y evaluación de los resultados***

El proceso de análisis de datos y de evaluación de los resultados consta de cuatro fases o pasos fundamentales: la transformación, la organización, la identificación y la interpretación.

El primer paso se refiere a la transformación de los datos sin procesar en medidas de interés dependientes. El segundo paso consiste en la organización de estas medidas en un formato apropiado para un análisis adicional. (Estos pasos de transformación y organización se pueden agilizar disponiendo de todos los datos sin procesar en ficheros legibles por ordenador). El tercer paso consiste en la identificación de los efectos principales e interacciones importantes, y de si los sistemas cumplen o no con los criterios objetivos definidos durante el proceso de evaluación. El último paso es una interpretación de los resultados. Es necesario que este paso sea realizado por alguien con conocimientos del contexto y de las situaciones a las que corresponde la evaluación.

Se evaluaron los resultados de la prueba, contrastándolos con los criterios de aceptación definidos en los procedimientos de validación.

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN Y EL CONCEPTO USUARIO DE LOS SISTEMAS HSI AVANZADOS

La introducción de los sistemas HSI basados en ordenador en la sala de control supone una modificación de la cantidad de información de estado de la central de la que disponen los operadores. También cambia la accesibilidad de la información por parte de los distintos miembros del equipo humano. En concreto, CBP proporciona al supervisor de turno la información de estado de la central necesaria para avanzar por los pasos de procedimiento. Ya no es necesario que el supervisor de turno mande a los operadores de la consola que lean las indicaciones de los parámetros de la central en el cuadro de control, ni que las lean en voz alta para que el supervisor de turno pueda determinar el cumplimiento o no con un paso de procedimiento. Con el CBP, esta información se proporciona directamente.

Este cambio de tecnología ofrece la oportunidad de cambiar los papeles tradicionales asignados al equipo humano en situaciones de

expedited by having all raw data in computer-readable files). The third step involves identification of significant main effects and interactions, and if the systems do or not meet the objective criteria defined during the evaluation process. The final step is interpretation of results. This step must be performed by someone with knowledge of the context and situations to which the evaluation is relevant.

The test results were evaluated against the acceptance criteria defined in the validation procedures.

OPERATION PHILOSOPHY AND USER CONCEPT OF ADVANCED HSI SYSTEMS

The introduction of computer-based HSI systems into the control room changes the amount of plant state information available to operators. It also changes the accessibility of the information to different members of the crew. In particular, CBP provides the shift supervisor with the plant state information required to work through the procedural steps. It is no longer necessary for the shift supervisor to ask the board operators to read plant parameter indications off the control board and talk them loud in order for the shift supervisor to determine whether a procedural step is satisfied or not. The CBP provides that information directly.

This change in technology introduces the opportunity to change the traditional roles assigned to crew members in responding to emergencies. A user concept has to be developed which allows the necessary flexibility but assure the minimum forced communication for safety awareness.

A study, based on observations and questionnaires in the early stage of simulator training sessions, has shown large dependency in crew performance on effective crew communication (no specific communication rule was in force at that time).

The new systems allow different levels of use by the operators (large variation from forced rules for communication as with paper procedures to situations with no specific rule for communication as in the NRC study). This has large impact on crew performance: CBP could shift the content of communication to a higher level that more directly addresses the status of the plant relative to the goals of the procedures and achievement and maintenance of safety functions. It is also possible that by removing the forcing function to communicate, CBP results in reduced communication and, as a consequence, the situation awareness among crew members might also be reduced.

FINAL CONCLUSIONS

The results of the validation process show that the objectives of the verification and validation process have been met:

- *The systems performed their expected functions, displaying adequately and correctly the plant conditions. (The very specific situations in which the information provided by the systems is not appropriate for the plant conditions are precisely*

identified and will be corrected).

- *Operators interact properly with the systems to accomplish their tasks and to support a safe plant operation.*
- *The systems do not perform any unintended function that either by itself or in combination with other functions can degrade the entire systems. All the scenarios ended in a safe plant condition.*
- *Shift supervisors are able to execute the emergency operating procedures using a computerise system.*

Therefore, once the recommendations identified during the verification and validation process are implemented, Tecnatom considers that the systems will be appropriate for their use at Beznau NPP control room. The use of these systems into the operating concept of the plant, together with the supervising role of the pickett engineer, has the capability to increase the safety and reliability on managing normal and accident situations in Beznau NPP.

This V&V process is an important step towards the effective introduction of new support systems into the operational concept of the nuclear power plants.

Tecnatom is proud of the practical experience obtained during the execution of this project and wants to mention the close collaboration between the Beznau NPP engineers and the Tecnatom project team.

emergencia. Es necesario desarrollar un concepto de usuario que permita la flexibilidad necesaria y a la vez que garantice el mínimo de comunicación necesaria para la concienciación de la seguridad.

Un estudio, basado en las observaciones y los cuestionarios en la primera etapa de las sesiones de formación en el simulador, ha demostrado la gran dependencia del rendimiento del equipo humano de una buena comunicación entre sus miembros (en esos momentos no había ninguna norma de comunicación específica en vigor).

Los nuevos sistemas permiten distintos niveles de uso por parte de los operadores (una gran variación de las normas obligadas de comunicación, como con los procedimientos en papel, a una situación sin ninguna norma específica para la comunicación, como en el estudio de la NRC). Esto tiene un gran impacto en las actuaciones del equipo humano; con CBP, el contenido de la comunicación podría pasar a un nivel más alto, que responde más directamente al estado de la central respecto a los objetivos de los procedimientos y el mantenimiento de las funciones de seguridad. También es posible que, al eliminar la función obligatoria de comunicar, el CBP conduzca a una reducción de la comunicación y que, como consecuencia, el conocimiento de la situación entre los miembros del equipo se quede reducido también.

CONCLUSIONES FINALES

Los resultados del proceso de validación indican que se han cumplido con los objetivos del proceso de verificación y validación:

- Los sistemas cumplieron con sus funciones previstas, visualizando adecuada y correctamente las condiciones de la central. (Las situaciones muy específicas en las que la información proporcionada por los sistemas no corresponde a las condiciones de la central, están identificadas y serán corregidas).
- Los operadores interactúan correctamente con los sistemas para realizar sus tareas y para apoyar la operación segura de la central.
- Los sistemas no realizan ninguna función no intencionada que, por sí sola o en combinación con otras funciones, podría degradar el conjunto de los sistemas. Todos los escenarios desembocaron en un estado seguro de la central.
- Los supervisores de turno son capaces de ejecutar los procedimientos de operación en emergencia utilizando un sistema informático.

Por lo tanto, una vez implantadas las recomendaciones identificadas durante el proceso de verificación y validación, Tecnatom cree que los sistemas serán apropiados para su uso en la sala de control de la CN Beznau. La introducción de estos sistemas en el concepto de operación de la central, junto con la función de supervisión del ingeniero de guardia, permite la mejora de la seguridad y fiabilidad durante la gestión de las situaciones normales y de accidente en la CN Beznau.

El proceso de V y V constituye un paso importante hacia la introducción efectiva de nuevos sistemas de apoyo en el concepto de operación de las centrales nucleares.

Tecnatom está orgulloso de la experiencia práctica obtenida durante la ejecución de este proyecto, y quiere agradecer la estrecha colaboración entre los ingenieros de la CN Beznau y el equipo de proyecto de Tecnatom.

Alfonso JIMENEZ FERNANDEZ-SESMA, Ingeniero Industrial del ICAI, es Jefe de la División de Ingeniería de Operación de Tecnatom, S.A., donde lleva prestando sus servicios desde 1981. Certificado como Supervisor de Operación de centrales PWR, ha participado y coordinado numerosos proyectos y estudios de apoyo a la explotación de centrales nucleares nacionales y extranjeras. Durante dos años estuvo trabajando en INPO (USA) como ingeniero-evaluador en las áreas de Operación y Apoyo Técnico.

Alfonso Jimenez Fernandez-Sesma, has a master degree in Electrical Engineering from the ICAI (Madrid). He started working at Tecnatom in 1981, and is currently manager of the Operation Engineering Division. He has been certified as an Operation Supervisor for PWR's Plants and has participated and co-ordinated numerous projects and studies for domestic and overseas NPP's. He worked for the Institute of Nuclear Power Operations INPO (USA), as evaluation engineer in the Operation and Technical Support areas.

Juan A. BURILLO CASTAÑO es Ingeniero Industrial, especialidad Electricidad y Electrónica, por la ETSII de Madrid. Comenzó su carrera profesional en la industria petrolífera como ingeniero de mediciones en el Mar del Norte y Libia. Trabaja en Tecnatom desde 1986, desarrollado su actividad profesional en el área de adiestramiento como instructor (Clase C sede), responsable de la recalificación de los operadores de la C.N. José Cabrera. Desde 1997 trabaja en la división de ingeniería de operación, ocupándose en los dos últimos años de la jefatura del proyecto V&V Beznau.

Juan A. Burillo Castaño has a master degree in Electrical & Electronics Engineering from the ETSII of Madrid. He started his professional activity as a field engineer working for Schlumberger and Welex-Halliburton in the oilfields of the North Sea and Libya. He works for Tecnatom since 1986, developing himself as simulator instructor on the Training Department being responsible for Zorita NPP formal crew's qualification. Since 1997 has worked on the Operation Engineering Division, for the past three years he's been the project manager of the V&V Beznau Project.