

Metodología para el diseño de interfaces de usuario de un SCADA/EMS, que permiten dar soporte a la Alerta Situacional

Edwin Solís¹

David Brito¹

¹CELEC EP - TRANSELECTRIC

E-mail: edwin.solis@celec.gob.ec

E-mail: david.brito@celec.gob.ec

Abstract- En un sistema automático de misión crítica las decisiones finales son tomadas por humanos, quienes en base a sus propias habilidades y a la información que disponen ejecutan acciones que garantizan la continuidad de un determinado servicio, ellos son el principal componente dentro del proceso. El presente trabajo propone una metodología general para el diseño de interfaces de usuario de un sistema SCADA/EMS, las mismas que permitan dar soporte a la alerta situacional de operadores. El estudio es aplicado en el sistema SCADA/EMS Network Manager de CELEC EP – TRANSELETRIC en donde se realiza un análisis al personal de operaciones sobre los requerimientos de información presentada en despliegues del mencionado sistema empleando la herramienta Goal Directed Task Analysis (GDTA). Se aplica la metodología para diseñar el despliegue de la nueva Subestación Babahoyo, se efectúan mediciones de alerta situacional por medio de las técnicas SART y SAGAT para evaluar la situación anterior y la situación propuesta, encontrando en ésta un mejor nivel de soporte a los operadores.

Index Terms— Alerta situacional, Interfaces de usuario, Operación de subestaciones, Sistemas SCADA,

I. INTRODUCCIÓN

PARA la operación del Sistema Nacional de Transmisión SNT, es necesario disponer de información en tiempo real del estado del sistema, la adquisición, organización y presentación de esta información es fundamental para que los operadores puedan tomar decisiones acertadas.

La disponibilidad actual de datos provenientes de subestaciones de transmisión, supera la capacidad y límites cognitivos humanos para asimilar y procesar la información, de modo que los errores y retrasos para desarrollar una comprensión del significado de los datos

dificulta la toma de decisiones y consecuentes acciones ante eventos que se presentan en el sistema de potencia.

La metodología para el desarrollo de interfaces de usuario basadas en alerta situacional permite tomar en cuenta factores humanos para la presentación de los datos que reflejan el estado de los elementos de subestaciones automatizadas que componen el SNT.

II. ALERTA SITUACIONAL

La alerta situacional o conciencia de la situación, es un término que surge de las experiencias de los pilotos de guerra, haciendo referencia a las exigencias y requerimientos de la aviación en general, sin embargo este concepto es aplicable también a casos en los que existen sistemas complejos que incluyen equipamientos tecnológicos y automatismos como es el caso de los sistemas de potencia.

De manera muy básica, se puede entender a la alerta situacional como la conciencia que tiene una persona de lo que ocurre a su alrededor, comprendiendo lo que la información significa en ese momento y teniendo una proyección a futuro de la evolución del evento.

La definición formal de alerta situacional es “la percepción de una persona de los elementos en el ambiente dentro de un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su estado en un futuro próximo” [1]

Un alto nivel de alerta situacional permite que las decisiones que se tomen ante la ocurrencia de eventos sean apropiadas y efectivas, mejorando de esta manera el desempeño en las tareas asignadas al usuario.

A. Niveles

La definición de alerta situacional contempla tres etapas o niveles, el primero consiste en la percepción de los elementos en el ambiente, un dominio de este nivel de alerta situacional permite avanzar al siguiente, la comprensión de la situación actual; el tercer nivel se fundamenta en la proyección de un estado futuro.

La conciencia de la situación es una parte fundamental en la toma de decisiones, la materialización de una acción se basa en decisiones que provienen de la percepción del estado de los elementos del entorno, comprensión de la situación actual y la proyección de la situación futura, usualmente el comportamiento de sistemas complejos es dinámico, de modo que luego de efectuar una acción se altera el estado del entorno, reiniciando el ciclo de toma de decisiones, como se muestra en Fig. 1. [2]

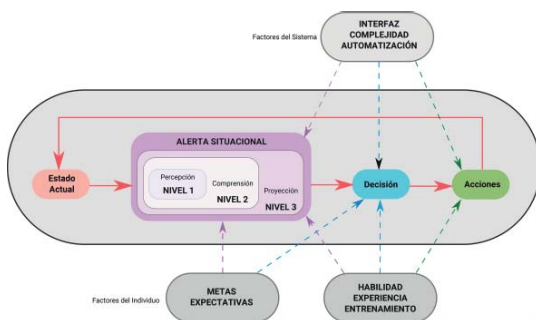


Fig. 1 Modelo de decisiones

El SCADA/EMS de Transelectric adquiere de las diferentes subestaciones ubicadas a lo largo del país alrededor de 18000 puntos de estado (variables digitales) y procesa simultáneamente alrededor de 6000 variables analógicas. A través de las consolas de operación del Centro de Operación de Transmisión (COT) se muestra información de estas variables eléctricas en tiempo real; durante la operación bajo una contingencia en el Sistema Nacional Interconectado se producen avalanchas de alarmas tanto sonoras como visuales, y el trabajo del operador consiste en la identificación de los datos de manera rápida para efectuar maniobras de normalización, esto corresponde a la percepción, Nivel 1 (Fig. 2).



Fig. 2 Percepción

El nivel 2 de alerta situacional se ve ejemplificado en un escenario típico de la operación del sistema de potencia: un evento produce la salida de servicio de una línea de transmisión, se observan en el sistema las correspondientes alarmas, y revisando esta información el operador puede comprender las causas que originaron la salida de servicio de la línea. (Fig. 3)



Fig. 3 Comprensión

Entender la situación actual para pronosticar un comportamiento futuro (Fig. 4), requiere de un conocimiento a profundidad del funcionamiento del sistema y del desarrollo de un modelo mental acorde a la dinámica del mismo, la capacidad de proyección permite que el operador sea proactivo en la toma de decisiones, permitiéndole ejecutar acciones efectivas para la solución de problemas ante eventos de contingencia.



Fig. 4 Proyección

B. Inconvenientes para alcanzar la alerta situacional

Desarrollar y mantener un buen nivel de alerta situacional puede ser un proceso difícil para las personas en diferentes trabajos y ambientes. En el centro de control del SNT los operadores deben mantener constantemente una imagen mental de lo que ocurre en el sistema, para poder reaccionar adecuadamente ante eventos de contingencia, sin embargo existen factores que afectan esta capacidad de los operadores.

La alerta situacional se ve comprometida cuando existen condiciones que inclinan a los operadores a enfocarse a un solo aspecto en lugar de prestar atención a todos los aspectos relevantes de la situación del sistema. La habilidad de una persona de mantener la alerta situacional se puede afectar de manera negativa cuando se le somete a

una excesiva carga de trabajo, que le pueda causar fatiga, ansiedad y estrés en general.

La sobrecarga de datos es un resultado natural del desarrollo tecnológico, sin embargo cuando la cantidad de datos provistos es muy grande, afecta de manera negativa a la capacidad del operador de identificar, organizar y procesar dichos datos.

Cuando la relevancia de las alarmas o indicadores que llaman la atención del operador hacia información específica se encuentran mal configurados, esto puede generar un impacto negativo en la alerta situacional.

El incremento en la complejidad de los sistemas tecnológicos de una manera periódica, resulta negativo para la alerta situacional del operador, por esta razón las nuevas características se deberían introducir empleando diseños que no afecten de manera drástica los modelos mentales que los operadores han desarrollado del sistema. Con un modelo mental errado de cómo funciona un determinado sistema, no se puede alcanzar de manera adecuada la comprensión y proyección del estado del mismo a futuro.

Existen casos en los que el operador queda fuera de ciertos procesos debido a las automatizaciones, es importante incluir al operador en estos procesos dándole una realimentación adecuada de la información que procesa el automatismo.

C. Diseño orientado a la alerta situacional

Considerando las necesidades de los operadores, el desarrollo de una interfaz de usuario involucra un proceso que esté orientado a mejorar las herramientas que tienen los usuarios para mantener su alerta situacional.

Definido como diseño centrado en el usuario, el proceso se basa en moldear la interfaz gráfica tomando en cuenta las capacidades del operador y sus necesidades de acuerdo a la tarea que desempeña. El diseño centrado en el usuario integra los datos provenientes del sistema para que se ajusten a metas y tareas de los usuarios, proporcionando un medio que aprovecha las tecnologías de información para dar soporte al trabajo humano, de modo que con este diseño se promueve un funcionamiento adecuado del conjunto humano – máquina.

El proceso de diseño básico consta de tres etapas: la primera consiste en un análisis sistemático de los requerimientos operacionales y del usuario, la segunda es

las aplicaciones de guías, criterios y principios basadas en factores humanos, la etapa final de un diseño centrado en el usuario es la aplicación de un programa de pruebas objetivas de la interfaz desarrollada.

La primera fase del diseño identifica lo que el hardware y el software del sistema deben hacer y cuáles son las características que los elementos de la interfaz de usuario deberán tener para acoplarse al perfil de los operadores y usuarios del sistema. Desarrollar un concepto operacional, describiendo el uso que se dará al sistema, permite definir las funciones a ser implementadas, un ejemplo es la navegación entre los despliegues de una subestación.

El análisis de la tecnología permite identificar y catalogar los dispositivos disponibles y las características con las que cuentan para recolectar, procesar y presentar información.

Con los resultados del análisis de requerimientos, se procede con el diseño de la interfaz de usuario, para que el diseño sea coherente con las necesidades del usuario se deben tomar en cuenta principios orientados a la alerta situacional combinados con las guías tradicionales de diseño que se basan en factores humanos físicos y se enfocan en la presentación detallada de la información.

Los principios de diseño se pueden aplicar a un amplio rango de sistemas en una gran variedad de dominios en los que alcanzar y mantener la alerta situacional representa un reto, se clasifican en 6 categorías que se listan a continuación:

- Principios de diseño generales
- Principios de diseño para certeza
- Principios de diseño para complejidad
- Principios de diseño para alarmas
- Principios de diseño para automatización
- Principios de diseño para múltiples operadores

Los principios de diseño están orientados a combatir los principales inconvenientes que se presentan para alcanzar y mantener un buen nivel de alerta situacional.

Debido a que la alerta situacional es producto de una construcción mental, crear mediciones para evaluarla de manera adecuada resulta complicado, en la tercera fase de desarrollo se pueden aplicar varios métodos de medición que permiten cuantificar la alerta situacional de un operador.

Se pueden aplicar mediciones subjetivas, que permiten detectar problemas en la implementación, condiciones operativas, etiquetados, entre otras. La información que se obtiene de la experiencia de los usuarios es limitada y no permite una eficaz detección de todos los problemas de diseño que se pueden presentar, de modo que se requieren de datos objetivos.

Las medidas objetivas del rendimiento, en general se incluyen los resultados de la combinación humano – máquina en la realización de una tarea. En la operación de un sistema de potencia, por ejemplo se puede evaluar el tiempo requerido para normalizar la bahía de una subestación luego de ocurrida una falla.

Los resultados de las mediciones permiten seleccionar criterios que promuevan el desempeño de los usuarios, y que no incurran en los típicos errores de diseños centrados en la tecnología, asegurando que la interfaz de usuario se convierta en una herramienta de soporte para la alerta situacional del operador.

D. Soporte a la alerta situacional

La forma en que la información es presentada al operador es de vital importancia para su alerta situacional, al determinar cuánta información puede ser adquirida en el limitado tiempo disponible, qué tan precisa puede ser la adquisición y el grado en el que esta información es compatible con las necesidades de alerta situacional, se pueden desarrollar herramientas que ayuden al operador en sus tareas.

Al ser la alerta situacional una parte fundamental en la toma de decisiones, desarrollar y proporcionar herramientas de visualización adecuadas mejora el desempeño del operador, debido a que la materialización de acciones necesarias para cumplir con sus metas, se basan en la toma de decisiones que requieren la correcta percepción de los elementos del entorno, comprensión de la situación actual y proyección de la situación futura.

Los diseños de interfaces que dan soporte a la alerta situacional tienen como objetivo proporcionar al operador la información que necesita, tan rápido como sea posible y evitando que se realice un esfuerzo cognitivo innecesario, para lo cual se consideran principios que fueron desarrollados para tener un entendimiento de los factores que afectan la alerta situacional en los sistemas complejos.

La metodología propuesta en este trabajo, está orientada a identificar problemas en el soporte a la alerta situacional de despliegues usados en el COT y proponer

soluciones y mejoras en las herramientas por medio de la aplicación de procedimiento sistematizado de diseño basado en los factores humanos.

III. METODOLOGÍA

La metodología general propuesta (Fig. 5) es un procedimiento que permite analizar los requerimientos de alerta situacional, se diagnostica el estado actual de despliegues y se plantean mejoras para la presentación de información SCADA, haciendo uso de principios de diseño que dan soporte a la alerta situacional de los operadores del Centro de Operación de Transmisión.

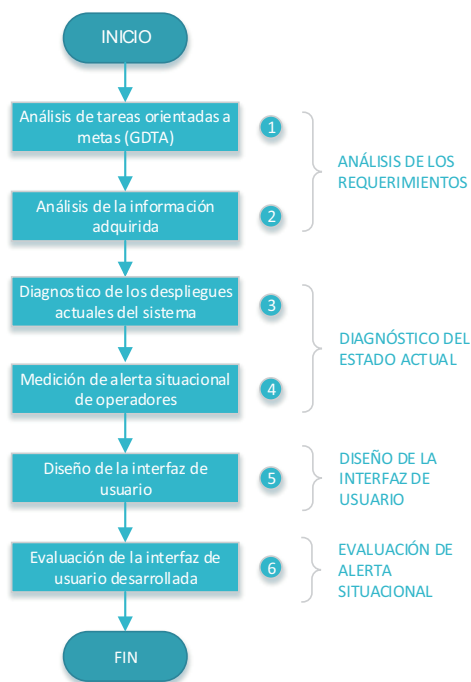


Fig. 5 Metodología propuesta

A. Análisis de los Requerimientos

En primer lugar se requiere efectuar el análisis de tareas orientadas a metas, con la finalidad de determinar los requerimientos de información del operador para cumplir con su trabajo. La técnica GDTA (Goal Directed Task Analysis) permite obtener una jerarquía de metas con información de las decisiones asociadas [3].

El análisis de la información adquirida por el SCADA/EMS se lo debe realizar por tipo de bahía, a partir de las listas de señales provistas por el fabricante, se analiza la necesidad de las mismas en el Centro de Control y se genera una lista de señales que encaje con los requerimientos operativos.

B. Diagnóstico del estado actual

El análisis de los despliegues del Centro de Control de Transelectric se hace mediante la evaluación del cumplimiento de los criterios propuestos por el consorcio ASM (Abnormal Situation Management) que se dedica al estudio, desarrollo e investigación de herramientas y buenas prácticas en la operación de sistemas.

Se evalúan en total 16 grupos de lineamientos, en base a las ponderaciones que tiene cada uno de los criterios, el total disponible es de 133 puntos. [4]

Para identificar el estado actual de la alerta situacional se emplean dos técnicas, SAGAT como medición objetiva y SART como una medición subjetiva, para esto se requiere de la creación de escenarios de estudio.

Se consideraron tres escenarios de simulación muy comunes en la operación del SNT como se detalla a continuación:

	Operación Normal	Maniobra	Falla
Alarmas	Límite de bajo voltaje alcanzado	Ninguna	Baja presión SF6 Bloqueo por SF6
Elementos	- Alimentador de subestación - LTC de transformador	- Bahía de transformador - Bahía de transferencia	- Disyuntor de Línea - Bahía de transferencia
Maniobras	Accionamiento de LTC para compensar caída de voltaje	Trasferir posición de transformador y posteriormente normalizarla.	Interpretación de alarmas y transferencia como maniobra correctiva.

TABLA I
EVENTOS DE SIMULACIÓN

Se emplea el simulador de protocolos simSCADA, para enviar las señales de forma manual al sistema SCADA/EMS, empleando una base de datos en archivo SQLite que cuenta con todas la señales de la subestación; la simulación tiene la finalidad de recrear situaciones reales de operación de subestaciones del SNT, la interfaz de la subestación bajo estudio se despliega en una consola del sistema (Fig. 6).

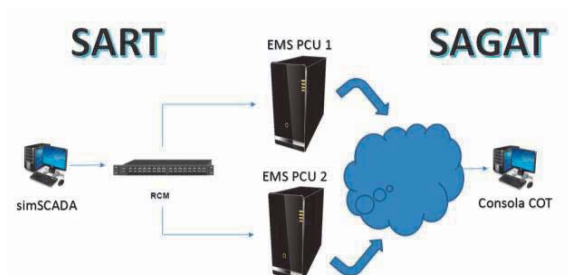


Fig. 6 Método de simulación

C. Aplicación de SART y SAGAT

Los principios y criterios para orientar un diseño a mejorar la alerta situacional de los operadores deben ser seleccionados y aplicados en función de los problemas presentes en el sistema. La detección de fallos en el diseño que no pueden ser anticipados o de las mejoras que pueden realizarse se consiguen aplicando herramientas de evaluación de los niveles de alerta situacional de los operadores, las mismas que son parte fundamental para la realimentación de información en el proceso de un diseño orientado a la alerta situacional.

La evaluación SART es una técnica que utiliza una autoevaluación (Fig. 7) para obtener datos subjetivos de la percepción de los operadores de su nivel de alerta situacional. Se basa en cuantificar el entendimiento de las situaciones por parte de los operadores y en las decisiones que toman. SART utiliza 10 dimensiones para medir la alerta situacional de un operador:

- Familiaridad de la situación
- Centro de atención
- Cantidad de información
- Calidad de información
- Inestabilidad de la situación
- Concentración de la atención
- Complejidad de la situación
- Variabilidad de la situación
- Agitación
- Capacidad mental

La imagen muestra la interfaz de un cuestionario web. En la parte superior hay logos de 'CELEC EP' y 'TRANSELECTRIC'. El título principal es 'Medición de Alerta Situacional' con el subtítulo 'SART Situation Awareness Rating Technique'. El cuestionario contiene varias secciones con preguntas y escalas de respuesta:

- Familiaridad:** 'Indique el grado de familiaridad con la situación presentada en la simulación'. Escala de 1 a 7. Opciones: Situación desconocida, Situación familiar.
- Enfoque:** 'Indique si usted se encuentra concentrado en varios aspectos de la situación o solamente en uno'. Escala de 1 a 7. Opciones: Enfocado en un solo aspecto, Atención dividida en varios aspectos.
- Cantidad de información:** 'Con respecto a la situación planteada ¿ha recibido gran cantidad de información o muy poca información para comprender la situación?'. Escala de 1 a 7. Opciones: Poca información, Mucha información.
- Inestabilidad:** 'Indique si en el escenario planteado las variables tele-medidas sufrieron cambios repentinos'. Escala de 1 a 7. Opciones: Cambios lentos, Cambios repentinos.
- Concentración:** 'Indique su nivel de concentración durante el desarrollo de la situación'. Escala de 1 a 7. Opciones: Bajo nivel, Alto nivel.

Fig. 7 Cuestionario SART

La prueba se aplica después de que el operador concluye con la tarea solicitada durante la simulación del escenario planteado, el procedimiento requiere que los participantes evalúen el cuestionario de 10 preguntas asignando un número del 1 al 7, las preguntas están orientadas a obtener información de la percepción general que tiene el operador del despliegue de la subestación bajo estudio, las diez dimensiones especificadas anteriormente [5].

La técnica SAGAT tiene como objetivo proveer una comparación entre la situación real, representada por una simulación y la situación que el operador percibe, esta información permite que el diseño de la interfaz de usuario de un sistema complejo se fundamente en los resultados del impacto que se tiene en la alerta situacional de los operadores.

Los resultados del desempeño del operador no se ven afectado de manera significativa por las pausas de simulación y recolección de datos que requiere la técnica SAGAT [6], un ejemplo del cuestionario se muestra en la Fig. 8

Fig. 8 Cuestionario SAGAT

Para el uso de SAGAT se requiere de ejercicios de simulación para los operadores, en los que se consideran aspectos relevantes para evaluar la alerta situacional, el procedimiento SAGAT implica que en un momento aleatorio de la simulación se planteen una serie de preguntas al operador que participa en la evaluación con la finalidad de cuantificar el desempeño del operador ante la situación actual del escenario de simulación.

La evaluación SAGAT está diseñada en base a los requerimientos detectados con GDTA, al inicio de la medición es necesario informar al operador que debe atender las tareas como habitualmente lo hace. Las preguntas de SAGAT se aplican con aleatoriedad durante la simulación en el escenario de estudio, se considera la evaluación de los tres niveles de alerta situacional [6].

Para tener una visión completa del cumplimiento de los requerimientos de alerta situacional que tiene un operador, el cuestionario se diseña para obtener información relevante de la percepción (Nivel 1), la comprensión (Nivel 2) y la predicción (Nivel 3) de las tareas que se deben ejecutar en el sistema .

D. Diseño de la Interfaz

Para el desarrollo de interfaces gráficas de acuerdo a las necesidades de los operadores del COT y siguiendo los principios de diseño basados en las mejores prácticas de alerta situacional, el sistema NM 6.3 de Transelectric dispone de dos herramientas para generación de despliegues, PED 500 y NMTab.

El editor de despliegues PED 500 (Fig. 8) permite vincular a una imagen un punto de la base de datos que representa una medición, un estado o una alarma. El procedimiento básico a seguir para la generación de despliegues que posteriormente se usarán en WS500 es:

- Dibujar topología de la subestación en GED, vinculando señales adquiridas con el modelo eléctrico.
- En PED se agregan funcionalidades al despliegue, incluyendo gráficos e información necesaria por operadores.
- El objeto generado por PED pasa a la base de datos y es accesible en WS500

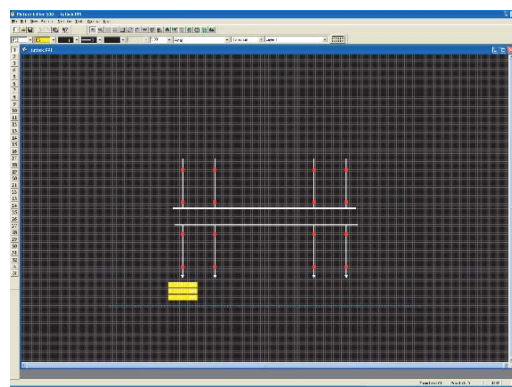


Fig. 8 Ventana de PED500

Los despliegues tabulares se generan con la herramienta NMTab, que permite una forma de presentación de datos alternativa a PED500, ofreciendo la capacidad de organizar las señales, alarmas y valores en tablas diseñadas para manejar una gran cantidad de información

E. Evaluación de Resultados

Para comprobar los resultados del diseño de la nueva interfaz de usuario, se requiere evaluar los despliegues, usando los criterios de ASM, para cuantificar la alerta situacional se emplea SART y SAGAT, para finalmente comparar los resultados del diagnóstico de estado actual con los obtenidos al aplicar la metodología.

La metodología de evaluación de alerta situacional constituye una herramienta que puede ser usada para el mejoramiento continuo de los diseños, con la finalidad de dar soporte adecuado a las necesidades de operadores.

IV. NUEVA SUBESTACIÓN BABAHOYO

La nueva subestación Babahoyo se alimenta desde la S/E Milagro con una línea de transmisión a 138kV. Esta subestación garantiza el abastecimiento de la creciente demanda de la zona sur de la provincia de los Ríos, tiene una capacidad instalada de 133.4 MVA y cuenta con dos patios de maniobra como se muestra en la Fig. 9 [8].

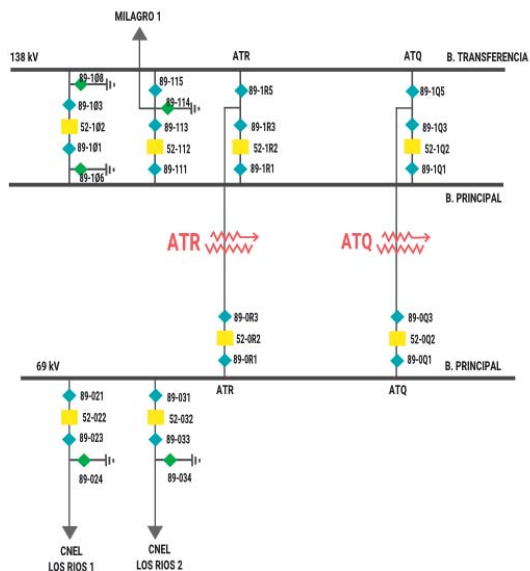


Fig. 9 Nueva Subestación Babahoyo

A. Requerimientos

Como resultado del análisis de las tareas orientadas a metas, propias de la operación de las subestaciones del SNT, se obtiene una jerarquía como se presenta en Fig. 10



Fig. 10 Jerarquía básica GDTA

Esta estructura requiere de una ampliación en la que se identifican los recursos y decisiones necesarios para cumplir con los objetivos, en la Fig. 11 se muestra el desarrollo para una de las metas principales de operadores.



Fig. 11 Estructura expandida elemento 1.1

Evaluando la interfaz actualmente en producción en el SCADA/EMS con los criterios de ASM se registran 101 puntos de los 133 disponibles, luego de la aplicación de la metodología y con los despliegues dedicados se obtiene 122 de los 133 puntos, consiguiendo una mejora notable. En la Fig 12. Se muestra uno de los despliegues dedicados desarrollados.

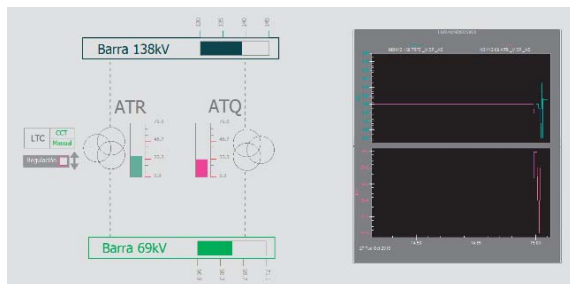


Fig. 12 Despliegue dedicado para control de voltaje

Los resultados comparados de las evaluaciones SART y SAGAT muestran una mejora notable en cuanto a los niveles de alerta situacional de los operadores del centro de control.

En la Fig. 13 se ilustra la comparativa de los resultados globales SAGAT, con el nuevo despliegue se registra un incremento del 17.78% en las respuestas correctas en comparación con los aciertos logrados usando el despliegue actual.

La Percepción se mejora en 33.33% los aciertos en las preguntas relacionadas a la percepción de las situaciones planteadas en los escenarios simulados.

Los aciertos en las preguntas que hacen referencia a la comprensión de la situación, tienen una mejora del 5.56% con el nuevo despliegue en comparación con los que se usan actualmente.

El porcentaje de respuestas correctas en las preguntas de proyección en los escenarios presentados es 16.67% mayor con el nuevo interfaz, en comparación con el resultado obtenido con el despliegue actual.

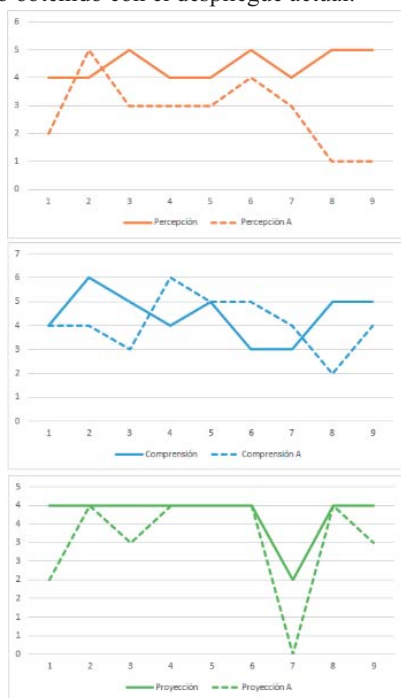


Fig. 13 Comparación SAGAT

En la Fig. 14 se muestra como los operadores evalúan su alerta situacional mediante la técnica SART. Los resultados obtenidos con SART son muy diferentes a lo que se obtiene con SAGAT, debido a que SART consiste en una autoevaluación, sin embargo mediante las dos evaluaciones se pudieron evidenciar los problemas presentados en la percepción debido a la deficiencia en la entrega de información de las subestaciones automatizadas por parte de los despliegues que actualmente se usan en el

centro de operación, y permitiendo tomar acciones correctivas en este aspecto.

Los resultados de la evaluación SART con el nuevo despliegue evidencian una mejora en la información que se entrega al operador en los escenarios simulados. La calificación de las dimensiones de entrega de información es más alta en comparación con los resultados obtenidos con la interfaz actualmente implementada.

En promedio los resultados de evaluación global de SART son mayores con el uso de los despliegues diseñados empleando criterios de alerta situacional, en comparación con los resultados obtenidos del diagnóstico del estado actual.

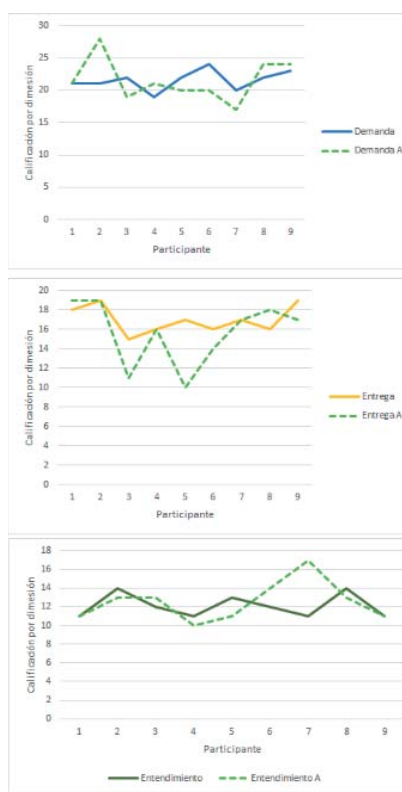


Fig. 14 Comparación dimensiones SART

IV. CONCLUSIONES

Se concluye, de las evaluaciones realizadas a los operadores del COT, que un despliegue diseñado con criterios orientados al usuario proporciona un mayor soporte a la alerta situacional, en comparación con el modelo de despliegue que actualmente se usa en el SCADA/EMS en todas las subestaciones del SNT, cuyos resultados muestran un menor nivel de alerta situacional en el operador.

Es importante notar que, los datos obtenidos con el diagnóstico del estado actual de la alerta situacional de los operadores al usar la versión presente del interfaz, permite considerar los factores humanos para el diseño del nuevo interfaz, dando como resultado una detección de los elementos que requieren de una mejora, para que la información que se despliega, brinde al usuario el soporte adecuado en el cumplimiento de sus tareas y metas.

Del análisis de requerimientos, se concluye que las señales que actualmente son adquiridas por el centro de control de las subestaciones automatizadas, pueden ser modificadas para dar un mejor soporte a la alerta situacional, dándole al operador la información necesaria para que entienda de una mejor manera el estado actual del sistema.

Con la metodología de diseño propuesta, se consiguieron resultados satisfactorios, alcanzando los objetivos planteados e implementando una interfaz de usuario funcional para la nueva subestación Babahoyo del Sistema Nacional de Transmisión del Ecuador, que cumple con los requerimientos de un diseño basado en la alerta situacional de los usuarios del sistema SCADA/EMS. La aplicación de esta metodología de diseño e implementación de despliegues para todas las subestaciones del SNT, ofrecería una ventaja a los operadores y usuarios en general para que administren la información disponible de manera efectiva, permitiéndoles tener un mayor nivel de entendimiento de los eventos que suceden en el sistema.

V. RECOMENDACIONES

Se resalta la importancia el entrenamiento en el manejo de nuevos despliegues, con un enfoque a mejorar las capacidades cognitivas específicas que se necesitan para la operación de sistemas eléctricos de potencia, por medio del uso adecuado y constante de los recursos tecnológicos que el sistema NM tiene a disposición del usuario, para dar soporte a las necesidades operativas y de análisis de eventos en el SNT. Con la implementación de la funcionalidad OTS (Operator Training Simulator) en el sistema SCADA/EMS, se recomienda crear escenarios de entrenamiento, que permitan evaluar la alerta situacional de los operadores del COT., en condiciones más cercanas a la realidad, cuando se involucran a varios elementos y comportamientos del sistema de potencia.

RECONOCIMIENTOS

Extiendo un sincero agradecimiento al personal de la subgerencia de operación y mantenimiento de CELEC EP

– TRANSELECTRIC, por el apoyo e información aportada para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] M. Endsley and D. Jones, *Designing for Situation Awareness an Approach to User-Centered Design*, Boca Raton: CRC Press, 2004
- [2] F. Greitzer, M. Robinson, R. Podmore y P. Ey, "Naturalistic Decision Making for Power System Operator", 2010 [Online]. Available: <http://bcs.org/>.
- [3] M. Endsley and D. Garland, *Situation Awareness Analysis and Measurement*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2009
- [4] ASM Joint R&D Consortium, *Effective operator display design 2008: ASM Consortium guidelines*, 2008
- [5] R. M. Taylor, "Situational Awareness Rating Technique (SART): The Development of a Tool for Aircrew System Design," *Situational Awareness in Aerospace Operations (AGARD-CP-478)*, pp. 3/1-3/17, 1990
- [6] M. Endsley, "A Methodology for Objective Measurement of Pilot Situation Awareness," *Situational Awareness in Aerospace Operations (AGARD-CP-478)*, pp. 1/1-1/9, 1990
- [7] E. Solís y D. Brito, "Metodología para el desarrollo de interfaces de usuario de un SCADA EMS basadas en alerta situacional para presentación de información de subestaciones automatizadas", 2016 [Online]. Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec>

BIOGRAFÍA



Edwin Solís, nació el 12 de Agosto de 1991 en la ciudad de Ibarra, Ecuador. Sus estudios secundarios en el área técnica de electricidad, los realizó en el I.S.T.D. Guayaquil de la ciudad de Ambato. Estudios superiores cursados en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) su proyecto de titulación lo desarrolló en cooperación con CELEC EP – TRANSELECTRIC, empresa pública en la que actualmente desempeña sus funciones en el área SCADA/EMS como parte del proyecto de vicepresidencia Generación de Conocimiento.



David Brito, nació en Quito en 1979. Recibió en el 2003 su título de Ing. Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional, en el 2010 de Máster en Administración de Empresas de la Escuela Politécnica del Ejército, en el 2015 obtuvo la certificación de Profesional en Gerenciamiento de Proyectos por el PMI. Desde el 2003 es colaborador en la Sección Administración SCADA EMS del Departamento Centro de Operación de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP - Unidad de Negocio Transelectric. Fue parte del equipo de proyecto de implementación del Centro de Control de Transmisión y su posterior actualización, actualmente se desempeña como especialista SCADA. Sus campos de investigación son SCADA/EMS y Automatización de Subestaciones.