

PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA FORMACIÓN EN LA OPERACIÓN DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Proposal of a system to form in electrical energy transmission substations operation

RESUMEN

Este artículo presenta la propuesta de un sistema para el entrenamiento del talento humano que desarrolla la actividad de operación de subestaciones de transmisión de energía eléctrica. En el desarrollo del proyecto se utiliza como guía un enfoque de investigación acción orientado por la Metodología de los Sistemas Blandos (MSB) propuesta por Checkland, y los principios para la organización que aprende planteados por Morgan, Argyris y Schön, y Nonaka, a partir de lo cual se asume la idea del mejoramiento a partir del aprendizaje para proponer la conceptualización de la situación de interés, el modelado conceptual del sistema, y la especificación funcional de tecnología software de apoyo.

PALABRAS CLAVES: Aprendizaje Organizacional, Metodología de los Sistemas Blandos, Operación de subestaciones eléctricas de transmisión, Sistemas de Información.

ABSTRACT

This paper presents the proposal of a system to train human talent that develop the activity of operate electrical energy transmission substations. In the project development are used, an action research approach oriented by Soft Systems Methodology (Checkland), and the principles of learning organization (Morgam, Argyris and Schön, and Nonaka), from which the idea of learning based improvement are assumed to propose conceptualization of concern situation, conceptual modeling of the system, and functional specification of software technology to support.

KEYWORDS: Organizational Learning, Soft System Methodology, Electric Energy Transmission Substation Operation, Information Systems.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la segunda mitad del siglo XX las empresas del sector eléctrico colombiano comenzaron a enfrentarse a la necesidad de transformación del sector, en procura de una mayor eficiencia administrativa y operativa en búsqueda de la calidad. La transformación del sector eléctrico, establecida en las leyes 142 y 143 de 1994, se centró en la creación de un mercado no proteccionista, en donde la competencia y la libre entrada de todo agente que estuviera interesado en prestar los servicios públicos potenciarían un mejoramiento significativo en la prestación del servicio. Uno de los cambios consistió en la diversificación del sector en cuatro actividades básicas: generación, transmisión, distribución y comercialización. Para cada uno de estos sub sectores se crearon reglamentaciones específicas de acuerdo a la naturaleza de cada actividad. Para la actividad de transmisión de energía, y en concordancia con el propósito de mejora de la calidad del servicio, la Comisión Reguladora de Energía y Gas –CREG– estableció en la Resolución 61 de 2000, dos criterios principales para determinar la calidad del servicio: la calidad de la forma de onda y la

GILBERTO CARRILLO

Ingeniero Electricista, Ph.D.
Profesor Titular
Universidad Industrial de Santander
gilberto@uis.edu.co

LUIS CARLOS GÓMEZ

Ingeniero de Sistemas, M.Sc.
Profesor Titular
Universidad Industrial de Santander
lczomezf@gruposti.org

ERNESTO GALVIS *

Ingeniero de Sistemas, M.Sc.
Universidad Industrial de Santander
egalvis@gruposti.org

MAYDA P. GONZÁLEZ *

Ingeniera de Sistemas, M.Sc.
Universidad Industrial de Santander
mpgonzalez@gruposti.org

YESID ALEXANDER OLAVE *

Ingeniero de Sistemas, M.Sc.
Universidad Industrial de Santander
yesid_olave@gruposti.org

* GRUPO DE INVESTIGACIÓN STI

disponibilidad de los activos del sistema. Además, estableció los límites de indisponibilidad, tomando como base la duración y la frecuencia de las interrupciones, a partir de los cuales se determinan las penalizaciones aplicables a quienes los incumplan. El incumplimiento de estos límites puede conducir, según el artículo 59 de la ley 142 de 1994, a que la superintendencia de servicios públicos determine las sanciones pertinentes, que pueden llegar hasta la toma de posesión de la empresa.

De acuerdo con esta regulación y a las demandas de un mercado no proteccionista, era evidente un único camino para ser competitivo y sobrevivir: asegurar la calidad. En este orden de ideas, el Grupo STI (www.gruposti.org) de la UIS, dentro de su Programa de Investigación en Sistemas de Información y a través del trabajo planteado por [1], [2] y [3] apoyó el trabajo que venía realizando en este sentido el Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica –GISEL– de la UIS y el CTE Oriente de Interconexión Eléctrica S.A. –ISA S.A.– E.S.P. Dicho apoyo se centró en la conceptualización del sistema de información –SI– y la definición de tecnología de información –TI– propuesto para el desarrollo del

proyecto “Sistema de Simulación para la Operación y la Atención de Fallas de Subestaciones de Transmisión” financiado por COLCIENCIAS e ISA [4], fundamentado principalmente en el trabajo del profesor Peter Checkland de la Universidad de Lancaster (UK), reconocido por su aporte a la consolidación de la Metodología de Sistemas Blandos –MSB- en el campo de los SI [5].

2. SITUACIÓN DE INTERÉS

La resolución 61 de 2000 en un mercado no proteccionista, obligaba a ser competitivo dentro del sector y para ello se debe asegurar la calidad. Con base en este principio, ISA había desarrollado actividades en dos núcleos de interés: (1) la automatización y centralización del control de las subestaciones de transmisión, y (2) la mejora en la calidad de la labor realizada por el personal encargado de operar y mantener las subestaciones. Para desarrollar estas actividades, ISA (Particularmente el Centro de Transmisión de Energía del Oriente –CTE Oriente–) estableció relaciones con el sector académico y científico de la región, específicamente con el Grupo GISEL, con quienes desarrollaron proyectos ubicados en las dos áreas de interés: respecto a la opción de la automatización, particularmente estudios para establecer características de diseño de nuevas subestaciones y para definir acciones conducentes a la automatización de las subestaciones en funcionamiento; y con respecto a la idea de gestión de calidad en el personal de operación y mantenimiento, en donde se establecieron dos líneas: la formalización de procesos y procedimientos de la operación normal y de la atención de fallas, y el establecimiento de procesos de aprendizaje organizacional en el personal operativo y administrativo.

La línea de formalización de procesos y procedimientos se desarrolló partiendo del estudio de la configuración y de los manuales de operación de cada uno de los equipos de las subestaciones del CTE Oriente. El resultado de este proceso fue la documentación completa de la operación en condiciones normales y de falla, las cuales se identificaron como los “Manuales de Subestación” y “Planes de Contingencia” [6], respectivamente. Esta documentación reposaba en libros voluminosos en cada una de las subestaciones, y era utilizada generalmente en un bajo porcentaje. Esto debido a dos causas principales: tiempo de consulta elevado (el asistente de operación debía buscar en libros de gran volumen lo cual era poco práctico, principalmente cuando se debe atender una falla) y desactualización de información (los equipos de las subestaciones podían cambiar, lo cual puede causar variaciones en los procedimientos operativos y de contingencia).

La línea de formación continua del personal se desarrolló siguiendo un marco metodológico difundido por la organización internacional del trabajo –OIT- utilizado a nivel mundial, el cual se conoce cómo la Gestión por

Competencias Laborales. El modelo de gestión de recursos humanos basado en competencias¹ tiene como propósito crear un vínculo entre el trabajo, la educación formal y la capacitación. Dicho proceso se estructura a nivel general en las actividades de identificación, normalización, evaluación, formación y certificación. En la actividad de identificación (a partir del análisis funcional) se define cuál será la competencia, incluyendo criterios para el desempeño con calidad y la forma en que se evaluará para conocer que ha sido lograda. En la actividad de normalización se convierte a cada competencia en una norma acordada como un referente válido común para contextos laborales similares. La competencia identificada y normalizada queda en condiciones de ser utilizada para constatar si una persona posee o no la competencia, lo cual es el propósito de la actividad de evaluación. Si la persona demuestra competencias, se realiza un reconocimiento formal o certificación de la competencia. El desarrollo de la competencia se puede lograr por medio de la experiencia en la práctica laboral o a través de un programa de formación cuya estructura curricular se base en la competencia a obtener. Esta estructura debe definir contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales adecuados para la norma de competencia, de modo que se logre un desarrollo integrado del saber conocer, del saber ser y del saber hacer con los demás [7]. En este aspecto, GISEL desarrolló la definición del modelo para normas de competencia y certificación del personal de operación y mantenimiento de subestaciones, tomando como base el personal del CTE Oriente.

Dentro de esta línea de formación del personal, se realizaron esfuerzos significativos orientados directamente al entrenamiento y la capacitación del personal de operación de las subestaciones y obtuvo un común denominador: el uso de TI. Los trabajos desarrollados fueron: Modulo Digital para Entrenamiento de Operadores de Subestaciones Eléctricas –MSD–, un equipo compuesto por hardware y software de control, protección y mando de una subestación con configuración interruptor y medio; y Multimedia para Operadores de Subestaciones –MOS–, software que presenta los conceptos necesarios para la operación de subestaciones y la descripción de los equipos, y de las configuraciones de las subestaciones del CTE Oriente utilizando diferentes medios (animaciones, sonido, video).

En este marco general, se propuso un proyecto de investigación titulado “sistema de simulación para la operación y la atención de fallas de subestaciones de transmisión” el cuál obtuvo financiación por parte de COLCIENCIAS con contrapartida de ISA y la UIS. Este proyecto se centró en la necesidad de consolidar procesos

¹ El término competencia hace referencia a la integración de conocimientos, habilidades y actitudes que se ponen en acción para un desempeño adecuado en un contexto dado

de entrenamiento del personal operativo de las subestaciones.

El propósito de esta investigación se estableció en dos sentidos: (1) Elaborar una herramienta de simulación del funcionamiento de una subestación que permitiera el entrenamiento del personal en la realización de actividades de operación normal y bajo falla de las subestaciones que pertenecen al CTE Oriente de ISA, y (2) desarrollar la estructura y la representación del conocimiento que permitiera el manejo y la implantación de las reglas y estrategias para la atención de fallas en las subestaciones con base en las técnicas de inteligencia artificial.

Este planteamiento tenía una orientación centrada en la TI, particularmente en el desarrollo de tecnología software, lo cual constituyó la puerta de entrada para el Grupo STI. Sin embargo, tras el planteamiento tecnológico se podía identificar un problema más grande: la transformación organizacional de la función de operación de subestaciones de transmisión. Esta idea implicaba un trabajo que trascendiera la discusión sobre los medios, y se centrara en establecer una conceptualización compleja del proceso de transformación organizacional, que permitiera dar cuenta de los trabajos que habían sido desarrollados o que se pretendían desarrollar en el marco del proyecto “simulador”.

3. TRABAJO REALIZADO Y RESULTADOS OBTENIDOS

Al iniciar el trabajo, el equipo de investigadores del Grupo STI, centraron su esfuerzo en obtener una comprensión de la situación organizacional en la que se pretendía intervenir. Para esto, se llevaron a cabo varias reuniones de trabajo con investigadores del Grupo GISEL, quienes habían participado en la estandarización de los procedimientos operativos (consignas operativas y bajo falla) y en la formulación de las normas de competencias asociadas al perfil de asistentes de subestación. En las primeras reuniones la discusión se centró sobre la actividad de operación de una subestación de transmisión, identificando el propósito de la actividad, los actores involucrados en ella, y las dependencias existentes entre los actores involucrados en la ejecución de esta labor. Esta toma de conciencia se consolidó con visitas a algunas de las subestaciones de transmisión del CTE Oriente, en donde se aclararon detalles sobre la naturaleza de la actividad.

En este proceso de “toma de conciencia” resultó fundamental la explicación sobre el sentido de la transmisión de energía y la importancia de la subestación dentro del sistema de provisión de energía eléctrica. La transmisión de energía se plantea como una actividad esencial, dado que los centros de consumo se encuentran alejados geográficamente de los centros de generación,

sin embargo, el transporte de energía presenta algunas características técnicas de alto impacto en la obtención de niveles de disponibilidad y calidad. Para que el transporte sea posible, se debe elevar la tensión en lugares denominados estaciones de transformación, para luego enlazar estas partes generadoras con redes de distribución que atienden a los centros de consumo. Este enlace se conoce como el sistema de transmisión, compuesto por líneas de transmisión y subestaciones de conmutación, de elevación y de reducción de tensión.

Como parte integral del sistema de transmisión, las subestaciones de transmisión, funcionan como puntos de conmutación para líneas de transmisión, encargándose de dirigir el flujo de energía, cambiar el nivel de tensión y garantizar la seguridad, confiabilidad y flexibilidad del sistema. Esto pone como elemento crítico para la garantía de calidad y disponibilidad del servicio, el correcto funcionamiento de la subestación.

La operación de la subestación tiene como núcleo la monitorización, el control y la atención a fallas, de todos los aspectos operativos de la subestación, con el fin de mantener niveles de calidad y disponibilidad dentro de los rangos establecidos por la normatividad vigente. Esta actividad es realizada por los asistentes de la subestación o por los operadores del Centro de Supervisión y Maniobras -CSM- o Centro Nacional de Despacho -CND-. Para ellos, se especificaron como tareas el: supervisar, administrar, operar, controlar, interpretar y diagnosticar aspectos determinantes del correcto funcionamiento de la subestación, lo cual incluye realizar el seguimiento de las señales de tensión de control de los equipos de patio, realizar acciones ante alarmas, realizar maniobras sobre la configuración de los componentes de la subestación y realizar algunas actividades de mantenimiento. Para esto, el “asistente de subestación” debe tener el conocimiento preciso del sistema sobre el que va actuar y una visión global del estado del sistema completo, pues sus acciones o intervenciones afectan al todo. Lo anterior implicaba el desarrollo de nuevas y mejores destrezas en el seguimiento y modificación de los parámetros de la subestación, el conocimiento de los procedimientos establecidos, los alcances y las restricciones de dichos procedimientos, y las habilidades que le permitieran una acción oportuna y efectiva. Esto hizo evidente la necesidad de establecer procesos de aprendizaje que permitieran al asistente de subestación tener un desempeño idóneo, lo cual se convertiría en un elemento esencial para lograr los niveles de calidad y disponibilidad deseados.

Cuando se avanzó en la conceptualización de la situación objeto de estudio, el grupo STI procedió a proponer un marco de trabajo que se nombró como “*el desarrollo de un Sistema para la Capacitación, el Entrenamiento y la Evaluación de los Asistentes de las Subestaciones de Transmisión de Energía Eléctrica de ISA -CTE ORIENTE- apoyado por SI/TI*”. Este sistema se describió

utilizando un artefacto de la MSB denominado CATWOE; los elementos de este y la descripción del sistema se presenta en la tabla 1.

Elemento	Descripción
Cliente (C)	Los clientes del sistema son los miembros del departamento de operación de las subestaciones eléctricas del CTE-Oriente de ISA.
Actor(es) (A)	Los actores del sistema son los grupos de investigación STI y GISEL de la Universidad Industrial de Santander.
Transformación (T)	Necesidad de hacer uso de la TI en la formalización de un SI que soporte un Sistema para la Capacitación, el Entrenamiento y la Evaluación de los Asistentes de las Subestaciones de Transmisión de Energía Eléctrica de ISA -CTE Oriente- → transformación → Necesidad satisfecha mediante el uso de la TI como soporte de SI efectivas.
Weltanschauung (W)	Los sistemas de información y las tecnologías de información apoyan procesos de aprendizaje en la práctica.
Propietarios (O)	Los propietarios del sistema son ISA, COLCIENCIAS, STI y GISEL.
Entorno (E)	<ul style="list-style-type: none"> Indisposición de los actuales operadores por ser conocedores de la reestructuración de personal programada por la organización, en la que se pone en peligro su estabilidad laboral. Desintegración e incomunicación entre los diferentes proyectos que apuntan hacia la automatización de subestaciones de ISA. Desinterés por los proyectos que realiza la UIS por parte de las directivas de la organización empresarial, a nivel nacional.

Tabla 1. Una definición del “Sistema para la Capacitación, el Entrenamiento y la Evaluación de los Asistentes de las Subestaciones de Transmisión”. Tomada de [8]

A partir del acuerdo obtenido sobre el propósito del sistema, el grupo investigador procedió a modelarlo. Para esto, se tomó como base una propuesta que presentaba una estructura que contemplaba tres elementos básicos: el sistema educacional, el modelo de la subestación y el sistema de evaluación en un esquema de relación lineal como se observan en la figura 1.

En este modelo, el sistema educacional se encarga de registrar y administrar las necesidades que presenta la formación del asistente de subestaciones. En el caso de consignas se encuentra la secuencia de actividades y prácticas a desarrollar por el operador con el fin de adquirir y afianzar destrezas y habilidades necesarias para la operación de subestaciones. El modelo de la Subestación Eléctrica representa los sistemas físicos de una subestación, el cual permite entre otras actividades: configurar la subestación, realizar maniobras en los equipos de patio y modificar la configuración de los elementos de la subestación. Por último, el sistema de evaluación se encarga de registrar las acciones del asistente de subestaciones y de compararlas con parámetros establecidos para hacer una ponderación de

las necesidades de capacitación, es decir de las deficiencias y de los logros de los usuarios.

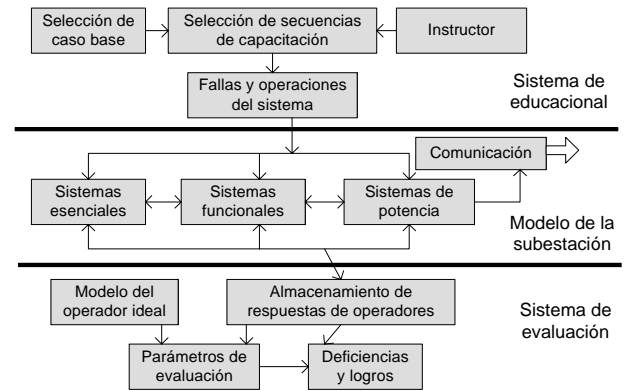


Figura 1. Modelo Inicial Proyecto Simulador. Tomada de [4]

Dicho modelo se sometió a múltiples discusiones que condujeron a identificar limitaciones en la flexibilidad del sistema, y al poco sentido de integración con otras iniciativas ya desarrolladas o en desarrollo, por lo cual se construyó otra versión, con una visión más amplia, la cuál fue calificada, por los participantes de GISEL e ISA, como una visión “sistémica”. La estructura propuesta se componía de cuatro grandes elementos que integraban el sistema, los cuales se denominaron: Componente Administración, Componente Competencias, Componente Consignas y Componente Formación. La figura 2 sintetiza esta propuesta y la tabla 2 presenta la descripción de los componentes del sistema.

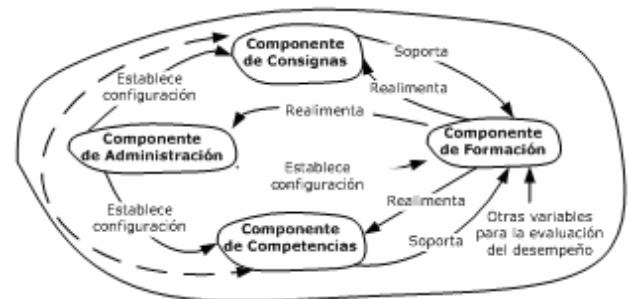


Figura 2. Modelo del sistema para la capacitación, el entrenamiento y la evaluación de los asistentes de las subestaciones. Adaptada de [8].

Versiones iniciales de la imagen del sistema fueron sometidas a discusión en escenarios que involucraron a los investigadores de GISEL y directivos del CTE oriente.

Componente	Objetivo	Estructura
Formación	Formar en aspectos teóricos y prácticos concernientes al área de acción del asistente de subestaciones.	Conformado por tres elementos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación, que ofrece el conocimiento (conceptos y procesos) sobre el área de acción del asistente de subestaciones. ▪ Entrenamiento, que ofrece escenarios “virtuales” (hardware y software) para aprendizaje en la práctica. ▪ Evaluación, que permite establecer criterios de desempeño y revisar el cumplimiento de las evidencias, para certificar el aprendizaje. Los criterios estarán relacionados con conocimientos, procedimientos, actitudes y valores.
Consignas	Gestionar la utilización y la construcción continua de las consignas operativas (normal y bajo falla).	Conformado por cuatro elementos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación, que ofrece una orientación sobre la especificación de procedimientos de operación estándar. ▪ Modificación, que permite la evolución de los procedimientos de operación establecidos previamente, ante cambios sobre las características tecnológicas de las subestaciones. ▪ Validación, que permite realimentar el proceso de construcción de los procedimientos, sometidos a pruebas en diferentes contextos operativos. ▪ Registro, que permite mantener una “memoria organizacional” sobre la evolución de las consignas operativas y bajo falla.
Competencias	Gestionar el proceso de construcción de las competencias laborales.	Conformado por cuatro elementos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación, que ofrece una orientación sobre la formulación de competencias (a diferentes niveles). ▪ Modificación, que permite la evolución de las competencias laborales formuladas ▪ Seguimiento, que permite realimentar el proceso de formulación de competencias laborales, a partir del seguimiento de los procesos de formación y práctica del personal de operación de las subestaciones. ▪ Registro, que permite mantener una “memoria organizacional” sobre la evolución de las competencias laborales de la organización.
Administración	Administrar el sistema	Estructura que establece la configuración de los demás componentes.

Tabla 2. Descripción de los componentes del sistema propuesto. Tomado de [8]

De forma coherente con el enfoque predominante en sistemas de información, el grupo investigador procedió a elaborar la especificación de un conjunto de funcionalidades software, que debían desarrollarse para poder materializar el sistema propuesto y poner en marcha la dinámica de aprendizaje organizacional. Esta especificación tomo forma como diagramas de casos de uso. La figura 3. presenta una versión de alto nivel para esta especificación.

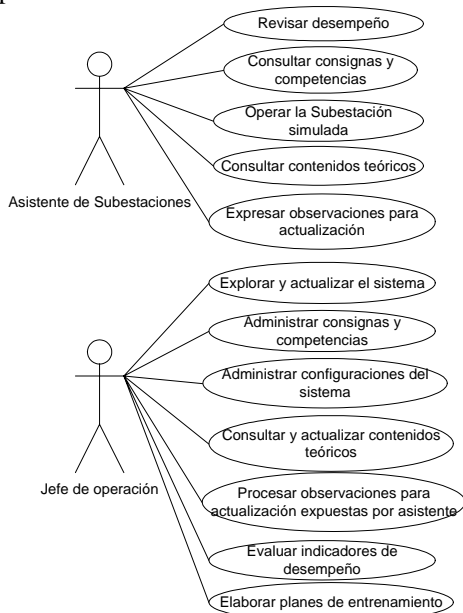


Figura 3. Diagramas de Casos de Uso del modelo propuesto

Partiendo de la especificación definida, se estableció un plan de desarrollo de software que incluía la construcción de dos productos software: un simulador de subestaciones que permitiera la interacción del asistente de subestaciones con un mundo “virtual” para llevar a cabo procesos de entrenamiento; y un asistente de conocimiento sobre consignas operativas constituido por: la representación del conocimiento asociado a los problemas encontrados en la subestación, la relación de

estos problemas con los elementos involucrados, el estado de anomalía, y los valores de funcionamiento normal de cada uno de los indicadores de la subestación, y un motor de inferencia encargado de buscar conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos sobre las consignas operativas.

Adicionalmente, se formularon proyectos que incluían el desarrollo de: un software de apoyo a la gestión de normas de competencia laboral; un software de apoyo a la gestión de consignas operativas de subestaciones de transmisión; una segunda versión del software “multimedia para operadores de subestaciones MOS”; y un software para apoyar los procesos administrativos asociados a la formación basada en competencias laborales.

4. APRENDIZAJE A PARTIR DE LA EXPERIENCIA

La participación de grupos multidisciplinarios en la concepción mostrada en la figura 3, permitió estructurar un entendimiento complejo sobre la situación y sus alternativas de solución. Con esta concepción se logró ampliar la visión sobre el propósito inicial, así como aquellos propósitos formulados para un desarrollo posterior: el mejoramiento del desempeño del personal de operación de subestaciones, a partir de procesos de aprendizaje organizacional apoyados en tecnología de información.

La forma en que se desarrolló el trabajo, una aplicación del enfoque de investigación-acción orientado por la metodología de sistemas blandos, permitió mostrar a los demás actores (GISEL – ISA) un conjunto de medios para evaluar y redefinir continuamente lo que se hace. Lo cual, en términos prácticos, constituye un proceso de aprendizaje organizacional en la medida en que la evaluación y redefinición de las acciones, conduce a la interiorización de experiencias, hallazgos y conocimientos. Esto es significativo para ISA CTE

Oriente en la medida en que su conocimiento corporativo se enriquece con aportes propuestos desde la investigación y la academia, y es también significativo para los grupos de investigación GISEL y STI, y la comunidad científica en general, en la medida en que los conocimientos teóricos y metodológicos que abundan en el contexto académico, se ponen en acción en contextos particulares del sector productivo, generando cuestionamientos relevantes de investigación, y fortaleciendo la frágil relación Universidad – Empresa.

La aplicación del pensamiento sistémico al aprendizaje organizacional, evoluciona de procesos de aprendizaje de bucle sencillo [9] [10] (figura 1) con clara orientación hacia el establecimiento, es decir, aprendizaje a partir de la detección y corrección de errores; hasta procesos de aprendizaje de bucle doble. La idea inicial del simulador pretendía ofrecer un espacio “virtual” para el entrenamiento de operadores de subestaciones de transmisión, centrado en la ejecución de los procedimientos denominados consignas operativas. La ausencia de cuestionamiento, revisión y modificación para las consignas y la ausencia de conocimiento sobre otros principios de diseño para la organización que aprende [11], limitaba el impacto generado por los medios de TI que se construirían en el marco del proyecto. Sin embargo, es destacable el hecho de que existiera la intención de desarrollar la idea del aprendizaje en la organización a partir del desarrollo de SI/TI, pues esto permitió profundizar el argumento sobre la pertinencia de los temas de investigación.

La propuesta construida con la intervención de STI amplió esta orientación, al integrar la gestión de competencias [7] y consignas [12] como procesos esenciales para el aprendizaje organizacional, lo cual corresponde a una intención de establecer procesos de aprendizaje de bucle doble y aplicar los demás principios para el diseño de organizaciones que aprenden [10][11]. El principio de construir el todo en sus partes, se desarrolló al establecer estrategias que les permitiera a los operadores de subestaciones, construir una visión compartida sobre el problema y la importancia de su rol. Por otra parte, el hecho de poner a los asistentes de subestación en una posición activa dentro del proceso de construcción de consignas y competencias, generaba una dinámica de diversificación de la estructura organizacional y de los roles. El principio de redundancia se pudo desarrollar mediante procesos de transformación de conocimiento tácito y explícito, pues la interacción con los componentes del sistema permitía constantemente poner sobre la mesa los modelos mentales que guiaban la acción (conocimientos, habilidades y destrezas), haciéndolos explícitos en forma de consignas operativas y formulación de competencias laborales. Estos conocimientos explícitos podían ser interiorizados por otras personas; el principio de variedad requerida inmerso en todo el proceso de conceptualización del sistema, dio como resultado una

propuesta que muestra la complejidad del entorno problemático que la generó. Por otra parte, el principio de especificación mínima se incluyó al establecer la forma en que interactuarían las personas en el sistema. La aplicación del pensamiento sistémico permite generar dinámicas de aprendizaje organizacional como se muestra en esta aplicación al sector eléctrico colombiano.

5. AGRADECIMIENTOS

A COLCIENCIAS e ISA por el apoyo financiero y la cooperación en la ejecución del proyecto 1102-06-12266.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] GALVIS, Ernesto. Aprendizaje Organizacional con SI/TI. UIS. Maestría en Informática. 2007.
- [2] OLAVE, Yesid. La naturaleza sistémica de los sistemas de información. UIS. Maestría en Informática. 2006.
- [3] GONZALEZ, Mayda. Propuesta de un Modelo Conceptual de SI para el Consultorio Jurídico de la UIS. UIS. Maestría en Informática. 2006.
- [4] CARRILLO, Gilberto. et all. Propuesta de Investigación “Sistema de Simulación para la Operación y la Atención de Fallas de Subestaciones de Transmisión”. UIS 2003
- [5] CHECKLAND, Peter. y HOLWELL, Sue. Information, Systems and Information Systems: Making Sense of the Field. Chichester UK: Wiley, 1998, 278 p.
- [6] MORA, Juan. Desarrollo del Plan de Contingencia para fallas de equipos críticos en subestaciones eléctricas. UIS. Magister en Potencia Eléctrica. 2001.
- [7] VERA, Edwin. Lineamientos para la elaboración de programas de formación por competencia laboral para el personal técnico de ISA S.A. E.S.P. UIS. Maestría en Potencia Eléctrica. 2005
- [8] CARRILLO, Gilberto. et all. Segundo informe de avance, proyecto 1102-06-12266. “Sistema de Simulación para la Operación y la Atención de Fallas de Subestaciones de Transmisión”. UIS 2004.
- [9] NONAKA, Ikujiro. La Empresa Creadora de Conocimiento. En HARVARD BUSINESS REVIEW. Gestión del Conocimiento (Compilación). Bilbao, España: Editorial Deusto, 2000. p. 54.
- [10] ARGYRIS, C. and SCHÖN, D. Theory in Practice. Increasing professional effectiveness, San Francisco: Jossey-Bass. 1974. Referenciado por Smith, M. K. (2001), the encyclopedia of informal education, www.infed.org/thinkers/argyris.htm. Enero 28, 2005.
- [11] MORGAN, Gareth. Images of Organization. 2 ed. Beverly Hills: SAGE Publications, 1997.
- [12] ARIZA, Jorge. Validación, complementación y representación de los planes de contingencia para fallas de subestaciones. UIS. Maestría en Potencia Eléctrica. 2005.