

**INTERFAZ DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DESDE UN SISTEMA  
SCADA HACIA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO.**



**WILMAR MARINO BOLAÑOS RIVERA  
JOSE LUIS RUIZ QUIÑONEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE I+D EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL**

POPAYÁN, 2009

**INTERFAZ DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DESDE UN SISTEMA  
SCADA HACIA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO**



**WILMAR MARINO BOLAÑOS RIVERA**

**JOSE LUIS RUIZ QUIÑONEZ**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de  
Ingenieros en Automática Industrial**

**Directora**

**MSc. DEYCY JANETH SÁNCHEZ PRECIADO**

**Codirector**

**DR. JUAN MARTÍN VELASCO MOSQUERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**GRUPO DE I+D EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL**

**INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL**

**POPAYÁN, 2009**

Nota de Aceptación

---

---

---

Director \_\_\_\_\_

Msc. Deycy Janeth Sánchez Preciado

Jurado \_\_\_\_\_

Msc. Víctor Hugo Mosquera Leyton

Jurado \_\_\_\_\_

Msc Carlos Alberto Cobos Lozada

Fecha de sustentación: Popayán, Agosto de 2009

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del presente trabajo, manifiestan sus agradecimientos a su directora, Msc. Deycy Janeth Sánchez Preciado y codirector PhD Juan Martin Velasco, al grupo de Modelos Regionales de Competitividad, a la Universidad del Cauca, amigo y compañeros, quienes contribuyeron con el desarrollo de este trabajo.

*“La esencia de la grandeza radica en la capacidad de optar por la propia realización personal y profesional en circunstancias en que otras personas optan por la locura”*

*Wayne W. Dyer*

*Por que mis triunfos no son míos, son de las personas que amo:  
A Dios por no dejar que perdiera la fe en los momentos difíciles,  
A mi mamá por brindarme su amor que no contempla imposibles  
y confianza que siempre a depositado en mi,  
A mi Papa por la ayuda que me brindo,  
A mis abuelitos por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida,  
A mis hermanos Yudy y Faiber, por su amistad, cariño y comprensión,  
A mis sobrinos Daniel Ricardo y Luis Alberto por la motivación que generaron,  
A mis tíos por y tías por rodo el apoyo que me brindaron,  
A Francisco, Jimena y Cristian por estar siempre ahí, para mí  
A la ingeniera Deycy por su paciencia y aportes en esta etapa de mi vida*

**WILMAR**

*“Sabemos muy poco, y sin embargo es sorprendente que sepamos tanto, y es todavía mas sorprendente que tan poco conocimiento nos de tanto poder”*

*Bertrand Russell*

*No se trata de un triunfo definitivo, sino de una lucha sin fin, lucha que ha sido posible gracias a las personas que rodean mi vida:  
A Dios por guiarme en los momentos difíciles  
A mi mamá por tenerme paciencia, por brindarme el amor incondicional y por la confianza que siempre ha depositado en mí,  
A mi Padre por su apoyo incondicional,  
A mi abuelo Arcecio Quiñones por enseñarme a ser lo que soy, por enseñarme a tener valor en los momentos difíciles, por enseñarme que la rectitud prevalece en el tiempo.  
A mi abuela por enseñarme a ser noble  
A mis hermanos Juan Pablo y Daniel Felipe, por su amistad, amor y comprensión  
A todos mis tíos y tías por su apoyo moral y económico  
A mis primos por ser mis cómplices  
A todos mis amigos y compañeros no habría sido posible sin sus palabras de aliento  
A la ingeniera Deycy por su paciencia, enseñanza y comprensión*

*JOSE LUIS*

## CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO 1 PROCESO CASO DE ESTUDIO .....	3
1.1. Descripción del proceso de fabricación de azúcar.....	3
1.1.1. Molienda.....	3
1.1.2. Clarificación del jugo.....	3
1.1.3. Filtración de cachaza.....	4
1.1.4. Evaporación y clarificación de meladura.....	4
1.1.5. Cocimiento y cristalización.....	4
1.1.6. Centrifugación.....	5
1.1.7. Secado y envasado.....	5
1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA. PARA EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA.....	5
1.2.1. Sistema SCADA.....	5
1.2.2. Requerimientos del proceso de clarificación y filtración.....	6
1.2.2.1. Menú de ingreso.....	7
1.2.2.2. Pantalla del proceso de clarificación .....	8
CAPÍTULO 2 CODIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	10
2.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL MODELO    SEGMENTO DE PROCESO.....	10
2.1.1. Lista de recursos identificados en el segmento de clarificación y filtración	11
2.1.1.1. Lista de personal .....	11
2.1.1.2. Lista de equipos.....	12
2.1.1.3. Lista de materiales.....	13
2.1.2. Especificación del modelo de equipos para el segmento de procesos    de clarificación y filtración .....	14
2.1.2.1. Jerarquía de equipos.....	15
2.1.2.2. Definición de la clase de equipos teniendo en cuenta las    características similares de los equipos .....	17
2.1.2.2.1. Definición de la clase de equipos.....	17
2.1.3. Especificación del modelo de personal para el segmento de procesi- ficación y filtración .....	18

2.1.3.1. Desarrollo del modelo de personal .....	18
2.1.3.2. Identificación de recursos de personal.....	19
2.1.3.3. Definición de la clase de personal del segmento de clarificación y filtración .....	19
2.1.4. Instancia del modelo de segmento del proceso.....	19
2.1.4.1. Especificación de equipo de segmento.....	20
2.1.4.2. Especificación del personal de segmento.....	21
2.1.4.3. Especificación de materiales de segmento.....	21
2.1.4.4. Dependencia de segmento de proceso .....	21
2.1.4.5 Parámetros de Segmento de Procesos.....	21
2.1.5. Especificación de los segmentos de proceso identificados en el proceso de elaboración de Azúcar .....	22
2.1.5.1. Pasos para el modelo del segmento de proceso.....	22
2.1.5.1.1. Identificación de segmento de procesos.....	23
2.1.5.1.2. Segmento de pesaje y mezclado.....	23
2.1.5.1.3. Segmento de calentamiento.....	23
2.1.5.1.4. Segmento de clarificación.....	24
2.1.5.1.5. Segmento de filtración.....	24
2.1.5.2. Dependencia entre segmentos de proceso.....	24
2.1.5.3. Enrutamiento y dependencia de materiales.....	25
2.1.5.4. Parámetros del segmento de calentamiento de jugo mezclado.....	25
...2.1.5.5.Especificación de los Equipos de segmento por segmento de proceso	27
...2.2. Especificar el segmento de procesos en la estructura de gestión de conocimiento .....	27
<b>CAPÍTULO 3 GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO.....</b>	<b>32</b>
3.1. Modelo de creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi.....	33
3.2. Dinámica de creación de conocimiento en el proceso de clarificación y filtración .....	35
3.2.1. Socialización.....	35
3.2.2. Externalización.....	39
3.2.3. Combinación.....	42
3. 2.4 Internalización. ....	43



CAPÍTULO 4 MODELO LOGICO CONCEPTUAL.....	44
4.1. Despliegue del modelo lógico funcional.....	44
4.1.1. Situación.....	44
4.1.2. Prioridades.....	45
4.1.3. Entradas.....	46
4.1.4. Salidas.....	47
4.1.5. Resultados.....	48
4.1.5.1 Resultados a corto plazo.....	49
4.1.5.2. Resultados a mediano plazo.....	50
4.1.5.3. Resultados a largo plazo.....	51
4.1.6. Hipótesis .....	51
4.1.7. Factores externos.....	52
CAPITULO 5 DISEÑO DE LA INTERFAZ DE CONOCIMIENTO.....	54
5.1 Desarrollo conceptual.....	55
5.1.1. Identificación de las necesidades del cliente.....	56
...5.1.1.1. Lista de atributos.....	56
5.1.2. Establecer especificaciones preliminares.....	57
5.1.2.1. Proceso de ponderación para el árbol de objetivos.....	57
5.1.2.1.1. Ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos.....	57
5.1.2.1.2. Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos.....	59
5.1.2.1.3. Clasificación de las ponderaciones para el árbol de objetivos.....	61
5.1.3. Generación de concepto.....	62
5.1.3.1. Matriz de QFD.....	62
5.1.3.1.1. Características técnicas de la interfaz de gestión de conocimiento.....	62
5.1.3.1.2. Definición de las prioridades en la matriz QFD.....	64
5.1.3.1.3. Grado de correlación en la Matriz de QFD.....	64
5.1.3.1.4. Correlación entre las características técnicas.....	65
...5.1.3.1.5.Ponderacion total de la CT.....	65
5.1.4. Selección del concepto.....	67
5.1.4.1. Análisis morfológico.....	67

5.2. Diseño a nivel de sistema.....	69
5.2.1. Revisión de la interfaz de usuario.....	69
5.2.2. Elementos del Sistema.....	69
5.2.3 Asignación de funciones a los elementos.....	70
5.2.3.1. El Supervisorio del procesos.....	70
5.2.3.2. La interfaz de conocimiento.....	70
5.2.3.3 La base de conocimiento.....	70
5.3 Diseño detallado de la interfaz.....	72
5.3.1 Descripción del sistema.....	72
5.3.2. El supervisorio del proceso.....	72
5.3.3 Interfaz de conocimiento.....	73
5.3.4. Base de conocimiento.....	74
5.3.5. Forma de navegación en la interfaz de conocimiento.....	74
5.3.6. Descripción de la interfaz .....	75
5.3.6.1 Motor de Programación de la Interfaz.....	75
5.3.6.2 Descripción General de la interfaz.....	77
5.3.6.3 Ejemplo de Validación .....	80
Capitulo 6 VALIDACIÓN.....	
6.1Validación de la interfaz de conocimiento.....	83
6.1.1 Proceso de validación.....	83
6.2 Conclusión de la Validación.....	83
Alcances y aportes.....	86
Conclusiones.....	87
Trabajos futuros.....	88
Bibliografía.....	90
	91

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ventana de menú ingreso.....	7
Figura 2. Mímico de la etapa de clarificación.....	8
Figura 3. Ventana de alarmas del proceso de clarificación.....	9
Figura 4. Modelo de equipo.....	14
Figura 5. Modelo jerárquico de equipos.....	15
Figura 6. Jerarquía de equipos.....	16
Figura 7. Modelo de personal.....	18
Figura 8. Modelo de segmento de procesos.....	19
Figura 9. Segmento de proceso identificados en la célula de proceso clarificación y filtración.....	23
Figura 10. Enrutamiento y dependencia de materiales del segmento de proceso.....	25
Figura 11. Modelo CESI (socialización, externalización, combinación, internalización.....	34
Figura 12. Despliegue del modelo lógico conceptual (Entradas del Modelo).....	46
Figura 13. Despliegue del modelo lógico conceptual (Salida del Modelo).....	48
Figura 14. Despliegue del modelo lógico conceptual (Resultados del Modelo a corto, mediano y largo plazo).....	49
Figura 15. Fases del desarrollo del producto.....	54
Figura 16. Fases del desarrollo conceptual.....	56
Figura 17. Árbol de Objetivos para la Interfaz de Gestión de Conocimiento.....	58
Figura 18. Matriz QFD para la interfaz de gestión de conocimiento.....	66
Figura 19. Análisis morfológico.....	67
Figura 20. Integración de los elementos de la interfaz.....	69
Figura 21. Interfaz de conocimiento.....	71
Figura 22. Despliegue de la interfaz.....	77
Figura 23. Ventana de registro de usuario .....	78
Figura 24 Validación del registro de usuario para ingreso a la interfaz.....	78
Figura 25. Falla de temperatura alta en el calentador de placas.....	79
Figura 26. Información de falla.....	80

Figura 27. Corrección de la falla.....	81
--	----

### LISTA DE TABLAS

Tabal 1. Lista de personal.....	11
Tabla 2. Lista de equipos .....	12
Tabla 3. Lista de materiales.....	13
Tabla 4. Parámetros del segmento calentamiento de jugo mezclado.....	26
Tabla 5. Anomalías Posibles en el Proceso: Calentamiento para el Calentador de Placas con la Captura de Conocimiento Requerido para su Solución.....	31
Tabla 6. Actividades del supervisor de área.....	37
Tabla 7. Actividades del operario y ayudante de turno.....	38
Tabla 8. Actividades del instrumentista de turno.....	38
Tabla 9. Descripción de la clase de equipo .....	39
Tabla 10. Descripción de las instancias de equipos.....	40
Tabla 11. Identificación de personal.....	40
Tabla 12. Especificación de segmento de procesos.....	41
Tabla 13. Descripción de la generación de conocimiento.....	42
Tabla 14. Ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos.....	57
Tabla 15. Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Usabilidad).	59
Tabla 16. Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Editor).....	60
Tabla 17. Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Compatibilidad del sistema).....	61
Tabla 18. Correlación entre las características técnicas y requerimientos del cliente.....	64
Tabla 19. Comparación de las herramientas de la interfaz.....	68

## INTRODUCCIÓN

Dado a los grandes avances que han ocurrido en los sistemas de información, tales como los estándares de la ISA (The International Society for Automation) los cuales permiten que en cada nivel de la empresa existan sistemas que poseen la capacidad de generar y administrar grandes volúmenes de información relevante tanto para el negocio como para la producción, teniendo en cuenta los retos que presenta una economía globalizada; dentro de las empresas se genera la necesidad de poder tomar ventaja de dicha información, como estrategia para aumentar la capacidad de decisión y su productividad, siendo imperioso un intercambio de información dinámico y eficiente entre diferentes sistemas que componen una empresa, de tal forma que permita integrar la información de manera confiable, segura y en el nivel de detalle apropiado, facilitando el acceso a la información en cada nivel que se necesita, así como la comprensión e interpretación de la misma.

Dentro de un contexto económico y empresarial que se caracteriza por fenómenos como la globalización, los crecientes grados de competitividad, la evolución de las nuevas tecnologías, los negocios empresariales y la naturaleza dinámica de los nuevos mercados, no parece existir ninguna duda acerca de que el conocimiento representa uno de los valores más críticos para lograr el éxito sostenible en cualquier organización. Por lo tanto, es necesario para la industria nacional e internacional extender la cadena de integración y así facilitar aún más la utilización de información de manufactura en procedimientos administrativos de la empresa.

Sin embargo integrar la información no significa que exista una red de comunicación de datos entre computadoras. Los datos digitales se convierten en información útil en la medida en que puedan ser interpretados de la misma manera por el emisor y el receptor. Uno de los factores más importantes para el éxito de esta comunicación es la disponibilidad de interfaces que permitan el intercambio de información entre todos los sistemas intervinientes.

Existen avances importantes en la solución del problema de integración empresarial como los estándares denominados "ISA S95 e ISA S88" [1], aceptados ampliamente en el ámbito mundial desarrollados por el consenso de diferentes expertos y empresas reunidos en la Sociedad Internacional para la Medición y el Control ISA (The International Society for Measurement and Control). La norma S88 se utiliza para estandarizar los procesos en los sistemas de manufactura por lote, mejor conocidos como batch, mientras que la norma S95, la cual fue adoptada como

el estándar internacional IEC-62264, se enfoca hacia la frontera entre los dominios de los sistemas empresariales, los de control y automatización característicos de la planta [2], independiente del tipo de los procesos que se lleven a cabo en ella (batch, discreto o continuo).

Aprovechando estos avances en la integración empresarial, como lo es la norma ISA 95, y continuando con el enfoque de intercambio o transferencia de información del nivel de proceso con el nivel de gestión se busca desarrollar una interfaz que brinde la posibilidad de comunicar y transferir información desde sistemas que movilizan datos e información de procesos de manufactura (es el caso de los sistemas SCADA<sup>1</sup>) hacia un sistema basado en conocimiento; además, la interfaz desarrollada debe permitir que la información que provenga del sistema SCADA pueda ser estructurada como conocimiento e integrada a un modelo de Gestión de Conocimiento que involucre herramientas e indicadores para medir eficiencia, eficacia y efectividad del sistema de Gestión de conocimiento.

La información teórica de diferentes conceptos utilizados para el desarrollo de la interfaz como Sistemas Scada, Gestión de Conocimiento y el Modelo Lógico Conceptual se encuentran descritos en el Anexo A

---

<sup>1</sup> SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos

## **CAPÍTULO 1. PROCESO CASO DE ESTUDIO**

En este capítulo se describirá el proceso industrial de fabricación de azúcar, utilizado para la validación de la interfaz desde un sistema SCADA hacia el sistema de gestión de conocimiento, donde se detalla cada una de las etapas involucradas en el proceso de fabricación del azúcar en el ingenio Manuelita ubicado en el Municipio de Palmira.

También se hace una descripción del sistema SCADA utilizado para la validación del proyecto tomando como referencia la información recogida en el proceso real.

Para la implementación del sistema SCADA sólo se tendrá en cuenta la etapa de clarificación del jugo de caña.

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR**

En el proceso de fabricación de azúcar las etapas involucradas son: molienda, clarificación y filtración, evaporación, cristalización y centrifugación, secado y embasado.

#### **1.1.1 Molienda**

La mesa de alimentación descarga la caña a un conductor de caña que la transporta a través de picadoras con el propósito de realizar una preparación adecuada y entregarla al área de molienda. La caña preparada es sometida a un proceso de extracción, pasando por un tándem de 6 molinos. El resultado de la extracción de los molinos se llama jugo diluido, el cual es pesado para efectos de control de fábrica. El jugo se descarga en el tanque de Jugo encalado y se le agrega Lechada de Cal para evitar el proceso de Inversión (Transformación de Sacarosa a Glucosa y Fructosa).

#### **1.1.2 Clarificación del Jugo**

Una vez que se ha desinfectado el jugo se procede a separar la tierra, arena y demás impurezas sólidas presentes en el jugo. Esto se realiza mediante sedimentación. La precipitación de las impurezas sólidas es más eficiente si es realizada en caliente por ello se calienta el jugo alcalizado hasta una temperatura 105°C, pues por encima de esta temperatura se produce la destrucción de la molécula de sacarosa y simultáneamente una reacción irreversible de oscurecimiento del jugo que originaría unos cristales de azúcar (sacarosa) de alta coloración. Luego

del calentamiento se agrega floculante para agrupar en forma de flóculos las impurezas sólidas presentes, que al ser más pesadas que el jugo tienden a sedimentarse. La separación de los sólidos suspendidos se realiza en equipos llamados clarificadores, obteniéndose por la parte superior un jugo limpio y brillante, llamado "jugo clarificado" y por el fondo del equipo un lodo que contiene todas las impurezas sólidas (tierra, arena, residuos de cal y residuos de floculante). A este lodo se lo denomina "cachaza".

### **1.1.3 Filtración de la Cachaza**

El lodo extraído de los clarificadores se mezcla con bagacillo y alimenta a los filtros rotatorios al vacío, cuya función es extraer la sacarosa residual presente en la cachaza, y que esta llegue al campo con la menor cantidad de sacarosa posible. Para extraer la mayor cantidad de sacarosa en el proceso de filtración se requiere agua caliente, un filtro de vacío y lenta rotación de los filtros. El lodo residual forma una torta que se envía a la tolva de almacenamiento, de aquí se lleva al campo para utilizarlo en el acondicionamiento de suelos mientras que el jugo filtrado se envía a una estación de clarificación para procesarlo.

### **1.1.4 Evaporación y Clarificación de Meladura**

Con el objetivo de eliminar el 75 % del agua que contiene el jugo clarificado este se bombea a un sistema de evaporación compuesto de dos kestner (primer efecto), 3 evaporadores (tres efectos) y 2 concentradores (un efecto), operando el proceso en quintuple efecto. Por medio del vapor y vacío en los concentradores, el jugo pasa de 15 a 65 Brix. Al jugo concentrado se le llama meladura.

### **1.1.5 Cocimiento y Cristalización**

La meladura que viene de evaporación, pasa a la etapa de cristalización en los tachos al vacío, donde se forma el grano de azúcar, dando como resultado una masa densa denominada "TEMPLA".

### **1.1.6 Centrifugación**

Las diferentes "templás" se bajan luego a los mezcladores y desde éstos a las centrífugas de alta velocidad. En las centrífugas se separa el cristal (azúcar) del líquido (miel) de las templás. Se producen así azúcares y mieles A, B y C. Las mieles A y B se emplean en la elaboración de



templadas B, C y cristal. La miel C llamada miel final, se envía a un tanque. Esta miel es un subproducto utilizado para la destilación de alcohol o como materia prima en la industria sucroquímica (fabricación de bioetanol, plástico, biotextiles, etc.) El azúcar A o azúcar lavado son la materia prima para el proceso de refinación del azúcar.

### **1.1.7 Secado y Envasado**

Una vez descargado de las centrifugas se procede al secado del azúcar "A" empleando una secadora rotativa al vacío. La humedad máxima permitida en el azúcar debe ser 0.075 %. El azúcar seco es conducido hacia las tolvas de almacenamiento para su posterior envasado en sacos. Una vez envasado el producto se debe controlar el peso de los sacos para comprobar que se cumpla con la norma de 50 kg de peso neto de azúcar por saco, luego se transportan los sacos hacia la bodega para su posterior distribución. El producto es embalado en las presentaciones de 250 g, 500 g, 1 kg, 2 k y 5 k g envasados en fundas plásticas (polipropileno) y al granel en 50 kg envasados en sacos de papel kraft triple capa.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SCADA PARA EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA**

Para la elaboración del SCADA se tomaron datos del proceso y documentos acerca del funcionamiento de los diferentes instrumentos y variables que interviene en la etapa de clarificación de jugo de caña. A continuación se describen los requerimientos necesarios para el desarrollo del sistema supervisor de la etapa de clarificación de la caña de azúcar.

### **1.2.1 Sistema SCADA**

La simulación del sistema SCADA permite visualizar el proceso, gestionar los datos del proceso y sensor las variables del proceso. La programación del SCADA realizado en el lenguaje de programación "ladder" RSLogix 500™ (Version 7.00), PLC SLC 500, el HMI's (Human –Machine Interface) se realizó en RSView32 7.40. 00, utilizando el software de simulación Installing RSLogix Emulate y el software de comunicaciones RSLinx de Rockwell Automation.

### **1.2.2 Requerimientos del Procesos de Clarificación y Filtración**

El propósito del proceso de clarificación es separar las impurezas presentes en el jugo. El jugo contiene una considerable cantidad de materia fina y coloidal en suspensión que debe eliminarse para conseguir azúcares de alta pureza al final del proceso. En la clarificación también se extraen algunos constituyentes solubles.

El lodo extraído del clarificador es mezclado con bagacillo que es echado manualmente al tanque de mezclador, donde posteriormente alimenta los filtros rotatorios al vacío, cuya función es extraer la sacarosa residual presente en la cachaza, y que esta llegue al campo con la menor cantidad de sacarosa posible.

El jugo de caña proveniente del proceso de molienda pasa a una báscula que cuando llega a su máximo valor de 600 Kg la válvula de entrada de jugo de caña se cierra e inmediatamente se abre la válvula de salida de jugo de caña y al mismo tiempo una válvula de lechada de cal se abre por 10 segundos una vez la mezcla de jugo de caña con lechada de cal esta lista y los calentadores de placas y de tubos están en su temperatura adecuada entre (50-70 y 100- 106 °C) respectivamente, la bomba impulsadora de jugo mezclado se abre automáticamente para que el jugo llegue al tanque secundario donde es almacenado hasta que llega a su peso óptimo de 600 kg aproximadamente, si el flujo de jugo en los calentadores es bajo provocara una disminución en la temperatura del jugo entonces entrara en funcionamiento los calentadores de la segunda etapa, hasta que el tanque secundario llegue a su peso máximo, cuando el peso es aproximado a 600 kg la bomba de jugo caliente se abre automáticamente y a al mismo tiempo la bomba impulsora de lechada de cal en caliente es abierta por 10 segundos y el jugo de caña es mezclado nuevamente.

Posteriormente el jugo pasa por un tanque flash donde hay una evaporación de gases y se le agrega floculante para agrupar en forma de floculos las impurezas sólidas presentes, que al ser más pesadas que el jugo tienden a sedimentar para que el jugo de caña llegue al clarificador donde la separación de los sólidos suspendidos se realiza en equipos llamados clarificadores que son tanques o depósitos de gran tamaño por los que el jugo circula a una velocidad lo suficientemente lenta para obtener por la parte superior un jugo limpio y brillante, llamado "**jugo clarificado**" y por el fondo de los clarificadores se extrae un jugo espeso y sucio similar al lodo, llamado cachaza, que se envía al área de filtración de lodos donde se obtiene jugo filtrado y cachaza de la etapa de clarificación(ver Figura 10 ).

A continuación se detalla las ventanas principales del proceso de clarificación, las cuales son descritas a continuación.

- Pantalla de menú de ingreso.
- Pantalla del proceso de clarificación.
- Pantalla de alarmas.
- Pantalla de tendencias.

### 1.2.2.1 Menú de Ingreso

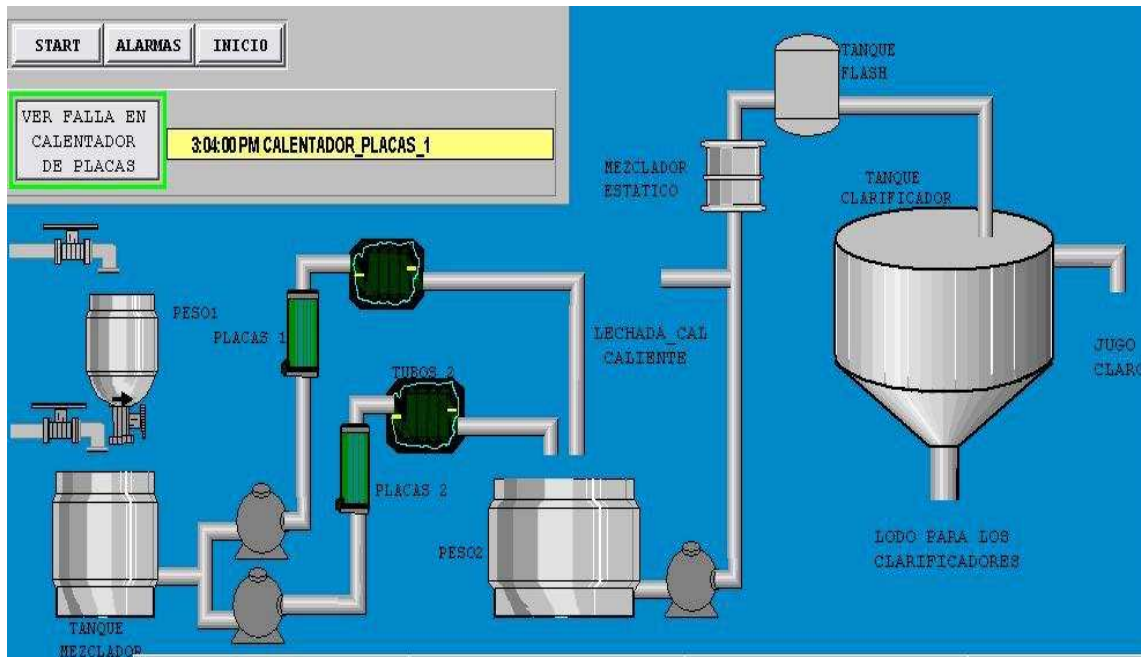
La pantalla del menú de ingreso (Figura1) es la primera pantalla que se despliega cuando se pone en marcha el sistema. Para ingresar en la aplicación es necesario hacer un “click” en el botón “Proceso”; la ventana de proceso se despliega (Figura2) donde está el resto del menú; si deseas salir del sistema se hace “click” en el botón “Salir”;



Figura 1. Ventana de menú ingreso

### 1.2.2.2 Pantalla del Proceso de Clarificación

Esta pantalla muestra al usuario un mímico del Proceso de Clarificación y Filtración (Figura 2). Donde se visualiza en un indicador el valor de las variables controladas (temperatura). Así mismo se tiene tres botones que lleva al usuario a la ventana de alarmas y al menú de ingreso.



**Figura 2.** Mímico de la etapa clarificación

Los botones del mímico son descritos a continuación:

- Inicio: Permite al usuario volver a la pantalla de menú ingreso.
- Alarmas: Permite al usuario visualizar las alarmas que se han presentado en el proceso por temperatura alta. Las alarmas de temperatura alta se generan cuando la temperatura en los calentadores que están en funcionamiento es muy alta para los calentadores de placa si es mayor a 70 °C y para los calentadores de tubos si es mayor a 105 °C, las alarmas también se generan cuando el flujo de jugo de caña en la tubería es muy bajo.

Al presionar el botón “Alarmas” la ventana mostrada en la Figura 3 se despliega. La ventana de alarmas muestra la “tag” o variable que entra en condición de alarma, su valor, la hora, la fecha y la gravedad en que se presenta la condición de alarma. La ventana de alarmas cuenta con el botón *Cerrar* que permite al usuario salir de la misma.

Display

Alarm Date	Alarm Time	Severity	Tagname	Tag Value	Alarm Label
29/01/2009	16:52:30	1	ALARMA_1	1	TEMPERATURA ALTA SF1
29/01/2009	16:52:37	1	CALENTADOR_PLACAS_2	72	TEMPERATURA ALTA CP2
29/01/2009	16:52:25		ALARMA_1	0	
29/01/2009	16:52:10	1	ALARMA_1	1	TEMPERATURA ALTA SF1
29/01/2009	16:51:40		CALNETADOR_PLACAS_1	71	
29/01/2009	16:51:37	1	CALNETADOR_PLACAS_1	72	TEMPERATURA ALTA CP1
29/01/2009	16:51:35		ALARMA_1	0	
29/01/2009	16:51:24	1	ALARMA_1	1	TEMPERATURA ALTA SF1

Alarm Banner **16:52:38 ALARMA DE FLUJO 1 TEMPERATURA ALT** Alm: 5, Sup: 0

Alarm Information Items in Summary: 8 Unack Alm: 5, Sup: 0

Figura 3. Ventana de alarmas del proceso de clarificación

## CAPÍTULO 2. CODIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se describe el proceso de modelado de la información obtenida en la en la Empresa Ingenio Manuelita con las herramientas que ofrece la parte 2 de la norma ISA 95, utilizando el modelo de segmento de procesos, que brinda la información necesaria para la estructuración del modelo de gestión de conocimiento. Finalmente, se estructura la información obtenida en mapas de conocimiento.

En este caso no se ha tenido en cuenta el mantenimiento, debido a que los datos recogidos del segmento de proceso de clarificación no se encuentran en la especificación de mantenimiento.

## **2.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL MODELO DE SEGMENTO DE PROCESO**

Para la estructuración de la información del segmento de proceso se tomó como referencia la metodología utilizada para el desarrollo del modelo de segmento de procesos de la tesis titulada: Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio [3], que considera las siguientes actividades:

1. Realizar una lista de recursos identificados en el subproceso de clarificación y filtración de elaboración de azúcar de alta pureza como son personal, equipos y materiales.
2. Organizar y modelar la información de los equipos utilizados en el subproceso de clarificación y filtración de jugo de caña.
3. Organizar y modelar la información de las personas involucradas en el subproceso de clarificación y filtración.
4. Estructurar la información de la etapa de clarificación y filtración en la elaboración de azúcar alta pureza, identificando y especificando cada uno de los segmentos de proceso con el fin de brindar una vista lógica del proceso productivo al nivel de negocios de la empresa. Esto se realizara a través la instancia del modelo de objetos del segmento de proceso.

### **2.1.1 Lista de recursos identificados en el segmento de clarificación y filtración del proceso de elaboración de azúcar de alta pureza Manuelita**

#### **2.1.1.1 Lista de personal**

En el segmento de clarificación y filtración son necesarios los recursos de personal establecidos en la tabla 2

<b>RECURSO</b>	<b>FUNCIONES</b>	<b>CANTIDAD POR TURNO</b>
----------------	------------------	-------------------------------

Operario de clarificación	Realiza las funciones de verificación del estado de las variables (temperatura y pH) del proceso y de estado de los equipos para su respectivo mantenimiento así como informar al supervisor y al instrumentista anomalías en las diferentes etapas del segmento del proceso.	1
Auxiliar del operario de clarificación	Realiza funciones de mantenimiento en algunas de las etapas del segmento de proceso de clarificación y filtración también hace verificación del estado de las variables	1
Instrumentista	Verifica el correcto funcionamiento de los equipos y hace reparaciones de los mismos si es necesario	1
Supervisor	Es el encargado de supervisar el proceso desde la sala de control	1

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 1. Lista de personal**

### 2.1.1.2 Lista de Equipos

Para la etapa de clarificación-filtración de Azúcar refinada en la empresa se necesitan los equipos de la tabla 3.

Célula de proceso		Equipo
Clarificación Filtración	Segmento de mezclado	Bascula
		Tanque Jugo Mezclado
		Bomba Impulsora de jugo etapa 1

		Bomba impulsora de jugo etapa 2
	Segmento de calentadores	Calentador de placas etapa 1
		Calentador de tubos etapa 1
		Calentador de placas etapa 2
		Calentador de tubos etapa 2
		Tanque secundario
		Bomba impulsora jugo caliente
	Segmento de clarificación	Tanque flash
		Tanque clarificador
		Bomba impulsora lechada de cal
	Segmento de filtración	Filtros rotatorio al vacio

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 2.** Lista de equipos

### 2.1.1.3 Lista de Materiales

Es la lista de materiales que representa solo los insumos que están involucrados directamente en el proceso de producción (ver tabla 4.)

AZÚCAR REFINADA MANUELITA					
Material	Comenta-rio	Alta pureza	Blanca	Cruda	Unida-des
Kg. Producto terminado	Kg total batch	7185	7186	7150	Kg.
Azúcar	Unidades de Azúcar	38888	38888	38888	Unida-des

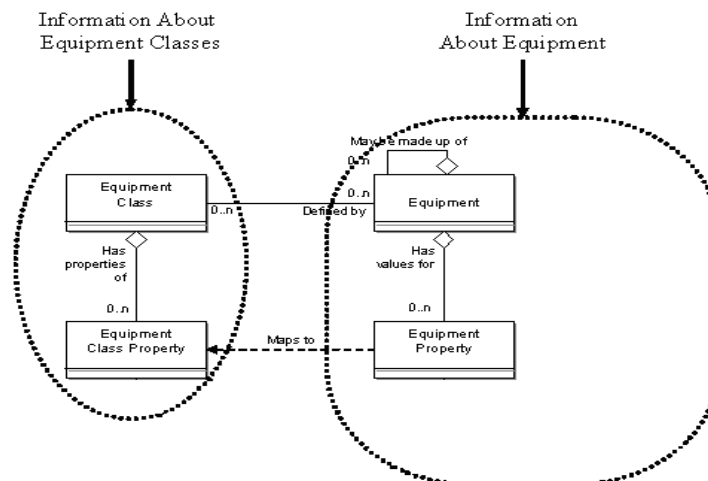


LISTAS DEMANUFACTURA-AZUCAR REFINADA MANUELITA					
ID		LMAARMAP	LMAARMBL	LMAARMCR	
Ton Caña		6910	6887	6796	Ton
Cal		7112	7089	6998	Kg.
Floculantes		313.3	270.5	230	Kg.
Sacarato de cal					Lt.
Decolorantes		67	0,0		Kg.
<b>Empaque</b>					
Bolsa polietileno		40.841	40.878	47.522	Kg.

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 3.** Lista de materiales

### 2.1.2 Especificación del Modelo de Equipos para el Segmento de Proceso de Clarificación y Filtración.



*Fuente. The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA 95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology, North Carolina, 2000, ISA.*

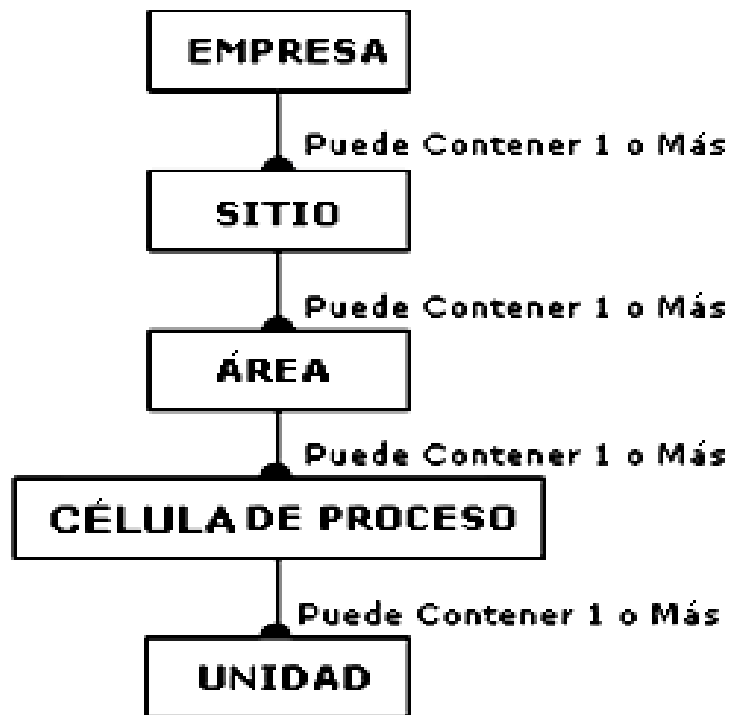
#### **Figura 4. Modelo de equipo**

El modelo de equipo contiene información acerca del equipo específico, las clases de equipo, las pruebas de la capacidad de equipo, información de mantenimiento asociada con el equipo que describe las características para la planificación, programación y representación conceptual de los equipos que intervienen en un proceso. En nuestro caso no se tendrá en cuenta el mantenimiento debido a que los datos recogidos en el segmento del proceso de clarificación no se encuentra contemplada la etapa de especificación de mantenimiento.

Para el desarrollo del modelo se debe tener en cuenta la identificación de los equipos que intervienen en el proceso de clarificación y filtración de elaboración de azúcar y las características similares de los equipos.

##### **2.1.2.1 Jerarquía de Equipos**

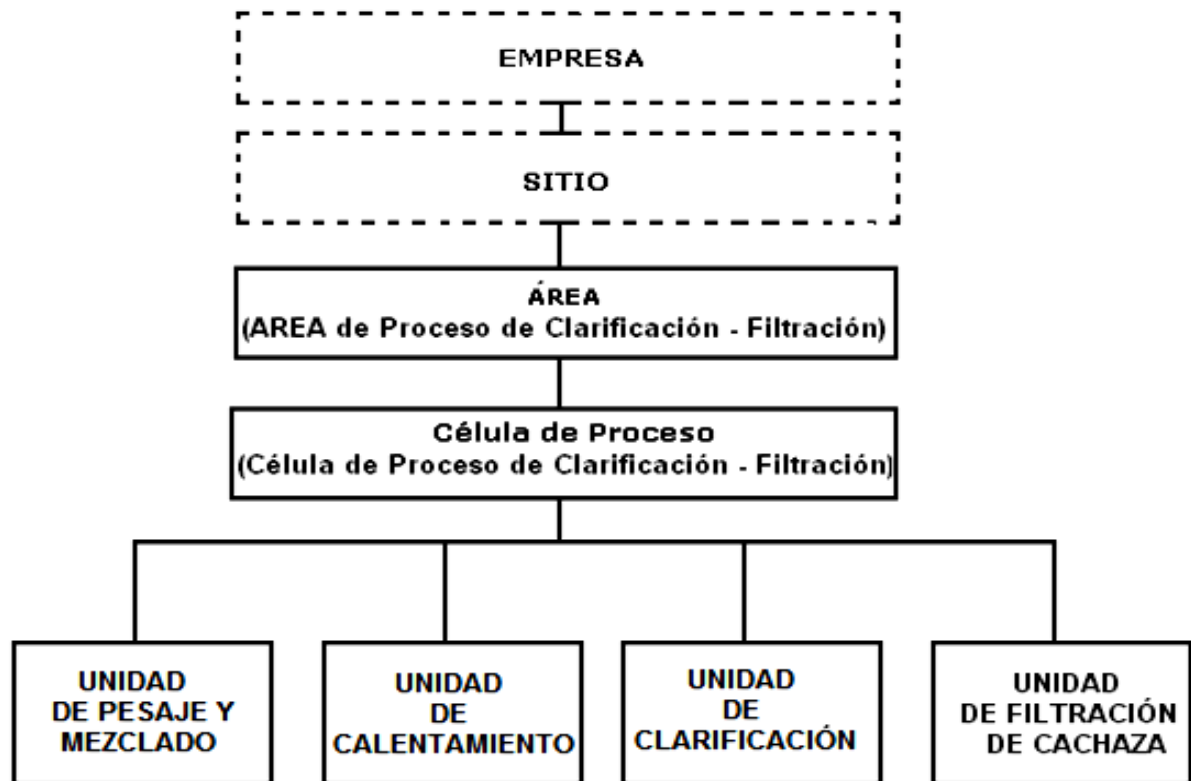
El modelo de equipos identificados en el proceso de clarificación y filtración en la elaboración de azúcar se ha realizado teniendo en cuenta el modelo jerárquico de equipos mostrado en la Figura 5. Descrito en la parte 1 de la norma ISA S95.



Fuente: Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio

**Figura 5.** Modelo jerárquico de equipos

La empresa Manuelita está constituida por un sitio, el sitio está ubicado en el Municipio de Palmira, el área, la célula de proceso y las unidades son mostradas en la Figura 6.



Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Marzo 2009

**Figura 6.** Jerarquía de equipos

En la observación del proceso de Clarificación y Filtración se identificó el área, dentro de esta la célula de proceso y dentro de la célula de proceso las siguientes unidades:

1. Unidad de pesaje mezclado.
2. Unidad de calentamiento.
3. Unidad de clarificación.
4. Unidad de filtración de cachaza.

**2.1.2.2 Definición las clases de equipo teniendo en cuenta las características similares de los equipos.**

Una clase de equipo define el agrupamiento de equipos que comparten características similares para tener mayor planificación. La clase de equipo agrupará las propiedades de todos los miembros de ella, pero es necesario aclarar que no todos los miembros tendrán las mismas propiedades de la clase.

Un equipo es el activo físico como tal, que existe en la empresa y se considera como una instancia de la clase de equipo. A una clase pueden pertenecer varios equipos que tengan características similares o para el caso el modelo de equipo debe tener propiedades similares.

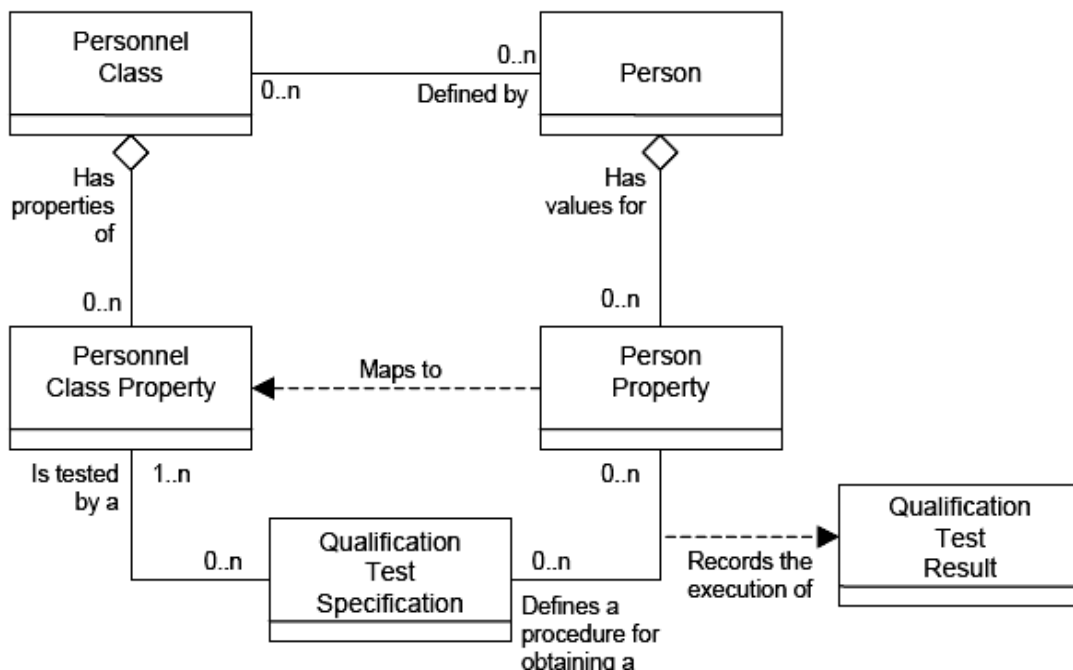
#### **2.1.2.2.1 Definición de Clases de Equipo**

En el proceso de Clarificación – Filtración en la elaboración de azúcar se escogieron las siguientes clases de equipos.

- Clase equipos de tanques
- Clase de equipo de calentadores
- Clase de equipo de bombas
- Clase de equipo de filtración de cachaza

Se debe aclarar que cada una de las clases de equipos que se acaban de mencionar se describe con sus respectivas propiedades así como los equipos que componen estas clases en el anexo B numeral 2.1.

#### **2.1.3 Especificación del Modelo de Personal para el Segmento de Proceso de Clarificación y Filtración**



Fuente: The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA 95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration Part 2: Models and Terminology, North Carolina, 2000, ISA.

**Figura 7.** Modelo de personal

### 2.1.3.1 Desarrollo del Modelo de Personal

El desarrollo del modelo solo incluye la definición de los objetos de la clase personal y definición de personal, junto con sus propiedades para el segmento de clarificación y filtración.

### 2.1.3.2 Identificación de Recursos de Personal.

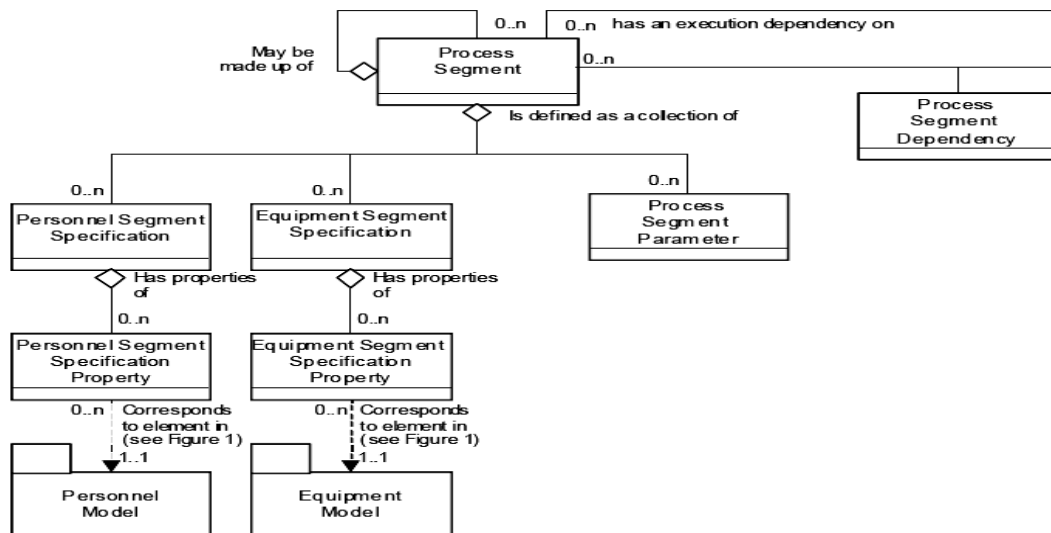
Para la etapa de clarificación y filtración de la elaboración de azúcar intervienen el siguiente personal.

- Operario de clarificación.
- Auxiliar del operario de clarificación.
- Instrumentista.
- Supervisor.

### 2.1.3.3 Definición de la Clase Personal del Segmento de Clarificación y Filtración.

La definición de la clase personal con la definición de personal se describe en el punto 2.2 del Anexo B.

### 2.1.4 Instancia del Modelo de Segmento de Proceso



Fuente: The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA-95.00.02-2001, Enterprise-Control System.

**Figura 8.** Modelo de segmento de proceso

Los segmentos de proceso pueden ser considerados como la vista lógica del proceso para el sistema de negocios; dichos segmentos permiten establecer los materiales, equipos y personal utilizado en cada uno de los pasos o etapas de producción [4].

El segmento de proceso identifica los recursos utilizados para la producción de diferentes productos, y no las especificaciones de los recursos que se requieren para un producto en particular, ya que aquella información será detallada a través de los segmentos de producto.

Por otro lado, un segmento de proceso puede agrupar dentro de él, otros segmentos de proceso en una jerarquía de definiciones, facilitando de esta manera el detalle de las actividades que se llevan a cabo desde un nivel general a un nivel particular.

El segmento de proceso puede ser:

- a. Un segmento manual puede definir la clase de materiales y la clase de personal necesario para la producción.
- b. Un segmento semi-automatizado puede definir la clase de material, personal y equipo necesitado.
- c. Un segmento inmaterial, tal como un segmento de montaje de equipo (setup), que podría definir la clase de equipo y personal utilizado.
- d. Un segmento automatizado solo puede definir el material y las clases de equipo necesitado.

#### **2.1.4.1 Especificación de Equipo de Segmento.**

Las especificaciones de segmento de equipo definen los equipos que son requeridos para el segmento de proceso, lo cual contiene información acerca del equipo específico, las clases de equipo así como las cantidades de los mismos y las propiedades relevantes.

#### **2.1.4.2 Especificación del Personal de Segmento.**

Las especificaciones de segmento de personal, definen que recursos de personal son requeridos para el segmento del proceso, tales como operadores requeridos en un equipo. Las propiedades específicas que son requeridas son los valores de la propiedad actual de la persona. Por ejemplo: una propiedad de persona puede ser 'Turno de Noche' y su valor podría ser 'disponible', y una propiedad de persona podría ser 'hora de exposición disponible'.

#### **2.1.4.3 Especificación de Material de Segmento.**

Es el medio para establecer los materiales que están relacionados con un segmento de proceso. Por medio de estas especificaciones se establece que materiales son utilizados, consumidos, procesados o producidos en un paso de producción.

#### **2.1.4.4 Dependencia de Segmentos de Proceso**

Es utilizado para establecer limitaciones y restricciones en los procesos, dichas limitaciones o restricciones pueden ser físicas, basadas en seguridad o en procesamientos físicos, químicos requeridos para elaborar un producto (determinan el orden en que los proceso deben ser realizados), o pueden ser restricciones de tiempo para los pasos de producción.



#### **2.1.4.5 Parámetros de Segmento de Proceso.**

Los parámetros de segmento son utilizados para definir características de operación y funcionamiento de un segmento de proceso.

Dichos elementos contendrán los datos relevantes para un paso de producción, los cuales son constantes e independientes del producto que se está fabricando.

Por medio de los parámetros, se podrían establecer datos como colores del producto, requerimientos de calidad, opciones de ensamblaje, embalaje, datos de configuración de equipos etc.

Si un parámetro toma valor según el producto que se va elaborar, dicho parámetro no es un parámetro de segmento de proceso, si no de segmento de producto.

Se puede decir que el proceso de elaboración de un producto consta de varios segmentos de proceso, los cuales serán ordenados y configurados según los requerimientos del producto.

#### **2.1.5 Especificación de los Segmentos de Proceso Identificados en el Proceso de Elaboración de Azúcar Alta Pureza Manuelita**

En la elaboración del modelo de segmento de proceso para la validación de la interfaz de transferencia de información desde un sistema SCADA hacia un sistema de gestión de conocimiento, permite definir de manera apropiada los pasos de producción que pueden ser identificados dentro del subproceso de manufactura de Clarificación y Filtración de la elaboración de azúcar alta pureza Manuelita.

La definición de los segmentos de proceso es de gran utilidad en el intercambio de información ya que dichos segmentos constituyen la vista general de los procesos para el sistema de gestión de conocimiento, dando a conocer los materiales, equipos y personal utilizado en la etapa de Clarificación y Filtración.

### 2.1.5.1 Pasos para el Modelo de Segmento de Proceso

Tomando como referencia los pasos establecidos para el desarrollo del modelo de segmento en la tesis titulada Aplicación de la Categoría “Administración de Operaciones de Calidad” de la Norma ISA-95 a un Caso de Estudio, trabajo que considera parámetros indispensables en la integración de empresa y que considera las siguientes actividades [5]:

1. Identificar los segmentos de procesos.
2. Identificar las dependencias existentes entre los segmentos de procesos.
3. Establecer el enrutamiento y dependencia de materiales.
4. Especificar los segmentos de equipo para cada uno de los segmentos de proceso.

#### 2.1.5.1.1 Identificación de Segmentos de Procesos

En el proceso de Clarificación y Filtración del jugo de caña para la elaboración de azúcar de alta pureza se identificaron 4 segmentos de proceso en los cuales se realizan actividades de: pesaje y mezclado (jugo de caña con lechada de cal), calentamiento del jugo mezclado en dos etapas, clarificación y filtración. Cada actividad constituye un segmento de proceso dentro de un segmento global que representa los recursos involucrados en la elaboración de azúcar ver figura 4.



Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Marzo 2009

**Figura 9.** Segmentos de proceso identificados en la célula clarificación y filtración

A continuación se detalla cada uno de los segmentos de proceso establecidos

#### 2.1.5.1.2 Segmento de Pesaje y Mezclado

Etapa donde se realiza la recepción del jugo de caña proveniente de los molinos para su respectivo pesaje de 600k, y se le adiciona lechada de cal por un tiempo de 10 segundos.

#### **2.1.5.1.3 Segmento de Calentamiento**

En este segmento de proceso hay dos etapas de calentamiento la segunda etapa entra en funcionamiento cuando hay alguna falla en la tubería o en los calentadores de la primera etapa. Las dos etapas constan de los mismos equipos un calentador de placas y un calentador de tubos.

1. Calentadores de placas: en esta etapa del proceso el jugo de caña debe ser elevado a una temperatura de entre (50-70°C), esto debido a que el aumento de temperatura debe ser gradual para eliminar impurezas aumentar la concentración de pH en el jugo mezclado.
2. Calentadores de tubo: el jugo de caña es elevado a una temperatura de 70°C a 105°C Para acelerar la reacción coagulante de la cal y también se pasteuriza el jugo, eliminando los microorganismos presentes.

#### **2.1.5.1.4 Segmento de Clarificación**

En esta etapa del proceso al jugo alcalizado se le agrega coagulante para sedimentar las impurezas enviarla a los filtros rotatorios al vacío, y el jugo claro que sobrenada es extraído por la parte superior.

#### **2.1.5.1.5 Segmento de Filtración**

En esta etapa el lodo extraído de los clarificadores se mezcla con bagacillo y alimenta a los filtros rotatorios al vacío, cuya función es extraer la sacarosa residual presente en la cachaza.

En el Anexo B numeral 2.3 se incluye la especificación detallada de cada uno de los segmentos de proceso anteriormente mencionados.

#### **2.1.5.2 Dependencia entre Segmento de Proceso**

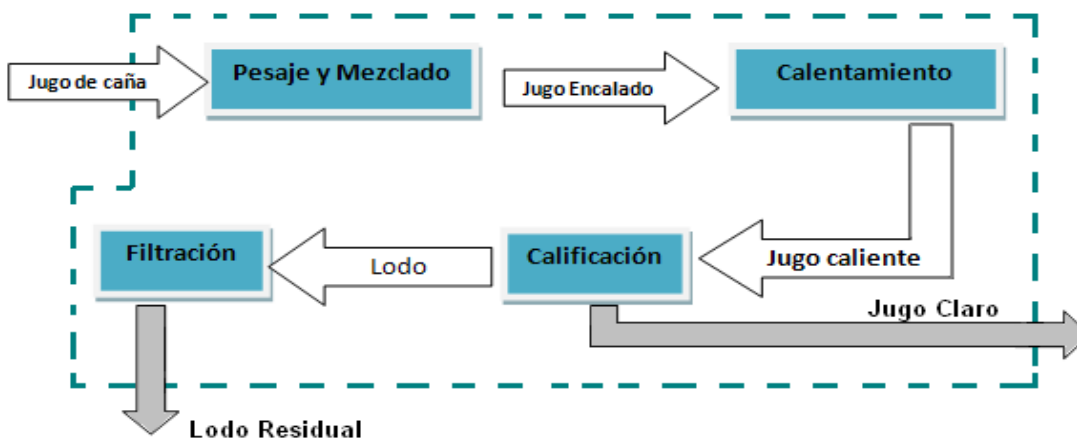
La dependencia entre los segmentos de proceso está determinada por la configuración y secuencia de los diferentes segmentos de proceso establecidos en la Clarificación y Filtración de jugo de caña.

A continuación se determinan las siguientes dependencias:

- **Pesaje y mezclado:** solo comienza después de la llega del jugo de caña de la etapa de molienda de la caña de azúcar.
- **Calentamiento:** se inicia después de terminar el segmento de pesaje y mezclado.
- **Clarificación:** se inicia después de terminar el segmento de calentamiento de jugo mezclado.
- **Filtración:** se inicia después de terminar el segmento de clarificación del jugo mezclado.

### 2.1.5.3 Enrutamiento y Dependencia de Materiales

La dependencia entre los segmentos de procesos establece de igual manera un enrutamiento de los materiales utilizados en el segmento de proceso de Clarificación y Filtración, que indica la forma en que los productos son procesados o producidos a lo largo del proceso. En la validación de nuestro proceso se identifico el siguiente enrutamiento.



Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Marzo 2009

**Figura 10.** Enrutamiento y dependencia de materiales del segmento de proceso

### 2.1.5.4 Parámetros del Segmento Calentamiento de Jugo Mezclado

En este segmento la temperatura del jugo de caña debe estar en un rango específico para las dos etapas de calentamiento en la primera etapa debe tener un rango de 50° a 70 °C y en la segunda etapa debe estar en un rango de 100 a 105 °C para pasteurizar el jugo y eliminar mi-

croorganismos presentes en el jugo el calentamiento se hace por etapas para no quemar el jugo ver tabla 4.

<b>PARÁMETROS DE SEGMENTOS DE PROCESO DE CLARIFICACIÓN Y FILTRACIÓN</b>			
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad de Medida</b>
CPLS1 CPLAS2	Calentador de placas Temperatura que el jugo debe alcanzar en la primera etapa de calentamiento si la temperatura es menor o mayor al rango requerido se genera alarma en el proceso.	50-70	°C
CTBS1 CTBS2	Calentador de tubos temperatura que el jugo debe alcanzar en la segunda etapa para poder pasar a la etapa de clarificación si la temperatura es menor o mayor al rango requerido se genera alarma en el proceso.	100-105	°C

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes.En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 4.** Parámetros del segmento calentamiento de jugo mezclado

#### **2.1.5.5 Especificación de los Equipos de Segmentos por Segmento de Proceso**

En este punto se detallan los segmentos de equipo para cada uno de los segmentos de proceso definidos dentro del sistema de producción de Clarificación Y filtración. Para cada segmento de equipo se detalla las propiedades de cada equipo así como los parámetros de configuración.

En el Anexo B numeral 2.4 se incluye la especificación de cada uno de los segmentos de proceso definidos.

## 2.2 Especificación de Segmentos de Proceso en la Estructura de Gestión de Conocimiento.

Una vez generado el modelo de segmento de proceso, donde se establecieron los diferentes equipos, personal y materiales utilizados en cada una de las etapas del proceso de clarificación y filtración, se especificó la información obtenida en la estructura de gestión de conocimiento (ver Tabla 5) haciendo la identificación de los equipos y personas relacionados con el desarrollo del modelo de gestión de conocimiento; también se describió de manera detallada la causa de ocurrencia de una anomalía o falla en el proceso; esto se realizó implementando un mecanismo de inferencia fundamentado en la captura de conocimiento en mapas de conocimiento que describen por qué se presentó alguna falla desde lo general hasta lo particular y se mencionan las posibles formas de corregir esa falla. Ver anexo B numeral 2.5.

La especificación de los eventos en la estructura de gestión de conocimiento se mostrará en el punto 2.6 anexo B, describiendo en tablas de conocimiento cada una de las fallas y soluciones por temperaturas altas en el proceso de clarificación y filtración.

<b>Proceso</b>	<b>Elaboración de azúcar alta pureza manuelita</b>				
<b>Célula de proceso</b>	<b>Clarificación y Filtración</b>				
<b>Segmento del proceso</b>	<b>Calentamiento de jugo mezclado</b>				
	<b>ID</b>	<b>CJM</b>			
<b>Clase de Equipo</b>	<b>Calentador de placas</b>		<b>Equipo</b>	<b>Calentador de placas 1</b>	
	<b>ID</b>	<b>CLPCS</b>		<b>ID</b>	<b>CPLS1</b>
<b>Persona</b>	<b>Operario de clarificación</b>		<b>ID</b>	<b>OPCF</b>	
	<b>Instrumentista</b>			<b>INTA</b>	
<b>Variable crítica</b>	<b>Temperatura</b>				
<b>Evento</b>	<b>Temperatura mayor a 70 °C</b>				
<b>Qué pasa en calentadores de placas 1</b>	Se dispara la alarma de temperatura alta, temperatura mayor a 70°C.				
<b>Por qué la tempe-</b>	El flujo de jugo mezclado en la línea de llenado del calentador de placas				

<p><b>ratura es mayor al rango requerido</b></p>	<p>es muy bajo, debido a:</p> <p><b>Obstrucción de la tubería:</b></p> <p>Agrupación de sedimentos sólidos en la tubería.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por reutilización de tubería por que las tuberías alternas no están disponibles.</li> <li>• Por falta de mantenimiento, el mantenimiento programado no se realizo.</li> </ul> <p><b>Obstrucción en placas del calentador:</b></p> <p>Agrupación de sedimentos sólidos en las placas del calentador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por reutilización del calentador, porque el calentador alterno no está disponible.</li> <li>• Por falta de mantenimiento, el mantenimiento programado no se realizó.</li> </ul> <p><b>Error en la válvula de alimentación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula Obstruida.</li> <li>• Agrupación de sedimentos sólidos en la válvula.</li> <li>• Por reutilización de la válvula, porque el calentador alterno no está disponible.</li> <li>• Por falta de mantenimiento,</li> <li>• Válvula cerrada.</li> <li>• Válvula desajustada.</li> </ul>
<p><b>Para qué corregir el aumento de temperatura</b></p>	<p>Para llevar la temperatura a un rango específico (entre 50-70°C), el aumento de temperatura debe ser gradual debido a la reacción de la cal a los cambios bruscos de temperatura, este es el primer calentamiento de tres más.</p>
<p><b>Cuándo corregir el aumento de temperatura</b></p>	<p>Cuando se disparen las válvulas de alivio de la línea de flujo de vapor y las alarmas de temperatura alta.</p>
<p><b>Cómo corregir el aumento de temperatura</b></p>	<p><b>Obstrucción de la tubería:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar el punto de obstrucción o agrupación de sedimentos sólidos</li> </ol>

	<p>en la tubería</p> <p>Realizar un seguimiento del flujo de jugo en cada segmento de la tubería; el flujo que entra en el segmento debe ser el mismo que sale de cada segmento, si no el segmento está obstruido o hay una agrupación de sedimentos sólidos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Golpear suavemente la tubería en el segmento que presenta obstrucción, para desprender los sedimentos adheridos a la pared.</li> <li>3. Verificar el aumento de flujo de jugo mezclado       <p>Si el flujo aumenta, la tubería está destapada; si no, ir al siguiente paso</p> </li> <li>4. Utilizar una sonda para desprender los sedimentos.       <p>Para utilizar la sonda antes debe abrirse la línea de llenado de la siguiente forma:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Verificar si las vías o tuberías alternas están disponibles; si están disponibles, continuar con el punto b; si no están disponibles, se debe programar mantenimiento correctivo lo más pronto posible.</li> <li>b. Abrir el bypass de tuberías alternas</li> <li>c. Abrir bridas de línea de llenado obstruida</li> <li>d. Introducir sonda y despegar sedimentos adheridos a la pared de la tubería</li> <li>e. Lavar con agua caliente, vapor o soda caustica.</li> </ol> </li> <li>5 Programar mantenimiento de la línea de llenado</li> </ol> <p><b>Reutilización de tubería o vías alternas no disponibles:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Mantener tuberías alternas disponibles.       <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mantenimiento correctivo y preventivo cada 5 días.</li> <li>• Ir al punto 4. Utilizar una sonda para desprenderlos sedimentos.</li> </ul> </li> </ol>
--	--



	<p><b>Falta de mantenimiento o mantenimiento programado no realizado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verificar fecha del último mantenimiento realizado</li> <li>b. Verificar el estado del último mantenimiento si se cumplió o si no se cumplió porque motivo no se hizo.</li> <li>c. Reportar el nuevo estado y programar nuevo mantenimiento.</li> <li>d. Supervisar y realizar seguimiento a nuevo mantenimiento correctivo y preventivo.</li> </ul> <p><b>Obstrucción en placas del calentador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar el punto de obstrucción en las placas del calentador <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verificar si el calentador alterno está disponible, si está disponible continuar con el punto b, si no está disponible programar mantenimiento del calentador de placas utilizado</li> <li>b. Abrir válvula del calentador alterno</li> <li>c. Cambiar dirección del flujo del jugo, cambiar estado de bypass</li> <li>d. Cerrar válvula de calentador obstruido</li> <li>e. Abrir calentador obstruido</li> <li>f. Buscar punto de obstrucción, acumulación de sedimentos sólidos</li> </ul> </li> <li>2. Desprender suavemente los sedimentos adheridos a las placas del calentador.</li> <li>3. Lavar con agua caliente o soda caustica, cepillo y diseminador</li> <li>4. Reportar mantenimiento del calentador</li> </ul> <p><b>Error en la válvula de alimentación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar el punto de obstrucción de la válvula</li> <li>2. Desprender suavemente los sedimentos adheridos a las paredes de la válvula.</li> <li>3. Lavar con agua caliente o soda caustica, cepillo y diseminador</li> <li>4. Programar mantenimiento de la línea de llenado, calentador.</li> </ul>
<b>Donde corregir el</b>	Línea de llenado (tuberías) de jugo mezclado del calentador de placas

<b>aumento de temperatura</b>	(calentador primario). En las placas internas del calentador En la válvula de llenado
-------------------------------	---

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Marzo 2009

**Tabla 5.** Anomalías Posibles en el Proceso: Calentamiento para el Calentador de Placas con la Captura de Conocimiento Requerido para su Solución

### **CAPÍTULO 3. GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO**

Existen modelos de gestión de conocimiento orientados a: creación de conocimiento, crecimiento del conocimiento, creación de valor, transferencia y transformación del conocimiento, entre otros.

El Modelo de intercambio y creación de conocimiento de Karl Eric Sveiby, plantea una empresa basada en las relaciones humanas, es decir, son las personas las que crean estructuras externas e internas para comunicarse. La estructura no es un objeto físico, es conectividad: donde importa más la relación que el nodo; lo verdaderamente importante es el gerundio “conociendo” y “organizando”; las personas crean valor mientras van conociendo; otro modelo es el de transferencia y transformación de conocimiento de Hedlund, se basa en una distinción entre conocimiento articulado (conocimiento explícito) y conocimiento tácito, transfiriéndose entre distintos niveles de agentes de conocimiento: individuo, pequeño grupo, organización y dominio organizativo.

El modelo creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi, considera importante dos dimensiones: i) La dimensión epistemológica, en la cual distingue dos tipos de conocimiento: el explícito –aquel que puede ser estructurado, almacenado y distribuido y el tácito –aquel que forma parte de las experiencias de aprendizaje personal y que, por tanto, resulta sumamente complicado, si no imposible, de estructurar, almacenar en repositorios y distribuir. Según esta distinción, las tecnologías de la información y la comunicación sólo permitirían almacenar y distribuir conocimiento explícito. ii) la dimensión ontológica, en la cual distingue cuatro niveles de agentes creadores de conocimiento: el individuo, el grupo, la organización y el nivel interorganizativo. Es el modelo más conocido y aceptado de creación de conocimiento organizativo. Se basa en afirmar que la única fuente duradera de ventaja competitiva es el conocimiento. El conocimiento se genera a través de procesos de aprendizaje, un mecanismo individualizado que depende de la capacidad de cada persona y de sus experiencias de aprendizaje pasadas, pudiendo definirse el aprendizaje individual como el proceso de adquisición y almacenamiento del conocimiento que tiene por objeto incrementar la capacidad del individuo.

En lo que tiene que ver con las generaciones de la gestión de conocimiento, en la primera se promueve la codificación del conocimiento, en la segunda el flujo del mismo y en la tercera la

apropiación para la generación de comunidades de práctica cuyo resultado es la innovación y el mejoramiento de procesos. El modelo de Nonaka y Takeuchi abarca las tres generaciones, mientras que los otros se circunscriben en una de ellas y usualmente son excluyentes si se desea su aplicación en diversos ámbitos de acción de los modelos (creación, crecimiento, transferencia y transformación, etc.).

### **3.1 Modelo de Creación de Conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995)**

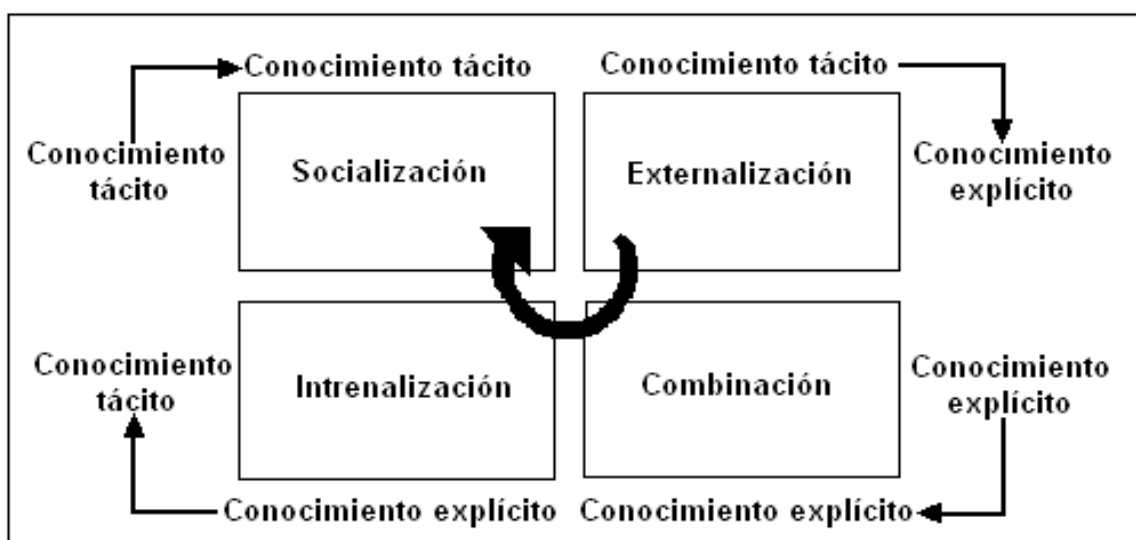
El conocimiento tácito y explícito interactúan y se intercambian en las actividades creativas del ser humano. En el modelo de creación de conocimiento descansa la composición de que el conocimiento humano se genera y se expande en las interacciones sociales entre ambos tipos; a esta interacción se le llama conversión de conocimiento [6].

Se tienen cuatro modos de conversión de conocimiento. “Nonaka, Byosiere, Borucki, y Konno” (1994)

- 1. Socialización:** es la conversión de conocimiento tácito en tácito, este proceso consiste en generar conocimiento tácito como los modelos mentales y las habilidades técnicas a través de experiencias compartidas. La clave para adquirirlo es la experiencia, en especial en alguna modalidad de experiencia compartida. Los aprendices trabajan con sus maestros y aprenden el oficio no mediante el lenguaje, sino mediante la observación, la imitación y la práctica. En el ambiente empresarial, la capacitación en el trabajo se sirve prácticamente de mismo principio [6].
- 2. Externalización:** es la conversión del conocimiento tácito en explícito. Es un concepto que consiste en integrar el conocimiento tácito a los conceptos explícitos o lenguajes. Es importante para el proceso entero de creación del conocimiento, ya que el conocimiento tácito se vuelve explícito frecuentemente a través de metáforas, analogías conceptos y modelos [7].
- 3. Combinación:** es la combinación del conocimiento explícito con explícito. La combinación y sistematización de conceptos por medio de símbolos como el lenguaje o las figuras se consiguen por medios como los siguientes: documento, juntas, conversaciones telefónicas o comunicación computarizada. Con la tecnología de la comunicación podemos mejorar mucho la combinación [7].

4. **Internalización:** consiste en convertir el conocimiento explícito en tácito. Es el proceso de integrar el conocimiento explícito y se relaciona estrechamente con el aprender haciendo. El nuevo conocimiento obtenido mediante la combinación se internaliza otra vez en el conocimientos internos del individuo. Y así se incorpora a la base de conocimientos tácitos en forma de modelos mentales compartidos o procedimientos técnicos, convirtiéndose en valioso activo del conocimiento [7].

Los cuatro modos de conversión de conocimiento se designan con la sigla SECI, ver Figura. 11, que corresponde a las cuatro tipos de conversión (Socialización, Externalización, Combinación, Internalización).



Fuente: RUGGLES, Rudy. HOLTSHOUSE, Dan. La Ventaja del Conocimiento. México. Compañía Editorial Continental, 2000. p. 68.

**Figura 11.** Modelo SECI (Socialización, Externalización, combinación, Internalización)

### 3.2 Dinámica de Creación de Conocimiento en el Proceso de Clarificación y Filtración

Para el desarrollo del modelo de conocimiento de Nonaka y Takeuchi se realiza primero una investigación técnica del lugar donde se desarrollará la interfaz de transferencia de información, así como el conocimiento de los diferentes equipos, variables y personas responsables del proceso de clarificación, para el desarrollo de los cuatro modos de conversión de conocimiento SECI.

A continuación se describe el desarrollo de cada uno de los modos de conversión de conocimiento para el proceso de clarificación.

**3.2.1 Socialización:** se realizó mediante el seguimiento, observación y recolección de información del proceso de clarificación y filtración en la elaboración de azúcar Manuelita, acompañados por expertos que permitió establecer cuál era el funcionamiento y la secuencia que se seguía en cada una de las etapas del proceso, así como las actividades que realiza cada uno de los encargados del proceso.

Los pasos a se establecieron en esta etapa de socialización fueron los siguientes:

**a)** Se realizaron visitas a la planta de producción de azúcar Manuelita para tener un conocimiento más detallado del proceso de clarificación y filtración; también se realizó un acompañamiento a los expertos o personal encargado del proceso, identificando sus responsabilidades y conocimiento dentro del proceso.

**b)** Por medio de observación se identificaron los equipos más relevantes que intervienen el proceso de clarificación.

- Báscula
- Tanque de jugo mezclado
- Bomba impulsora de jugo mezclado
- Bomba impulsora de jugo etapa 2
- Calentador de placas etapa 1
- Calentador de placas etapa 2
- Calentador de tubos etapa 1
- Calentador de tubos etapa 2
- Tanque secundario
- Bomba impulsora jugo caliente
- Bomba impulsora lechada de cal
- Tanque flash

- Tanque clarificador
- Filtros rotatorios al vacío

c) Una vez identificados los equipos del proceso se determinaron las propiedades y características de los equipos para su respectiva codificación (ver capítulo 3), facilitando de esta manera el detalle de las actividades que se llevan a cabo desde un nivel general a un nivel particular.

d) Se identificó el personal involucrado en el proceso de clarificación

- Operario de del proceso de clarificación y filtración
- Auxiliar del operario del proceso clarificación
- Instrumentista de turno
- Supervisor de turno

e) Se identificaron las actividades que realizan cada uno de los expertos: ver tabla 6 para el supervisor de turno, tabla 7 para el operario del proceso de clarificación y filtración y el auxiliar del operario del proceso clarificación, y la tabla 8 para el instrumentista de turno.

<b>Proceso de Elaboración de Azúcar alta pureza Manuelita</b>	
Subproceso	Clarificación y filtración
Cargo	Supervisor del área
Horarios	2 turnos mañana (6:00 am – 2:00 pm), tarde (2:00 pm – 10pm)
Variables del proceso	Temperatura, pH, Brix
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el buen funcionamiento de las diferentes etapas del proceso.</li> <li>• Realizar y verificar las acciones control del proceso desde el sistema SCADA.</li> <li>• Tomar acciones correctivas cuando se generan las alarmas del proceso.</li> <li>• Llevar el registro de la cantidad de jugo pesado en la etapa de pesaje y mezclado.</li> <li>• Realizar de la apertura de las válvulas de lechada de cal.</li> <li>• Supervisar el control de temperatura en la etapa de calentamiento.</li> <li>• Mantener comunicación con el operario de clarificación y filtración para</li> </ul>

	realizar correcciones del proceso cuando no se pueden realizar desde el área de control.
--	--

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Marzo 2009

**Tabla 6.** Actividades del supervisor del área

<b>Proceso de Elaboración de Azúcar alta pureza Manuelita</b>	
Subproceso	Clarificación y filtración
Cargo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operario del subproceso de clarificación y filtración</li> <li>• Ayudante del Operario del subproceso de clarificación y filtración</li> </ul>
Horarios	3 turnos mañana (6:00 am – 2:00 pm), tarde (2:00 pm – 10Pm) y noche (10:00 Pm-6:00 am)
Variables del proceso	Temperatura, pH, Brix
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el proceso tuvo un buen arranque.</li> <li>• Verificar si el pH de jugo frío.</li> <li>• Abrir las válvulas de vapor hacia los calentadores y verificar la temperatura en las etapas de calentamiento.</li> <li>• Verificar el control de flujo de entrada a los calentadores y el nivel de jugo en el tanque de mezclado.</li> <li>• Verificar si las bombas para el control de pH están funcionando correctamente.</li> <li>• Verificar el pH den caliente saliendo de los calentadores.</li> <li>• Dosificar floculante al jugo de entrada al clarificador.</li> <li>• Observar el nivel de cachaza en el clarificador.</li> <li>• Verificar que la bomba de cachaza este funcionando.</li> <li>• Verificar el pH saliendo del clarificador confirmarlo con el de laboratorio.</li> <li>• Verificar la entrada de cachaza a los filtros.</li> <li>• Cada 8 horas el operario debe registrar el comportamiento de las variables y registrarlo gráficamente en un formato donde se indica las variables de temperatura y pH.</li> <li>• En caso de anomalías el operario o el ayudante debe consultar la tabla de acciones correctivas y realizar las soluciones pertinentes o llamar a la persona idónea para solucionar el problema.</li> <li>• El operario está dando rondas en el proceso para verificar el buen funcionamiento del mismo.</li> <li>• El operario tiene comunicación permanente con el supervisor del área quien le informa si se presenta alarmas o anomalía en el sistema de supervisión.</li> <li>• Al final de cada turno el operario debe registrar en un libro como fue el comportamiento del proceso.</li> </ul>



**Tabla 7.** Actividades del operario y ayudante de turno

<b>Proceso de Elaboración de Azúcar alta pureza Manuelita</b>	
Subproceso	Clarificación y filtración
Cargo	Instrumentista de turno
Horarios	2 turnos mañana (6:00 am – 2:00 pm), tarde (2:00 pm – 10pm)
Variables del proceso	Temperatura, pH, Brix
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el buen funcionamiento de los diferentes instrumentos del proceso.</li> <li>• Realizar y verificar si el mantenimiento de los diferentes equipos del proceso.</li> <li>• En caso de alguna anomalía en algún equipo arreglarlo o realizar el cambio de equipo si es necesario.</li> <li>• Tomar muestras de pH en frío y en caliente cada 3 o 4 horas y llevarlas al laboratorio para verificar si el valor que muestra los sensores es el mismo al que indica el laboratorio.</li> </ul>

**Tabla 8.** Actividades del instrumentista de turno

**3.2.2 Externalización:** Una vez obtenida la información del proceso de clarificación y filtración se realizó la codificación de la información tomando como referencia la norma ISA S95 que nos permitió definir e identificar los diferentes elementos involucrados en el proceso como los equipos, las personas y materiales, así como las dependencias que existen en las diferentes etapas, como se define a continuación:

**a)** Se realizó una lista de los recursos utilizados en el proceso de clarificación y filtración como: lista de personal definiendo sus funciones, lista de equipos definiendo la célula y segmentos del proceso y, por último, se realizó una lista de materiales del proceso (ver en el punto 2.1.1).

**b)** Una vez definidos los equipos con su respectiva información se procede a realizar la especificación del modelo de equipos para el segmento de proceso de clarificación y filtración donde se detallará la información obtenida en la etapa de socialización referente a los equipos del proceso (ver punto 2.1.2).

A continuación se describe las tablas donde se define las clases de los equipos y las instancias de los mismos.

ID		Identificación de la clase de equipos	
Descripción		Descripción de la clase de equipos	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
Se hace una identificación para la propiedad del equipo.	Se describe las propiedades de los equipos como capacidad y dimensiones del mismo.		Se describe las unidades de medida de que toma el equipo por ejemplo: Kg mt.

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 9.** Descripción de clase de equipo

ID		Identificación de la instancia equipo	
Descripción		Descripción de la instancia equipo	
Propiedad		Valor	Unidad de medida
ID	Descripción		
Se hace una identificación para la propiedad del equipo.	Se describe las propiedades de los equipos como capacidad y dimensiones del mismo.	Se escribe el valor que toma dicha propiedad del equipo	Se describe las unidades de medida de que toma el equipo por ejemplo: Kg mt.

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 10.** Descripción de las instancias de equipos

c) Definida la lista de personal con su respectiva información se procede a realizar la especificación de modelo de personal para el segmento de proceso de clarificación y filtración, donde se detallará la información obtenida en la etapa de socialización referente al personal (ver punto 2.1.3).

A continuación se describe las tablas donde se define las clases del personal y las instancias de los mismos.

ID	Identificación del personal involucrado en el proceso de clarificación y filtra-
----	--

<b>Descripción</b>		ción	
		Clase Personal de clarificación y filtración: Agrupa a los elementos con Características similares del Personal de clarificación y filtración.	
<b>Propiedad</b>		<b>Valor de medida</b>	<b>Unidad</b>
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>		
NOMBRE	Nombre de la persona de la etapa del proceso	_____	-----
TIPODECER	Indica el tipo de certificación que debe tener el personal.	_____	_____
NIVELDECER	Indica el nivel de certificación obtenido por esa persona	básico, medio y alto	1,2 y 3.
CARGO	Indica el tipo de cargo que esa persona tiene.		Auxiliar, analista, inspector, jefe.

**Tabla 11.** Identificación de personal

d) Definidos los modelos de equipos y el de personal se especificó cada uno de los segmentos de proceso identificados en la célula clarificación y filtración, así como la dependencia que existe entre ellos y los parámetros de cada uno (ver punto 2.1.4).

A continuación se describe las tablas donde se define las especificaciones de segmento de proceso.

<b>ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE PROCESO</b>				
<b>ID</b>	Se hace la identificación par un segmento de proceso			
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>ID EQUIPO</b>	Se hace la identificación del equipo	<b>NIVEL DE EQUIPO</b>	Si es una unidad o célula de proceso
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Se describe el funcionamiento del segmento del proceso			

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (Aplicación basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes. En la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio que es de la que se copió el registro)

**Tabla 12.** Especificación de segmento de procesos

e) Una vez definidos y descritos los diferentes equipos, personas y segmentos de proceso según la norma ISA 95 se procede a especificar los segmentos de proceso en la estructura de gestión de conocimiento, donde se describe las diferentes anomalías que se presentan en el proceso, así como sus posibles soluciones por medio de tablas de conocimiento, donde se

indica dónde era la falla, por qué se presentaba, cuáles eran sus posibles soluciones, qué consecuencias podrían surgir por estas fallas, y se establece la persona experta más idónea para dar una posible solución. A continuación se describe la tabla que contiene la codificación del conocimiento en relación con el proceso objeto de estudio (ver punto 2.2 capítulo 2)

<b>Proceso</b>	Elaboración de azúcar alta pureza manuelita	
<b>Célula de proceso</b>	Clarificación y filtración	
<b>Segmento del proceso</b>	Segmento donde se presentó la falla	
	ID	Identificación del segmento donde se presentó la falla
<b>Clase de Equipo</b>	Equipo en el que se presentó la falla	
	ID	Identificación del equipo donde se presentó la falla
<b>Persona</b>	Persona experta que puede solucionar la falla	
	ID	Identificación de la persona experta que puede solucionar la falla
<b>Variable crítica</b>	Variable en la que se presentó la falla	
<b>Evento</b>	Anomalía que se presentó en el proceso	
<b>Qué pasa en el segmento de proceso</b>	Se describe qué pasa en el segmento del proceso; por ejemplo, se generó una alarma de temperatura alta	
<b>Por qué</b>	Se describe por qué se generó el problema; en este caso, por qué se disparó la alarma de temperatura alta.	
<b>Para qué corregir</b>	Para mantener la temperatura en un rango específico y así minimizar las posibles pérdidas de sacarosa y regular la acidez; también ayuda a sedimentar la mayor parte de las impurezas que trae el jugo.	
<b>Cuándo corregir</b>	Cuándo se debe hacer la corrección según el por qué se generó el problema	
<b>Cómo corregir la falla</b>	Se describen los pasos que seguir para hacer la corrección de la falla y las acciones correctivas que se pueden realizar para corregir las alarmas generadas.	
<b>Dónde corregir la falla</b>	Se especifica dónde se presentó la falla.	

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz Marzo 2009

**Tabla 13.** Descripción de la generación de conocimiento

**3.2.3 Combinación:** Con la información codificada a través de la norma ISA S95 y los diagramas de conocimiento, en la fase de externalización se realiza la etapa de combinación, donde se integra los diferentes conceptos obtenidos; mediante la utilización de herramientas software permite concebir una interfaz que permite transferir, almacenar, difundir y generar conocimiento desde un sistema SCADA, generando alarmas que se presentan en el proceso por alta temperatura (ver especificaciones del sistema SCADA en el capítulo 1), hacia un sistema de Gestión de Conocimiento, representado en este caso por un sistema basado en conocimiento que se compone por una base de conocimiento, un mecanismo de inferencia, una interfaz de usuario. En la base de conocimiento se encuentran los mapas de conocimiento que describen la causa de ocurrencia de alguna falla, desde la manera más general hasta la manera más particular, y se menciona las posibles formas de corregir esa falla. Ver anexo B numeral 2.5.

En el mecanismo de inferencia hay una información que es recogida del proceso de Clarificación para posteriormente ser codificada y estructurada en tablas de conocimiento. Ver anexo B numeral 2.6.

En la interfaz de usuario se expone la información generada por el sistema incluyendo explicaciones y justificaciones, es decir, posibilita que la respuesta proporcionada por el sistema sea inteligible para el usuario.

**3.2.4 Internalización:** Una vez el conocimiento explícito es integrado en la etapa de socialización, se procede a la internalización del conocimiento, donde se incorpora en una primera etapa y a corto plazo el aprendizaje adquirido a partir del desarrollo de la interfaz, esquematizando el razonamiento seguido en cada una de las etapas del modelo de gestión de conocimiento hasta que vuelve empezar el espiral de conocimiento.

Finalmente, en una segunda etapa y a largo plazo el usuario de la interfaz interioriza el nuevo conocimiento en su quehacer diario utilizando la interfaz que brinda un entorno de trabajo gráfico con información acerca de los eventos que se presentaron en el proceso; de esta manera al ingresar al sistemas de conocimiento se genera un nuevo y valioso activo de conocimiento.

## **CAPÍTULO 4. MODELO LÓGICO CONCEPTUAL**

Dentro de este capítulo se describirán detalladamente las fases de desarrollo del proyecto, que relaciona los distintos componentes del modelo lógico conceptual construido a partir de los resultados obtenidos en el proceso investigativo.

### **4.1 Despliegue del modelo de lógico conceptual**

#### **4.1.1 Situación**

La integración de los sistemas de información, control y gestión de producción en las empresas se ha convertido en una necesidad ineludible que tiene su origen en los diferentes factores que se presentan tradicionalmente al momento de coordinar el trabajo de los distintos entes que se encuentran involucrados en las distintas fases del proceso productivo. “Se busca la integración total en las empresas mediante la automatización; esto abarca i) la gestión y control del proceso físico, ii) el proceso gerencial del negocio, en términos de las decisiones y la información que debe fluir entre ambos; éstos se encuentran separados no por falta de tecnología, sino por falta de entendimiento en el manejo de la información”. A esta situación se une la necesidad que tienen la mayoría de empresas de una planificación estratégica que defina de antemano los requerimientos de información de la empresa de una manera global e integral, y que determine, además, la infraestructura de automatización e información que ella debe poseer para aumentar su productividad, eficacia y eficiencia.

Así mismo, integrar la información no significa, sin embargo, que exista una red de comunicación de datos entre computadoras. Los datos digitales se convierten en información útil en la medida en que puedan ser interpretados de la misma manera por el emisor y el receptor. Uno de los factores más importantes para el éxito de esta comunicación es la disponibilidad de interfaces que permitan el intercambio de información entre todos los sistemas intervinientes.

Las interfaces existentes tienen como propósito el intercambio de datos e información entre diferentes sistemas, pero “los datos son hechos, números sin procesar. La información son datos procesados o interpretados. El conocimiento es la información personali-

zada”, y no existen interfaces que brinden la posibilidad de comunicar y transferir información entre sistemas que movilizan datos e información de procesos de manufactura (es el caso de los sistemas SCADA) y sistemas de gestión de conocimiento.

Es aquí donde un sistema de gestión del conocimiento desempeña un papel relevante para avanzar un primer paso hacia sistemas SCADA que se analicen desde la óptica de su importancia para migrar sus datos hacia sistemas basados en conocimiento. En el futuro inmediato probablemente las tecnologías para la gestión de conocimiento a través de la inteligencia artificial puedan evolucionar hacia la fase de crecimiento.

#### **4.1.2 Prioridades**

Existen avances importantes en la solución del problema de integración empresarial como los estándares denominados “ISA S95 e ISA S88”, aceptados ampliamente en el ámbito mundial, desarrollados por el consenso de diferentes expertos y empresas reunidos en la Sociedad Internacional para la Medición y el Control ISA (The International Society for Measurement and Control). La norma S88 se utiliza para estandarizar los procesos en los sistemas de manufactura por tandas, mejor conocidos como batch, mientras que la norma S95, la cual fue adoptada como el estándar internacional IEC-62264, se enfoca hacia la frontera entre los dominios de los sistemas empresariales, los de control y automatización característicos de la planta, independiente del tipo de los procesos que se lleven a cabo en ella (batch, discreto o continuo).

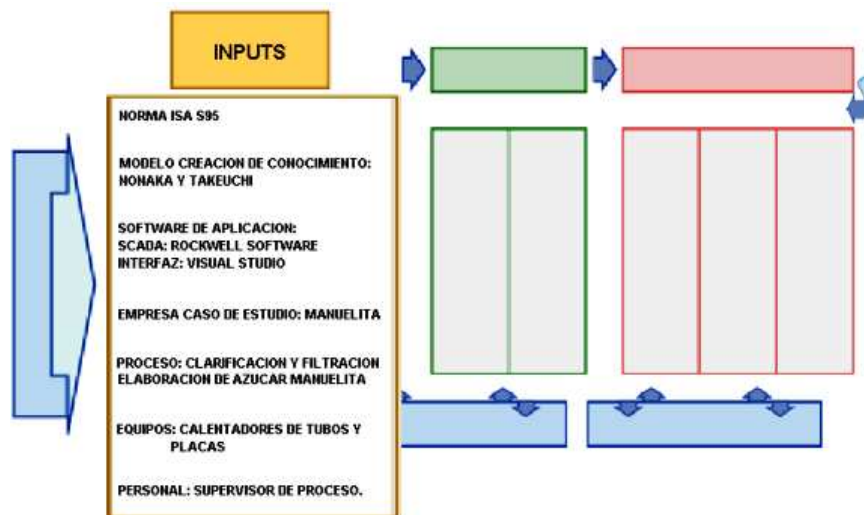
En este sentido, las herramientas descritas en las normas y la manera de caracterizar y estructurar la información se han orientado predominantemente hacia la integración de frontera entre el nivel de empresa y el nivel MES (“Manufacturing Execution Systems o Sistemas de Ejecución de Manufactura”) o las soluciones ERP (“Enterprise Resource Planning o Planificación de los Recursos de la Empresa”). Por lo tanto, la utilización de las normas delimita el problema de integración entre un SCADA y un sistema de Gestión de Conocimiento, debido a que estas herramientas requieren una adaptación precisa que se ajuste a las necesidades propias del intercambio de información; además, la interfaz debe permi-

que la información relevante que provenga del sistema SCADA pueda ser estructurada como conocimiento e integrada a un sistema de gestión de conocimiento.

### 4.2.3 Entradas

Los recursos requeridos para el desarrollo de la interfaz de transferencia de información desde un SCADA hacia un sistema de Gestión de Conocimiento se lograron establecer teniendo en cuenta el entorno determinado en el punto anterior (la situación y las prioridades del programa), tomando como referencia proyectos realizados en el programa de ingeniería en automática industrial, específicamente desarrollo de interfaces para la transferencia de información.

Se estableció como entradas al modelo: la Norma ISA S95 y los mapas de conocimiento para la codificación (ver capítulo 2), el software de Rockwell para el desarrollo de la validación (ver especificaciones en el capítulo1) y la empresa caso de estudio (Manuelita en el segmento de de proceso de clarificación).



Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (A partir de la descripción de componentes de un MLC en el documento Guía de Desarrollo de Modelos Lógicos)

**Figura 12.** Despliegue del modelo lógico conceptual (Entradas del Modelo)



#### 4.1.4 Salidas

Una vez determinados las entradas del modelo lógico conceptual se definen las salidas que especifican los resultados concretos de la interfaz; éstas se describen en términos de actividades que se realizan con los recursos para originar los cambios o resultados del programa.

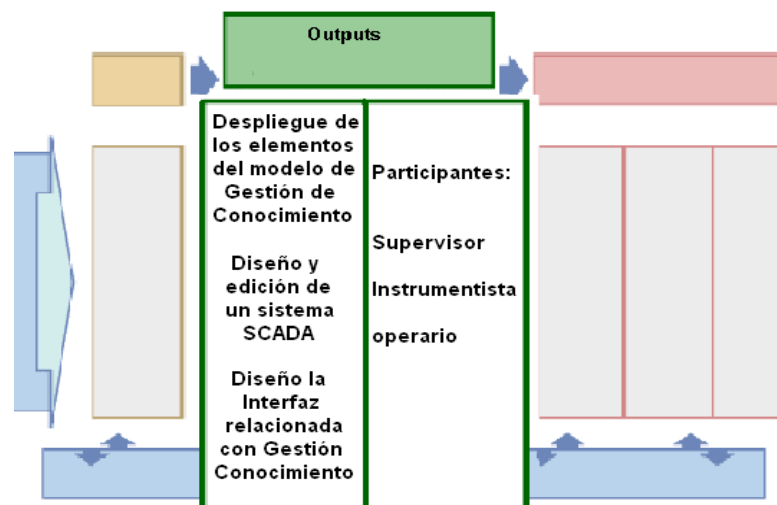
Las actividades definidas para el desarrollo de la interfaz son las siguientes:

- Para la creación de conocimiento a partir de los datos tomados de un sistema SCADA se implementó el modelo de Gestión de Conocimiento de Nonaka y Takeuchi, que realiza un proceso continuo de interacción entre el conocimiento tácito y explícito interactuando en los cuatro modos de creación de conocimiento (ver capítulo 3).

Para captura de la información y el conocimiento y posteriormente el desarrollo de los cuatro modos de conversión de conocimiento se realizó una serie de actividades, como visitas técnicas, entrevistas a expertos y seguimiento del proceso que permitió definir los elementos e información necesaria para el despliegue del modelo de conocimiento.

- Con la información obtenida a través del seguimiento del proceso de elaboración de azúcar se obtuvo un conocimiento acerca del funcionamiento del sistema SCADA del Ingenio Manuelita, el cual sirvió para el diseño y edición de un sistema SCADA, que recrea la situación normal del proceso de clarificación con la generación de alarmas que son generadas cuando se presenta temperatura alta en alguno de los calentadores del proceso (ver especificaciones del sistema SACADA en el capítulo 1)
- La interfaz de usuario relacionada con la generación de conocimiento está basada en una aplicación desarrollada en el editor de Visual Basic incorporado en RSView32. A través de ella el usuario puede navegar por una serie de ventanas hasta la funcionalidad requerida, consultando por qué se generó alguna alarma de temperatura en el proceso y cómo puede ser corregida esa falla en dicho proceso.

La forma de acceder a la interfaz, que adjunta el conocimiento recolectado y codificado en el desarrollo del modelo de conocimiento, es a través de la pantalla de supervisión que muestra el proceso de clarificación; cada vez que se genere una alarma en el proceso se muestra un botón que tiene un comando que lleva a la interfaz de conocimiento.

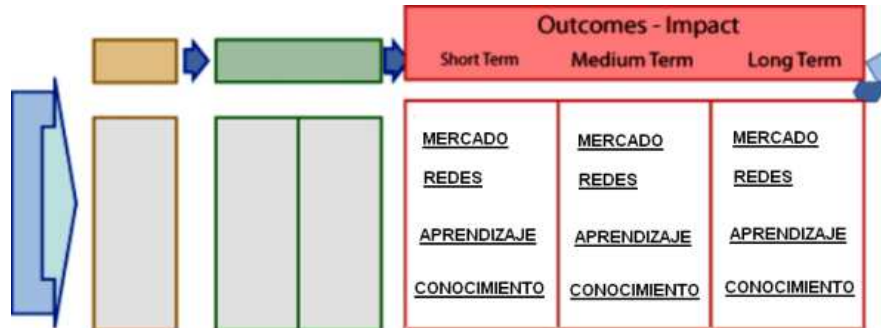


Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (A partir de la descripción de componentes de un MLC en el documento Guía de Desarrollo de Modelos Lógicos)

**Figura 13.** Despliegue del modelo lógico conceptual (Salida del Modelo)

#### 4.1.5 Resultados

Con las salidas obtenidas en el desarrollo del modelo se espera obtener un impacto a corto, mediano y largo plazo en el mercado, las redes, aprendizaje y el conocimiento, como se muestra en la Figura 14. No obstante, se requiere de un mayor número de investigaciones en este tema, en virtud de que la gestión de conocimiento se ha desarrollado lo suficiente como para permitir un cambio más tangible en los procesos de manufactura.



Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz (A partir de la descripción de componentes de un MLC en el documento Guía de Desarrollo de Modelos Lógicos)

**Figura 14.** Despliegue del modelo lógico conceptual (Resultados del Modelo a corto, mediano y largo plazo)

#### 4.1.5.1 Resultados a Corto plazo

- Mercado: i) Desarrollo del producto final, la Interfaz permite al usuario interactuar con el conocimiento captura en la etapa de codificación así como los diferentes recursos involucrados en el proceso. También permite tener una vista lógica del proceso, estableciendo equipos y personal existentes en el segmento de proceso de clarificación; y, por último, una explicación detallada de por qué se generan fallas de temperatura y cómo solucionar dichas fallas.  
  
ii) Informe de inteligencia competitiva sobre automatización de los procesos industriales, intercambio de información de cómo puede ser codificada la información y el conocimiento utilizando un modelo de gestión de conocimiento que permitió relacionar herramientas de manufactura como la norma ISA y los mapas de conocimiento
- Redes: En el desarrollo de este proyecto se interactuó con grupos de investigación de la Universidad del Cauca como el grupo estudiantil ISA, el grupo de Automática Industrial I+D, que trabajan en forma conjunta soluciones pertinentes a la integración empresarial del proceso físico con el gerencial; también se trabajó con el grupo de Modelos Regionales de Competitividad, que convoca a grupos disciplinares distintos y les brinda el espacio de trabajar en conjunto mediante la articulación de un grupo especialista en tecnologías de gestión, de manera que se pueda estable-

cer un vínculo con una empresa con el propósito de recoger la información necesaria para la construcción de la interfaz.

- **Aprendizaje:** En el desarrollo del proyecto se implementaron tecnologías de manufactura como los sistemas SCADA, la norma ISA, que brindan soluciones al problema de integración empresarial y como valor agregado se relacionaron con herramientas de gestión de conocimiento, como lo es el modelo de creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi, que permitió adquirir conocimiento a partir de la información recogida en el proceso de clarificación.
- **Conocimiento:** La interfaz de gestión de conocimiento desarrollada muestra las causas de fallas y cómo solucionar dicha fallas relacionadas con la variable de temperatura en el proceso de clarificación de azúcar.

#### **4.1.5.2 Resultados a Mediano plazo**

- **Mercado:** i) La validación implementada en el proceso productivo de azúcar, involucrando más etapas del proceso productivo, así como mayor número de variables, involucrando más conocimiento y experiencia de las personas involucradas en el proceso.  
  
ii) Obtener un formato con mayor alcance en la parte de gestión de negocios y permitir que la interfaz genere mayor conocimiento a más personas involucradas en el proceso, como un formato en XML que brinda compatibilidad con un sistema MES o un ERP.
- **Redes:** Establecer relaciones con expertos que brinden un mayor conocimiento en herramientas de integración y codificación de conocimiento para la evaluación y mejoramiento de la interfaz, sin dejar la relación Universidad Empresa en el desarrollo de este tipo de proyectos.
- **Aprendizaje:** La optimización de la captura y codificación del conocimiento en varias etapas del proceso productivo facilita la gestión de conocimiento, así como una manera de abordar sistemáticamente los pasos que seguir en el desarrollo de interfaces de generación de conocimiento en sistemas de manufactura.

- Conocimiento: La interfaz validada en diferentes etapas del proceso genera mecanismos para la evaluación del uso y pertinencia de la base de conocimiento construida, adquiriendo mayor conocimiento y destreza en el desarrollo y uso de este tipo de interfaces.

#### **4.1.5.3 Resultados a Largo plazo**

- Mercado: i) Desarrollo de una metodología utilizando herramientas de manufactura y de Gestión de Conocimiento para la generación, captura y transferencia de conocimiento en un sector industrial, haciendo la interfaz patentada y compatible como un módulo para sistemas MES o ERP, ya que en el mercado no existen módulos que permitan la captura y generación de conocimiento a partir de sistemas de manufactura.
- Redes: Con una metodología y una interfaz patentada se desarrollarán proveedores y canales de comercialización que permitan mayor divulgación del desarrollo del producto, así como la comercialización del mismo.
- Aprendizaje: Con la experiencia adquirida en desarrollo de la interfaz es esencial adquirir competencias en mercadeo, valoración y negociación de tecnologías con cierto grado de flexibilidad, que les permita desempeñarse bien en la fabricación de productos, reconocer y valorar el conocimiento resultante de la interacción entre los recursos dispuestos para su desarrollo.
- Conocimiento: La implementación de la interfaz tiene conexas la aplicación del modelo de gestión de conocimiento para su operación exitosa, proporcionando un mecanismo de adquisición de conocimiento en el desarrollo de la interfaz y una interacción de conocimiento en el uso de la misma.

#### **4.1.6 Hipótesis**

El concepto de Gestión de Conocimiento estaría constituido por todas aquellas actividades y procesos que permitan generar, buscar, difundir, compartir, utilizar y mantener el conocimiento de una organización, con el fin de incrementar su capital intelectual y aumentar su valoración dentro del entorno de mercado.

Se puede decir que el objetivo final de la Gestión de Conocimiento sería poner a disposición de cualquier empleado toda la información y experiencia de la organización, sin limitaciones de lugar o tiempo. Es por esto por lo que se busca con el desarrollo de la interfaz de transferencia de información desde un sistema de manufactura hacia un sistema de gestión de conocimiento cambios en la estrategia de la organización, tales como promover que se comparta la visión del negocio y del conocimiento, propiciando la cooperación y colaboración entre el personal, mediante la identificación de expertos por área, lo que tendría como resultado la elaboración de una Base de Conocimiento corporativa de carácter público o bien accesible a través de filtros o perfiles de empleado.

Para conseguirlo es imprescindible una “nueva visión” dentro de la organización, que potencie la implantación de bases de conocimiento e infraestructura tecnológica necesaria que permita recopilar, elaborar, divulgar y reutilizar todo posible conocimiento; esto supondría un incremento de los beneficios, al ser una fuente de aprendizaje para los empleados, fomentando la innovación y la creatividad de los mismos que se sienten motivados a compartir experiencias y conocimientos.

#### **4.1.7 Factores externos**

El entorno en el que existe la interfaz incluye unos factores externos que pueden influir en el éxito de la misma. Estos factores pueden tener una influencia importante en el logro de los resultados. Entre éstos se tienen los siguientes:

Mercado: El incremento de interés en las empresas pequeñas y medianas por incorporar sistemas ERP como una alternativa para mejorar su productividad, que al integrar un modelo de conocimiento implica un grado de comprensión profundo sobre la implementación y operación del mismo.

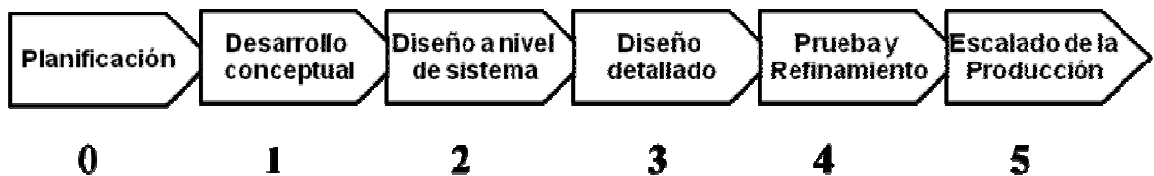
En esta dirección, gran número de compañías cuentan con sistemas de manufactura que no han incorporado en forma operativa la gestión de conocimiento; se asume que este tema es predominantemente responsabilidad del área de talento humano; sin embargo, su utilidad puede brindar beneficios en el quehacer de un sistema productivo, recogiendo, codificando, utilizando y evaluando el conocimiento generado durante la producción de bienes o servicios.

Talento Humano: La pérdida de talento humano con experiencia y un conocimiento idóneo acerca del funcionamiento del proceso ha llevado a una dificultad de adquirir personal nuevo con destreza y práctica en el desempeño de las funciones de supervisión control y mantenimiento del proceso industrial, implicando la pérdida de conocimiento y destreza en la ejecución y control de estos sistemas.

El aumento en los despidos en Empresas del Conglomerado Industrial del Norte del Cauca y del Valle debido a la crisis financiera ha llevado a la pérdida de aprendizajes valiosos como resultado de la experiencia del talento humano que ya no se encuentra en las compañías y que es difícil de capturar dado que todo este conocimiento es inherente en cada persona.

## CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE CONOCIMIENTO

Dentro de este capítulo se describe el proceso usado para el diseño detallado de la interfaz de generación de conocimiento a partir de los datos tomados de un sistema SCADA. Se han integrado diversas técnicas y herramientas de desarrollo de productos. Desde la óptica del proceso de desarrollo de productos, que comprende las fases de: planeación, desarrollo del concepto, diseño a nivel de sistema, diseño de detalles, prueba y refinamiento y producción piloto [8], se ha implementado el desarrollo de la interfaz.



Fuente: Ulrich, Eppinger

**Figura 15.** Fases del Desarrollo de Producto

A continuación se describe cada fase del desarrollo del producto:

**0 Planificación:** La fase de planificación a menudo se refiere a la “fase cero” ya que precede la aprobación del proyecto y al lanzamiento actual del desarrollo del producto. Esta fase empieza con la incorporación de estrategias e incluye evaluación de las tecnologías de desarrollo [8].

**1 Desarrollo conceptual:** La fase de desarrollo conceptual identifican las necesidades de mercado, alternativas del producto y se generan uno o más conceptos y se evalúa los conceptos seleccionados para un último desarrollo de pruebas. Un concepto es la descripción de la forma, sus funciones y características del producto que son usualmente acompañadas por un conjunto de especificaciones, un análisis de competitividad del producto y una justificación económica del proyecto [8].



**2 Diseño a nivel de sistemas:** La fase de diseño a nivel de sistemas incluye la definición del producto la arquitectura y la subdivisión del producto dentro del subsistema y componentes. El diseño final para el sistema de producción se define generalmente en esta fase [8].

**3 Diseño detallado:** La fase de diseño detallado incluye especificaciones completas de geometría, materiales, tolerancias e identificación de todas las partes del producto. Un plan de proceso establecido y herramientas de diseño para cada parte de fabricación dentro del sistema de producción [8].

**4 Prueba y refinamiento:** La fase de prueba y refinamiento involucra la construcción y evaluación de múltiples pruebas del producto [8].

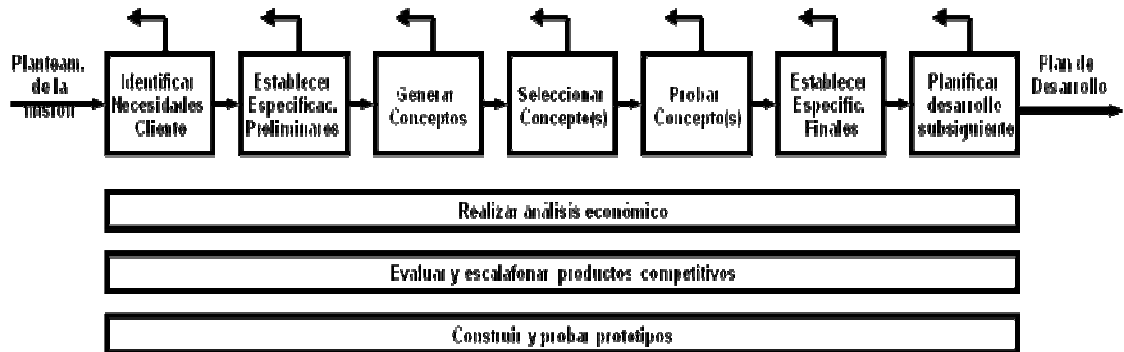
**5 Escalado de la producción:** En la fase de escalado de producción el producto es utilizado en el sistema de producción destinado [8].

En la validación de la interfaz solo se tendrán en cuenta las fases 1, 2, 3 y 4 por que la fase 0 planificación se utilizaría en una compañía si se va implementar como un nuevo producto y la fase 5 escalado de producción no es implementada por que este proyecto está en fase de investigación y desarrollo.

A continuación se describirán las fases del desarrollo de producto para la validación de la interfaz de gestión de conocimiento:

### **5.1 Desarrollo Conceptual**

Para el desarrollo conceptual se utilizó un árbol de objetivos ponderado [9], el despliegue de la función de calidad (o QFD, por las siglas inglesas de Quality Function Deployment), que es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce, en pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del cliente [10] y en análisis morfológico [11]. Con lo anterior se determinó el concepto de producto más adecuado para el alcance del objetivo del proyecto, a saber: especificar y diseñar un modelo de interfaz que permita integrar y transferir información generada en un sistema SCADA hacia un Sistema de Gestión de Conocimiento.



**Figura 16.** Fase de desarrollo conceptual

### 5.1.1 Identificación de las necesidades del cliente

Para la identificación de las necesidades del cliente se utilizó una lista de atributos donde se identificaron por medio de entrevistas y visitas técnicas cuáles son los requerimientos del cliente para el desarrollo de la interfaz.

#### 5.1.1.1. Lista de atributos

- Excelente compatibilidad del sistema SCADA con el sistema de gestión de conocimiento.
- Fácil implementación del sistema con el software existente en la empresa
- Registro del conocimiento existente de las diferentes personas involucradas en las etapas del proceso escogido para la validación del sistema.
- Fácil ingreso de la información
- Expandible en el futuro con otras etapas del proceso
- De fácil entendimiento para los usuarios del sistema.
- Una interfaz hombre maquina (HMI) sencilla.
- Retroalimentación y seguimiento del uso de la interfaz
- Los usuarios de la interfaz determinarán si la información codificada hace referencia al conocimiento capturado en la etapa de socialización.

- El usuario determinara si es necesario el uso del conocimiento obtenido para la solución del algún problema que se le presente.
- La interfaz tendrá interacción con el usuario donde el podrá decidir cuál será la posible solución a la falla que se presento.

### 5.1.2 Establecer especificaciones preliminares

Para establecer las especificaciones preliminares de la interfaz se utilizo el arbol de objetivos toma como base la lista de atributos donde se identificaron los requerimientos del cliente, se clasifican en dos niveles y se encuentra una ponderacion relativa y absoluta para cada una de estos, dandole mayor importancia a las de mas poderación y menor a las de mas baja poderación sin dejar detenerlas encuentra para el desarrollo de la matriz.

#### 5.1.2.1 Proceso de ponderación para el árbol de objetivos

A continuación se realiza las ponderaciones para el primer nivel del árbol de objetivos donde se tiene en cuenta la usabilidad, codificación, editor y compatibilidad con sistemas.

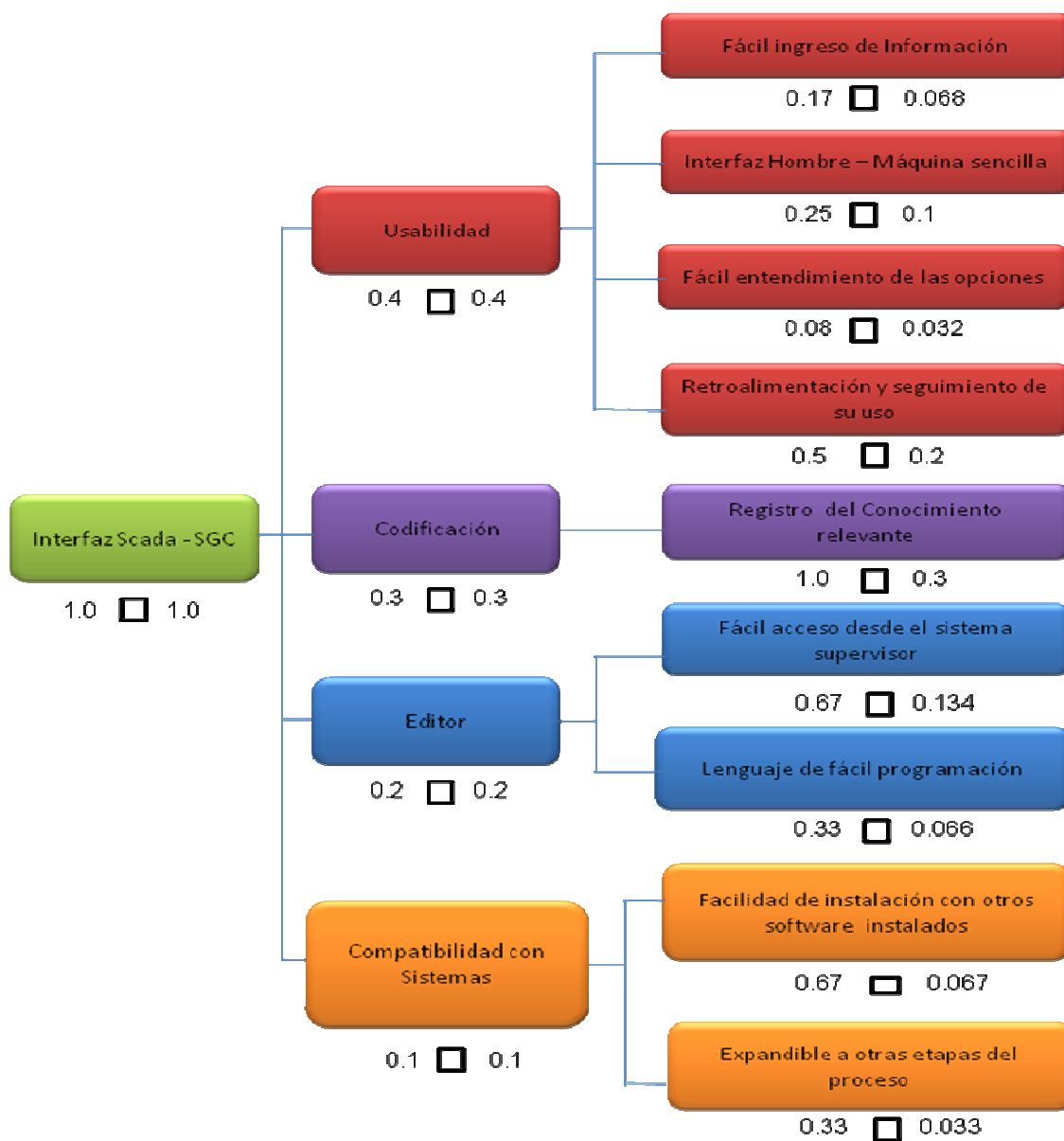
##### 5.1.2.1.1 Ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos

	Usabilidad	Codificación	Editor	Compatibilidad con Sistemas	Puntos Asignados	Puntos + 1
Usabilidad		1	1	1	3	4
Codificación	0		1	1	2	3
Editor	0	0		1	1	2
Compatibilidad con Sistemas	0	0	0		0	1
TOTAL						10

Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Tabla 14.** Ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos

## Árbol de Objetivos



Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Figura 17.** Árbol de Objetivos para la Interfaz de Gestión de Conocimiento

Calculo de la ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos

**10 puntos** → **100%**

**4** → **x1** → **40%** Ponderación para la usabilidad

**3** → **x2** → **30%** Ponderación para la codificación

**2** → **x3** → **20%** Ponderación para el editor

**1** → **x4** → **10%** Ponderación para la compatibilidad con sistemas

#### 5.1.2.1.2 Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos

- USABILIDAD**

	Fácil ingreso de información	Interfaz Hombre Maquina Sencilla	Fácil entendimiento de las opciones	Retroalimentación y seguimiento de uso	Puntos Asignados	Puntos + 1
Fácil ingreso de información		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
Interfaz Hombre Maquina Sencilla	<b>1</b>		<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>1.5</b>	
Fácil entendimiento de las opciones	<b>0</b>	<b>0.5</b>		<b>0</b>	<b>0.5</b>	
Retroalimentación y seguimiento de uso	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>3</b>	
<b>TOTAL</b>					<b>6</b>	

Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Tabla 15.** Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Usabilidad)

Calculo de la ponderación para el primer nivel del árbol de objetivos

**6 puntos** → **100%**

**1** → **Y1** → **16.6= 17%** Ponderación Fácil ingreso de información

**1.5** → **Y2** → **25%** Ponderación Interfaz Hombre Maquina Sencilla

**0.5** → **Y3** → **8.3= 8%** Ponderación Fácil entendimiento de las opciones

**3** → **Y4** → **50%** Ponderación Retroalimentación y seguimiento de uso

- EDITOR**

	Fácil acceso desde el sistema supervisor	Lenguaje Fácil de programación	Puntos Asignados	Puntos + 1
Fácil acceso desde el sistema supervisor		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Lenguaje Fácil de programación	<b>0</b>		<b>0</b>	<b>1</b>
TOTAL				<b>3</b>

Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Tabla 16.** Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Editor)

**3 puntos** → **100%**

**2** → **z1** → **67%** Ponderación Fácil acceso desde el sistema supervisor

**1** → **z2** → **33%** Ponderación Lenguaje Fácil de programación

- **COMPATIBILIDAD SISTEMAS**

	Facilidad de instalación con otros software instalados	Expandibles a otras etapas del proceso	Puntos Asignados	Puntos + 1
Facilidad de instalación con otros software instalado			1	2
Expandibles a otras etapas del proceso	0		0	1
TOTAL				3

Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Tabla 17.** Ponderación para el segundo nivel del árbol de objetivos (Compatibilidad del sistema)

**3 puntos** → **100%**

**2** → **w1** → **67%** Ponderación Facilidad de instalación con otros software con otros software instalados.

**1** → **w2** → **33%** Ponderación Expandibles a otras etapas del proceso

#### 5.1.2.1.3 Clasificación de las ponderaciones para el árbol de objetivos

- La interpretación de la ponderación relativa para el primer nivel del árbol de objetivos para el cliente de la interfaz (Operario del proceso) se clasifico según el valor encontrado para cada uno de los objetivo como se muestra a continuación:

**40%** Ponderación para la usabilidad

**30%** Ponderación para la codificación

**20%** Ponderación para el editor

**10%** Ponderación para la compatibilidad con sistemas

- La interpretación para la ponderación absoluta del segundo nivel del árbol de objetivos se hace de cada una respecto a todas las demás, se clasifica desde la de mayor valor hasta las de menor valor como se muestra a continuación:

<b>30 %</b>	ponderación para registro del conocimiento relevante
<b>20 %</b>	Ponderación para Validación de parte del usuario
<b>10 %</b>	Ponderación Interfaz Hombre-Máquina sencilla
<b>6.8 %</b>	Ponderación para Fácil ingreso de la información
<b>6.7 %</b>	Ponderación Facilidad de instalación con otros software instalados
<b>6.6 %</b>	Ponderación Lenguaje de fácil programación
<b>3.3 %</b>	Ponderación Expandibles con otras etapas del proceso
<b>3.2 %</b>	Ponderación Fácil entendimiento de las opciones
<b>1.34 %</b>	Ponderación Fácil acceso desde el sistema supervisor

### **5.1.3 Generación de concepto**

Para la generación de concepto de la interfaz se realizó el despliegue de la función de calidad QFD, donde se recogieron las demandas y expectativas de los clientes y se tradujeron a características técnicas y operativas satisfactorias para el desarrollo de la interfaz.

#### **5.1.3.1 Matriz de QFD**

##### **5.1.3.1.1 Características técnicas de la interfaz de gestión de conocimiento**

Para la definición de las características técnicas se tienen en cuenta una variable, un valor y una meta por alcanzar por cada característica encontrada

- Agregar información y conocimiento nuevo = Base de conocimiento para almacenar conocimiento nuevo, variable: capacidad de base de datos, meta: n conocimientos con n fallas y formas de ajustarlas.



- Desarrollo basado en aplicaciones Windows = Interfaz basada en ambiente Microsoft, variable: software para la implementación de la interfaz, meta: un entorno dinámico: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús, etc.
- Información detallada de la alarma generada = Sistema Experto para retroalimentación de alarmas por falla, variable: fallas por sistema experto elaborado, meta: 1 sistemas expertos por cada fallas
- Retroalimentación asociado al conocimiento = Sistema de evaluación del desempeño de la interfaz, variable: eficacia, meta: 70%
- Captura y codificación conocimiento = Priorización del conocimiento para su codificación, variable: porcentaje de fallas frecuentes, meta: 50% en adelante
- Acceso a la opciones requeridas para captura de conocimiento = Accesibilidad a la base de conocimiento, variable: comunicación del SCADA a la interfaz, meta: 2 formas distintas de acceder a la base de conocimiento.
- Programación orientada eventos, variable: capacidad de interacción entre la interfaz y el usuario meta: 70%
- Compatible al software existente = Portabilidad del software, variable: comunicación entre el SCADA y la interfaz de conocimiento, meta: 100% de efectividad en la comunicación.
- Compatibilidad de instalación a otra etapa = Extendibilidad del software, variable: número de procesos adicionales que se pueden conectar meta: 1




#### **5.1.3.1.2 Definición de las prioridades en la matriz QFD**

Para definir las prioridades en la matriz de QFD se tiene en cuenta la ponderación relativa encontrada en el segundo nivel del árbol de objetivos dándole un valor de (0 a 5) a cada

una de las opciones del árbol. Al porcentaje mayor se le da un valor de 5 a la siguiente 4 y a las de menor porcentaje se les da un valor de 1 como se ve en las prioridades de la Figura 17.

#### 5.1.3.1.3 Grado de correlación en la matriz de QFD

El panel rectangular conformado por las intersecciones entre las filas de los requerimientos del cliente (RC) y las columnas de las características técnicas (CT) indica la correlación entre los requerimientos de los clientes (el "qué") y las características técnicas capaces de satisfacerlas (el "cómo"). Esta correlación expresa cuán bien cada voz del cliente es considerada por una CT determinada, o, en otras palabras, cuánto afecta a cada RC una CT específica. Es usual utilizar los símbolos y ponderaciones asociadas de la Tabla 18.

Grado de correlación entre RC y CT	Símbolo utilizado	Valor numérico asignado
Muy correlacionados		9
Correlacionados		3
Poco correlacionados		1
Ningún grado de correlación	Nada	0

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

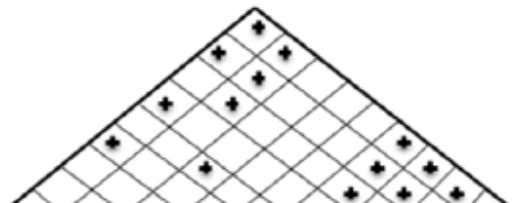
**Tabla 18.** Correlación entre las características técnicas y requerimientos del cliente

#### 5.1.3.1.4 Correlación entre las características técnicas (CT)

En el panel triangular de la parte superior de la figura 35 indica la correlación entre las CT. En el diseño del producto, es importante conocer el efecto que un incremento o mejora en una CT tiene sobre las demás; ignorar estas interacciones podría llevar a que, en aras de lograr una mejora en una CT se alteraran negativamente otras CT importantes. Esta información es crítica, y es fundamental para la aplicación del ingenio técnico, capaz de satisfacer objetivos en conflicto. Esta es la finalidad del panel triangular; el signo más significa una correlación positiva (ambas CT se mueven en el mismo sentido) mientras que el signo menos indica una correlación negativa (las CT se mueven en sentido contrario).

#### **5.1.3.1.5 La ponderación total de las CT**

La ponderación total hace referencia a una correlación específica entre un RC y una CT. Esto es para tener una idea más completa de la contribución relativa de cada CT para satisfacer a los distintos RC. La ponderación total de cada características técnicas para el desarrollo de la interfaz de gestión de conocimiento muestra que la característica con mayor ponderación es la de el usuario obtiene información detallada de las opciones a escoger según la alarma generada con un valor de 83 % y la de menor valor es la de compatibilidad de instalación a otras etapas del proceso con un valor de 6 % ver Figura 17.

													
			P R I O R I D A D E S										
			Base de conocimiento de capacidad media para guardar conocimiento nuevo	Interfaz en lenguaje orientado a eventos	Sistema experto para retroalimentación de alarmas por falla	Sistema de evaluación del desempeño de la interfaz	Priorización del conocimiento para su codificación	Accesibilidad a la base de conocimiento	Programación orientada eventos	Portabilidad del software	Extendibilidad del software		
INTERFAZ DE GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO	Usabilidad	Fácil ingreso de información	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		Interfaz Hombre Maquina Sencilla	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Fácil entendimiento de las opciones	1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Validación de parte del usuario	4	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Codificación	Registro del conocimiento relevante	5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		Editor	Fácil acceso desde el sistema supervisor	3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Lenguaje Fácil de programación		1		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>			
	Compatibilidad con Sistemas	Facilidad de instalación con otros software	1		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Expandibles a otras etapas del proceso	1		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ponderación Total de cada característica Técnica			24	54	83	60	61	42	36	18	6	

Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

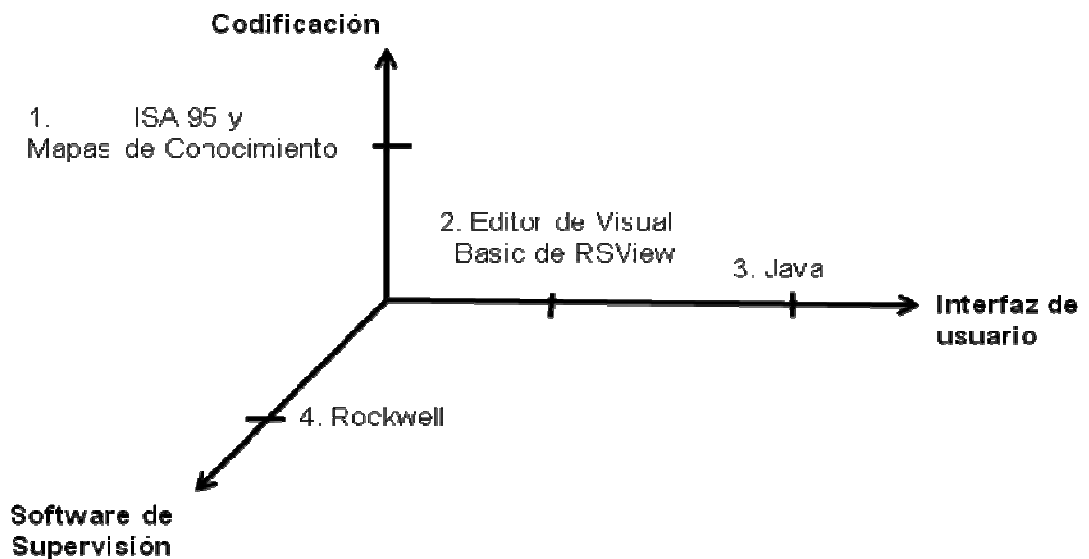
**Figura 18.** Matriz QFD para la Interfaz de gestión de conocimiento

#### 5.1.4 Selección de concepto

Con las ponderaciones totales encontrada en cada una de las característica técnica de la matriz de QFD se realiza una selección de concepto haciendo un análisis morfológico de las características más relevantes de la interfaz.

##### 5.1.4.1 Análisis morfológico

Se describe las ventajas de los componentes utilizados para el desarrollo de la interfaz con relación a otros elementos para argumentando finalmente el uso de las herramientas usadas. Las relaciones son entre codificación, Interfaz de usuario y software de supervisión ver Figura18.



Fuente: Deycy Sánchez, Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

**Figura 19.** Análisis morfológico del producto

Alternativas	Ventajas o Desventajas
<p>1 ISA 95 y mapas de conocimiento</p> <p>4 Rockwell</p> <p>2 Editor de Visual Basic</p>	<p>La norma ISA 95 y los mapas de conocimiento permiten hacer recolección y codificación de la información así como la captura del conocimiento de un proceso de manufactura. La relación de estas herramientas permite la integración de los procesos industriales.</p> <p>El editor de Visual Basic que viene incorporado en el software Rockwell permite un acceso más fácil a la interfaz de generación de conocimiento.</p> <p>Cuando una aplicación inicia, lo único que hace es esperar que el usuario ejecute una acción, que en este caso son llamadas eventos. El usuario dice si quiere abrir y modificar un fichero existente, o bien comenzar a crear un fichero desde el principio. Estos programas pasan la mayor parte de su tiempo esperando las acciones del usuario (eventos) y respondiendo a ellas. Las acciones que el usuario puede realizar en un momento determinado son muy variadas.</p>
<p>1 ISA 95 y mapas de conocimiento</p> <p>4 Rockwell</p> <p>3 Java</p>	<p>Al trabajar con ISA 95 y mapas de conocimiento las ventajas siguen siendo las mismas en cuanto a codificación de información y conocimiento.</p> <p>Java es un lenguaje de programación. Esta es una gran limitante, por más que digan que es orientado a objetos y que es muy fácil de aprender sigue siendo un lenguaje y por lo tanto aprenderlo no es cosa fácil. Especialmente para los no programadores.</p> <p>Los programas hechos en Java no tienden a ser muy rápidos, supuestamente se está trabajando en mejorar esto. Como los programas de Java son interpretados nunca alcanzan la velocidad de un verdadero ejecutable.</p> <p>Java todavía no conocemos bien todas sus capacidades.</p>

Fuente: Wilmar Bolaños, José Luis Ruiz. Julio 2009

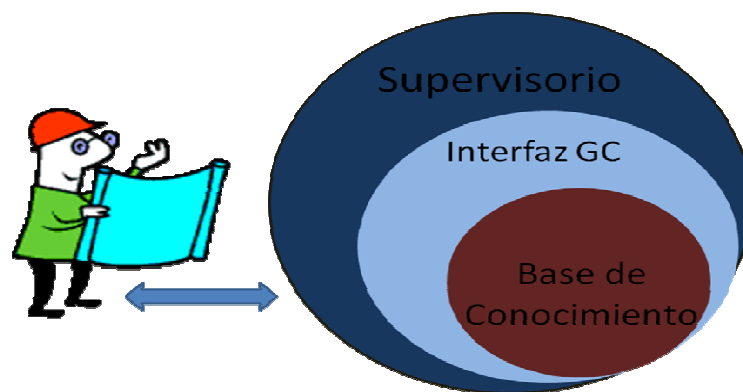
**Tabla 19.** Comparación de las herramientas de la interfaz

## 5.2 Diseño a nivel de sistemas

### 5.2.1 Revisión de la Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario está formada por tres componentes principales; El Supervisorio de proceso, La interfaz de conocimiento y la base de conocimiento. El Supervisorio muestra el proceso de manufactura, los eventos y alarmas generadas en el proceso, y el vínculo de conexión hacia la interfaz de conocimiento, la cual corresponde a la interfaz de usuario, a través de la cual el operador interactúa con el conocimiento almacenado en la base de conocimiento, con la posibilidad de introducir nuevo conocimiento.

### 5.2.2 Elementos del sistema



Fuente: José Luis Ruiz, Wilmar Bolaños Julio 2009

**Figura 20.** Integración de los elementos de la interfaz

- El supervisorio de proceso
- Interfaz de conocimiento
- Base de conocimiento

## **5.2.3 Asignación de Funciones a los Elementos**

### **5.2.3.1 El Supervisorio del Proceso:**

El sistema supervisorio está diseñado en una aplicación Windows de esta forma la configuración de pantalla muestra una serie de botones que permiten interactuar con el proceso, estos botones permiten elegir la opción, dar inicio o parada al proceso, visualizar las alarmas generadas en el proceso, o abrir el vinculo que lleva al usuario a la interfaz de conocimiento o el vinculo que abre otra ventana de la misma interfaz, así mismo el sistema supervisorio muestra adicional al proceso, su estado, el de los equipos y todos los elementos asociados al funcionamiento del mismo, muestra también el valor de las variables medidas, el estado de los sensores, el nombre o identificador de todos y cada uno de los elementos que hacen parte del proceso

### **5.2.3.2 La interfaz de conocimiento**

La interfaz de conocimiento se diseño de tal forma que el usuario pueda entender y comprender fácilmente las opciones que esta ofrece, su sencillez se ve reflejada en la forma en que lleva al usuario a comprender la información visualizada en la interfaz de una manera rápida y eficaz, notificando al usuario los pasos que debe seguir y esperando que este elija la opción a ejecutar, tanto para extraer el conocimiento del evento ocurrido como para el ingreso de nuevo conocimiento, de esta forma el usuario observa una pantalla con tres componentes básicos, en primer lugar la interfaz muestra en una tabla denominada de conocimiento, basada en la Norma ISA 95 Part 2: Object Model Attributes, de la Tesis Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio, esta tabla muestra toda la información de proceso transferida desde el Scada donde se identifica el lugar exacto donde se genero el evento, proceso, célula de proceso, segmento de proceso, el equipo donde se genero, la persona que está a cargo del proceso en el instante que ha ocurrido el evento, muestra el evento y la variable relacionada con el mismo, esto permite al usuario conocer la ubicación exacta.

En segundo lugar la interfaz muestra un recuadro a un lado de la tabla donde está estructurada la información del evento, dando a conocer las posibles causas por las cuales se



haya generado, y los pasos a seguir para dar solución al evento si es una alarma de falla o simplemente información del evento generado.

The screenshot displays a complex interface with several sections:

- INFORMACIÓN DE ALARMA:** A large white box containing the text "ALARMA DISPARADA POR QUE LA TEMPERATURA ES MAYOR A 70 GRADOS".
- INFORMACIÓN DE PROCESO:** A series of fields on the right side:
  - PROCESO: ELABORACION DE AZUCAR MANUELITA
  - CELULA DE PROCESO: CLARIFICACION Y FILTRACION
  - SEGMENTO DE PROCESO: CALENTAMIENTO DE JUGO MEZCLADO
  - ID: CJM
  - CLASE EQUIPO: CALENTADOR EQUIPO: CALENTADOR\_1
  - ID: CLPLCS ID: CLPLCS\_1
  - PERSONA: WILMAR ID: OPCF
  - JOSE LUIS ID: INTA\_CF
  - VARIABLE: TEMPERATURA
  - EVENTO: TEMPERATURA MAYOR A 70
  - REPORTE: (empty field)
- OPCIONES:** Three buttons in the middle: "BAJO FLUJO DE JUGO MEZCLADO", "ALTO FLUJO EN LA LINEA DE VAPOR", and "ERROR EN EL SENSOR DE TEMPERATURA".
- Navigation:** Three buttons at the bottom: "SALIR", "ATRAS", and "ADICIONAR".

**Figura 21.** Interfaz de conocimiento

Y por último el usuario puede observar las opciones a escoger en forma de botones, para establecer la solución según la información que se tiene del evento, estas opciones van cambiando a medida que el usuario navega por cada una de ellas igual que la información q se muestra en el cuadro de información.

### 5.2.3.3 La base de conocimiento

En esta parte se almacena el conocimiento codificado del proceso, el necesario para crear el sistema experto generador de soluciones para los eventos del proceso y el nuevo conocimiento, el registrado por el usuario, este solo puede almacenar nuevo conocimiento debido a que solo tiene acceso a la interfaz la cual esta previamente configurada para almacenar la información mediante la opción ingresar nuevo conocimiento mas no tiene acceso a la parte de configuración de la interfaz, es decir el proceso de registro y almacenamiento de conocimiento se realiza de forma transparente para el usuario, este solo tiene que registrar el conocimiento en los campos que la interfaz presenta, validando así el uso y retroalimentación que el usuario realiza a la interfaz mediante la utilización de la misma.

### **5.3 Diseño Detallado de la Interfaz**

#### **5.3.1 Descripción del sistema**

La interfaz desarrollada fue diseñada con el fin de crear, estructurar, almacenar y transferir conocimiento desde un proceso de manufactura hacia un sistema de gestión de conocimiento, aplicando técnicas y conceptos que permitieron generar un sistema capaz de visualizar el conocimiento capturado de un proceso de manufactura, registrar, estructurar y almacenar nuevo conocimiento de una forma transparente y sencilla para el usuario, sin que se modifique la configuración del sistema, a si mismo la utilización de software abierto como Visual Basic permite aprovechar todas las ventajas y características de programación de un software orientado a eventos, con compatibilidad de comunicación con otros sistemas como bases de datos, Scadas, Sistemas MES, ERP, de igual forma la usabilidad de la interfaz ofrece al usuario una forma sencilla de entender las opciones que despliega el sistema, como acceso al conocimiento previamente registrado y almacenado, o registro de nuevo conocimiento en la base de conocimiento.

#### **5.3.2 El Supervisorio de proceso**

RSView32 de Rockwell Software es el sistema de supervisión utilizado por la empresa caso de estudio, por esta razón la aplicación se enfoco en la comunicación de RSView32 con el software utilizado para la creación de la interfaz de conocimiento Visual Basic para Aplicaciones (VBA) RSView32 es un software basado en sistemas Windows para la creación y ejecución de aplicaciones de adquisición de datos, monitoreo y aplicaciones de control, diseñado para el uso en ambientes Microsoft además contiene las herramientas necesarias para la creación de todos los aspectos de una interface hombre-máquina, incluyendo las pantallas de gráficos animados en tiempo real, tendencias, y resúmenes de alarma.

Adicionalmente se integra fácilmente con los productos de Rockwell Software, Microsoft y de otros fabricantes como ActiveX, OLE, ODBC, OPC, DDE y por supuesto Visual Basic. Estas características hacen de RSView32 un software dinámico para el desarrollo de sistemas de visualización de procesos en tiempo real.

### 5.3.3 Interfaz de conocimiento

Visual Basic permite crear el motor de la interfaz de conocimiento y el intercambio dinámico de datos (DDE) con otras aplicaciones de Windows, como Excel y Access que permiten la creación de una base de datos o con el mismo RSVIEW32 comunicación generada en este proyecto.

La interfaz creada está ligada al protocolo de comunicación entre aplicaciones Windows DDE creado por Microsoft este protocolo permite realizar una comunicación entre un SCADA/HMI y diferentes dispositivos compatibles con él, de este modo las herramientas de ambiente Windows como las herramientas de Visual Studio (Visual Basic, C#, C++) permiten crear interfaces amigables para el usuario, bases de datos de resultados, gráficos de comportamiento en el tiempo, y muchas otras aplicaciones según el criterio del diseñador

Utilizando estas características se estableció una comunicación entre RSVIEW32 y Visual Basic para Aplicaciones creando así el intercambio dinámico de información entre el Scada y la interfaz de conocimiento, la transferencia de información que se realiza desde el Scada es la misma que se genera en el proceso, tales como nombre del proceso, equipos, estados de las variables, eventos, personal encargado, además la facilidad en la programación de visual Basic ofrece al usuario la capacidad de crear diseños funcionales capaces de otorgar dinamismo a cualquiera de sus aplicaciones, de este modo la interfaz desarrollada muestra en muchos sentidos las características de funcionalidad de visual Basic, entre estas se tienen la facilidad de registrar y almacenar nuevo conocimiento, de una manera sencilla y eficaz sin tener que acceder al código de configuración inicial de la aplicación, también se presenta una manera fácil y entendible para que el usuario pueda elegir las opciones por las que se pudo haber generado cualquier evento, y las posibles soluciones dando al usuario la posibilidad de escoger las correcciones indicadas según los eventos generados en el proceso y la base de conocimiento previamente almacenada.

#### **5.3.4 Base de conocimiento**

La base de conocimiento fue creada para tener la posibilidad de comparar los eventos generados en el proceso y los almacenados en la base misma, este recurso permite crear un dinamismo en la interfaz de conocimiento debido a que genera eventos de comparación para poder visualizar el conocimiento previamente codificado, transferido y almacenado, la configuración y almacenamiento de la información de la base de conocimiento se realiza en el mismo motor de la interfaz de conocimiento esto con el fin de aprovechar las características especiales que tiene el software para establecer comunicación con otros sistemas de almacenamiento de datos con el fin de tener la posibilidad si se llegara el caso de transferir estos datos o base de conocimiento a otras instancias del proceso, otros sistemas de información, es decir de mantener la característica de portabilidad del sistema.

#### **5.3.5 Forma de navegación en la interfaz de conocimiento**

Cuando se genera un evento anormal en el proceso, (como una alarma), este habilita el acceso a la interfaz de conocimiento, transfiriendo toda la información necesaria para poder comparar el evento generado en el proceso con la información almacenada en la base de conocimiento, una vez desplegada la interfaz de conocimiento, esta muestra en un cuadro toda la información que va vinculada al evento.

Así mismo al lado derecho del cuadro se despliega información detallada de por qué se genero el evento, dando a conocer al usuario los pasos a seguir para corregir el evento (si necesita corrección), en la parte inferior del cuadro se pueden observar las opciones que podría escoger el usuario para corregir el evento generado, llevándolo cada vez que escoja una opción a una interfaz similar donde obtendrá la información necesaria para hacer la corrección.

A continuación se realiza una descripción general de la herramienta desde el punto de vista de los propósitos para los cuales fue construida, los actores que se distinguen en el sistema, la arquitectura lógica que representa, la arquitectura de implementación de la herramienta, y detalles de implementación.

### **5.3.6 Descripción de la Interfaz**

La interfaz de transferencia de información permite a diferentes tipos de usuarios interiorizar y personalizar de una manera transparente e intuitiva, información extraída de las diferentes etapas de un proceso productivo, esta herramienta brinda a los usuarios la posibilidad de aprender y experimentar con el conocimiento que gira alrededor de los eventos generados en un proceso productivo, teniendo la posibilidad de resolver preguntas como “¿Por qué se genero el evento?”, “¿Donde se genero el evento?” con el fin ayudar a entender situaciones que podrían presentarse en determinado proceso.

Después de una amplia y exhaustiva exploración de posibilidades. Se tomo la decisión de hacer uso del motor de Visual Basic para Aplicaciones, debido a que además de ser una herramienta de fácil uso brinda la posibilidad de comunicar diferentes tipos de herramientas Software iFIX, Rockwell Software, Wonderware, WinCC de Siemens utilizadas en la supervisión y control de procesos productivos.

#### **5.3.6.1 Motor de Programación de la Interfaz**

Visual Basic para Aplicaciones es el motor de programación de la interfaz, Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic que se utiliza para programar aplicaciones Windows y esta incluido en varias de ellas. VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas basados en Windows. Prácticamente cualquier cosa que se pueda programar en Visual Basic 5.0 o 6.0 se puede programar en VBA es decir, se convierte en una macro (o más bien súper macro). Esta macro puede instalarse o distribuirse con sólo copiar el proyecto, presentación o base de datos.

Dentro de las características de Visual Basic para Aplicaciones se tienen:

Diseñador de entorno de datos: Es posible generar, de manera automática, conectividad entre controles y datos mediante la acción de arrastrar y colocar sobre formularios o informes.

Los Objetos Activos son una nueva tecnología de acceso a datos mediante la acción de arrastrar y colocar sobre formularios o informes.

Asistente para formularios: Sirve para generar de manera automática formularios que administran registros de tablas o consultas pertenecientes a una base de datos, hoja de cálculo u objeto (ADO-ACTIVE DATA OBJECT)

Asistente para barras de herramientas es factible incluir una barra de herramientas personalizada, donde el usuario selecciona los botones que desea visualizar durante la ejecución.

En las aplicaciones HTML: Se combinan instrucciones de Visual Basic con código HTML para controlar los eventos que se realizan con frecuencia en una página web.

Con las herramientas de código Code-VBA agregadas a Visual Basic para Aplicaciones es posible crear mejor código de Visual Basic hasta un 50% más rápido. Un conjunto de 20 creadores de código específicos ayudan a la rápida creación del código más usado. Utilizando los creadores se reduce la cantidad de escritura y hace el código más consistente. Explorador de Código incluido y Buscador para encontrar todos los procedimientos incorporados a Visual Basic y fragmentos de código relacionados con tus palabras clave (keywords) en cero segundos. La versión 4 tiene el Constructor de Fragmentos ampliado con la posibilidad de añadir atajos de teclado (shortcuts). Esto te permite acceder a los mismos fragmentos desde múltiples ramas del árbol de biblioteca de fragmentos. Y se ha añadido además la herramienta de inserción de nombres de objetos (Objectnames).

Existe una variedad de sistemas Scada que tienen incluido como herramienta adicional Visual Basic para Aplicaciones, siendo esta una ventaja para el desarrollo del proyecto, ya que con esto se está garantizando la compatibilidad y comunicación con diferentes tipos de Scada, requerimiento establecido en las características técnicas del sistema.

### 5.3.6.2 Descripción General de la interfaz

La interfaz permite visualizar de manera amigable el conocimiento previamente codificado relacionado con los eventos de la etapa de clarificación del proceso de elaboración de azúcar Manuelita.

Cuando se produce un evento en el proceso, en este caso una alarma por falla el la Supervisorio del Scada o la ventana de alarmas habilita la opción VER FALLA que permite el acceso a la interfaz de transferencia.



**Figura 22.** Despliegue de la interfaz

Para tener acceso a la interfaz es necesaria la creación de un perfil de usuario, esto se hace mediante el registro de los datos del usuario en la opción registrar de la ventana de acceso, una vez almacenado los datos de usuario puede acceder a ella introduciendo el nombre de usuario y la contraseña almacenada.

**Figura 23.** Ventana de registro de usuario

El uso de registros permite almacenar datos de usuario en memoria para poder restringir el acceso a la interfaz, y además usarlos en la generación de reportes de eventos y las alarmas generadas.

Una vez validados los nombres de usuario y contraseña, el sistema muestra la interfaz principal dividida en tres componentes básicos, los cuadros de información de proceso, el cuadro de información de alarma y las opciones de información y corrección de la alarma

**Figura 24.** Validación del registro de usuario para ingreso a la interfaz



- **Información de proceso**

Este cuadro presenta toda la información referente al proceso de manufactura donde se presentó el evento, el nombre de proceso de manufactura, la etapa donde se generó, el segmento del proceso, la clase de equipo, el equipo donde se presentó la alarma, los operarios e instrumentistas que están de turno, la variable que generó la alarma y el evento que generó.

- **Información de alarma**

El cuadro de información de alarma muestra toda la información referente a la alarma dando respuesta a las preguntas como: ¿Por qué se generó la alarma?, ¿Cómo resolver el evento?

- **Opciones**

En esta parte de la interfaz se muestran todas las opciones por las cuales se generó la alarma, dando al usuario la capacidad de elegir la opción que más se ajusta al tipo de alarma, también muestra los botones de corrección que permiten mostrar los pasos a seguir por los usuarios para corregir el evento generado, además las opciones adicionar que le permite al usuario adicionar a la herramienta nuevo conocimiento, atrás le permite al usuario devolverse a la opción anterior, y finalmente el botón salir que le permite al usuario salir de la interfaz.

INFORMACION DE ALARMA		INFORMACION DE PROCESO	
ALARMA DISPARADA POR QUE LA TEMPERATURA ES MAYOR A 70 GRADOS		PROCESO	ELABORACION DE AZUCAR MANUELITA
		CELULA DE PROCESO	CLARIFICACION Y FILTRACION
		SEGMENTO DE PROCESO	CALENTAMIENTO DE JUGO MEZCLADO
		ID	CJM
		CLASE EQUIPO	CALENTADOR EQUIPO CALENTADOR_1
		ID	CLPLCS ID CLPLCS_1
		PERSONA	WILMAR ID OPGF
			JOSE LUIS ID INTA_CF
		VARIABLE	TEMPERATURA
		EVENTO	TEMPERATURA MAYOR A 70
		REPORTE	
OPCIONES			
BAJO FLUJO DE JUGO MEZCLADO	ALTO FLUJO EN LA LINEA DE VAPOR	ERROR EN EL SENSOR DE TEMPERATURA	
<span>SALIR</span> <span>ATRAS</span> <span>ADICIONAR</span>			

**Figura 25.** Falla de temperatura alta en el calentador de placas

### 5.3.6.3 Ejemplo de Validación

La validación se realizó en la etapa de clarificación y filtración del proceso de elaboración de azúcar manuelita, se tomó como evento de validación una de las alarmas de temperatura en el calentador de placas primario, de acuerdo al conocimiento extraído de los operarios y previamente codificado las opciones por las cuales se disparó la alarma de temperatura son:

1. Porque el flujo de jugo mezclado es muy bajo
2. Porque el flujo de vapor es muy alto
3. Porque el sensor de temperatura está dañado

De acuerdo con esto la opción que se valido es **Porque el flujo de jugo mezclado es muy bajo**, al elegir esa opción se despliega otra serie de opciones las cuales nos muestran la respuesta a la pregunta de por qué hay bajo flujo de jugo mezclado estas son:

1. Porque hay una obstrucción en la tubería
2. Porque hay una Obstrucción en las placas del calentador
3. Porque hay un error en la válvula de alimentación

INFORMACION DE ALARMA			INFORMACION DE PROCESO		
EL FLUJO DE JUGO MEZCLADO EN LA LINEA DE LLENADO DEL CALENTADOR DE PLACAS ES MUY BAJO DEBIDO A: *OBSTRUCCION DE LA TUBERIA DE ALIMENTACION *OBSTRUCCION EN LAS PLACAS DE CALENTADOR *ERROR EN LA VALVULA DE ALIMENTACION ESCOJA LA OPCION			PROCESO	ELABORACION DE AZUCAR MANUELITA	
			CELULA DE PROCESO	CLARIFICACION Y FILTRACION	
			SEGMENTO DE PROCESO	CALENTAMIENTO DE JUGO MEZCLADO	
			ID	GJM	
CLASE EQUIPO			CALENTADOR	EQUIPO	CALENTADOR_1
ID	CLPLCS	ID	CLPLCS_1		
PERSONA			WILMAR	ID	OPCF
			JOSE LUIS	ID	INTA_CF
VARIABLE			TEMPERATURA		
EVENTO			TEMPERATURA MAYOR A 70		
REPORTE					
OPCIONES					
OBSTRUCCION DE LA TUBERIA	OBSTRUCCION EN LAS PLACAS DEL	ERROR EN LA VALVULA DE ALIMENTACION			
COMO CORREGIR	COMO CORREGIR	COMO CORREGIR			
SALIR	ATRAS	ADICIONAR			

Figura 25. Información de falla

Además muestra como corregir cada uno de estos sucesos por ejemplo:

Si el suceso es obstrucción en la tubería el proceso de corrección es

The screenshot displays a software interface for handling an alarm. On the left, a white box titled 'INFORMACION DE ALARMA' contains the following text: '1. VERIFICAR EL PUNTO DE OBSTRUCCION O AGRUPACION DE SEDIMENTOS SOLIDOS EN LA TUBERIA. REALIZAR UN SEGUIMIENTO DEL FLUJO DE JUGO EN CADA SEGMENTO DE LA TUBERIA; EL FLUJO QUE ENTRA EN EL SEGMENTO DEBE SER EL MISMO QUE SALE, SI NO EL SEGMENTO ESTA OBSTRUIDO O HAY AGRUPACION DE SEDIMENTOS SOLIDOS EN EL'. Below this box are three buttons: 'SALIR', 'ATRAS', and 'ADICIONAR'. To the right, a dark blue panel titled 'INFORMACION DE PROCESO' shows a hierarchical process tree: 'PROCESO' (ELABORACION DE AZUCAR MANUELITA) -> 'CELULA DE PROCESO' (CLARIFICACION Y FILTRACION) -> 'SEGMENTO DE PROCESO' (CALENTAMIENTO DE JUGO MEZCLADO). Below the tree, fields for 'ID' (CJM), 'CLASE EQUIPO' (CALENTADOR), 'EQUIPO' (CALENTADOR\_1), 'PERSONA' (WILMAR, JOSE LUIS), and 'VARIABLE' (TEMPERATURA) are visible. At the bottom, there are buttons for 'REPORTE' and 'TEMPERATURA MAYOR A 70'.

Figura 26. Corrección de la falla

1. verificar el punto de obstrucción o agrupación de sedimentos sólidos en la tubería
2. Realizar un seguimiento del flujo de jugo en cada segmento de la tubería; el flujo que entra en el segmento debe ser el mismo que sale, sino el segmento está obstruido o hay agrupación de sedimentos sólidos en él.
3. Golpear suavemente la tubería en el segmento que presenta obstrucción, para desprender los sedimentos adheridos a la pared.
4. Verificar el aumento de flujo de jugo mezclado
5. Si el flujo aumenta, la tubería está destapada; si no, ir al siguiente paso
6. Utilizar una sonda para desprender los sedimentos.
7. Para utilizar la sonda antes debe abrirse la línea de llenado de la siguiente forma:
8. Verificar si las vías o tuberías alternas están disponibles; si están disponibles, continuar con el punto b; si no están disponibles, se debe programar mantenimiento correctivo lo más pronto posible.

9. Abrir el bypass de tuberías alternas
10. Abrir bridas de línea de llenado obstruida
11. Introducir sonda y despegar sedimentos adheridos a la pared de la tubería
12. Lavar con agua caliente, vapor o soda caustica.
13. Programar mantenimiento de la línea de llenado

## **CAPITULO 6. VALIDACIÓN**

Dentro de este capítulo se procede a describir el proceso empleado para la validación de la interfaz de gestión de conocimiento en un ambiente industrial como lo es el Ingenio Manuelita dando a mostrar a los operarios que intervienen en la célula de proceso de Clarificación y Filtración la interfaz de gestión de conocimiento.

Se aclara que para el proceso de validación de la interfaz no se efectuó una implementación real en el proceso de clarificación, ya que la interfaz se encuentra en una fase de investigación y desarrollo.

### **6.1 Validación de la Interfaz de Conocimiento**

Para el proceso de validación se ha empleado la interfaz creada a partir de la información y el conocimiento capturado en la fase de desarrollo que proporciona al usuario mecanismos para que pueda aprovechar el conocimiento de una manera explícita el conocimiento capturado y con ello verificar si la interfaz obtenida cumple con el objetivo de transferir información y conocimiento desde un Sistema Scada.

#### **6.1.1 Proceso de Validación**

Para el proceso de validación de la interfaz de conocimiento se realizaron simulaciones del segmento de clarificación y se generaron alarmas por temperatura alta para así poder desplegar la interfaz de conocimiento desde el sistema Scada, esta interfaz describe por que se presento esta alarma y como poder solucionar dicha alarma.

En la realización de la encuesta de validación se tuvieron en cuenta los requerimientos del cliente definidos en el árbol de objetivos (ver capítulo 5); y se definieron dos tipos de usuarios el operario del proceso que define la usabilidad de la interfaz y el ingeniero del proceso encargado de la parte de supervisión y control de los sistemas Scada que define las características técnicas relevantes de la interfaz.

## **Cuestionario para la Evaluación de la Interfaz para el Ingeniero de procesos**

- 1. Empresa:** Ingenio Manuelita
- 2. Nombre:** Humberto Gironza
- 3. Lugar de trabajo :** Etapa de Clarificación y Filtración
- 4. Cargo:** Ingeniero de Procesos
- 5. Horario de trabajo:** 8:00 A.M – 12:00 P.M y 2:00 PM – 6:00 P.M

**Facilidad de uso:** define la complejidad con la que el usuario se enfrenta al manipular la interfaz (*difícil, fácil*).

*La interfaz es de fácil operación, debido a que esta cuenta con los indicadores adecuados para diferenciar claramente cada zona de la misma. Esta posee una navegabilidad muy intuitiva basada en el paso de pantalla a pantalla a través de botones que claramente indican cual es su función dentro de la interfaz.*

**Errores:** define la presencia de errores en el software (*con errores, sin errores*)

*Mas que un error es una sugerencia, en mi opinión, seria adecuado que la aplicación cuente con un con un botón, que genere un reporte completo tanto del tipo de alarma generada (con hora y fecha), como de la causa de esta alarma, el problema específico identificado y el procedimiento realizado para corregir esta anomalía, con el respectivo responsable encargado de realizar dicho proceso.*

**Apariencia visual de la Interfaz:** define la comodidad en cuanto apariencia visual en el software (*amigable, poco amigable*)

*La interfaz es amigable con el usuario bebido al bajo esfuerzo visual realizado al trabajar en una interfaz con fondo oscuro y letras claras y de fácil lectura. Los cuadros de texto son claros y de fácil lectura, el tipo y tamaño de letra es el apropiado para mostrar la cantidad de información que genera la interfaz.*

**Funcionalidad:** define si un sistema cumple la tarea o tareas que para las cuales el sistema fue creado (*no funcional, funcional*) *Funcional porque la interfaz ilustra al operario las posibles causas de un evento inapropiado dado, a partir de una alarma generada, además brinda alternativas para dar solución a dicho evento, lo que es realmente novedoso en aplicaciones de supervisión de tipo industrial.*

### **Sugerencias**

*Fuera de la sugerencia del adicionar un botón generador de reporte del evento presentado y la solución aplicada a este, y habiendo operado y explorado la interfaz en sus diferentes aspectos, de mi parte no hay más sugerencias.*

### **Cuestionario para la Evaluación de la Interfaz para el Operario de Clarificación**

1. **Empresa:** Ingenio Manuelita
2. **Nombre:** Guillermo Gutiérrez
3. **Lugar de trabajo :** Etapa de Clarificación y Filtración
4. **Cargo:** Operario de la etapa de Clarificación
5. **Horario de trabajo:** Turno de la Mañana (6:00 A.M – 2:00 P.M)

- ¿Está usted a gusto en la forma que la interfaz hombre–máquina muestra la información de la variable temperatura del proceso de producción?  
*Si, porque muestra esta información de manera clara y en los términos bajo los cuales trabajamos en este proceso.*
- ¿Cómo le parece las opciones en que la interfaz presenta para el uso de la misma?  
*Es bastante útil, para ubicarse de manera puntual y rápida en la parte del proceso donde se esta generando la falla.*
- ¿Cree usted que la interfaz transfiere y retroalimenta conocimiento para el operario del proceso?  
*Si, en cada eventualidad presentada en el proceso, se tiene la posibilidad de aprender sus posibles causas y los posibles procedimientos a aplicar.*

- ¿Cree usted que la información presentada por el programa es útil para el trabajo de operador o jefe de planta? ¿En qué sentido?

*Es de suma importancia porque ahorra tiempo y esfuerzo en la detección y ubicación de una falla presente en cualquier parte del proceso, además de sugerir posibles procedimientos para corregir dicha falla, lo que para un operario nuevo es de mucha ayuda.*

- ¿Cree usted que hay buena compatibilidad del sistema SCADA con el sistema de gestión de conocimiento?

*Si, la respuesta de la interfaz es inmediata, apenas se genera una alarma se puede acceder inmediatamente al conocimiento disponible sobre esta falla.*

- ¿Cree usted que la información y el conocimiento codificado hace referencia al conocimiento capturado en la etapa de socialización?

*Si, las fallas presente y la información vista en la interfaz es la suministrada en la etapa de recolección de información.*

## **6.2 Conclusión de la Validación**

Después de realizar la validación de la interfaz a través de encuestas al personal involucrado en la etapa de Clarificación se llegó al consenso de que la interfaz es muy útil ya que brinda e información estructurada del proceso y un conocimiento que permite tomar mejores decisiones en las fallas reales del proceso sobre todo si el usuario tiene poca experiencia y conocimiento acerca del proceso. Además genera un aporte útil a los sistemas que actualmente existen y que no consideran la experiencia de los actores del proceso en forma tangible, esto puede ser un punto de partida para comprender la complejidad de los recursos de conocimiento que se despliegan en el proceso de clarificación.

## **ALCANCES Y APORTES**



El proyecto aporta significativamente en el análisis de la incorporación de un módulo adicional que podría incorporarse en el futuro a un sistema ERP, de manera que estos sistemas puedan movilizar también conocimiento sobre el proceso y no sólo información como actualmente se realiza. En su fase de desarrollo actual se ha logrado diseñar e implementar una interfaz de comunicación entre un sistema SCADA y un Sistema de Gestión de Conocimiento. Donde es la posible codificar el conocimiento presente en el talento humano que participa en un proceso productivo. La principal ventaja de la interfaz es que considera lo que ya se ha estandarizado en los sistemas de manufactura, pero involucra los nuevos enfoques de desarrollo de productos.

Aunque este producto está en una fase de investigación y desarrollo de un nuevo producto en el modelo lógico conceptual se explica los aportes que genera esta interfaz a corto, mediano y largo plazo obteniendo al final una interfaz (con una base de conocimiento desarrollada con sistemas expertos) patentada y compatibles con otros módulos de gestión de negocios como lo son los sistemas MES y ERP.

La aplicación de enfoques de gestión de conocimiento y su articulación a una herramienta tecnológica, ya que tradicionalmente este tipo de formas de gestión hacen parte de la responsabilidad de los Departamentos de Talento Humano pero no se han desarrollado e incorporado sustancialmente en los sistemas de manufactura.

La utilización de la norma ISA 95 en forma complementaria a la gestión de conocimiento brindó las herramientas necesaria para estructurar la información, utilizando la parte 2 de la norma más exactamente el modelo de segmento de proceso que permitió establecer los materiales, equipos y personal utilizado en cada uno de las etapas de producción

La integración de enfoques de ingeniería concurrente para el desarrollo de productos y las herramientas para la codificación de conocimiento constituyen un marco satisfactorio de utilización sistemática de soporte conceptual que garantiza un producto (interfaz) que considera los requerimientos del cliente y un desarrollo satisfactorio del desempeño esperado.

## **CONCLUSIONES**

Hacer la codificación de datos a conocimiento aplicando un modelo de gestión de conocimiento a un proceso de manufactura como el modelo de Nonaka y Takeuchi es posible si se utilizan herramientas de codificación como la norma ISA 95 utilizada para estructurar el conocimiento y herramientas de gestión como los mapas de conocimiento usados para establecer la base de conocimiento. La complejidad de integrar estas herramientas radica en lograr una sinergia entre las directrices de la norma y la utilidad de los conocimientos disponibles, de modo que se codifiquen los que se consideran más valiosos para la organización de una forma dinámica y sencilla.

El desarrollo del proyecto permitió obtener una base de conocimiento con referencia al modelo de segmento de procesos definido en la parte 2 de la norma ISA 95, el modelo de creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi así como las diferentes metodologías aplicadas en la parte de gestión de conocimiento y diseño detallado de productos.

El uso de técnicas como el modelo lógico conceptual y el QFD ha sido determinante en el momento de establecer en forma precisa las necesidades del usuario de la interfaz y la mejor manera de garantizar el cumplimiento de las expectativas del producto de un proceso en particular. En este sentido el reto fue generar una innovación tecnológica pertinente para procurar la gestión de conocimiento en sistemas de manufactura.

El funcionamiento de la interfaz depende predominantemente de la codificación del conocimiento relevante, presente en los operarios del sistema de manufactura, esta actividad soporta la estandarización de los sistemas convencionales ERP o MES pero les permite un alto nivel de personalización al permitir involucrar los conocimientos del talento humano de la organización, acogiendo de esta manera la tendencia actual del desarrollo de nuevos productos.

Para mejorar o desarrollar buenas prácticas en procesos de manufactura es esencial acceder al conocimiento implícito en las personas cuando interactúan con sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, estos sistemas solo brindan datos e información técnica del proceso pero no el conocimiento del talento humano desarrollado a partir de su experiencia. Esta complementariedad es determinante en el momento de demostrar la

utilidad de incorporar en las tecnologías actuales, módulos adicionales capaces de hacer viable la gestión de conocimiento en los sistemas de manufactura.

Los outcomes o externalidades evidencian la línea de desarrollo de una plataforma de productos para los sistemas MES y ERP que pueden apoyar al sector empresarial en la introducción de enfoques de gestión de conocimiento en sus organizaciones en forma secuencial de forma que puedan alcanzar una verdadera evolución tecnológica.

## **TRABAJOS FUTUROS**

Obtener un formato con mayor alcance en la parte de gestión de negocios que permita que la interfaz genere mayor conocimiento a más personas involucradas en el proceso como un formato en XML que brinda compatibilidad con un sistema MES o ERP.

Desarrollo de una metodología utilizando herramientas de manufactura y de Gestión de Conocimiento para la generación, captura y transferencia de conocimiento en un sector industrial haciendo la interfaz patentada y compatible como un módulo para sistemas MES o ERP. Ya que en el mercado no existe módulos que permitan la captura y generación de conocimiento a partir de sistemas de manufactura.

Validar la aplicación en el proceso de manufactura elaboración de azúcar manuelita, incluyendo más etapas del proceso productivo, así como mayor número de variables, involucrando un mayor conocimiento y experiencia de las personas involucradas en el proceso

Extender la aplicación diseñada a través de la formalización de otros modelos conceptuales propuestos dentro del estándar ISA-95 dependiendo de los requerimientos de información y conocimiento que se pueda generar o estén disponibles.

Mejorar el diseño de la interfaz haciendo uso de herramientas multimedia, o técnicas para establecer comunicación con bases de datos que almacenen un mayor número de conocimiento, o software que permita establecer una mayor funcionalidad y compatibilidad con otros sistemas Scada y pueda así funcionar para cualquier proceso de manufactura.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] SIEMENS, La Norma S95 Crea Claridad. Artículo parte1, 2004. <http://www.electroindustria.com/siemens/Advance2-2004/pagina8.htm>
- [2] MONTILVA, J.A, CHACON, E.A. y COLINA, E. Un Método Para la Automatización Integral de Empresas de Producción Continua. En: Información Tecnológica - Revista Internacional. Vol. 12, no. 6, 2001; p. 147-156.
- [3] VIDAL, F. MUÑOZ, S. Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio. Tesis de Grado. Cauca: Universidad del cauca. 2007.
- [4] ISA S95.00.01. Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology", International Society for Measurement and Control. 1995.
- [5] ZUÑIG, D. SANCHEZ A. Aplicación de la Categoría "Administración de Operaciones de Calidad" de la Norma ISA-95 a un Caso de Estudio. Tesis de Grado. Cauca: Universidad del cauca. 2008
- [6] RUGGLES, R. HOLTSHOUSE, D. La Ventaja del Conocimiento. México. Compañía Editorial Continental, 2000. p. 68.
- [7] NONAKA, I. NISHIGUCHI, T. Knowledge Emergence. Social, Technical, and evolutionary Dimensions of Knowledge Creation. Oxford University. New York. 2001
- [8] ULRICH Karl T. y EPPINGER Steven, D. Product Design and Development. McGraw-Hill Higher Education, 2004.
- [9] C. DYM y P. LITTLE, El Proceso de Diseño en Ingeniería. Limusa Wiley. México. 2002.
- [10] E. YACUZZI Y F. MARTÍN, QFD: Conceptos, Aplicaciones y Nuevos Desarrollos. CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo. 234, Universidad del CEMA. Argentina. 2003.

[11] F. ZWICKY, y A. WILSON (eds). New Methods of Thought and Procedure: Contributions to the Symposium on Methodologies. Berlin: Springer. Reprint available at [www.swemorph.com/ma.html](http://www.swemorph.com/ma.html). 1967.