

Ordenamiento y clasificación de características tecnológicas en la Industria azucarera: Concepción cliente-proveedor en un proceso industrial

Bismayda Gómez Avilés*, **Fernando Marrero Delgado****, **Jorge Fardales Pérez***, **Zuleiqui Gil Unday***

***UNISS. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Cuba. email: bismaida@suss.co.cu**

**** UCLV. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.**

Resumen

Con el propósito de facilitar el control basado en las relaciones entre etapas (concepción: cliente-proveedor), en el trabajo se desarrolla una herramienta orientada al ordenamiento y clasificación de características tecnológicas del proceso industrial de la caña de azúcar, a través de la integración de elementos del Despliegue de la Función Calidad (siglas en inglés: QFD), el Paradigma Decisional Multicriterio y el Análisis de Cluster. De esta forma se obtiene el balance de criterios múltiples según el grado de la relación entre las características tecnológicas que intervienen en la producción que se ejecuta, para establecer el esquema de control del proceso industrial.

Palabras clave: cliente-proveedor en proceso industrial, clasificación de características tecnológicas, criterios múltiples, esquemas de control, proceso industrial de azúcar de caña.

Abstract

To facilitate the control based on the relations between phases (design: customer-supplier), this paper develops a tool aiming at guiding and classifying the technological characteristics of the industrial process of sugar cane, through the integration elements of the Quality Function Deployment (QFD), the Decisional Paradigm Multicriteria and The Cluster Analysis, this way the balance of multiple criteria according to the degree of relationship between the technological characteristics used in the current production is obtained, so as to establish the control scheme of the industrial process.

Key words: customer-supplier in industrial process, technological characteristics classification, multiple criteria, control outline, sugar cane industrial process.

INTRODUCCIÓN

La concatenación y dependencia entre etapas, presente en todo proceso industrial, conduce, según Juran & Gryna⁶ a fallas frecuentes, dadas en gran medida por discrepancias en la comprensión, el diseño, el proceso, las operaciones y la percepción de este. Esta situación demanda de procesos estructurados, como la planificación de la calidad, para atenuar estas discrepancias, y que al final sean mínimas. La elección de lo que se va a medir, el análisis, síntesis y presentación de la información resultante son tan importantes como el hecho de la propia medición.

El primer paso de un sistema de medición de un proceso, por el papel que desempeñan los parámetros en la producción, es una selección cuidadosa de éstos⁷. Según Juran & Gryna⁶ se necesita conocer la importancia relativa entre las características del producto y clasificarlas e identificar los puntos críticos, para asignar los recursos tiempo y dinero a los aspectos más rentables y beneficiosos del proceso.

Las relaciones de las características a través de las distintas etapas de un proceso industrial⁶, deben situar al control de proceso en el contexto apropiado, según proveedores y clientes, y para ello es necesario considerar: las exigencias técnicas de la próxima etapa; las exigencias del entorno y la participación del personal en la toma de decisiones de acuerdo con el nivel tecnológico existente.

Los requerimientos para el control de producción⁸, exigen refinamiento de las habilidades tecnológicas del personal responsable del control de proceso en la industria de la caña de azúcar, que enfrenta un proceso bien caracterizado tecnológicamente, pero donde prevalecen: opiniones de los expertos muchas veces contradictorias; especialistas con tendencia a dar soluciones de problemas en detrimento de la calidad de los subproductos y/o producto final; la cantidad de variables es alta y la interacción compleja.³

En tal sentido, la integración de técnicas del Paradigma Decisional Multicriterio (PDM) y el QFD, facilita establecer esquemas de control en procesos industriales, carentes de un enfoque de proceso⁴, así como para la adecuación a estructuras de tecnología flexible,⁹ al aportar elementos esenciales para la selección de características tecnológicas, bajo la concepción cliente-proveedor.

El PDM brinda soluciones eficientes en el sentido paretiano; proceso de construcción de un orden, para las características tecnológicas en procesos industriales, para facilitar el otorgamiento de prioridades en clases²; según Gómez Avilés⁴, ambas problemáticas pueden contribuir en la industria cubana de la caña de azúcar a lograr un acercamiento, al análisis de datos actuales.

DESARROLLO

Con el objetivo de obtener el balance de criterios múltiples según la prioridad del grado de la relación que se establece para la producción a ejecutar en el proceso industrial de la caña de azúcar, se elaboró el procedimiento para el Ordenamiento y clasificación de características (OCC) tecnológicas del proceso industrial de la caña de azúcar. En el procedimiento (figura 1), se establece el balance de criterios múltiples, por la prioridad del grado de la relación de la producción (figura 2), se proyecta hacia el cliente interno, según diferentes exigencias productivas o a cambios en los materiales procesados.

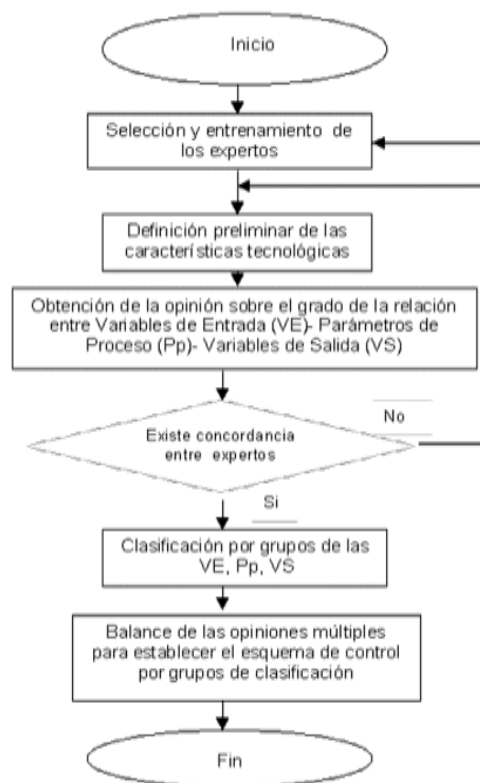


Figura 1. Procedimiento para el OCC

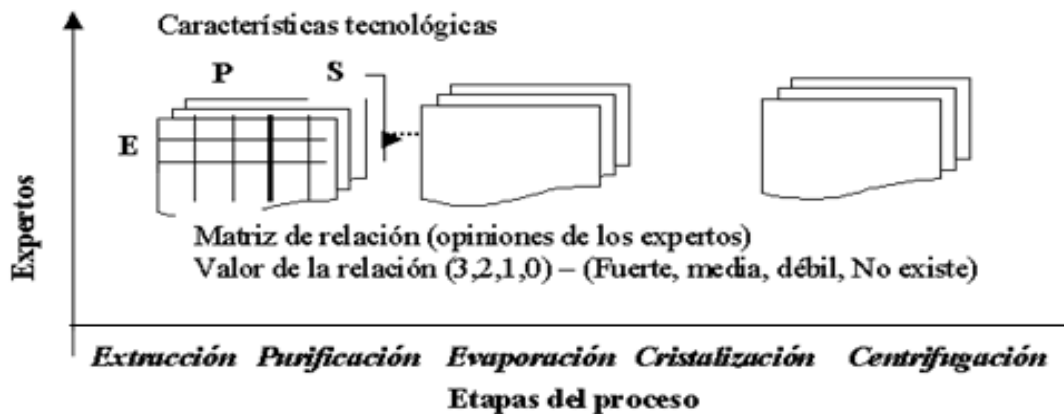


Figura 2. Despliegue cliente-proveedor según las etapas del proceso industrial

Los expertos se seleccionan por el Coeficiente de Competencia⁵. Para hacer confluir intereses dispares con un mínimo tiempo de entrenamiento, se establece el compromiso de los participantes¹¹. La definición preliminar de las características, se realiza según criterios de la literatura especializada y manuales de operación. Para operativizar la concepción cliente-proveedor, las tres categorías definidas por Rein¹⁰, se llevan a dos tipos: Características de las Etapas: Pp_j (Parámetros de proceso); incluye, variables de diseño y control; Características de las conexiones: VE_{ij} (Variables de Entrada) y VS_j (Variables de Salida), variables de producto.

Opinión de los expertos sobre el grado de la relación

Las características que se analizan, están sujetas a cambios frecuentes de la nomenclatura de producción y/o en las calidades exigidas, por las situaciones siguientes: cambios en las calidades del producto final clásico (azúcar), los Pp_j requieran de diferentes grados de relación; conversión del subproducto de una etapa en producto final (ejemplo: jugo de la extracción), implica una mayor importancia para los Pp_j de esa etapa del proceso y de esta respecto a las restantes etapas del proceso; así como por la variabilidad en las características de calidad de la materia prima o materiales utilizados, que requiere diferentes márgenes de operación o grados de la relación en los Pp_j , para cumplir con las exigencias de las VS_j ; lo cual implica reevaluar las relaciones definidas (para un mismo producto final), al presentar otras condiciones de entrada, principalmente en las primeras etapas del proceso industrial (ver figura 3). La producción de azúcar crudo se utilizó como estudio de caso, para el área de Extracción, área cuya operación correcta en su conjunto es decisiva en la eficiencia general de la industria (en la cual se hizo énfasis), y requiere del ajuste de diferentes variables para lograr una mayor extracción de sacarosa y jugo, dentro de los límites mecánicos y económicos de la tecnología instalada.

Asigne el grado de la relación las entre características técnicas, en la **Etapa "z"**, para la **producción "Y"**, según su opinión.
Escala: 3: Fuerte, 2: Media, 1: Débil ó 0: No existe; para asignar el grado de la relación entre: VE - Pp y VE - VS:

VE: Variables de Entrada; **Pp:** Parámetros de proceso y **VS:** Variables de Salida.
Etapa Z del proceso industrial

VE _i	Grado de la relación (VE _i - Pp _j) o (VE _i - VS _j) = R _{ij}					
	Pp ₁	.....	Pp _n	VS ₁	.....	VS _p
VE ₁	VE ₁ - Pp ₁ (R ₁₁)	.....	VE ₁ - Pp _n	VE ₁ - VS ₁	.....	VE ₁ - VS _p (R _{1p})
.	.	R _{ij}	.	.	R _{ij}	.
VE _m	VE _m - Pp ₁ (R _{m1})	.....	VE _m - Pp _n	VE _m - VS ₁	.....	VE _m - VS _p (R _{mp})

Figura 3. Formato para la solicitud de la opinión de los expertos sobre el grado de la relación entre las características tecnológicas: VE_{ij} - Pp_j y VE_{ij} - VS_j.

El consenso entre las opiniones de los expertos se obtuvo con la adaptación del Índice de Consenso (expresión 1) propuesto por Abreu Ledón.¹

$$IC_{ij} = \left(1 - \frac{S_{ij}}{S_L}\right) \times 100\% \quad [1]$$

Donde:

IC_{ij} : índice de consenso de los expertos respecto al grado de la relación entre características: *Variables de Entrada* (VE) "i" con *Parámetros de proceso* (Pp)_j o *Variables de Salida* (VS)_j en la etapa "z". Para valores de consenso menores de 76 % se realiza una nueva selección de expertos o la redefinición de características, según se considere.

S_L : Desviación estándar máxima posible (ver Tabla 1).

S_{ij} : Desviación estándar de la opinión de los expertos respecto al grado de la relación entre la característica VE "i", con el Pp_j o Vs_j de la etapa "z".

Tabla 1. Desviación estándar máxima posible para el análisis del grado de la relación entre VE_{ij} - Pp_j - VS_j.

n _e	7 y 8	9 y 10	11 y 12	13 y 14	15
S _L	1,604	1,581	1,567	1,557	1,549

Fuente: Elaborada a partir de Abreu Ledón (2004).

Clasificación por grupos VE_{ij} - respecto a Pp_j, **VE_{ij}** - respecto a VS_j, **Pp_j**, **VS_j**. El esquema de control se establece a partir de clases (análisis de cluster), que agrupan las características tecnológicas. Se toman las opiniones de los expertos, con Índice de Consenso mayor que 76 %, para el cálculo de la matriz del grado de la relación promedio entre características (expresión 2) (figura 4).

$$\overline{R}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n_e} R_{ijk}}{n_e} \quad [2]$$

Donde:

\overline{R}_{ij} : grado de la relación promedio entre características: VE "i" con Pp "j" o las VS "j".

R_{ijk} : grado de la relación entre características VE "i" con Pp "j" o las VS "j" dado por el experto k.

n_e : cantidad de expertos.

Etapa "z" del proceso industrial

Variables de Entrada VE_i	Matriz del grado de la relación promedio entre características \bar{R}_{ij}					
	Parámetros de proceso Pp_j			Variables de Salida VS_j		
	Pp_1		Pp_n	VS_1		VS_p
VE_1	\bar{R}_{11}	.....	\bar{R}_{1n}	.....	.....	\bar{R}_{1p}
.	.	\bar{R}_{ji}	.	.	\bar{R}_{ji}	.
VE_m	\bar{R}_{m1}	.....	\bar{R}_{mn}	.....	.....	\bar{R}_{mp}

Figura 4. Matriz del grado de la relación promedio entre características tecnológicas. Información de entrada al SPSS para el análisis de cluster.

Balance de las opiniones múltiples

A partir del análisis de cluster, se calcula el grado de la relación promedio por grupos y se normalizan². Los grupos con valores normalizados superiores a (0,4), se consideran de alta prioridad en el esquema de control, resultado de evaluaciones realizadas como parte de la investigación. El esquema de control (ver figura 5) para los tres grupos de las VE_{ij} , respecto a Pp_j y respecto a VS_j , se clasifican en:

Grupo I: variables resultado de la etapa proveedora del área de Extracción: Índice de Preparación de la caña (IP) y porcentaje de Caña No Preparada (CNP); la máxima prioridad la tiene este grupo (>0,4) en el esquema de control, como garantía de una operación eficiente del proceso; **Grupo II:** variables vinculadas a la logística de la agricultura: caña atrasada (CATRAS) y Frescura de la caña (FRESCC) y el contenido de Materias Extrañas (ME); y el **Grupo III:** variable que depende de la cosecha: Pol en caña (POLC). Ante las exigencias de requerimientos del producto final (azúcar crudo), para garantizar los criterios de comercialización, se exige un esquema de control con la máxima prioridad (>0,4) para los Grupos II y III.

En los Pp_j (ver figura 6), se precisa la máxima prioridad para los parámetros que se encuentran bajo control del personal de operación: Grupo I: Presión hidráulica (PH), Velocidad de las máquinas (VELOC), Flotación de los molinos (FLOTAC) y se incorpora en este grupo el parámetro de diseño, Setting (ajuste) del molino 1 (SETT1), por la importancia de la extracción en seco para la eficiencia en el área; la prioridad del Grupo III, variable infección en los molinos (INFECC), es circunstancial. Respecto a las VS_j (ver figura 6), ningún grupo presenta alta prioridad, evidencia de que en procesos de operaciones con predominio de la materia prima y materiales⁶, el énfasis para lograr un control efectivo, no debe estar en las VS_j , sino en las VE_{ij} y en el control de la operación de los Pp_j , como garantía para el desempeño esperado.

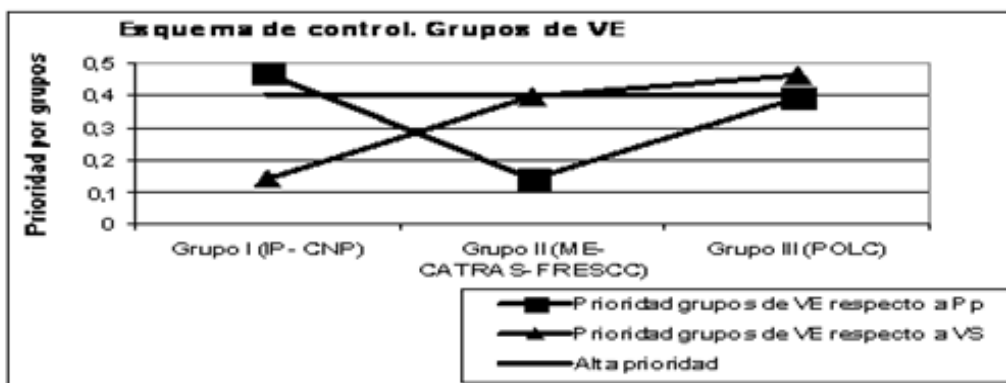


Figura 5. Esquema de control para el área de Extracción para las VE_{ij}

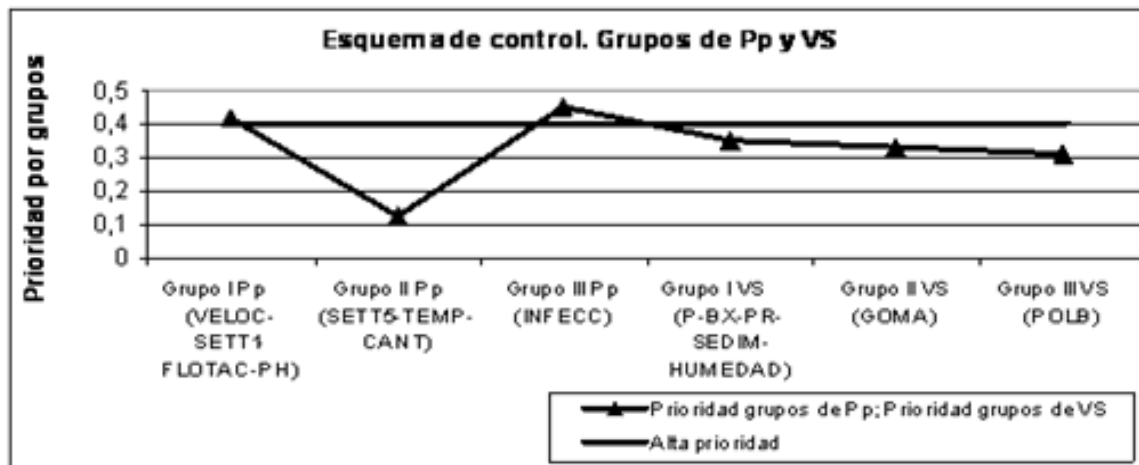


Figura 6. Esquema de control para el área de extracción para Pp_j y VS_j

CONCLUSIONES

1. El procedimiento para la OCC permitió, relacionar etapas del proceso tecnológico, para proyectar esquemas de control flexibles, bajo la concepción cliente-proveedor, en etapas que pueden aportar productos intermedios o finales, y en cuya operación deciden intereses de especialistas que entran en conflicto.

2. Se obtuvo el esquema de control por grupos de clasificación prioritarios para la producción de azúcar crudo. Para el área de Extracción: Tres grupos para las VE_{ij}, con prioridad en la etapa proveedora cuando el énfasis está en la operación, y en la logística y la cosecha, para cumplir requerimientos del producto final; Tres grupos para los Pp_j con prioridad para la operación directa del hombre; Tres grupos para las VS_j, sin alta prioridad para los grupos, que confirma el concepto de predominio.

1. El procedimiento para la OCC permitió, relacionar etapas del proceso tecnológico, para proyectar esquemas de control flexibles, bajo la concepción cliente-proveedor, en etapas que pueden aportar productos intermedios o finales, y en cuya operación deciden intereses de especialistas que entran en conflicto.

2. Se obtuvo el esquema de control por grupos de clasificación prioritarios para la producción de azúcar crudo. Para el área de Extracción: Tres grupos para las VE_{ij}, con prioridad en la etapa proveedora cuando el énfasis está en la operación, y en la logística y la cosecha,

para cumplir requerimientos del producto final; Tres grupos para los Pp_j con prioridad para la operación directa del hombre; Tres grupos para las VS_j, sin alta prioridad para los grupos, que confirma el concepto de predominio.

Bibliografía

1. Abreu- Ledón R. "Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas". Director: Asencio- García JA. Universidad Central de Las Villas, Departamento de Ingeniería Industrial, 2004.
2. Barba Romero- Casillas S, Pomerol J Ch. *Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica*. Madrid: Editora Colección de economía, Universidad de Alcalá, 1997. 415p. ISBN: 84-8138-180-2.
3. Fardales- Pérez J, Gómez- Avilés B. Software MULTI- CRID, La Habana, Cuba en CENDA, Registro informático N° 1473- 2005.
4. Gómez- Avilés B, Romero- Romero O, Merlo- Ramírez M. "Las Salas de Control y Análisis de la Eficiencia en la industria azucarera. Una mirada hacia la Calidad". *Revista Centro Azúcar*. Julio- Septiembre 2003. N° 30, 3 p.18-28.
5. Hurtado de Mendoza F S. "Cómo seleccionar los expertos". Disponible en <http://www.monografía.com> [consulta: 13 diciembre 2003].
6. Juran J M, Blanton G A, Hoogstoel R E, et al. *Manual de Calidad de Juran*. Miembros

del Departamento de Innovación y Tecnología de E.O.I. (traductor). 5ª edición. Madrid: Editorial Mc Graw- Hill/ Interamericana de España, 2001. 1880p. ISBN: 84-481-3283-1.

7. Ledón D J, Tuz XM. “Investigación experimental y selección de los parámetros fundamentales y sus tiempos de muestreo en la industria azucarera”. *Revista Centro Azúcar*. Enero- Marzo 1981. N^o 8-1 p.49-67.

8. López- Figueredo E. “*Directivas para la producción de azúcares, plantas de derivados y otras producciones industriales en el Ministerio de la Industria Azucarera*”. Informe inédito. La Habana, 2005. 20p. Informe técnico o en Seminario Nacional Directores de la Industria Azucarera, 20-25 de octubre de 2005.

9. Peláez R M. “*Trabajos de adecuación de los centrales a un esquema de tecnología flexible*”. Informe inédito. La Habana, 2006. 15p. Informe técnico o del Ministerio de la Industria Azucarera, 24 de mayo 2006.

10. Rein PWA. “Statistical Analysis of the Effect of Cane Quality of Extraction Performance”. *The South African Sugar Journal*. Vol. 1- 3 p.615-625.19. Yacuzzi E, Martín F. “QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos” Disponible en <http://www.cema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>. Universidad del CEMA. Buenos Aires, Argentina [consulta: 25 mayo 2006].