

NUEVOS CRITERIOS DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE INSTALACIONES CON VISTAS A LA RECONVERSIÓN EN UNA FÁBRICA DE AZÚCAR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Marlén Morales Zamora*, Erenio González Suárez**, Viatcheslav Kafarov***, Léster Becerra Armas*, William Pereira Santiago****

*Departamento de Ing. Química, Facultad de Química-Farmacia, UCLV, Cuba, **Centro de Análisis de Procesos, UCLV, Cuba, ***Centro de Investigaciones en Simulación y Control de Procesos, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, ****Empresa Azucarera Antonio Sánchez, Cienfuegos

El trabajo parte de considerar para la reconversión industrial, en el análisis del equipamiento existente, la evaluación de nuevos criterios de calidad como son: el análisis de la aptitud, el proceso, y de los índices de exactitud y estabilidad del sistema, los cuales son indicadores para medir el comportamiento fenomenológico del estado actual de los equipos e indican cuando este no puede garantizar los parámetros de calidad requeridos.

Palabras clave: *aptitud, índices, exactitud, estabilidad.*

The present work consider for the industrial revamp, in the analysis of the existing equipment, the evaluation of new criteria of quality the analysis of aptitude, the process, and the accuracy indices and stability of the system, which are indicating to measure behavior of the present state of the equipment and indicate when this it cannot guarantee the required parameters of quality.

Key words: *aptitude, indexes, stability, exactitude.*

Introducción

La Industria Azucarera ha incluido como una acción fundamental: el uso integral de la caña de azúcar, toda vez que logre la evaluación de alternativas para la intensificación y reconversión de instalaciones industriales para adaptarlas a los requerimientos y disponibilidades actuales de materias primas y portadores energéticos.

La calidad se ha convertido en un factor imprescindible para la continuidad de las empresas a medio y largo plazo, así como una de las inversiones más rentables. Las técnicas básicas para la identificación de la calidad, responden a diversos métodos o herramientas que permiten llevar un control, y mejoran si es posible, la calidad, y sobre todo, para la detección de fallos y errores, y actuar sobre ellos.

Por otro lado, ante el estudio de la fiabilidad de los procesos, se requiere del desarrollo de nuevas formas y guías para su determinación, que tributan a pensar en la necesidad de analizar las posibilidades de utilización de nuevos criterios de calidad como son: la capacidad o aptitud del proceso, los índices de exactitud y estabilidad de las operaciones y procesos tecnológicos. Estos

criterios nos indican cuándo el equipo no puede garantizar los niveles de calidad, así como un indicador para medir el deterioro de los equipos, toda vez que se parte del concepto de que desde el punto de vista tecnológico, un equipo ha fallado no solo cuando está operando, sino cuando opera sin garantizar la operación para la cual ha sido diseñado.

Precisamente, el objetivo del trabajo se enmarca en evaluar dichos criterios de calidad al proceso de producción de azúcar crudo en una empresa azucarera, con vistas a la reconversión del equipamiento existente para la producción de biocombustibles.

Fundamentación teórica

La calidad se ha convertido en un factor imprescindible para la continuidad de las empresas a medio y largo plazo, así como una de las inversiones más rentables, ya que mediante la misma, las empresas:

- Generan productos y servicios mejorados.
- Disminuyen los costos de producción o de los servicios, así como el servicio postventa, pu-

diendo incrementar sus precios y mejorar sus ingresos.

- Pueden facilitar la adopción de nuevos sistemas de producción.
- Aumentan la rentabilidad financiera.
- Ocupan mayor cuota de mercado y son más competitivas.
- La calidad puede convertirse en un factor de motivación e integración de los trabajadores.
- Mejora la imagen comercial de los productos y servicios, y por tanto de la empresa.
- Aumenta la satisfacción y fidelidad de los clientes. (Jeya, 2000).

Se entiende como control de la calidad, el proceso seguido, mediante el cual se puede medir la calidad real, compararla con las normas o especificaciones previstas, y actuar sobre las diferencias producidas. Según la Norma ISO 9000, versión 2000, se entiende como características de la calidad, características inherentes de un producto, servicio o sistema relacionado con un requisito; ejemplos: el precio de un producto, su peso, su color, etcétera. Según determinados autores, las características de calidad equivalen a cualquier propiedad, atributo o factor que contribuya a la adecuación, al uso de un producto, proceso o servicio. (González, 1996).

El proceso de formación de la calidad de los productos en las condiciones de la producción industrial contemporánea, constituye un proceso inestable, sometido a las perturbaciones dadas por la heterogeneidad de las propiedades de los materiales y compuestos obtenidos en las etapas tecnológicas de los procesos, la violación de la disciplina tecnológica y el deterioro de las instalaciones y los instrumentos de medición y control, lo que provoca la variabilidad de los parámetros e índices de calidad de la producción.

La inspección de la calidad de la producción en las empresas, es la verificación de la correspon-

dencia de los productos y sus elementos con los requisitos establecidos en la documentación técnica, siendo un requerimiento de las distintas ramas de la economía la implantación de un sistema nacional de normalización, metrología y control de la calidad que garantice la disciplina tecnológica y la calidad de la producción.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

1.1 Capacidad o aptitud del proceso

La capacidad o aptitud del proceso se efectúa siempre sobre una característica de calidad vinculada con una o varias operaciones del mismo, ya sea variable de proceso o parámetro operacional. Si se desea considerar otras características de calidad, es necesario realizar un estudio de aptitud del proceso para cada una de ellas en forma independiente.

Para determinar si un proceso es o no capaz se pueden utilizar las siguientes herramientas: histogramas, gráficos de control, gráficos de probabilidad y estudios de índices de capacidad. (Fariñas, 1985).

Para estudiar la capacidad del proceso se pueden seguir dos distribuciones de modelos matemáticos: Normal, que es la usada para estudios de capacidad a largo y corto plazo (capacidades globales y potenciales) y Weibull, que es la utilizada para estudios a largo plazo (capacidades globales). Si los datos no siguen ninguna de las dos, puede usarse una transformación Box-Cox para normalizarlos.

Sean LS y LI los límites de tolerancia exigidos en las especificaciones, se define el índice de capacidad de proceso como:

$$C_p = \frac{LS - LI}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left\{\frac{LS - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LI}{3\sigma}\right\}$$

Para afirmar que un proceso es capaz:

- C_p o (Pp) y/o C_{pk} o (Ppk) deben ser mayor o igual que 1,33, lo que garantiza que el 99,994 % de los productos fabricados o servicios prestados por

el proceso centrado está en las especificaciones. En caso de ser necesario estudiar las dos, ambas deben valer como mínimo 1,33. En otro caso, habrá que aplicar acciones correctoras.

Los límites de aptitud del proceso deben estar dentro de los límites de tolerancia para no tener producción defectuosa. La producción defectuosa se debe a que: el proceso no este lo suficientemente centrado en relación a la media nominal, el proceso no sea apto, o una combinación de ambos. Cuando se ha demostrado que un proceso u operación no es apto para cumplir con las especificaciones puede adoptarse una de estas alternativas: emplear un proceso diferente, cambiar la tolerancia de la especificación, utilizar la inspección al 100 % para eliminar las unidades defectuosas, dejar el proceso tal y como está y no variar nada.

El primer modo de actuar para ocasionar una nueva programación, es la compra de un nuevo equipo o la compra de las piezas a un productor que disponga de equipos más precisos. La segunda alternativa es lógica, pero generalmente es difícil hacer cambios en el diseño sin afectar en forma significativa la calidad del producto. Sin embargo, es conveniente estudiar la posibilidad, ya que se puede llegar a conseguir el costo total mínimo. La tercera se debe considerar si el costo de inspección es reducido en comparación con el de las otras alternativas. Se puede recurrir a la cuarta cuando el costo de la unidad es muy bajo, el costo de la inspección relativamente alto y el porcentaje defectuoso sea relativamente bajo. (NC: 92-12:87).

Para la evaluación de la aptitud o capacidad del proceso a las variables operacionales y sus características, se utilizará el software STATGRAPHICS versión 4.1, con la herramienta de trabajo, Process Capability Analysis para el procesamiento de los resultados, la cual muestra dos análisis dentro de una misma herramienta, el histograma y los índices de capacidad (Pp y Ppk).

1.2. Índices de exactitud y estabilidad de las operaciones y procesos tecnológicos

La inspección de la exactitud y estabilidad tiene como objetivos fundamentales, determinar la posibilidad de emplear una operación y/o proceso tecnológico específico, para la elaboración de un producto con determinados índices de calidad, evaluar las modificaciones de las características

de la exactitud y estabilidad en el tiempo así como determinar su correspondencia con los requisitos establecidos en la documentación técnico normalizativa, y recibir información para la regulación o control de las operaciones y/o proceso tecnológicos.

A partir de los resultados que se obtengan, se determinan los factores que provocan cambios en la exactitud y estabilidad en el tiempo, los cuales pueden dar lugar a la obtención de una producción defectuosa. Por otro lado, determinan los valores reales de los diferentes índices de exactitud y estabilidad de las operaciones y procesos tecnológicos dependientes del estado técnico de los equipos, las materias primas, herramientas empleadas y otras peculiaridades, en un periodo determinado. (NC: 92-48:87, NC: 92-26:88)

Para realizar la inspección de la exactitud y la estabilidad de los procesos es necesario poseer los siguientes datos:

- objetivos.
- tareas de la inspección y nomenclatura de los índices que se utilizan.
- tipo de producción, duración del proceso de producción y volumen de producción.
- calificación de los operarios y cumplimiento de la disciplina tecnológica, conjunto de documentos tecnológicos empleados.
- índices de calidad de la producción.
- índices de exactitud y estabilidad establecidos.
- características de exactitud y precisión de los ensayos y medios de medición a emplear.
- características del nivel técnico y estado de los equipos y accesorios.
- resultado de las inspecciones anteriores.
- esquema o modelo de la interrelación funcional del producto y sus componentes, así como del proceso de fabricación del mismo, señalando la influencia de ciertas características de sus componentes sobre los índices de calidad de la producción.

Para la evaluación de los índices de exactitud y estabilidad de las operaciones y procesos tecnológicos se aplicó el algoritmo que se muestra en la figura 1, el cual se programó en hojas de cálculo en el software Microsoft Excel para el procesamiento de los resultados. Estos índices de calidad han sido calculados, normalizados y se reporta su

utilización para la Industria Mecánica. Para la Industria de Procesos y sobre todo la Azucarera,

no han sido aplicados, es por ello que resulta novedoso su aplicación en la misma.

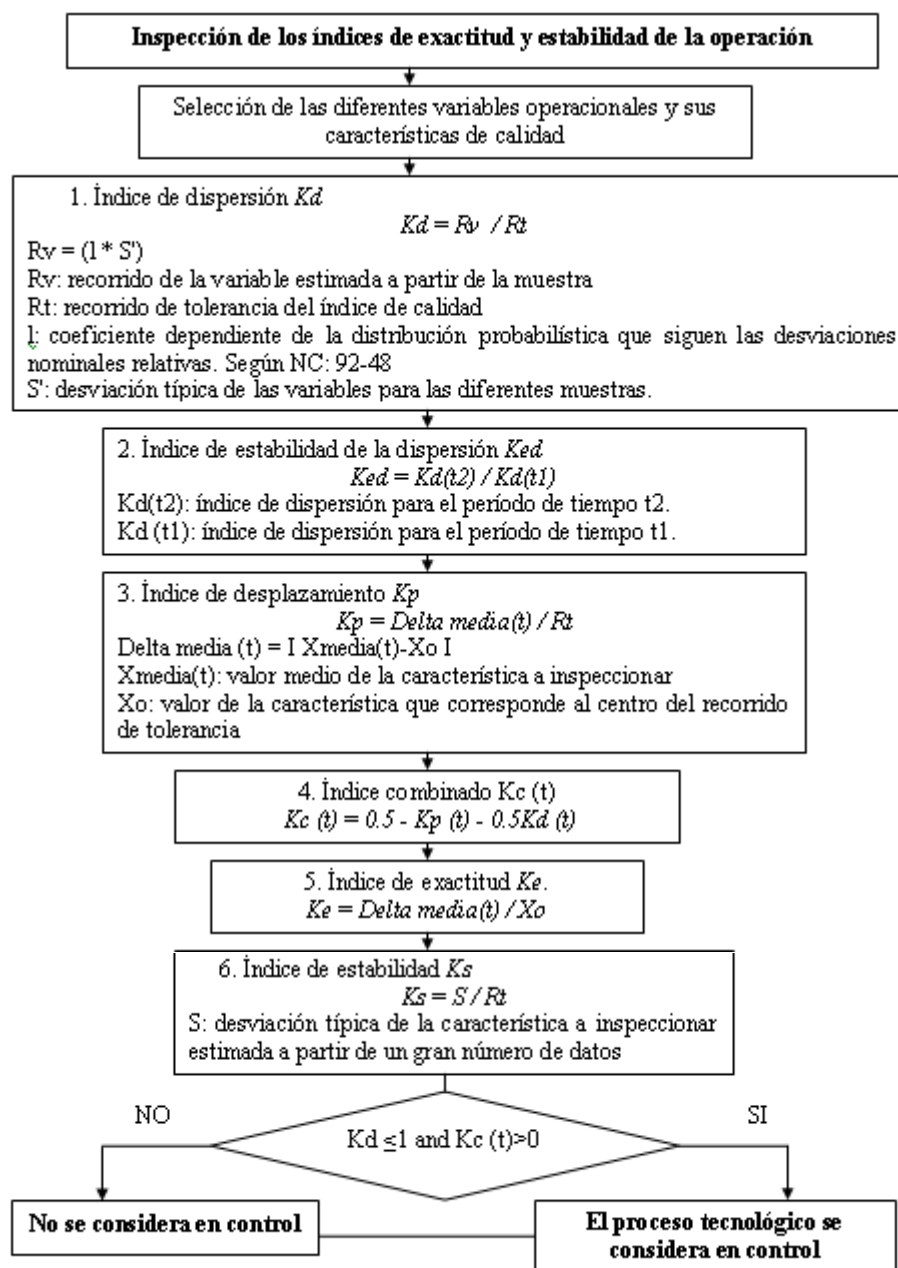


Fig. 1 Algoritmo de cálculo de los índices de exactitud y estabilidad.

1.1 Evaluación de la aptitud del proceso de producción de azúcar crudo

Para ello se tomó como base la Empresa azucarera “Antonio Sánchez”, ubicada en el municipio de Aguada de Pasajeros, en la provincia de Cienfuegos, con una capacidad de 316 800@ /días.

Para la evaluación de la aptitud o capacidad

del proceso, se tomaron, los valores de cada variable y sus características, en la zafra 2008, en cada etapa del proceso.

A continuación, en la figura 2 se evalúa la aptitud del proceso y se muestra un ejemplo de histograma de frecuencia obtenido por el STATGRAPHICS. El resto de los resultados de las variables y sus características se resumen en la tabla 1. Los límites de tolerancia inferior y superior se tomaron considerando los límites de especificaciones de calidad de cada variable de proceso.

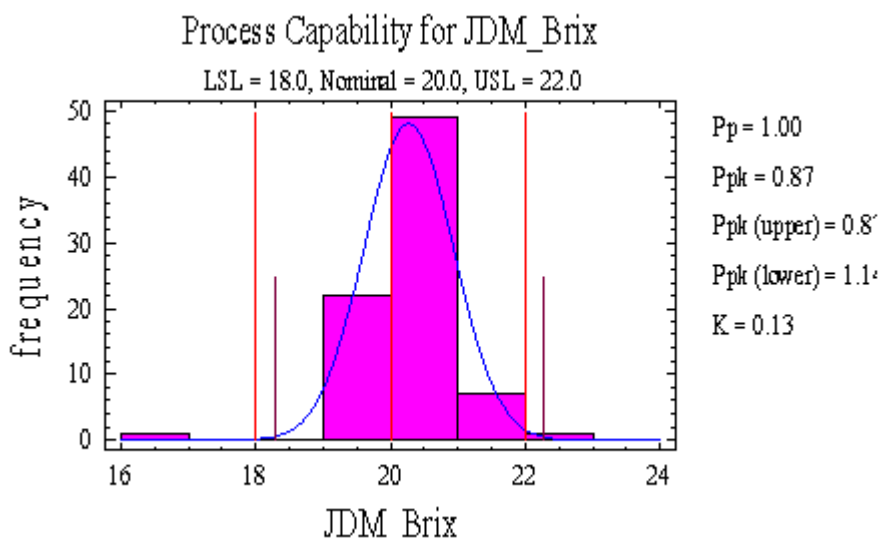


Fig. 2 Capacidad del proceso para el JDM_Brix.

Tabla 1
Resumen de la aptitud del proceso para las características evaluadas

Variables		Empresa Azucarera Antonio Sánchez		
		% desviación	Pp	Ppk
JDM	Brix	0,484 94	1,00	0,87
	Pza	15,104 3	0,52	0,38
JM	Brix	33,328 4	0,41	0,17
	Pza	11,906 3	0,71	0,4
	Red	50,219 5	0,47	0,01
Bag	Pol	72,683 6	0,14	-0,07
	Hdad	69,303 1	0,48	-0,17
JA	pH	87,269 9	0,05	-0,01
	Temp	62,290 2	0,17	0,10
JC	Brix	4,665 86	0,67	0,63
	Pza	15,146 2	0,51	0,39
	pH	97,401 4	0,01	-0,18
JF	Brix	24,019 3	0,62	0,24
	Pza	22,815	0,44	0,29
Cach	Pol	90,536 7	0,07	-0,28
Mela	Brix	51,166 3	0,24	0,09
	Pza	21,837	0,51	0,27
	pH	83,594 4	0,07	-0,01
MA	Brix	88,898 6	0,05	0,01
	Pza	89,132 9	0,05	-0,01
MB	Brix	92,921 6	0,03	-0,06
	Pza	80,612	0,09	-0,06
MielA	Brix	81,46	0,09	-0,26
	Pza	81,5471	0,08	0,01
MielB	Brix	95,559	0,06	-0,45
	Pza	68,082 4	0,15	0,03
Az	Pol	96,422 1	0,02	-0,02
	Hdad	99,555 8	0	-0,04

Leyenda: JDM, jugo de la desmenzadora; JM, jugo mezclado; Bag, bagazo; JA, jugo alcalizado; JC, jugo clarificado; JF, jugo filtrado; Cach, cachaza; Mela, meladura; MA, masa cocida A; MB, masa cocida B; MielA, miel A; MielB, miel B; Az, azúcar.

Según los resultados obtenidos, los mayores por cientos de desviación de los valores corresponden a las características Bag_Pol, JA_pH, JC_pH, Cach_Pol, Mela_pH, MA_Brix, MA_Pza, MB_Brix, MB_Pza, MielA_Brix, MielA_Pza, MielB_Brix, Az_Pol y Az_Hdad.

Los índices de capacidad Pp y Ppk en todas las variables y sus características son menores que 1,33, lo cual muestra que el proceso no está apto, es decir, no cumple satisfactoriamente con las especificaciones de cada variable del proceso. Aunque la Empresa Antonio Sánchez, reportó un

rendimiento industrial de 10,84 en 80 días de zafra, para una producción de azúcar de 19 499 ton con una cantidad de 201 107 t. de caña procesada, sin lugar a dudas, de la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo se obtienen malos resultados de aptitud o capacidad del proceso en todas las variables analizadas en el proceso tecnológico, lo cual se demuestra ante las pérdidas de azúcar en miel final.

Entre los factores que pudieron influir en los resultados de las variables operacionales y sus características en el proceso de producción de azúcar crudo en esta zafra, podemos citar los siguientes:

- La calidad de la caña de azúcar presentó variabilidad en sus características debido a diferentes causas como las variedades de caña utilizadas, factores medioambientales, caña atrasadas sobre carros, alto % de fibra en caña, entre otros.
- Desgaste en las masas de los molinos, lo cual provoca que no se le pueda aplicar la presión que estas requieren, influyendo en la eficiencia de la etapa de extracción.
- Baja presión de vapor en los calentadores. Trae consigo que la temperatura del jugo alcalizado este por debajo de los límites, y por debajo de 100 °C provoca revolturas en el clarificador. Existen muchas pérdidas de presión de vapor de escape en la casa de caldera.
- Revolturas en el clarificador. Puede darse por: poco contenido de P_2O_5 en los jugos, elevado contenidos de materiales extraños, inestabilidad en el control de los flujos de entrada y salida, o por problemas mecánicos tales como,

bandejas en mal estado, roturas o desajustes del mecanismo de agitación o por paradas prolongadas del central.

- Baja presión del vapor de escape, lo que implica menor evaporación de agua en la unidad de tiempo y por tanto, menor concentración de la meladura.

1.2. Evaluación de los índices de exactitud y estabilidad

Para la evaluación de los índices a las variables operacionales y sus características, se tomaron como base las empresas azucareras Antonio Sánchez e Ifrain Alfonso, con los datos correspondientes a la zafra 2008.

Cada diez días se realizaron mediciones a las variables, obteniéndose los valores promedios de cada índice para cada variable analizada en los dos centrales. Esto permitió poder obtener la influencia y comportamiento de los índices de exactitud y estabilidad en el tiempo y establecer índices comparativos para posteriores análisis, toda vez que se deseen evaluar y analizar el comportamiento estadístico de las diferentes variables con mayor exactitud y estabilidad, para llegar a criterios de análisis del estado técnico real de los equipos del proceso.

A continuación se muestran diferentes tablas que resumen los valores promedios de los índices de exactitud y estabilidad para todas las variables analizadas y sus características en ambos centrales estudiados durante la zafra.

Tabla 2
Resumen de los valores promedios de los índices en la etapa de extracción en la zafra

Índices promedios	I - E.A. Antonio Sánchez				II – EA Ifrain Alfonso			
	JDM		JM		Bag			
	Brix	Pza	Brix	Pza	Red	Pol	Hdad	
Kd	I	1,443 483	1,430 349	1,882 116	1,151 261	1,266 064	4,487 96	1,796 239
	II	1,388 966	1,900 475	1,123 866	1,488 384	0,423 261	1,704 95	0,529 164
Ked	I	0,744 165	0,660 641	0,735 715	0,747 374	1,267 058	0,845 68	0,599 327
	II	1,008 159	1,125 755	1,035 652	1,214 303	2,77E+13	1,034 122	1,015 216
Kp	I	0,69	0,232 5	0,300 688	0,234 625	0,493 25	1,2	0,652 643
	II	0,967 033	0,374 533	0,132 767	0,609 774	0,388 143	1,028 929	0,037 107
Kc	I	-0,911 74	-0,447 68	-0,741 75	-0,310 26	-0,626 28	-2,943 98	-1,050 76
	II	-1,161 52	-0,824 77	-0,194 7	-0,853 97	-0,099 78	-1,381 4	0,198 312
Ke	I	0,072 631	0,016 034	0,042 955	0,016 56	0,328 834	0,133 333	0,027 194
	II	0,101 795	0,025 683	0,018 967	0,043 043	0,258 76	0,114 325	0,001 546
Ks	I	0,240 579	0,238 39	0,313 685	0,191 876	0,21 1009	0,747 994	0,299 374
	II	0,231 493	0,316 746	0,187 31	0,248 065	0,070 544	0,284 159	0,088 194

Según la tabla 2, en todos los casos, el índice de dispersión (Kd) es mayor que uno y el índice combinado (Kc) menor que 0, lo cual evidencia que el proceso no está en control operacional, para casi todas las características evaluadas en ambos casos, con excepción de la característica Bag_Hdad y

JM_Red en la E.A. Ifrain Alfonso. Por otro lado, aunque existe marcada variabilidad e inestabilidad en los índices de exactitud y estabilidad en la mayoría de las mediciones, se obtienen discretas dispersiones de muestra a muestra en algunas variables analizadas para ambos centrales.

Tabla 3
Resumen de los valores promedios de los índices en la etapa de purificación en la zafra

Índices promedios	I - E.A. Antonio Sánchez		II – EA Ifrain Alfonso			
	JA		JC			
	pH	Temp	Brix	Pza	pH	
Kd	I	4,554 289	5,636 459	1,254 385	1,823 37	2,780 496
	II	4,042 774	5,636 459	0,828 906	1,385 991	1,761 936
Ked	I	0,882 279	1,059 811	0,749 883	0,889 588	1,228 611
	II	1,062 269	1,059 811	1,010 326	1,542 132	1,046 893
Kp	I	0,468 334	0,246 667	0,078	0,112 728	3,327 826
	II	0,783 334	0,246 667	0,307 119	0,250 974	0,155 557
Kc	I	-2,245 48	-2,564 9	-0,205 19	-0,524 42	-4,218 07
	II	-2,304 72	-2,564 9	-0,221 57	-0,443 97	-0,536 52
Ke	I	0,017 899	0,004 697	0,016 139	0,007 776	0,147 901
	II	0,029 935	0,004 697	0,063 542	0,017 308	0,006 913
Ks	I	0,759 049	0,939 411	0,209 065	0,303 895	0,463 415
	II	0,673 796	0,939 411	0,138 151	0,230 998	0,293 657

Tabla 4
Resumen de los valores promedios de los índices en la etapa de filtración en la zafra

Índices promedios	I - E.A. Antonio Sánchez		II – EA Ifraín Alfonso	
	JF		Cach	
	Brix	Pza	Pol	
Kd	I	1,281 225	1,985 129	9,617 509
	II	1,037 978	2,365 068	2,418 009
Ked	I	0,857 05	0,670 141	0,660 383
	II	0,961 415	1,595 9	1,160 333
Kp	I	0,308 594	0,194 591	2,564 683
	II	0,496 212	0,369 473	0,781 042
Kc	I	-0,449 21	-0,687 16	-6,873 44
	II	-0,515 2	-1,052	-1,490 05
Ke	I	0,123 438	0,019 457	0,427 447
	II	0,198 485	0,036 948	0,130 174
Ks	I	0,213 538	0,330 856	1,602 917
	II	0,172 998	0,394 178	0,403 002

Tabla 5
Resumen de los valores promedios de los índices en la etapa de evaporación y concentración en la zafra

Índices promedios	I - E.A. Antonio Sánchez			II – EA Ifraín Alfonso				
	Mela			MA		MB		
	Brix	Pza	pH	Brix	Pza	Brix	Pza	
Kd	I	3,727 884	1,744 268	3,628 92	2,045 666	3,358 453	5,968 273	2,967 16
	II	2,042 116	1,587 477	2,198 916	1,157 763	2,842 801	1,621 463	1,474 58
Ked	I	0,830 031	0,816 386	0,628 214	2,110 415	1,097 088	1,265 536	1,171 435
	II	1,151 369	1,586 205	1,065 025	1,094 927	1,708 05	1,179 629	0,989 894
Kp	I	0,313 114	0,228 689	2,313 424	5,787 486	1,508 708	0,987 459	1,041 864
	II	0,164 092	0,247 166	0,246 155	0,334 409	2,233 976	0,146 75	0,323 729
Kc	I	-1,677 05	-0,600 82	-3,627 89	-6,310 32	-2,687 94	-3,471 59	-2,025 45
	II	-0,685 15	-0,540 91	-0,845 61	-0,413 29	-3,155 38	-0,457 48	-0,561 02
Ke	I	0,025 049	0,015 773	0,132 196	0,462 999	0,049 466	0,021 01	0,071 855
	II	0,013 128	0,017 047	0,012 008	0,010 965	0,082 234	0,003 123	0,022 327
Ks	I	0,621 313	0,290 711	0,604 821	0,340 945	0,559 743	0,994 711	0,494 528
	II	0,340 354	0,264 579	0,366 487	0,192 961	0,473 801	0,270 244	0,245 764

Tabla 6
Resumen de los valores promedios de los índices en la
etapa de centrifugación en la zafra

Índices promedios		I - E.A. Antonio Sánchez		II - EA Ifraín Alfonso			
		MielA		MielB		Az	
		Brix	Pza	Brix	Pza	Pol	Hdad
Kd	I	6,043 603	6,074 236	1,816 941	1,190 174	1,827 313	8,759 338
	II	1,635 086	2,363 265	1,340 825	1,049 864	0,532 544	1,473 331
Ked	I	0,865 301	1,291 018	1,567 628	1,390 531	0,726 096	0,915 318
	II	1,043 516	1,138 758	0,923 115	1,084 273	1,167 983	0,971 685
Kp	I	1,062 25	0,640 741	4,662 869	0,570 524	0,200 921	1,893 055
	II	3,124 543	0,186 107	4,976 323	0,832 896	0,116 923	0,124 286
Kc	I	-3,584 05	-3,177 86	-5,071 34	-0,665 61	-0,614 58	-5,772 72
	II	-3,442 09	-0,867 74	-5,146 74	-0,857 83	0,116 806	-0,360 95
Ke	I	0,084 981	0,044 189	0,373 03	0,089 494	0,002 029	0,946 528
	II	0,249 964	0,012 835	0,398 107	0,130 652	0,001 182	0,062 143
Ks	I	1,007 266	1,012 373	0,302 823	0,198 363	0,304 551	1,459 889
	II	0,272 513	0,393 877	0,398 107	0,174 978	0,088 755	0,245 556

De las tablas 3, 4, 5 y 6, según los resultados obtenidos de los índices de exactitud y estabilidad, para todas las variables analizadas en cada etapa del proceso, los índices de dispersión son mayores que cero, lo cual muestra que el proceso no está en control operacional, con excepción de la variable Az_Pol para la EA Ifraín Alfonso. Si bien ambos centrales reportan resultados negativos, los peores resultados (se alejan más) tributan a la EA. Antonio Sánchez, ya que existen diferencias significativas de los valores de las variables y sus características.

Por otro lado, el comportamiento de los índices de exactitud y estabilidad a medida que transcurre el tiempo es inestable para casi todas las variables, con mejores resultados para la característica Az_Pol.

Conclusiones

1. La utilización de la herramienta de análisis de capacidad del proceso y los índices de exactitud y estabilidad, para la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo, resultan importantes, toda vez que se

desea analizar la aptitud para generar el producto, cumpliendo con determinadas especificaciones técnicas de las características de calidad, ya sean variables de proceso o parámetros operacionales, así como indicar de forma indirecta la fiabilidad tecnológica del equipamiento.

2. Del análisis de capacidad del proceso, en la Empresa Azucarera Antonio Sánchez, se obtuvo que de manera general en todas las etapas del proceso productivo existen problemas operacionales y factores medioambientales, que repercuten en la aptitud del proceso y en el buen control operacional del mismo, lo que evidencia la necesidad de inspección de la calidad al 100 %.
3. Con la aplicación de los índices de exactitud y estabilidad, se obtiene que no existe un buen control operacional en el proceso de producción de azúcar en los centrales azucareros, lo cual puede deberse a múltiples factores externos e internos que repercuten de manera directa e indirecta en la eficiencia del proceso.

-
4. Con la utilización de los índices de exactitud y estabilidad al proceso de producción de azúcar se logró obtener una influencia y un comportamiento de estos índices en el tiempo, así como, establecer índices comparativos para posteriores análisis de equipamientos que realicen la misma función.

Bibliografía

1. Colaboradores, *Capacidad de un proceso. Prácticas de Calidad de Sistemas de Información*, CSI-Curso 2003/04 1, Ciudad Real, 2003.
2. Fabregat, P. Curbelo, A. Zhihiaski, I., *Estado actual de la teoría de la fiabilidad y su objetivo dentro de la industria química y azucarera*, Centro Azúcar, Enero–Abril, 1981.
3. Fariñas, J., *Control de la Calidad en la Industria Azucarera*, Departamento de Ingeniería Económica, ISPJAE, Ediciones La Habana, 1986.
4. González, José A., *Calidad ISO 9000, formación y control de procesos*, Tiempo real SA, 1996.
5. Jeya Chandra, M., *Statistical Quality Control*, Department of Industrial and Manufacturing Engineering. The Pennsylvania State University. By CRC Press LLC, 2001.
6. NC: 92-12:87, *Control de la Calidad. Determinación de la aptitud del proceso*.
7. NC: 92-48:87 y .NC: 92-26:88 *Control de la Calidad. Inspección de la exactitud y la estabilidad de las operaciones y los procesos tecnológicos*.
8. Pequeño, M., *Análisis del comportamiento de los parámetros de calidad en diferentes etapas del proceso en la planta cloro sosa*, Trabajo de Diploma, 1985.
9. Rosa, E., *Análisis de alternativas de inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos*, Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Santa Clara, 1996 .
10. Shilinski, I; Shubin, V; Fabregat, P; Calleja, A; Curbelo, A., *Enfoque indeterminado como base de la investigación de la seguridad de los equipos de la producción azucarera*. Centro Azúcar Enero –Abril, 1981.